DISTRIBUSI SPASIAL, KARAKTERISTIK HABITAT, DAN DIVERSITAS GENETIS *Anaphalis* spp. DI TAMAN NASIONAL BROMO TENGGER SEMERU

DISERTASI

oleh
FILZA YULINA ADE
157090100111004

PROGRAM DOKTOR BIOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

DISTRIBUSI SPASIAL, KARAKTERISTIK HABITAT, DAN DIVERSITAS GENETIS *Anaphalis* spp. DI TAMAN NASIONAL BROMO TENGGER SEMERU

DISERTASI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Doktor dalam Bidang Biologi

oleh
FILZA YULINA ADE
157090100111004

PROGRAM DOKTOR BIOLOGI
JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

repository.ub.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN DISERTASI

DISTRIBUSI SPASIAL, KARAKTERISTIK HABITAT, DAN DIVERSITAS GENETIS *Anaphalis* spp. DI TAMAN NASIONAL BROMO TENGGER SEMERU

FILZA YULINA ADE

157090100111004

Telah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 16 Desember 2019 dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh
gelar Doktor dalam Bidang Biologi

Menyetujui
Promotor

Prof. Luchman Hakim, S.Si., M.Agr.Sc., Ph.D
NIP. 197108081998021001

Ko-Promotor I

Prof. Dr. Ir. Estri Laras Arumingtyas, M.Sc.St
NIP. 196308181988022001

Ko-Promotor II

Rodiyati Azrianingsih, S.Si., M.Sc., Ph.D
NIP. 197001281994122001

Mengetahui
Ketua Program Studi Doktor Biologi
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Tri Ardyati, M.Agr., Ph.D
NIP. 196712131991032001

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

SUSUNAN KOMISI PEMBIMBING DAN PENGUJI DISERTASI

Judul Disertasi:

DISTRIBUSI SPASIAL, KARAKTERISTIK HABITAT, DAN DIVERSITAS GENETIS *Anaphalis* spp. DI TAMAN NASIONAL BROMO TENGGER SEMERU

Nama	: Filza Yulina Ade
NIM	: 157090100111004
KOMISI PROMOTOR	**:**
Promotor	: Prof. Luchman Hakim, S.Si., M.Agr.Sc., Ph.D
Ko-Promotor I	: Prof. Dr. Ir. Estri Laras Arumingtyas, M.Sc.St
Ko-Promotor II	: Rodiyati Azrianingsih, S.Si., M.Sc., Ph.D
TIM DOSEN PENGUJI	**:**
Dosen Penguji I	: Prof. Luchman Hakim, S.Si., M.Agr.Sc., Ph.D
Dosen Penguji II	: Prof. Dr. Ir. Estri Laras Arumingtyas, M.Sc.St
Dosen Penguji III	: Rodiyati Azrianingsih, S.Si., M.Sc., Ph.D
Dosen Penguji IV	: Dr. Serafinah Indriyani, M.Si
Dosen Penguji V	: Dr. Jati Batoro, M.Si
Dosen Penguji VI	: Dr. Farianna Prabandari, S.Hut., M.Si
Dosen Penguji VII	: Dr. Fatchur Rohman, M.Si
Tanggal Ujian Tertutup	: 21 November 2019
Tanggal Ujian Akhir (Terbuka)	: 16 Desember 2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

repository.ub.ac.id

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam Naskah Disertasi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Naskah Disertasi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia Disertasi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (DOKTOR) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Malang,

Nama : Filza Yulina Ade

NIM : 157090100111004

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

RIWAYAT HIDUP

Filza Yulina Ade, lahir di Padang, 21 Juli 1986, putri dari Bapak Dahrel dan Ibu Ernawati. Lulus SMA di Padang tahun 2004, menempuh pendidikan S-1 di Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Andalas dan lulus pada tahun 2009. Pada tahun 2009 menempuh pendidikan S-2 (Magister) program studi Biologi di Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH) Institut Teknologi Bandung (ITB) dan lulus tahun 2011. Diterima sebagai dosen tetap Universitas Pasir Pengaraian, Riau sejak tahun 2013 pada program studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP). Pada tahun 2015 penulis mendapatkan Beasiswa BPPDN dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kemenristekdikti untuk melanjutkan studi doktoral (S-3) di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Brawijaya.

Malang, Desember 2019

Penulis

Filza Yulina Ade

PEDOMAN PENGGUNAAN DISERTASI

Disertasi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

KATA PENGANTAR

AlhamdulillahiRabbil 'Alamiin segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT Tuhan Semesta Alam, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga disertasi ini dapat diselesaikan. Disertasi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Doktor pada Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya malang.

Kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian studi dan disertasi ini, dengan ketulusan hati, dihaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas bantuan beasiswa Program Pascasarjana tahun 2015.
2. Segenap pimpinan di Universitas Brawijaya, Direktur Program Pascasarjana, Dekan Fakultas MIPA, Ketua Jurusan Biologi dan Ketua Program Studi Biologi yang telah memberikan kesempatan untuk mengikuti Program Studi Doktor Biologi di Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
3. Bapak Prof. Luchman Hakim, S.Si., M.Agr.Sc., Ph.D. selaku Ketua Tim Promotor, Ibu Prof. Dr. Ir. Estri Laras Arumingtyas, M.Sc.St. selaku Ko-Promotor 1, dan Ibu Rodiyati Azrianingsih, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Ko-Promotor 2 yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam perencanaan, pelaksanaan riset, penulisan publikasi, dan penyelesaian naskah disertasi ini.
4. Ibu Dr. Serafinah Indriyani, M.Si., Bapak Dr. Jati Batoro, M.Si., Ibu Dr. Fariana Prabandari, S.Hut., MSi., dan Bapak Dr. Fatchur Rohman, M.Si. yang telah berkenan untuk menguji, memberikan saran dan masukan dalam penelitian dan penulisan disertasi ini.
5. Rektor beserta Wakil Rektor Universitas Pasir Pengaraian Rokan Hulu, Riau, yang telah memberikan ijin untuk melanjutkan pendidikan Doktor di Program Doktor Biologi Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
6. Kepala beserta seluruh staf Balai Taman Nasional Bromo Tengger Semeru yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru.
7. Seluruh dosen pengampu yang telah memberikan pengetahuan selama studi di Program Doktor Biologi Universitas Brawijaya.

8. Kepala Laboratorium FKM beserta staf, Kepala Laboratorium Taksonomi Tumbuhan beserta staf, Kepala Laboratorium Ekologi beserta staf, Kepala Laboratorium Mikrobiologi beserta staf, seluruh staf Laboratorium Biomolekuler LSIH, dan staf TU Jurusan Biologi serta staf administrasi Program Doktor Biologi atas bantuannya selama ini.
9. Teman-teman di *working group* Pemberdayaan Flora Lokal dan Lansekap Indigenous (ELFIL) serta seluruh mahasiswa Program Doktor Biologi, atas bantuan, kebersamaan, dan semangat yang diberikan.
10. Mbak Hasria Alang, Ibu Trianik Widyaningrum, Mbak Eka Pratiwi, Ibu Yanti Maryanti, Bapak Sutoyo, Bapak Muh. Alwi, Mbak Adriani, Hafsa, Fitri, Mbak Reni, Mbak Siska, Ibnu Mansyur, Mbak Manda, Ibu Reni Kurniati, Ibu Nur Kuswanti, Ibu Siti, Ibu Sito, atas dukungan, semangat dan motivasi yang diberikan.
11. Orang tua tercinta Ayah Dahrel, Ibu Ernawati (Almh), Bunda Despita yang penuh cinta kasih dan selalu mendo'akan, serta kakak-kakakku (Uda Ade, Uni Nova, Uni Ipim, Mas Edho) dan adikku (Rina dan Gandhi) yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan do'a demi kelancaran dalam menuntut ilmu.
12. Semua pihak yang secara langsung dan tidak langsung telah membantu dalam melaksanakan penelitian dan penulisan disertasi ini.

Tidak ada yang sempurna dalam kehidupan ini, begitu pula dengan naskah disertasi ini. Disadari bahwa naskah disertasi ini masih ada kekurangan, oleh karena itu diharapkan saran dan kritikan yang membangun untuk menjadikan naskah disertasi ini semakin bermanfaat.

Malang, Desember 2019

Penulis

RINGKASAN

DISTRIBUSI SPASIAL, KARAKTERISTIK HABITAT, DAN DIVERSITAS GENETIS *Anaphalis* spp. DI TAMAN NASIONAL BROMO TENGGER SEMERU

Oleh:
Filza Yulina Ade, Luchman Hakim, Estri Laras Arumingtyas, Rodiyati Azrianingsih
Program Doktor Biologi, Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Barawijaya

Anaphalis merupakan salah satu tumbuhan yang termasuk ke dalam famili *Asteraceae* dan hanya dapat tumbuh di daerah pegunungan. *Anaphalis* biasa disebut juga sebagai tumbuhan Edelweiss. Genus *Anaphalis* terdistribusi dan tersebar secara luas (global) di daerah belahan bumi bagian utara (termasuk Amerika Utara dan wilayah Himalaya, Cina) serta daerah Asia Tropis (termasuk Asia Tenggara dan New Guinea). Di Asia Tenggara dan New Guinea, hanya terdapat enam spesies *Anaphalis* yaitu *Anaphalis javanica, Anaphalis longifolia, Anaphalis maxima*, *Anaphalis viscida, Anaphalis helwigii,* serta *Anaphalis arfakensis*. Di Indonesia terutama di Pulau Jawa, terdapat empat spesies dari genus *Anaphalis* yaitu *Anaphalis javanica, A. viscida, A. longifolia* dan *A. maxima.* Genus *Anaphalis* yang hanya dapat tumbuh di pegunungan menjadikan tumbuhan ini terkenal di zona montana dan subalpin dengan ketinggian 1000-4000 m di atas permukaan laut (dpl), sehingga tumbuhan tersebut hanya dapat beradaptasi pada habitat yang terbatas. Genus *Anaphalis* merupakan tumbuhan pelopor/perintis bagi tanah vulkanik muda di hutan pegunungan atas dan mampu mempertahankan kelangsungan hidupnya di atas tanah yang tandus serta rendah unsur hara, sehingga *Anaphalis* mempunyai keuntungan ekologis sebagai salah satu tumbuhan yang dapat digunakan untuk proses restorasi kawasan subalpin.

Keberadaan *Anaphalis* saat ini di alam diduga semakin berkurang dan dikhawatirkan dapat mengalami kepunahan karena adanya gangguan manusia maupun gangguan alam. Kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru merupakan salah satu habitat bagi *Anaphalis*. Keterancaman populasi *Anaphalis* di kawasan TNBTS diperparah dengan tidak adanya basis data distribusi spasial dari populasi *Anaphalis*. Ketersediaan data ini sangat penting bagi upaya pelestarian untuk perlindungan dan pengamanan kawasan maupun populasi. Dua aspek penting yang perlu dikaji dalam pelestarian Edelweiss antara lain distribusi spasial dan diversitas genetik dari Edelweiss. Informasi yang dihasilkan dari kajian tersebut berguna dalam merumuskan kebijakan perlindungan dan pengamanan populasi *Anaphalis* sebagai dasar penentuan strategi konservasi yang tepat bagi *Anaphalis* di kawasan TNBTS.

Penelitian ini bertujuan untuk : 1) menyusun database profil peta distribusi spasial *Anaphalis* di TNBTS; 2) menyusun deskripsi karakter dan kondisi habitat dari *Anaphalis* spp. di TNBTS; 3) menganalisis keragaman genetis *Anaphalis* spp. berdasarkan karakter molekuler (menggunakan marker ITS, ETS, dan EST-SSR); dan 4) menyusun strategi konservasi *Anaphalis* spp. di kawasan TNBTS.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekploratif deskriptif yang dilaksanakan dalam empat tahap untuk mencapai tujuan. Analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah: 1) analisis deskriptif dengan bantuan program QGIS untuk analisa spasial; 2) analisis deskriptif mengenai karakter dan kondisi habitat *Anaphalis*; 3) analisis kekerabatan *Anaphalis* spp. di TNBTS dengan konstruksi pohon filogenetik

menggunakan data sekuen ITS dan ETS, serta analisis keragaman genetik di TNBTS dengan program POPGENE; dan 4) analisis SWOT berdasarkan integrasi data distribusi spasial, karakteristik habitat, dan data keragaman genetik *Anaphalis* spp. di TNBTS.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa : 1) Tiga jenis *Anaphalis* yang ditemukan di TNBTS yaitu *Anaphalis javanica*, *A. longifolia*, dan *A. viscida*, tumbuh di empat area meliputi area Ranu Regulo, Penanjakan, Ranu Kumbolo dan Gunung Batok. Distribusi populasi *Anaphalis* tersebar pada ketinggian berkisar antara 2118 hingga 2767 m dpl. 2) Habitat *Anaphalis* spp. memiliki komposisi vegetasi yang beragam, namun memiliki persamaan dalam aspek tanah. Hasil analisis vegetasi pada setiap lokasi pengamatan ditemukan bahwa tumbuhan invasif dan eksotis banyak tumbuh dan mendiami vegetasi populasi *Anaphalis* yang ditunjukkan dengan nilai Indeks Nilai Penting (INP) yang tinggi. Spesies yang ditemukan pada masing-masing area dengan nilai INP tertinggi (>15%), yaitu: 1) area Ranu Regulo adalah *Alchemilla* sp. (43,53%), *Imperata cylindrica* (37,58%), dan *Pteridium aquilinum* (18,95%); 2) area Penanjakan: *Agrostis* sp. (51,87%), *Anaphalis javanica* (24,05%), *Diplycosia* sp. (16,44%), dan *A. longifolia* (16,10%); 3) area Ranu Kumbolo: *Agrostis* sp. (66,11%), *Pteridium* sp. (32,87%), *A. longifolia* (26,75%), *Anaphalis javanica* (22,49%), dan *A. viscida* (16,32%); 4) area Gunung Batok: *Imperata cylindrica* (84,96%), *Pteridium* sp. (67,80%), dan *A. longifolia* (40,60%). *Imperata cylindrica*, *Pteridium* sp., dan *Agrostis* sp., termasuk kedalam golongan tumbuhan yang mudah terbakar pada periode musim kering (kemarau). 3) Diversitas genetis *Anaphalis* spp. di TNBTS berdasarkan penanda molekuler diketahui bahwa berdasarkan sekuen ITS dan ETS di TNBTS memiliki nilai polimorfisme sebesar 57% (ITS) dan 32% (ETS-parsial). Berdasarkan nilai diversitas genetis dari sekuen EST-SSR, populasi *Anaphalis* spp. di TNBTS memiliki nilai yang rendah, dengan hanya populasi *A. longifolia* di area Ranu Kumbolo yang memiliki nilai diversitas genetik yang tinggi (H=0,024) dibandingkan dua spesies *Anaphalis* lainnya. Diferensiasi genetik antar populasi (G_{ST}) memiliki nilai yang rendah. Jarak genetik *Anaphalis* spp. di TNBTS yang tertinggi terdapat pada populasi *A. longifolia* di area Penanjakan dan Gunung Batok (0,040) dengan nilai aliran gen (*genflow*) yang terkecil (0,428). 4) Model strategi konservasi yang tepat untuk *Anaphalis* spp. di TNBTS dapat dilakukan dengan: 1) menggunakan keanekaragaman spesies *Anaphalis* untuk meningkatkan isu konservasi keanekaragaman hayati di TNBTS dengan mempromosikan *Anaphalis* sebagai spesies unggulan untuk ekowisata dan program konservasi. Strategi ini menempatkan isu konservasi spesies andalan sebagai isu utama. 2) mempertahankan kegiatan restorasi ekosistem kawasan oleh pengelola TNBTS, termasuk menjaga kelestarian populasi *Anaphalis* spp. di TNBTS, dengan mengontrol perubahan penggunaan lahan untuk memastikan keberlanjutan populasi dan keragaman genetiknya. 3) dilakukan kerjasama Pemerintah Daerah dan BBTNBTS dalam memberikan pelatihan dan pendidikan konservasi dalam menjaga kelestarian *Anaphalis* spp. di TNBTS pada masyarakat dan pelaku wisata yang berguna untuk meningkatkan pengetahuan wisatawan, kesadaran dan partisipasi dalam konservasi. 4) meningkatkan kapasitas manajemen dan dukungan pemangku kepentingan untuk meminimalkan potensi gangguan spasial habitat *Anaphalis* di TNBTS, dan mengelola pariwisata massal di TNBTS menuju pelaksanaan wisata yang mempertimbangkan aspek lingkungannya.

repository.ub.ac.id

SUMMARY

SPATIAL DISTRIBUTION, HABITAT CHARACTERISTIC, AND GENETIC DIVERSITY of *Anaphalis* spp. IN BROMO TENGGER SEMERU NATIONAL PARK

Filza Yulina Ade, Luchman Hakim, Estri Laras Arumingtyas, Rodiyati Azrianingsih
Biology Doctor Program, Biology Department
Faculty of Mathematics and Natural Life Science, Brawijaya University

Anaphalis is a plant that belongs to the Asteraceae family and can only grow in mountainous areas. *Anaphalis* is also known as Edelweiss plant. The *Anaphalis* genus is widely distributed and distributed (globally) in the northern hemisphere (including North America and the Himalayas, China) and the Tropical Asia (including Southeast Asia and New Guinea). In Southeast Asia and New Guinea, there are only six species of Anaphalis, namely *Anaphalis javanica, Anaphalis longifolia, Anaphalis maxima, Anaphalis viscida, Anaphalis helwigii, and Anaphalis arfakensis*. In Indonesia, especially in Java, there are four species of the Anaphalis genus, namely *Anaphalis javanica, A. viscida, A. longifolia* and *A. maxima*. *Anaphalis* genus which can only grow in the mountains makes this plant famous in the montana and subalpin zones with an altitude of 1000-4000 m above sea level (asl), so that the plant can only adapt to limited habitats. The *Anaphalis* genus is a pioneer plant / pioneer for young volcanic soils in the upper mountain forests and is able to maintain its survival on barren land and low in nutrients, so that Anaphalis has an ecological advantage as one of the plants that can be used for the restoration of subalpin areas.

The current existence of *Anaphalis* in nature is thought to be getting less and it is feared it could experience extinction due to human disturbance and natural disturbance. Bromo Tengger Semeru National Park area is one of the habitats for *Anaphalis*. The threat of *Anaphalis* populations in the BTSNP area is exacerbated by the absence of a spatial distribution database of *Anaphalis* populations. The availability of this data is very important for preservation efforts for the protection and security of the region and population. Two important aspects that need to be studied in the preservation of Edelweiss include the spatial distribution and genetic diversity of Edelweiss. The information generated from the study is useful in formulating an *Anaphalis* population protection and security policy as a basis for determining an appropriate conservation strategy for *Anaphalis* in the BTSNP area.

This study aims to: 1) compile a database profile map of the spatial distribution of *Anaphalis* in BTSNP; 2) compile a description of the character and habitat conditions of *Anaphalis* spp. in BTSNP; 3) analyze the genetic diversity of *Anaphalis* spp. based on molecular characters (using ITS, ETS, and EST-SSR markers); and 4) develop conservation strategies for *Anaphalis* spp. in the BTSNP area.

The method used in this research is an explorative descriptive which is carried out in four stages to achieve the goal. Analysis of the data used in this study are: 1) descriptive analysis with the help of the QGIS program for spatial analysis; 2) descriptive analysis of the character and condition of *Anaphalis* habitat; 3) kinship analysis of *Anaphalis* spp. in BTSNP with phylogenetic tree construction using ITS and ETS sequence data, as well as genetic diversity analysis in BTSNP with the POPGENE program; and 4) SWOT analysis

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

based on integration of spatial distribution data, habitat characteristics, and genetic diversity data of *Anaphalis* spp. in BTSNP.

The results of this study indicate that: 1) Three types of *Anaphalis* found in BTSNP, namely *Anaphalis javanica, A. longifolia, and A. viscida*, grow in four areas including Ranu Regulo, Penanjakan, Ranu Kumbolo and Gunung Batok areas. *Anaphalis* population distribution is spread at altitudes ranging from 2118 to 2767 masl. 2) vegetation habitat of *Anaphalis* spp. has a diverse vegetation composition, but has similarities in the soil aspects. The results of the analysis of vegetation at each observation location found that many invasive and exotic plants grow and inhabit the vegetation of *Anaphalis* population indicated by a high Importance Value Index (IVI). Species found in each area with the highest IVI value (> 15%), namely: 1) Ranu Regulo area is *Alchemilla* sp. (43.53%), *Imperata cylindrica* (37.58%), and *Pteridium aquilinum* (18.95%); 2) Penanjakan area: *Agrostis* sp. (51.87%), *Anaphalis javanica* (24.05%), *Diplycosia* sp. (16.44%), and A. longifolia (16.10%); 3) Ranu Kumbolo area: Agrostis sp. (66.11%), *Pteridium* sp. (32.87%), *A. longifolia* (26.75%), *Anaphalis javanica* (22.49%), and *A. viscida* (16.32%); 4) Mount Batok area: *Imperata cylindrica* (84.96%), *Pteridium* sp. (67.80%), and *A. longifolia* (40.60%). *Imperata cylindrica, Pteridium sp*., and *Agrostis* sp., included in the group of flammable plants in the dry season period. 3) *Anaphalis* spp. genetic diversity in BTSNP based on molecular markers is known that based on ITS and ETS sequences in BTNPS has polymorphism values of 57% (ITS) and 32% (ETS-partial). Based on the genetic diversity value of the EST-SSR sequence, the *Anaphalis* spp. population in BTSNP has a low value, with only *A. longifolia* population in the Ranu Kumbolo area that has a high genetic diversity value (H = 0,024) compared to the other two *Anaphalis* species. Genetic differentiation between populations (G_{ST}) has a low value. Genetic distance of *Anaphalis* spp. BTSNP is highest in *A. longifolia* population in Penanjakan and Gunung Batok areas (0,040) with the smallest gene flow rate (0,428). 4) The right conservation strategy model for *Anaphalis* spp. in BTSNP can be done with: 1) use *Anaphalis* species diversity to enhance biodiversity conservation issues in BTSNP by promoting *Anaphalis* as a superior species for ecotourism and conservation programs. This strategy puts the issue of mainstay species conservation as the main issue; 2) maintaining the area ecosystem restoration activities by BTSNP managers, including maintaining the sustainability of *Anaphalis* spp. population in BTSNP, by controlling changes in land use to ensure population sustainability and genetic diversity; 3) Local Government and Great Hall BTSNP collaborate in providing conservation training and education in maintaining the sustainability of *Anaphalis* spp. BTSNP in the community and tourism actors that are useful for increasing tourist knowledge, awareness and participation in conservation; 4) increase management capacity and stakeholder support to minimize the potential for spatial disruption of *Anaphalis* habitat in BTSNP, and manage mass tourism in BTSNP towards the implementation of tourism that considers aspects of the environment.

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR i
RINGKASAN iii
SUMMARY v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR LAMPIRAN xi
DAFTAR ISTILAH, LAMBANG DAN SINGKATAN xii

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 6
1.3 Tujuan Penelitian 7
1.4 Manfaat Penelitian 7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 8
2.1 Botani dan Ekologi *Anaphalis* D. C. 8
2.2 Keragaman Jenis *Anaphalis* di Jawa 11
2.3 Filogeografi *Anaphalis* D. C. 14
2.4 Diversitas Genetis *Anaphalis* 16
2.5 Pemanfaatan Data Genetik dalam Konservasi Sumberdaya Hayati 18
2.6 *Quantum Geographic Information System* (QGIS) 21
2.7 Taman Nasional Bromo Tengger Semeru 23
2.8 Kerangka Konsep Penelitian 25

BAB III METODE PENELITIAN 28
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 28
3.2 Kerangka Operasional Penelitian 29
3.3 Pemetaan Distribusi Spasial *Anaphalis* spp. 32
3.3.1 Prosedur Eksplorasi dan Penentuan Area Penelitian 32
3.3.2 Pemetaan Distribusi *Anaphalis* spp. 32
3.4 Pengamatan Karakteristik Habitat *Anaphalis* spp. 33
3.5 Pengamatan Diversitas Genetis *Anaphalis* spp. 34
3.5.1 Pengambilan Sampel Daun untuk Isolasi DNA 34
3.5.2 Isolasi Genom *Anaphalis* 34
3.5.3 Uji Kualitatif DNA (Elektroforesis Gel Agarosa) 35
3.5.4 Uji Kuantitatif DNA 36
3.5.5 Amplifikasi Sekuen dengan Teknik PCR 37
3.5.6 Sekuensing 39
3.5.7 Analisis Data Molekuler 39
3.6 Elaborasi Data Penelitian dan Menyusun Strategi Konservasi 40
3.7 Analisis Data Penelitian 40

Halaman

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 42
4.1 Distribusi Spasial *Anaphalis* spp. di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) 42
4.1.1 Distribusi Spasial *Anaphalis* spp. di area Ranu Regulo 45
4.1.2 Distribusi Spasial *Anaphalis* spp. di area Penanjakan 46
4.1.3 Distribusi Spasial *Anaphalis* spp. di area Ranu Kumbolo 47
4.1.4 Distribusi Spasial *Anaphalis* spp. di area Gunung Batok 49
4.2 Karakteristik Habitat *Anaphalis* spp. di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) 50
4.3 Diversitas Genetis *Anaphalis* spp. di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru Berdasarkan Sekuen ITS, ETS, dan EST-SSR 68
4.4 Strategi Konservasi *Anaphalis* spp. di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru 81
4.5 Pembahasan Umum 87

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 91
5.1 Kesimpulan 91
5.2 Saran 92

DAFTAR PUSTAKA 93
LAMPIRAN 106

DAFTAR TABEL

Nomor Halaman

1. Sekuen dan suhu *annealing* Primer 37
2. Komposisi Reaksi PCR 38
3. Ringkasan Analisis Data Penelitian 40
4. Karakteristik Tanah Habitat Tumbuh Populasi *Anaphalis* di TNBTS 54
5. Kandungan Unsur Kimia Tanah Habitat Tumbuh Populasi *Anaphalis* di TNBTS 56
6. Karakteristik Sifat Fisika Tanah Habitat Tumbuh Populasi *Anaphalis* di TNBTS 57
7. Hasil Analisis Diversitas Genetik *Anaphalis* spp. di TNBTS 75
8. Nilai heterozigositas dan aliran gen (*gene* flow) dari hasil analisis diversitas genetik *Anaphalis* spp. di TNBTS 79
9. Aspek Internal Strategi Konservasi *Anaphalis* di TNBTS 84
10. Aspek Eksternal Strategi Konservasi *Anaphalis* di TNBTS 85

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Tiga Spesies *Anaphalis* yang ditemukan di TNBTS	10
2.	Bagan Alir Kerangka Konsep Penelitian	27
3.	Peta Lokasi Penelitian di Kawasan TNBTS	28
4.	Bagan Alir Kerangka Operasional Penelitian	31
5.	Lokasi ditemukannya *Anaphalis* spp. di TNBTS	43
6.	Distribusi *Anaphalis javanica* di area Ranu Regulo	45
7.	Distribusi *Anaphalis* spp. di area Penanjakan	46
8.	Distribusi *Anaphalis* spp. di area Ranu Kumbolo	48
9.	Distribusi *Anaphalis* spp. di area Gunung Batok	49
10.	Keragaman *Anaphalis* di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru	52
11.	Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan yang ditemukan di area Ranu Regulo	61
12.	Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan yang ditemukan di area Penanjakan	64
13.	Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan yang ditemukan di area Ranu Kumbolo	65
14.	Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan yang ditemukan di area Gunung Batok	66
15.	Hasil Amplifikasi Sekuen ITS pada Gel Agarose 1,5%	68
16.	Hasil Amplifikasi Sekuen ETS pada Gel Agarose 1,5%	69
17.	Pohon Filogeni *Anaphalis* spp. di TNBTS berdasarkan penanda molekuler ITS dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood*	71
18.	Pohon Filogeni *Anaphalis* spp. di TNBTS berdasarkan penanda molekuler ETS dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood*	72

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1.	Data Nilai Indeks Nilai Penting (INP) *Anaphalis* spp. di setiap lokasi pengamatan	106
2.	Data Titik Koordinat Pengamatan di TNBTS	108
3.	Hasil Pensejajaran Sekuen ITS Ingrup dan Outgrup	111
4.	Hasil *Pairwise Distance* sekuen ITS ingrup dan outgrup	119
5.	Hasil Pensejajaran Sekuen ETS Ingrup dan Outgrup	120
6.	Hasil *Pairwise Distance* Sekuen ETS Ingrup dan Outgrup	126
7.	Hasil analisis genetika populasi *Anaphalis javanica* di TNBTS dengan program POPGENE 1.31	127
8.	Hasil analisis genetika populasi *Anaphalis longifolia* di TNBTS dengan program POPGENE 1.31	128
9.	Hasil analisis genetika populasi *Anaphalis viscida* di TNBTS dengan program POPGENE 1.31	129
10.	Dokumentasi Kondisi (Situasi) Habitat *Anaphalis* di Setiap Lokasi Pengamatan	130
11.	Sertifikat Seminar Internasional	132
12.	Surat Keterangan Bebas Plagiasi	133
13.	Sertifikat Bebas Plagiasi	135
14.	Publikasi Jurnal Internasional	136

DAFTAR ISTILAH, LAMBANG, DAN SINGKATAN

Amplifikasi DNA	: Perbanyakan DNA
BBTNBTS	: Balai Besar Taman Nasional Bro Tengger Semeru
BLAST	: *Basic Local Alignment Search Tool*
Delesi	: Perubahan genetik berupa hilangnya satu atau lebih pasangan basa
DNA	: *Deoxyribo nucleid acid*
Ex situ	: Di luar wilayah/habitat asli
ETS	: *External Transcribed Spacer* DNA inti
EST-SSR	: *Expressed Sequence Tag-Simple Sequence Repeat* (daerah *non-coding* DNA yaitu SSR yang terekspresikan)
Filogenetik	: Hubungan kekerabatan antar kelompok organisme yang didasari proses evolusi
Geldoc	: Gel Dokumentasi
Genom	: Keseluruhan informasi genetik yang dimiliki suatu sel atau organisme atau satu set kromosom yang membentuk organisme lengkap
GIS	: *Geographic Information System*
GPS	: *Global Position System*
Ingrup	: Kelompok organisme yang menjadi fokus penelitian
Insersi	: Perubahan genetik berupa penyisipan/penambahan satu atau lebih pasang basa nukleotida
In situ	: Dalam kawasan/habitat asli
Klad	: Sesuatu kelompok taksonomi yang memiliki satu nenek moyang bersama dan semua keturunannya juga berasal dari moyang tersebut
IUCN	: *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*
ITS	: *Internal Transcribed Spacer* DNA inti
MEGA6	: *Molecular Evolutionary Genetic Analysis* versi 6
Mutasi	: Perubahan genetik berupa delesi, insersi, atau substitusi satu atau lebih pasang basa nukleotida
Nukleotida	: Molekul yang tersusun dari gugus basa heterosiklik, gula dan satu atau lebih gugus fosfat
NCBI	: *National Center for Biotechnology Information*
Oblong	: Bentuk bujur
Outgrup	: Kelompok organisme di luar fokus penelitian dan memiliki karakter lebih primitif dari ingrup
PCR	: *Polymerase Chain Reaction*
Polimorfik	: Beragam bentuk
POPGENE 1.32	: *Population Genetic Analysis* versi 1.32
Sekuen	: Urutan dalam biologi molekuler mengacu pada urutan basa nukleotika atau DNA
SWOT	: *Streghts Weakness Opportunities Threats Methods*
Topologi	: Pola interkoneksi dari pohon filogenetik
TNBTS	: Taman Nasional Bromo Tengger Semeru
QGIS	: *Quantum Geographic Information System*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Anaphalis spp. merupakan salah satu tumbuhan yang termasuk ke dalam Famili *Asteraceae* dan hanya dapat tumbuh di daerah pegunungan. *Anaphalis* spp. biasa disebut sebagai tumbuhan Edelweiss dan dikenal sebagai bunga abadi, dikarenakan bunga Edelweiss yang dalam keadaan kering akan dapat bertahan lama dan tidak mudah rusak (Yuzammi dkk., 2010). Genus *Anaphalis* terdistribusi dan tersebar secara luas (global) di daerah belahan bumi bagian utara (termasuk Amerika Utara dan wilayah Himalaya, Cina) serta daerah Asia Tropis (termasuk Asia Tenggara dan New Guinea). Genus *Anaphalis* yang ditemukan pada daerah-daerah tersebut berbeda spesiesnya tergantung pada lingkungan tempat tumbuhnya (misal iklim dan kondisi tanah) (Nie dkk., 2013). Di Asia Tenggara dan New Guinea, hanya terdapat enam spesies *Anaphalis* yaitu *Anaphalis javanica* (Backer & Van den Brink, 1968; Glenny & Wagstaff, 1997; Van Steenis, 2006; Wahyudi, 2010; Kurniawan, 2013; Taufiq dkk., 2013; Kurniawan dkk., 2014; Rahalus dkk., 2015; Fajrina dkk., 2017), *Anaphalis longifolia* (Backer & Van den Brink, 1968; Van Steenis, 2006; Kurniawan, 2013; Taufiq dkk., 2013; Kurniawan dkk., 2014; Fajrina dkk., 2017; Prakasa dkk., 2018), *Anaphalis maxima* (Backer & Van den Brink, 1968; Van Steenis, 2006), *Anaphalis viscida* (Backer & Van den Brink, 1968; Van Steenis, 2006; Kurniawan, 2013; Kurniawan dkk., 2014), *Anaphalis helwigii* (Taufik, 2012; Nie dkk., 2013), serta *Anaphalis arfakensis* (Taufik, 2012). Di Indonesia terutama di Pulau Jawa, terdapat empat spesies dari genus *Anaphalis* yaitu *Anaphalis javanica, A. viscida, A. longifolia* dan *A. maxima* (Backer & Van den Brink, 1968; Van Steenis, 2006), tiga di antaranya ditemukan di sepanjang jalur pendakian menuju Gunung Semeru di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru yaitu *Anaphalis javanica, A. viscida,* dan *A. longifolia* (Kurniawan, 2013; Kurniawan dkk., 2014).

Genus *Anaphalis* yang hanya dapat tumbuh di pegunungan menjadikan tumbuhan ini terkenal di zona montana dan subalpin dengan ketinggian 1500-4000 m di atas permukaan laut (dpl), sehingga tumbuhan tersebut hanya dapat beradaptasi pada habitat yang terbatas. Hutan pegunungan (*subalpine forest*) merupakan suatu ekosistem yang tersusun oleh komunitas tumbuhan yang khas dan dapat beradaptasi terhadap beberapa kondisi

termasuk iklim yang ekstrim, kandungan unsur hara tanah yang rendah, kandungan mineral vulkanik pada tanah, dan kecepatan angin yang tinggi (Kurniawan, 2013). Disamping sebagai tumbuhan khas pada zona subalpin, *Anaphalis* spp. juga merupakan tumbuhan pelopor/perintis bagi tanah vulkanik muda di hutan pegunungan atas (*upper mountain forest*) dan mampu mempertahankan kelangsungan hidupnya di atas tanah yang tandus serta rendah unsur hara (Whitten dkk., 1999; Hakim, 2011), sehingga *Anaphalis* spp. mempunyai keuntungan ekologis sebagai salah satu tumbuhan yang dapat digunakan untuk proses restorasi kawasan subalpin. Tumbuhan *Anaphalis* spp. merupakan tumbuhan herba *perennial*, semak atau pohon kecil yang sering bercabang banyak (Backer & Van den Brink, 1968). Adanya habitat yang terbatas, menyebabkan polinator *Anaphalis* spp. sedikit karena spesifik menjadi serangga penyerbuk di daerah pegunungan.

Habitat *Anaphalis* spp. yang berupa pegunungan zona montana dan subalpin mengakibatkan tumbuhan ini tergolong tumbuhan endemik dan langka. *Anaphalis* spp. dapat ditemukan di beberapa Taman Nasional di Indonesia yang memiliki habitat yang cocok bagi pertumbuhannya seperti Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGP), Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS), dan Taman Nasional Gunung Rinjani (TNGR).

Keberadaan *Anaphalis* spp. saat ini di alam diduga semakin berkurang dan dikhawatirkan dapat mengalami kepunahan. *International Union for Conservation of Nature* 3.1 (IUCN 3.1) yang mengatur tentang status konservasi di dunia menggolongkan bahwa status konservasi *Anaphalis* termasuk ke dalam kriteria kritis terancam punah (*Critically Endangered-Threatened*) (IUCN, 2008) atau merupakan tumbuhan dalam kondisi terancam keberadaannya (Taufiq dkk., 2013), sehingga diperlukan suatu tinjauan ilmiah untuk mendukung aspek-aspek konservasi *Anaphalis* spp. Dua aspek penting yang perlu dikaji dalam pelestarian *Anaphalis* spp. antara lain distribusi spasial dan diversitas genetik dari *Anaphalis* spp.

Data mengenai distribusi spasial dan diversitas genetik dari *Anaphalis* spp. sangat sedikit dan belum maksimal diketahui sehingga menyulitkan upaya-upaya konservasi. Distribusi spasial dari *Anaphalis* spp. penting diteliti karena berkaitan dengan kelestariannya sebagai salah satu tumbuhan asli daerah pegunungan. Kajian mengenai distribusi spasial *Anaphalis* spp. meliputi aspek persebaran, kondisi populasi, dan kondisi vegetasi di sekitar habitat *Anaphalis* spp. Aspek diversitas (variasi) genetis perlu diteliti

dikarenakan memiliki hubungan yang erat dengan kemampuan hidup (*fitness*) tanaman. Semakin tinggi variasi genetik suatu populasi maka kemampuan adaptasi akan semakin baik.

Keberadaan *Anaphalis* spp. di kawasan TNBTS akhir-akhir ini terancam oleh adanya beberapa faktor yaitu faktor antropologi (pengambilan secara ilegal pada aktivitas pendakian, aktivitas sosial-budaya masyarakat yang mendiami kawasan TNBTS), dan faktor alam (aktivitas gunung yang mengeluarkan abu vulkanik). Bentuk gangguan yang yang dapat mengancam keberadaan populasi *Anaphalis* spp. di antaranya aktivitas pendakian gunung (Kurniawan, 2013), pemetikan bunga Edelweiss sebagai oleh-oleh pendakian untuk alasan-alasan estetis (Whitten dkk., 1999), TNBTS sebagai lokasi favorit wisata (Hakim & Soemarno, 2017; Purnomo dkk., 2018a), penggunaan tumbuhan untuk spiritual, budaya, ekonomi (Batoro dkk., 2013; Radityo, 2014; Purnomo dkk., 2018b; Utomo & Heddy, 2018; Ifa dkk., 2019; Pahlevy dkk., 2019) maupun aktivitas pertanian bagi masyarakat lokal (Hakim & Soemarno, 2017; Sumarmi, 2018), kebakaran hutan (Hakim, 2011; Hakim & Soemarno, 2017; Suprihatini dkk., 2019), adanya spesies eksotis (spesies asing invasif) (Sutomo, 2018), penebangan liar (Hakim & Soemarno, 2017) dan erupsi aktif Gunung Bromo (Rahmawati, 2018). Gangguan-gangguan tersebut akan menyebabkan adanya gradasi habitat tumbuh *Anaphalis* spp. yang menimbulkan adanya fragmentasi habitat, dengan tidak meratanya persebaran tumbuhan *Anaphalis* spp. dan penurunan jumlah populasi. Hal ini akan menjadikan *Anaphalis* spp. rentan dan terancam keberadaannya sehingga mengalami penurunan populasi dan kepunahan di alam. Hakim (2011) menyatakan bahwa adanya fragmentasi habitat akan mampu menurunkan biodiversitas yang ada.

Menurut McNeely (1978) suatu spesies dikatakan mudah punah apabila memiliki kemampuan menyebar dan mengkoloni yang rendah, hanya ada di suatu kawasan kecil, secara langsung maupun tidak langsung bersaing dengan manusia dan mempunyai nilai komersial. Selain itu spesies dengan ukuran populasi yang kecil juga akan menghadapi risiko kepunahan. Indrawan dkk. (2012) menyatakan bahwa ada tiga sebab suatu populasi kecil terancam oleh risiko berkurangnya jumlah individu dan kepunahan lokal adalah: 1) hilangnya keragaman genetik dan timbulnya masalah dalam tekanan silang-dalam atau perkawinan sedarah (*inbreeding depression*) serta hanyutan genetik (*genetic drift*); 2) perubahan demografik, ketika laju kelahiran dan kematian akan mengalami variasi acak

dan mengakibatkan perubahan pada struktur dan komposisi populasi; dan 3) perubahan lingkungan, yang dapat disebabkan oleh bermacam ragam peristiwa termasuk kompetisi, penyakit, maupun bencana alam yang terjadi sewaktu-waktu seperti kebakaran ataupun musim kering berkepanjangan dan perubahan iklim global.

Keragaman genetik turut menentukan keberhasilan suatu populasi untuk dapat beradaptasi terhadap perubahan lingkungan. Variasi genetik bertambah ketika keturunan menerima kombinasi unik gen dan kromosom dari induknya melalui rekombinasi gen yang terjadi melalui reproduksi seksual (Indrawan dkk., 2012). Semua tingkat variasi genetik berkontribusi pada kemampuan populasi untuk beradaptasi terhadap perubahan lingkungan (Wise dkk., 2002). Jumlah keberagaman genetik dalam populasi ditentukan oleh banyaknya gen yang memiliki lebih dari satu alel (gen polimorfik), dan banyaknya alel pada setiap gen tersebut. Adanya gen polimorfik juga berarti bahwa beberapa individu dalam populasi mempunyai gen heterozigot (Indrawan dkk., 2012). Populasi yang kecil lebih rentan terhadap kepunahan karena hilangnya variasi genetik (Frankham, 1996). Pergeseran genetik (*genetic drift*) dan *inbreeding* dapat memengaruhi populasi kecil dari tumbuhan dengan mengubah pola keragaman genetik dan kemampuannya yang dapat mengubah distribusi variasi genetik dengan cara penurunan variasi dalam populasi (hilangnya heterozigositas dan fiksasi alel) dan peningkatan diferensiasi antara populasi (Ellstrand & Elam, 1993).

Salah satu hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi hilangnya keanekaragaman genetik adalah dengan penyelamatan genetik yaitu dengan pengisian alel yang hilang melalui aliran gen antara fragmen habitat (Honnay & Jacquemyn, 2007). Upaya pelestarian yang diperlukan untuk menjaga kelestarian suatu populasi spesies adalah dengan melakukan konservasi secara *in situ* maupun *ex situ*. Menurut Kim & Chung (1995), keberhasilan upaya pelestarian secara *in situ* maupun *ex situ* sangat dipengaruhi dari dukungan informasi diversitas genetik dan tingkat aliran gen serta struktur dalam populasi. Aliran gen (*gen flow*) yang terjadi pada suatu populasi spesies di suatu area dapat dilihat melalui suatu analisis haplotipe yang menggambarkan pola distribusi keragaman genetis spesies tersebut. Apabila aliran gen yang terjadi rendah maka diperkirakan keragaman genetis yang ada dalam populasi tersebut juga rendah, begitu pula sebaliknya. Rendahnya keragaman genetis akan mengurangi kemampuan populasi untuk beradaptasi terhadap perubahan kondisi lingkungan dan menanggapi tekanan

seleksi alam sehingga memungkinkan terjadinya pemusnahan populasi dengan mengurangi tingkat *fitness* dan keberlangsungan hidup populasi (McFarlane dkk., 2006). Data diversitas genetis dan tingkat aliran gen dapat mengungkapkan hubungan kemampuan hidup dan beradaptasi suatu populasi spesies tumbuhan. Informasi dari struktur populasi merupakan pengungkapan data studi demografi untuk menunjukkan jumlah populasi penyusun suatu spesies, kestabilan suatu spesies pada ruang dan waktu, kondisi habitat serta pergerakan individu antar populasi (Indrawan dkk., 2012). Penyediaan data diversitas genetis, struktur populasi dan persebarannya akan dapat dimanfaatkan dan penting sebagai strategi konservasi untuk penentuan habitat penting bagi tumbuhan langka khususnya *Anaphalis* spp. di Jawa.

Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) merupakan salah satu wilayah konservasi yang sangat penting di Pulau Jawa, dan berlokasi di Jawa Timur, Indonesia, dengan ekosistem yang kaya akan biodiversitasnya. Kawasan TNBTS merupakan salah satu habitat bagi *Anaphalis* spp. dan memiliki keragaman jenis *Anaphalis* spp. yang tinggi dengan ditemukannya tiga jenis dari empat jenis *Anaphalis* yang ada di Pulau Jawa (Kurniawan, 2013; Kurniawan dkk., 2014). Namun, kehadirannya semakin terancam sehingga diperlukan adanya upaya pelestarian baik secara *in situ* (dalam kawasan/habitatnya) maupun *ex situ* (luar wilayah alami/habitatnya) untuk perlindungan dan pengamanannya. Hal ini diperparah dengan tidak adanya basis data distribusi spasial dari populasi *Anaphalis* spp. Model konservasi *Anaphalis* spp. di TNBTS dapat dimulai dengan menentukan sebaran populasi *Anaphalis* spp. (Edelweiss) pada kawasan TNBTS. Informasi sebaran tersebut penting dalam merumuskan kebijakan spasial dalam perlindungan kawasan. Selanjutnya prioritas tinggi dari perlindungan populasi idealnya ditentukan berdasarkan potensi keragaman jenis dan genetiknya. Informasi keragaman genetik penting karena menjadi landasan dari peluang survival populasi di masa mendatang. Informasi ini berguna dalam merumuskan kebijakan perlindungan dan pengamanan populasi *Anaphalis* spp. Pendekatan dalam mengukur struktur dan diversitas genetik spesies dan populasi saat ini banyak digunakan dengan menggunakan pendekatan molekuler. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan molekuler dapat diketahui adanya perubahan yang terjadi pada suatu spesies dalam populasi sehingga menyebabkan munculnya variasi genetis. Informasi mengenai variasi genetis *Anaphalis* spp. dengan menggunakan sekuen intron *trn*L oleh Kurniawan (2013) menunjukkan rendahnya variasi

sekuen intron *trn*L pada saat amplifikasi, sehingga belum berhasil menunjukkan adanya variasi genetis genus *Anaphalis* di sepanjang jalur pendakian Gunung Semeru. Penggunaan hanya satu penanda genetik akan menyulitkan analisis pada sekuen DNA tumbuhan sehingga perlu adanya kombinasi penggunaan lebih dari satu penanda genetik untuk analisis molekuler (Kurniawan dkk., 2014). Hingga saat ini tidak banyak penelitian yang melaporkan keberadaan *Anaphalis* spp. di TNBTS berdasarkan molekuler sehingga informasi mengenai tumbuhan ini sangat sedikit, terutama yang akan berguna nantinya bagi konservasi *Anaphalis* spp., maka diperlukan penelitian mengenai diversitas genetik sebagai informasi awal bagi konservasi tumbuhan ini.

Penelitian mengenai persebaran *Anaphalis* spp. dengan pendekatan molekuler dengan menggunakan penanda molekuler yang berasal dari daerah inti DNA (*nuclear ribosomal* (nr) DNA) yaitu menggunakan marka *Internal Transcribed Spacer* (ITS) dan *External Transcribed Spacer* (ETS), serta dari daerah *non-coding* DNA *Simple Sequence Repeat* (SSR) yang terekspresikan atau disebut juga dengan *Expressed Sequence-Tag* (EST) SSR di kawasan TNBTS penting dilakukan sebagai basis data keragaman genetik keberadaan *Anaphalis* spp. yang nantinya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk upaya konservasi terhadap keberadaannya. Penelitian yang akan dilakukan ini bertujuan mengetahui diversitas genetis spesies dengan beberapa pendekatan molekuler (ITS, ETS, EST-SSR) untuk mendapatkan informasi mengenai variasi genetis *Anaphalis* spp., distribusi dan karakteristik habitat *Anaphalis* spp. yang ada di kawasan TNBTS. Informasi tersebut berguna dalam merumuskan strategi konservasi untuk penentuan prioritas habitat penting *Anaphalis* spp. di kawasan TNBTS sebagai model konservasi zona perlindungan dan pengamanan habitat *Anaphalis* spp.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang menjadi bagian penelitian yaitu :

1. Bagaimanakah peta distribusi spasial *Anaphalis* spp. di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS)?
2. Bagaimanakah karakteristik habitat dari *Anaphalis* spp. di TNBTS?
3. Bagaimanakah diversitas (keragaman) genetis *Anaphalis* spp. berdasarkan karakter molekuler (menggunakan marker ITS, ETS dan EST-SSR)?

4. Bagaimanakah strategi konservasi yang tepat untuk *Anaphalis* spp. di TNBTS?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menyusun peta distribusi spasial *Anaphalis* spp. di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS).
2. Menyusun deskripsi karakter dan kondisi habitat dari *Anaphalis* spp. di TNBTS.
3. Menganalisis keragaman genetis *Anaphalis* spp. berdasarkan karakter molekuler (menggunakan marker ITS, ETS, dan EST-SSR).
4. Menyusun strategi konservasi *Anaphalis* spp. di kawasan TNBTS.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memperoleh informasi terkait distribusi spasial dan karakteristik habitat *Anaphalis* spp. yang dapat digunakan sebagai model zona konservasi bagi perlindungan dan pengamanan habitat *Anaphalis* spp. khususnya di TNBTS.
2. Memperoleh informasi data molekuler sebagai *database* diversitas genetis *Anaphalis* spp. yang berguna untuk konservasi genetis *Anaphalis* spp. yang ada di TNBTS.
3. Memberikan informasi untuk rekomendasi strategi konservasi sebagai bahan pertimbangan untuk kebijakan dalam proses konservasi *Anaphalis* spp. di TNBTS.
4. Hasil penelitian ini dapat disampaikan kepada pihak pemerintah khususnya kepada Balai Besar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru sebagai salah satu pedoman kebijakan dalam pengelolaan populasi dan habitat untuk melestarikan *Anaphalis* spp.
5. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu bagian khasanah ilmu pengetahuan untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Botani dan Ekologi *Anaphalis* D. C.

2.1.1 Botani *Anaphalis* D. C.

Anaphalis merupakan salah satu genus tumbuhan yang termasuk ke dalam *Family Asteraceae* yang tumbuh di daerah pegunungan dan dikenal dengan nama 'Edelweiss'. Famili *Compositae* (*Asteraceae*) adalah famili yang memiliki jumlah spesies yang telah terdeskripsi dan diketahui paling besar dari famili tumbuhan yang lain, yaitu lebih kurang 24.000, dan dengan jumlah total yang diperkirakan dapat mencapai 30.000 spesies, terdiri dari 1600-1700 genus yang tersebar diseluruh dunia kecuali di Antartika (Taufik, 2012). Genus *Anaphalis* diwakili oleh ratusan spesies yang terdistribusi terutama di Asia tropis dan beberapa spesies ditemukan di Amerika Utara dan Asia beriklim temperata. Penyebutan untuk nama Edelweiss yang sering disebut dengan *everlasting flower* sebenarnya ditujukan pada Genus *Leontopodium* yang hanya ada di pegunungan alpen, Eropa (Belantara Indonesia, 2010). Namun dikarenakan habitat tumbuhnya sama dengan *Anaphalis*, sehingga Edelweiss juga dikenal sebagai tumbuhan endemik di daerah pegunungan di Jawa dan Bali. *Anaphalis* termasuk salah satu tumbuhan istimewa yang terdapat di Jawa dan Bali yang dipilih karena keistimewaannya. Menurut Whitten dkk. (1999) keistimewaan tumbuhan *Anaphalis* didasarkan pada bentuk, kegunaan dan peranannya dalam budaya manusia, ataupun fungsi pentingnya di dalam ekosistem.

Anaphalis yang lebih dikenal masyarakat biasanya populer dengan nama Edelweiss Jawa memiliki nama *Anaphalis javanica*. Namun bukan hanya *A. javanica* saja yang ditemukan pada pegunungan-pegunungan di daerah Jawa. Menurut Backer & Van den Brink (1968), *Anaphalis* D.C memiliki empat spesies yang terdapat di Pulau Jawa yaitu *Anaphalis javanica, A. viscida, A. longifolia* dan *A. maxima*. Keseluruhan spesies dari *Anaphalis* ini merupakan tumbuhan endemik zona alpina/montana pada berbagai pegunungan tinggi di Nusantara ini.

Anaphalis D.C. merupakan tumbuhan herba *perennial*, berupa semak-semak atau pohon kecil terkadang bercabang banyak, keputihan tertutupi oleh wool. Daun-daun tersusun berselang-seling (*alternate*), *sessile*, dan menyempit. Mahkota bunga (*corolla*) berwarna keputihan atau kuning terang, *filiform* pada bagian bunga tepi (berbentuk fili

(rambut)) dengan 3-4 gerigi di bagian atas. Tumbuhan ini memiliki kepala (*heads*) bunga yang terletak secara terminal dan aksilar dan sering berkombinasi membentuk komponen infloresen berupa bentukan tandan bunga, dan terdapat banyak bunga dengan anak tangkai bunga (*peduncled*) pendek, heterogami atau homogami, *subdioecious*; bunga tepi sedikit hingga banyak, tersusun berseri, bunga betina; *disk-flowers* berjumlah 1-50, bunga banci atau dengan perkembangan ovari yang rendah, bunga jantan; proporsi jumlah bunga betina terhadap bunga banci (atau bunga jantan) bervariasi pada satu dan spesies yang sama; braktea-braktea saling menutupi dengan 4-5 seri, sebagian besar *stramineous* dengan sedikit keras pada bagian setengah bawahnya, gundul, keputihan, melingkar atau tumpul; reseptakel datar dan telanjang; pada bagian *disk-flowers* berbentuk tabung dengan pelebaran bagian atas terdapat 5 lobus sedikit glandular; anter pada bagian dasar berbentuk *sagittate* dan *apex* meruncing, pada sisi yang lain dengan bentuk filiform pada bagian dasar; ragam lengan pada betina dan banci berukuran pendek dan tumpul; *achenes* banyak atau sedikit lonjong (oval), sedikitnya 3-*angular* agak memampat, gundul, kecoklatan sedikit berglandular pada bunga jantan kosong; rambut *pappus* 1 seri, bergerigi, berwarna putih keruh, pada *disk-flowers* banyak atau sedikit jelas berbentuk *clavate* (Backer & Van den Brink, 1968).

2.1.2 Ekologi *Anaphalis* D. C.

Anaphalis merupakan tumbuhan pelopor bagi tanah vulkanik muda di hutan pegunungan dan mampu mempertahankan kelangsungan hidupnya di atas tanah yang tandus (Whitten dkk., 1999), yang berupa tumbuhan herba *perennial*, semak atau pohon kecil yang sering bercabang banyak (Backer & Van den Brink, 1968). Tumbuhan *Anaphalis* ini sekarang sangat langka, jika memang masih ada yang tersisa. Hal ini dikarenakan bagian-bagian Edelweiss sering dipetik dan dibawa turun dari gunung untuk alasan-alasan estetis dan spiritual atau hanya sebagai oleh-oleh pendakian (Whitten dkk., 1999).

Tumbuhan *Anaphalis* memiliki banyak manfaat ekologis di antaranya bunganya merupakan sumber makanan bagi serangga-serangga tertentu; kulit batangnya bercelah dan mengandung banyak air sehingga dapat menjadi tempat hidup bagi beberapa jenis lumut; akar yang muncul di permukaan tanah merupakan tempat hidup cendawan tertentu membentuk mikoriza. Pembentukan mikoriza bersama dengan jamur tanah tertentu akan dapat memperluas kawasan yang dijangkau oleh akar-akarnya dan dapat meningkatkan

efisiensi dalam mencari zat hara. Apabila cabang-cabang tumbuhan *Anaphalis* dapat tumbuh dengan baik dan menghasilkan tumbuhan yang cukup kokoh, *Anaphalis* dapat menjadi tempat bersarang bagi burung tiung batu licik/ciung batu Jawa *Myophonus galucinus* (*Javan whistling thrush*) yang merupakan burung endemik di Jawa dan Bali.

Backer & Van den Brink (1968) menyatakan bahwa terdapat adanya empat jenis (spesies) *Anaphalis* D.C. yang mendiami Pulau Jawa, namun hanya tiga di antaranya yang ditemukan di daerah pegunungan wilayah bagian timur dari Pulau Jawa. Spesies yang ditemukan pada beberapa pegunungan di wilayah Jawa Timur adalah *Anaphalis javanica*, *A. viscida* dan *A. longifolia*. Spesies yang ditemukan pada beberapa pegunungan di wilayah Jawa Timur adalah *Anaphalis javanica*, *A. viscida,* dan *A. longifolia*. Ketiga jenis *Anaphalis* tersebut ditemukan tumbuh di kawasan TNBTS (Departemen Kehutanan, 2016).

Berdasarkan beberapa penelitian mengenai *Anaphalis* yang dilakukan di kawasan TNBTS menemukan bahwa *Anaphalis javanica*, *A. viscida,* dan *A. longifolia* masih terdapat dalam kawasan TNBTS. Kurniawan (2013) menyatakan ke tiga spesies *Anaphalis* tersebut ditemukan terdistribusi di sepanjang jalur pendakian menuju puncak Gunung Semeru Taman Nasional Bromo Tengger Semeru; dan *A. javanica* masih ditemukan terdistribusi di Gunung Batok Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (Wahyudi, 2010). Penelitian ini akan memfokuskan pada tiga spesies yang ditemukan pada kawasan TNBTS (Gambar 1).

Gambar 1. Tiga Spesies *Anaphalis* yang ditemukan di TNBTS (Van Steenis, 2006)
Keterangan: a) *Anaphalis viscida*, b) *A. longifolia*, c) *A. javanica*

2.2 Keragaman Jenis *Anaphalis* di Jawa

2.2.1 *Anaphalis javanica* (Bl.) Boerl.

Tumbuhan ini merupakan tumbuhan yang memiliki habitus berupa semak/pohon kecil dengan tinggi sekitar 0,5-4 m, terkadang hingga mencapai 8 m (Backer & Van den Brink, 1965). Tumbuhan ini populer sebagai Edelweiss Jawa (*Javanese Edelweiss*) memiliki nama lokal Sembung Langu merupakan tumbuhan endemik zona montana/sub alpin di berbagai pegunungan tinggi Nusantara. Van Steenis (2006) menyatakan bahwa *A. javanica* seringkali seperti semak yang bengkok (*crooked shrub*) dan memiliki batang setebal pergelangan tangan, dan kadang terlihat berbulu putih dan bercabang banyak. Backer & Van den Brink (1965) juga menyatakan bahwa batang, permukaan atas daun-daun dan cabang-cabang bunga *A. javanica* dipenuhi oleh bulu-bulu putih (benang-benang woll (*white-whoolly*)). Daun-daunnya berbentuk linear atau lanset (*lanceolate*), terkadang *oblanceolate* dan meruncing ke arah kedua ujungnya, pada bagian ujung daun yang tumpul bersifat *glabrous* (gundul) dan terdapat titik berwarna coklat dengan panjang daun 2-6 cm dan lebar 1½ -6 mm. Daun-daunnya tersebut berjarak 1-7 mm dengan bagian tepi daun sangat *revolute*, yang pada awalnya tegak, setelah itu menurun (*deflexed*).

Menurut Van Steenis (2006) kulit batang *A. javanica* kasar dan pecah-pecah dipenuhi *lichens*. Ranting-rantingnya dipenuhi daun-daun berwarna keabu-abuan yang layu terkulai. Pada bagian *apex* terdapat banyak daun-daun yang sempit dan kepala-kepala bunga berwarna putih yang melimpah yang bunga tengahnya (*disk-flowers*) berwarna kuning. Daun-daun tidak dilengkapi dengan rambut-rambut kelenjar (*gland hairs*) oleh karena itu tidak lengket.

Mahkota bunga (*corolla*) memiliki panjang 3-4 mm dengan *achenes* pada bunga betina memiliki panjang 1 mm, rambut-rambut *pappus* menyamai mahkota bunga (*corolla*), dan pada bunga jantan berbentuk *clavate.* Kepala bunga banci atau jantan memiliki panjang 6-7 mm, *involucral bracts* berbentuk hampir membujur (*oblong*), tak berambut (*glabrous*), dan pada bagian atasnya berwarna putih, sedangkan pada bagian bawahnya berwarna putih keruh atau kecoklatan, serta memiliki panjang 4-6 mm. Bunga-bunga tepi berjumlah banyak, dengan 2-3 seri (jika begitu *disk-flowers* berjumlah sedikit), atau sangat sedikit bahkan sampai tidak ada (maka berarti jumlah *disk-flowers* banyak). *Disk-flowers* jantan berjumlah banyak atau sedikit dan memiliki rambut-rambut *pappus* yang secara nyata menyempit (Backer & Van den Brink, 1968).

Van Steenis (2006) menyatakan bahwa pertumbuhan dari semaian biji *A. javanica* sangat lambat. Pada pagi hari, serbuk sari *A. javanica* dibebaskan dan putik mulai menerima serbuk sari pada siang harinya. Pada cuaca yang cerah, banyak serangga, lebah, diptera, hemiptera, kupu-kupu, ngengat akan mengunjungi tandan bunga yang tersedia banyak sebagai bagian kendali polinasi silang (*cross-pollination*), namun pada saat hari yang mendung kesemuanya tidak terjadi. Berbunga pada bulan April hingga Agustus. Pada area-area yang ternaungi seperti di Gunung Sumbing, *A. javanica* dapat tumbuh menjadi pohon-pohon dengan ketinggian hingga 8 m dan memiliki diameter batangnya sampai 15 cm yang diperkirakan berusia lebih dari 100 tahun.

Hidup *A. javanica* seringkali berkelompok (*gregarious*) pada tanah yang tak subur, suatu medan yang terbuka, datar atau berlereng, berpasir atau berbatu, terutama di lembah kawah aktif atau tidak, dan jarang berada di daerah terbuka di pegunungan hutan dan terkadang berada di daerah yang sangat luas seperti di Alun-alun Gunung Gede (di antara pinggir kawah Gunung Gede dan Gemuruh). Selain itu juga dapat menyebar pada hutan *elfin* yang telah terbakar namun akhirnya belakangan tertutupi sebagai regenerasi yang melalui biji yang terteduhi oleh lebatnya naungan batangnya sendiri dan serasah yang berada di bawahnya, sehingga dikatakan juga *A. javanica* memiliki karakter yang berumur panjang sebagai pioneer *screes* abu vulkanik dan tanah-tanah kawah (Van Steenis, 2006). Biasanya *A. javanica* merupakan tumbuhan yang tidak menyukai naungan, namun jika terkena matahari yang sangat kuat pertumbuhannya akan sangat lambat (Whitten dkk. 1999).

2.2.2 *Anaphalis viscida* (Bl.) DC

Tumbuhan ini memiliki habitus berupa semak dengan tinggi 2-4 m (Backer & Van den Brink, 1968). Menurut Van Steenis (2006), *A. viscida* memiliki tinggi yang sama dengan *A. javanica*, akan tetapi memiliki daun-daun berwarna hijau tanpa adanya bulu berwarna putih, yang dilekati oleh rambut kelenjar dan memiliki kepala bunga (*heads*) yang berukuran lebih besar. Batang dan bagian permukaan atas daun berwarna coklat kekuningan, dilekati oleh rambut-rambut glandular, bagian dasar dari daun-daun tetap kuat bertahan. Daun-daunnya linier dengan berbentuk hati (*cordate*) terkadang menempel pada pangkal seperti cuping (*auricled*) dan mengecil pada bagian *apex*, sedangkan pada daun bagian permukaan bawah terdapat lapisan berwarna putih keruh seperti *wool* dan

terdapat juga pada *axil*, pada puncak batang dan pada percabangan *corymbs*. Daun memiliki panjang 2-7 cm dengan lebar 1-5 mm dan memiliki jarak 1-7 mm dengan bagian tepi daun sangat *revolute*, yang pada awalnya tegak, setelah itu menurun (*deflexed*) (Backer & Van den Brink, 1968).

Mahkota (*corolla*) bunga tepi memiliki panjang 3 mm dan *disk-flowers* panjangnya 3½ mm. Kepala bunga banci atau bunga jantan memiliki panjang 5-6 mm, braktea *involucral* oblong atau ellip, pada bagian atasnya berwarna putih dan bagian bawahnya kadang kecoklatan dengan panjang 3-5 mm. Jumlah bunga-bunga tepi banyak dengan 3-4 seri atau sangat sedikit atau bahkan tidak ada (*disk-flowers* banyak sehingga biasanya *disk-flowers* jantan berjumlah banyak atau sedikit. *Disk-flowers* jantan memiliki rambut-rambut *pappus* yang secara nyata menyempit. *Achenes* (biji) pada bunga betina memiliki panjang ½-1 mm memiliki rambut-rambut *pappus* yang menyamai *corolla* (mahkota), pada bunga jantan berbentuk *clavate* (Backer & Van den Brink, 1968).

Menurut Van Steenis (2006) hidup *A. viscida* secara lokal sering berkelompok tetapi tidak hadir secara luas seperti halnya *A. javanica*. Selain itu *A. viscida* ditemukan pada tempat-tempat yang sama ditemukannya *A. javanica*, tetapi juga pada tanah-tanah sedikit steril, pada lapangan yang terbuka luas di hutan cemara. Kedua spesies ini (*A. viscida* dan *A. javanica*) juga terdapat pada Gunung Arjuno dan Gunung Tengger, namun jarang ditemukan secara bersamaan. *A. viscida* memiliki nama lokal yang berbeda pada beberapa daerah. Nama lokal tumbuhan ini di daerah Sumatera adalah Semblango, pada daerah Tengger disebut Senduro, pada Papandayan disebut dengan Widodaren.

2.2.3 *Anaphalis longifolia* (Bl.) DC.

A. longifolia memiliki beberapa nama daerah antara lain capa gunung, ganjo gadang, oleh suku melayu di Sumatera, sembung lungu oleh suku sunda, kedusan dan widodaren pada masyarakat Jawa (Van Steenis, 2006). Bagi masyarakat Tengger, tumbuhan ini memiliki nama lokal Tan Hana Layu. Tumbuhan ini merupakan tumbuhan herba, terkadang pada pangkalnya berkayu yang memiliki tinggi 0,2-1,5 m, jarang ditemukan lebih tinggi (Backer & Van den Brink, 1968). Van Steenis (2006) menyatakan bahwa *A. longofolia* merupakan tumbuhan tegak, bercabang dan terkadang pada bagian dasar sedikit berkayu, dan dapat mencapai tinggi 1½ m. Beberapa hampir sama namun tidak pernah berbentuk seperti *A. javanica* dan tidak berkayu. Batang dan permukaan bawah

daun berwarna putih dan jarang ditemukan berwarna kekuningan, ber-*wool* (pada pegunungan Tengger dan Semeru). Permukaan atas daun berwarna hijau ketika segar dan berambut *laxly arachnoid*. Daun-daun memiliki panjang 3-16 cm dan lebar 2-18 mm dan menyempit menuju dasar. Menurut Backer & Van den Brink (1968) batang dan bagian permukaan bawah daun berwarna putih keruh atau berwarna sangat putih dengan ber-*wool* padat dan bagian permukaan atas dari daun berambut *arachnoid* atau tidak memiliki rambut (*glabrous*). Daun-daun berbentuk lancet atau lanset-linier dan menyempit pada kedua pangkalnya dan memiliki panjang 3-16 cm dan lebar 2-18 mm. Daun-daun kecuali pada dasarnya memiliki jarak yang agak jauh (1-3½ cm) dengan bagian tepi hampir tidak *revolute*.

Van Steenis (2006) menyatakan kebanyakan tumbuhan ini memiliki kepala-kepala bunga dengan *ray florets* betina dan sangat sedikit *disk-flowers* yang biseksual. Menurut Backer & Van den Brink (1968) kepala bunga biasanya bunga banci, jarang yang ada bunga jantan dengan panjang involukrum 3-5 mm. Kepala bunga berbentuk *subglobose* penuh dengan diameter 4-5 mm; braktea involukral berbentuk *ovate* hingga *oblong*, pada bagian atas membentuk membran. *Disk-flowers* seringkali terdiri dari bunga jantan, terkadang bunga banci, biasanya sedikit (berjumlah 5-13, biasanya sekitar 8), terkadang berjumlah banyak, dan memiliki panjang 2½-3 mm. Mahkota (*corolla*) bunga tepi memiliki panjang 2½ mm dengan bagian dalamnya berangsur memendek. Bunga-bunga tepi (*marginal flowers*) berjumlah sangat banyak (maka bunga banci dan bunga jantan sangat sedikit), atau sedikit (maka bunga banci dan bunga jantan banyak). Biji-biji (*achenes*) bunga betina memiliki panjang ½ mm. Rambut-rambut *pappus* hampir tidak menyempit dan memiliki panjang 2½-3mm.

2.3 Filogeografi *Anaphalis* D. C.

Para penjelajah lautan dulu mengenali Pulau Jawa karena melihat gunung-gunungnya. Semua gunung yang ada merupakan gunung berapi, meskipun beberapa di antaranya telah tua dan lebih sering mengalami erosi. Hutan pegunungan sangat penting sebagai tempat pelestarian keragaman hayati walaupun beberapa telah mengalami kemerosotan jumlah habitat bagi ekosistem alami pegunungan (Whitten dkk., 1999). Wilayah Provinsi Jawa Timur banyak memiliki pegunungan yang beberapa masih aktif dibandingkan dengan wilayah Jawa bagian Tengah maupun Barat. Wilayah Pegunungan memiliki beberapa

zonasi berdasarkan ketinggian tempat diatas permukaan laut. *Anaphalis* termasuk tumbuhan khusus yang terkenal di wilayah zona subalpin. *Anaphalis* yang tumbuh di pegunungan di Indonesia adalah *Anaphalis javanica, A. longifolia, A. viscida,* dan *A. maxima.*

A. javanica tumbuh dan berada pada puncak gunung, kawah tua, hutan-hutan *Casuarina*, padang rumput, hutan belantara, terkadang melimpah secara lokal sehingga dapat tersebar dari Gunung Pangrango (bagian Barat Jawa) hingga Gunung Tengger (bagian Timur Jawa), dan ditemukan pada ketinggian 2000-3400 m dpl (Backer & Van den Brink, 1968). Sedangkan Van Steenis (2006) menyatakan selain di Jawa, *A. javanica* juga terdapat pada beberapa gunung api di Sumatera Tengah (Kerinci, Singgalang) dan Sumatera Selatan (Gunung Dempo), Sulawesi (Gunung Bonthain di bagian barat daya dan Gunung Lokon di bagian timur laut) dan Dangkalan Sunda (Bali dan Lombok). *A. javanica* juga ditemukan di Gunung Merapi, Singgalang, Tandikat dan Talang Provinsi Sumatera Barat (Taufiq dkk., 2013; Fajrina dkk., 2017).

Backer & Van den Brink (1968) menyatakan bahwa *A. viscida* tumbuh dan berada pada puncak gunung, lapangan terbuka yang luas pada hutan *Casuarina*, padang rumput, semak dan melimpah secara lokal sehingga dapat tersebar dari Ceremai (bagian Barat Jawa) hingga Gunung Ijen (bagian Timur Jawa) dan ditemukan pada ketinggian 1800-3300 m dpl. Van Steenis (2006) menyatakan bahwa *A. viscida* hanya terdapat pada pegunungan dengan iklim Munson kering, yaitu dari Gunung Ceremai hingga ke timur sampai Ijen-Merapi, juga terdapat pada Gunung Rinjani di Lombok dengan ketinggian 1650-3250 m dpl.

Backer & Van den Brink (1968) menyatakan bahwa *A. longifolia* tumbuh dan berada pada puncak-puncak pegunungan, lapangan yang luas pada hutan *Casuarina*, hutan subalpin, padang rumput, batuan lava, dan dinding-dinding tebing dan ditemukan pada ketinggian 800-2850 m dpl. Menurut Van Steenis (2006) *A. longifolia* tumbuh dan terdapat pada padang rumput, pada lereng, sepanjang jalan setapak, pada hutan campuran maupun hutan cemara, seringkali sebagai pioner pada batuan-batuan lava dan lereng-lereng abu vulkanik, pada ketinggian 1200-2850 m dpl dan jarang ditemukan pada ketinggian dibawah 800 m dpl. Di Jawa, *A. longifolia* terdapat mulai dari Gunung Salak kemudian ke arah timur menuju Gunung Ijen. Selain *A. longifolia* juga ditemukan di wilayah Sumatera, seluruh dangkalan Sunda, Sulawesi Selatan, Morotai di Maluku, dan

New Guinea. Di pegunungan wilayah Sumatera Barat khususnya di Gunung Merapi, Singgalang, Tandikat dan Talang, juga ditemukan adanya *A. longifolia* (Taufiq dkk., 2013). Selain itu di wilayah Sumatera Utara juga ditemukan adanya *A. longifolia* (Prakasa dkk., 2018).

2.4 Diversitas Genetis *Anaphalis*

Akhir-akhir ini penggunaan metode molekular telah banyak dilakukan terutama dalam menentukan diversitas genetis dan struktur populasi pada berbagai organisme tumbuhan. Hal ini dapat digunakan dalam menentukan langkah yang tepat dalam manajemen konservasi dan pemanfaatan sumberdaya tumbuhan secara genetis. Penggunaan metode molekuler ini dengan adanya pemanfaatan penanda (marker) genetis yang ditemukan secara khas pada setiap organisme tumbuhan.

Penelitian mengenai diversitas genetis *Anaphalis* belum banyak dilakukan sehingga tidak banyak laporan yang ditemukan terkait hal tersebut. Penelitian yang telah berhasil dilakukan pada tumbuhan *Anaphalis* yaitu dengan menggunakan penanda molekuler *internal transcribed spacer* (ITS) dan *external transcribed spacer* (ETS) yang dilakukan oleh Nie dkk. (2013) dan Glenny & Wagstaff (1997). Selain itu juga telah dilakukan penelitian mengenai *Anaphalis* dengan menggunakan *trn*L (Kurniawan, 2013; Kurniawan dkk., 2014).

Penelitian yang dilakukan Kurniawan (2013) mengenai peta distribusi dan diversitas genetis *Anaphalis* spp. berdasarkan intron *trn*L di sepanjang jalur pendakian menuju puncak Gunung Semeru TNBTS ditemukan ada tiga jenis *Anaphalis* yaitu *Anaphalis javanica, A. longifolia* dan *A. viscida*. Meskipun penelitian ini telah dilakukan namun hasil yang diperoleh tidak menunjukkan adanya diversitas genetis pada *Anaphalis* berdasarkan intron *trn*L. Hal ini dikarenakan intron *trn*L tidak menunjukkan polimorfisme sebagai bagian petunjuk diversitas genetis sehingga untai intron *trn*L belum mampu untuk digunakan dalam menganalisis diversitas genetis pada genus *Anaphalis* yang diteliti. Untai *trn*L yang ditemukan terlalu konserf dan kurang bervariasi pada basa nukleotida dikarenakan hanya terdapat satu variasi basa nukleotida (Kurniawan, 2013; Kurniawan dkk. 2014).

Penelitian lainnya dan telah berhasil dilakukan oleh Nie dkk. (2013) mengenai molecular phylogeny of *Anaphalis* (Asteraceae, Gnapalieae) yang diteliti dan ditemukan

di daerah timur Himalaya dan beberapa wilayah bagian utara belahan bumi ini. Marker molekuler yang digunakan adalah ITS dan ETS untuk menguji *monophyly* dan mengkonstruksi hubungan filogenetik *Anaphalis* dengan genus yang lainnya (*Helichrysum, Pseudognaphalium, Chionolaena, Dolichothrix, Ewartia, dan Leontopodium*). Hasil penelitian menunjukkan *Anaphalis* ter-*nested* dengan *Helichrysum* yang memiliki hubungan yang dekat dengan kelompok *Helichrysum* Mediterranean-Asia. *Monophyly Anaphalis* membentuk dua *clade* dengan masing-masing terdiri dari dua subgrup. Hubungan filogenetik pada *Anaphalis* menunjukkan adanya kesesuaian dengan bentuk dasar daun, dibandingkan dengan morfologi *capitula* dan *phyllaries* yang sering digunakan bagi penetapan dan klasifikasi pada genus *Anaphalis*. Keempat subgrup *Anaphalis* digolongkan pada wilayah timur Himalaya dengan berbagai persebaran. Adanya *Anaphalis* Amerika Utara merupakan suatu hipotesis yang bagus untuk menunjukkan hasil dari persebaran yang panjang atau adanya migrasi darat melalui pertemuan *Beringland* dari Asia. Analisis lainnya diperkirakan persebaran *Anaphalis* yang masih ada kemungkinan dihasilkan dari suatu radiasi di daerah timur Himalaya dan diikuti dengan suatu persebaran bebas dan/atau radiasi yang banyak ke dalam wilayah timur Asia tetapi juga ke wilayah barat Himalaya, Amerika Utara dan Asia Tenggara (Nie dkk., 2013).

Glenny dan Wagstaff (1997) melaporkan topologi pohon berdasarkan sekuen DNA dari daerah ITS rDNA pada tribe Gnapalieae New Zealand menunjukkan adanya hubungan yang dekat *Anaphalis* dengan genus New Zealand lainnya terutama dengan Helichrysum. Daerah ITS1 dan ITS2 merupakan daerah yang sangat konservatif untuk menjelaskan hubungan dalam genus yang endemik.

Dari dua penelitian sebelumnya mengenai diversitas genetis pada *Anaphalis*, tidak terdapat *Anaphalis* yang akan digunakan sebagai sampel penelitian ini. Meskipun penelitian *Anaphalis* di Jawa yang telah dilakukan Kurmiawan (2013); Kurniawan dkk. (2014) namun penggunaan marker molekuler untuk penelitian ini berbeda. Hal ini nantinya diharapkan dapat menunjukkan diversitas genetis pada *Anaphalis* di Jawa. Data penelitian ini nantinya dapat dimanfaatkan untuk penentuan strategi konservasi yang tepat khususnya *Anaphalis* di TNBTS.

2.5 Pemanfaatan Data Genetik dalam Konservasi Sumberdaya Hayati

Genetika molekuler ditemukan memiliki banyak kegunaan dalam biologi konservasi, khususnya dalam mengukur ukuran populasi efektif, aliran gen, dan populasi *bottlenecks*. Salah satu tujuan utama genetika konservasi adalah untuk memahami hubungan antara keragaman genetik dan viabilitas (kelangsungan hidup) populasi. Upaya peningkatan yang dilakukan untuk memantau keragaman genetik menggunakan penanda genetik alami dan adaptif, dan melestarikan tingkat keragaman yang tinggi dalam populasi liar. Ketertarikan utama dalam genetika konservasi adalah ukuran populasi yang efektif, yang merupakan parameter penting untuk mempertahankan keragaman genetik. Mempertahankan aliran gen yang memadai diantara subpopulasi yang terisolasi/semi terisolasi sering juga penting untuk memelihara variasi genetik (Beebee & Rowe, 2008).

Pemanfaatan data genetik dalam konservasi sumberdaya hayati telah banyak dilakukan terlebih dalam sepuluh tahun terakhir. Hal ini berguna dalam memperoleh informasi secara molekular untuk kegiatan konservasi bagi tumbuhan maupun hewan yang secara langsung sangat dipengaruhi oleh kegiatan manusia. Namun menurut Beebee & Rowe (2008) ada kemungkinan juga dipengaruhi adanya bencana alami yang menyebabkan kematian suatu spesies sehingga terjadi kehilangan variasi genetik.

Keanekaragaman genetik dalam suatu spesies seringkali dipengaruhi oleh perilaku reproduksi individu-individu dalam populasi tersebut. Individu-individu di dalam populasi memiliki perbedaan genetika antara satu dengan yang lainnya. Variasi genetika timbul karena setiap individu mempunyai bentuk-bentuk gen yang khas. Alternatif atau bentuk berbeda dari suatu gen dikenal sebagai alel. Variasi alel dari gen dapat memengaruhi perkembangan dan fisiologi individu organisme. Variasi genetik bertambah ketika keturunan menerima kombinasi unik gen dan kromosom dari induknya melalui rekombinasi gen yang terjadi melalui reproduksi seksual. Gen-gen dipertukarkan antar kromosom. Kombinasi baru terbentuk ketika kromosom dari kedua induk menyatu dan membentuk keturunan dengan genetika yang unik. Proses reproduksi seksual yang berfungsi mengatur ulang alel secara acak sehingga menghasilkan kombinasi yang berbeda-beda akan meningkatkan potensi variasi genetika. Susunan keseluruhan dari gen dan alel dalam populasi disebut *gene pool* (lungkang gen atau kumpulan gen) pada populasi. Jumlah keberagaman genetik dalam populasi ditentukan oleh banyaknya gen yang memiliki lebih dari satu alel (gen polimorfik), dan banyaknya alel pada setiap gen

tersebut (Indrawan dkk., 2012).

Adanya gen polimorfik juga berarti bahwa beberapa individu dalam populasi mempunyai gen heterozigot, yang artinya individu menerima alel gen yang berbeda dari setiap induknya. Semua tingkat variasi genetik berkontribusi pada kemampuan populasi untuk beradaptasi terhadap perubahan lingkungan (Wise dkk, 2002). Biasanya spesies yang langka memiliki variasi genetik yang lebih sedikit, sehingga menjadi lebih mudah punah jika kondisi lingkungan berubah (Indrawan dkk., 2012).

Individu dengan alel atau kombinasi alel tertentu mungkin memiliki sifat-sifat yang sesuai dan dibutuhkan untuk bertahan dan berbiak di dalam kondisi yang baru (Wayne & Morin, 2004). Proses kehilangan keragaman genetik secara acak, sering terjadi pada populasi-populasi berukuran kecil, dan dikenal sebagai hanyutan genetik (*genetic drift*). Populasi kecil yang mengalami hanyutan genetik lebih rentan terhadap berbagai efek genetika yang merugikan, misalnya tekanan silang-dalam atau perkawinan sedarah (*inbreeding depression*), tekanan silang-luar (*outbreeding depression*) serta berkurangnya kemampuan berevolusi (Indrawan dkk., 2012). Aliran genetik merupakan faktor penentu yang mencegah hilangnya keragaman genetik pada populasi-populasi tertentu. Populasi yang besar cenderung memiliki nilai heterozigositas terbesar. Populasi yang besar juga menunjukkan persentase gen polimorfik yang besar, serta memiliki jumlah tertinggi rata-rata alel untuk setiap gen (Billington, 1991).

Bagian dari populasi yang berhasil berkembang biak disebut ukuran populasi efektif (N_e atau EPS/ *Effective Population Size*). Jumlah minimum yang diperkirakan cukup efektif untuk menghindari tekanan silang-dalam dalam jangka pendek, serta cukup efektif untuk mempertahankan variasi genetika dalam populasi. EPS dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti fluktuasi ukuran populasi, banyaknya individu yang tidak berbiak, dan perbandingan jenis kelamin yang berbeda. Terdapat tiga penentu yang akan memperkecil EPS suatu spesies atau populasi, yaitu perbandingan jenis kelamin yang tidak seimbang, variasi kemampuan bereproduksi, serta perubahan dan efek penyusutan populasi (Indrawan dkk., 2012).

Berdasarkan suatu model populasi yang dikembangkan Menges (1992), maka khususnya bagi populasi yang berukuran kecil hingga sedang, kepunahan lebih mungkin diakibatkan oleh variasi lingkungan daripada oleh variasi demografi acak. Variasi lingkungan bahkan dapat meningkatkan risiko kepunahan suatu populasi yang tampaknya

tumbuh stabil dalam lingkungan yang stabil (Mangel & Tier, 1994). Secara umum, ketika variasi lingkungan diterapkan pada model populasi maka variasi lingkungan cenderung menyebabkan tingkat pertumbuhan yang rendah serta ukuran populasi yang kecil, sehingga meningkatkan kemungkinan punahnya populasi tersebut.

Ketika suatu populasi menurun akibat kerusakan habitat atau fragmentasi, maka peran variasi demografi menjadi penting. Variasi demografi ini umumnya terjadi secara acak, sehingga sering disebut stokastik demografi (*demographic stochasticity*). Peluang acak demografi akan dapat menurunkan bahkan menyebabkan kepunahan populasi, apalagi bila dalam tahun itu angka kelahiran rendah dan angka kematian tinggi (Lacy & Lindenmayer, 1995). Program khusus seperti pengelolaan populasi dan habitatnya perlu dilakukan untuk mengendalikan variasi demografi dan variasi lingkungan. Salah satu program tersebut adalah dengan mengungkap informasi keragaman genetis. Informasi tersebut berasal dari penggunaan marker molekuler. Beberapa marker molekuler yang digunakan bisa berasal dari sekuen inti (*nuclear*) (Wang dkk., 2007), ETS, kloroplas, *mat*K (Bayer dkk., 2002), ITS-ETS (Plovanich & Panero, 2014), ITS marker (Ghanbari dkk., 2018), mikrosatelit (SSR-*simple sequence repeat*) (Wang dkk., 2014; Gutiérrez-Larruscain dkk., 2018; Jemelková dkk., 2018), ISSR (Mohamad dkk., 2017); RAPD (Suliansyah dkk., 2018; Sholikhah dkk., 2019); dan juga EST-SSR (Yan dkk., 2011).

Penggunaan marker molekuler seperti EST-SSR telah banyak dilakukan pada berbagai penelitian beberapa genus tumbuhan yang termasuk dalam kelompok famili Asteraceae. Beberapa genus tumbuhan tersebut termasuk tumbuhan yang memiliki kemiripan dengan genus *Anaphalis* di antaranya genus *Helianthus* (Pashley dkk., 2006), genus *Carthamus* (Chapman dkk., 2009), genus *Pluchea* (Yang dkk., 2018), genus Lactuca (Simko, 2009), genus *Chrysanthemum* (Wang dkk., 2014) dan bahkan juga bisa digunakan pada kultivar dari genus *Chrysanthemum* (Jo dkk., 2015).

Ellis & Burke (2007) menyatakan bahwa EST-SSR dapat digunakan dalam analisis genetika populasi. Hal ini dikarenakan ESTs (*expressed sequence tags*) lebih potensial dibandingkan SSRs untuk mengungkapkan polimorfisme di dalam taxa yang saling berhubungan. Bahkan EST juga dapat digunakan pada spesies tumbuhan infasif, tumbuhan yang jarang dan terancam kehidupannya di alam untuk analisis genetika populasi yang penting bagi konservasi. Hal tersebut juga dinyatakan oleh Pashley dkk. (2006) bahwa database EST merupakan sumber yang sangat potensial digunakan untuk

studi evolusioner, sehingga lebih memungkinkan penggunaan EST-SSRs untuk analisis spesies tumbuhan yang jarang dan terancam di alam serta juga dapat digunakan bagi tumbuhan invasif. Penggunaan penanda molekuler EST-SSR sering digunakan pada analisis diversitas genetik untuk konservasi genetik (Stojnic dkk., 2019; Czarnecki dkk., 2019; Zhao dkk., 2019).

Mikrosatelit yang biasa disebut juga dengan *simple sequence repeat* (SSR) merupakan suatu kelompok sekuen DNA yang berulang sangat banyak. Mikrosatelit banyak ditemukan pada eukariot, sangat bervariasi, bersifat informatif dan memiliki polimorfisme yang sangat tinggi (Wang dkk., 2014), sehingga sangat cocok untuk studi variasi (diversitas) genetik pada populasi dan hubungan evolusionernya. Mikrosatelit biasanya memiliki ukuran sekuen nukleotida yang sangat pendek yaitu 2-5 bp dan ditemukan di seluruh genom. Individu yang berbeda mempunyai lokus yang berbeda dari pengulangannya (jumlah pengulangan yang berbeda disebut dengan alel yang berbeda). Mikrosatelit cenderung berada pada daerah *non-coding* dari DNA.

Database EST merupakan suatu sumber bagi penanda molekuler dalam pendekatan dalam keberadaan sumber-sumber genom, database yang sangat cocok bagi peneliti yang mempelajari spesies penting secara ekonomi (Pashley dkk., 2006). Penanda (marker) EST-SSR juga menjadi kandidiat yang potensial bagi studi perbandingan dalam spesies terkait (Simko, 2009).

Dari beberapa penelitian *Anaphalis* yang telah dilakukan sebelumnya dan telah dijelaskan di atas menunjukkan bahwa penggunaan marker EST-SSR (*expressed sequence tag*) belum ada laporan yang terkait dengan pengujian struktur populasi dan diversitas genetis. Selain itu juga belum ditemukan penggunaan marker tersebut untuk *Anaphalis* spp. khususnya yang terdapat di wilayah Jawa bagian Timur. Dengan memperkirakan dan menganalisis diversitas genetis *Anaphalis* di Jawa Timur maka akan ditemukan bagaimana keragaman genetis yang akan menunjukkan suatu bentuk persebaran *Anaphalis* yang berdasarkan marker molekuler.

2.6 *Quantum Geographic Information System* (QGIS)

Quantum GIS merupakan salah satu perangkat lunak *open source* yang dapat digunakan untuk pengelolaan data spasial dan pengembangan aplikasi Sistem Informasi Geografik (SIG). *Quantum GIS* dikembangkan di bawah bendera *Open Source*

Geospatial Foundation (OSGeo), dengan sifat pengembangan terbuka, sehingga siapapun yang berkompeten dapat berkontribusi terhadap pengembangan aplikasi ini (Nuryadin, tanpa tahun). Menurut Perdana & Gina (2011) Sistem Informasi Geografis yaitu sebuah sistem untuk memasukkan, menyimpan, memanggil kembali, mengolah (memanipulasi), menganalisis, dan menghasilkan data bereferensi geografis atau data geospasial, untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan suatu wilayah.

Quantum GIS dikembangkan dengan bahasa pemrograman C++ dan bersifat multi *platform*, dapat dijalankan pada berbagai sistem operasi (Linux, Unix, Mac OSX, Windows dan Android). Saat ini, versi *binary* (*installer*) *Quantum GIS* tersedia untuk sistem operasi Microsoft Windows, Linux (berbagai varian distro), FreeBSD dan MacOS X. Belakangan bahkan sudah mulai dicoba dijalankan di sistem operasi Android yang banyak digunakan di perangkat *mobile* (*smartphone*/*tablet*). Saat ini versi stabil *Quantum GIS* adalah 1.8.0, dan sedang dalam tahap pengembangan untuk mencapai versi mayor 2.0 (Nuryadin, tanpa tahun).

Sub-sistem dalam SIG meliputi: Input Data, Manajemen Data, Analisis Data dan Keluaran/Output. Pekerjaan input data menghabiskan kurang lebih 75 % waktu dan biaya dari pembangunan basis data SIG (Perdana & Gina, 2011). Beberapa bagian penting tampilan *Quantum GIS*, antara lain: Muka peta digunakan untuk menampilkan dan editing data peta, baik berupa data vektor maupun raster. Daftar *layer* berisi daftar *layer* yang sedang terbuka, dan dapat digunakan sebagai salah satu jalan pintas untuk pengelolaan suatu layer peta tertentu. Menu dan *toolbar* digunakan untuk menjalankan fitur-fitur dan fungsi-fungsi tertentu dari *Quantum GIS*. Pada proses pengelolaan dan analisis data peta, kita akan menjalankan berbagai fitur dan fungsionalitas yang disediakan melalui berbagai menu dan *toolbar* yang tersedia. Susunan *toolbar* dan menu sendiri bersifat dinamis dalam *Quantum GIS,* baik posisi maupun konten bisa diubah. Posisi sebuah *toolbar* misalnya diubah dengan menggeser-geser *toolbar* menggunakan *mouse*, atau sebuah menu bisa berubah kontennya karena adanya sebuah *plugin* yang terpasang, dan seterusnya. Status *bar* digunakan untuk melihat berbagai status dari *Quantum GIS* (koordinat kursor, sistem proyeksi peta yang sedang digunakan dan sebagainya) (Nuryadin, tanpa tahun).

Sistem informasi geografis dapat diaplikasikan untuk pendokumentasian data dan informasi keberadaan plasma nutfah khususnya dalam format spasial untuk kepentingan

analisis geografis wilayah atau kewilayahan. Informasi geografis dalam bentuk yang paling sederhana adalah informasi yang berkaitan dengan lokasi tertentu. Aplikasi SIG digunakan untuk memvisualisasikan data dan informasi spasial berupa peta lokasi kawasan ditemukannya plasma nutfah tanaman hasil eksplorasi. SIG juga dimanfaatkan untuk kepentingan identifikasi karakteristik wilayah dan biofisik lingkungan melalui teknik *overlay* data GPS terhadap peta informasi sumberdaya lahan (Galingging & Bhermana, tanpa tahun).

QGIS yang dikembangkan baru digunakan bagi penelitian beberapa tahun belakangan ini untuk melihat persebaran suatu hal yang akan diteliti, sehingga belum banyak penelitian yang dilaporkan menggunakan aplikasi *QGIS* terutama di Indonesia khususnya mengenai *Anaphalis*. Penelitian yang telah berhasil menggunakan aplikasi ini untuk melihat persebaran *Anaphalis* yaitu yang dilakukan oleh Kurniawan (2013). Pada penelitian tersebut yang diteliti adalah peta distribusi *Anaphalis* spp. disepanjang jalur pendakian menuju puncak Gunung Semeru TNBTS. Persebaran *Anaphalis* yang ditemukan sesuai dengan beberapa literatur yang menyatakan bahwa *Anaphalis* tumbuh pada padang rumput, di hutan campuran dan pada tempat terbuka. Hal ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan *QGIS* sangat bagus dan tepat dalam memperkirakan suatu persebaran dari spesies dalam populasi.

Penelitian lain yang menggunakan *QGIS* untuk mengevaluasi struktur komunitas herba endemik dan eksotik di Kebun Raya Purwodadi (Aryanti, 2009) berdasarkan diversitas dan kualitas herba sehingga mempermudah pengelolaan koleksi di KRP dan memberikan rekomendasi yang tepat bagi KRP sebagai hutan kota. Selain itu juga *QGIS* dapat memberikan gambaran diversitas serasah yang terdapat di Kebun Raya Purwodadi sebagai dasar pengambilan keputusan pengelolaan serasah yang ada di KRP (Putri, 2009).

2.7 Taman Nasional Bromo Tengger Semeru

Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) merupakan salah satu kawasan konservasi yang ada di Indonesia, yang berlokasi di Jawa Timur. Berdasarkan SK Menteri Kehutanan dan Perkebunan Nomor: SK.178/Menhut-II/2005 tanggal 29 Juni 2005 tentang Penetapan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru yang terletak di Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Lumajang, dan Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur. TNBTS memiliki luas wilayah 50276,20 Ha terdiri dari 50265,95 Ha daratan dan

10,25 Ha perairan yang berupa danau atau ranu. Suhu udara di kawasan TN-BTS berkisar antara 5° sampai 22 °C. Suhu terendah terjadi pada saat dini hari di puncak musim kemarau 3° - 5 °C bahkan di beberapa tempat sering bersuhu di bawah 0 °C (minus), khususnya di Ranu Kumbolo dan Puncak Mahameru. Suhu maksimum 20 °C – 22 °C. Curah hujan rata-rata 6600 mm/tahun (Departemen Kehutanan, 2009).

Secara geografis, kawasan TNBTS terletak antara 7º 51" 39' - 8º 19" 35' Lintang Selatan (LS) dan 112º 47" 44' - 113º 7" 45' Bujur Timur (BT) dan berada pada ketinggian 750 – 3676 m dpl, yang dibagi menjadi lima zonasi yaitu zona inti, zona rimba, zona pemanfaatan intensif, zona pemanfaatan tradisional, dan zona rehabilitasi. Berdasarkan perbedaan tempat tinggi kawasan dari permukaan laut, ekosistem daratan TNBTS dibagi dalam tiga zona, yaitu: zona Sub Montana (750 – 1500 m dpl), zona Montana (1500 – 2400 m dpl), dan zona sub Alpin (di atas 2400 m dpl) (Departemen Kehutanan, 2016).

Dengan adanya perubahan potensi pada lokasi zona tertentu (pembagian zona yang ada sudah tidak sesuai dengan kondisi pengelolaan), maka dilakukan *review* zonasi dengan hasil: Zona Inti 22006 Ha menjadi 17713,68 Ha; Zona Rimba 23485,2 Ha menjadi 26544,06 Ha; Zona Pemanfaatan Intensif 425 Ha menjadi 687,68 Ha; Zona Pemanfaatan Tradisional 2360 Ha menjadi 5196,62 Ha; Zona Rehabilitasi 2000 Ha menjadi 0 Ha (semua diubah menjadi Zona Rimba); Zona Religi seluas 99.81 Ha; dan Zona Khusus seluas 34,35 Ha (Departemen Kehutanan, 2009).

Berdasarkan UU No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya, pengelolaan TNBTS diarahkan untuk mencapai optimalisasi tiga fungsi kawasan sebagai: kawasan perlindungan dan sistem penyangga kehidupan; kawasan pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa; dan kawasan pemanfaatan secara lestari potensi Sumber Daya Alam Hayati dan ekosistemnya. TNBTS menyimpan salah satu tumbuhan khas pegunungan yang memiliki nilai manfaat salah satunya menjaga keberlangsungan budaya Tengger, yaitu tumbuhan Edelweiss (*Anaphalis* spp.). Tumbuhan ini merupakan salah satu flora ikon TNBTS yang dilindungi, tumbuh di kawasan dan daerah penyangga pada ketinggian di atas 1500 m dpl (Radityo, 2014). TNBTS mendeklarasikan diri sebagai *Land of Edelweiss* atau Surga Edelweiss, bersungguh-sungguh dan berupaya melestarikan tumbuhan ini melalui Taman Edelweiss yang bersinergi dengan Masyarakat Adat (Radityo dkk., 2017). Sejak tahun 2006, TNBTS melakukan program konservasi tumbuhan Edelweiss dengan mengidentifikasi jenis-jenis

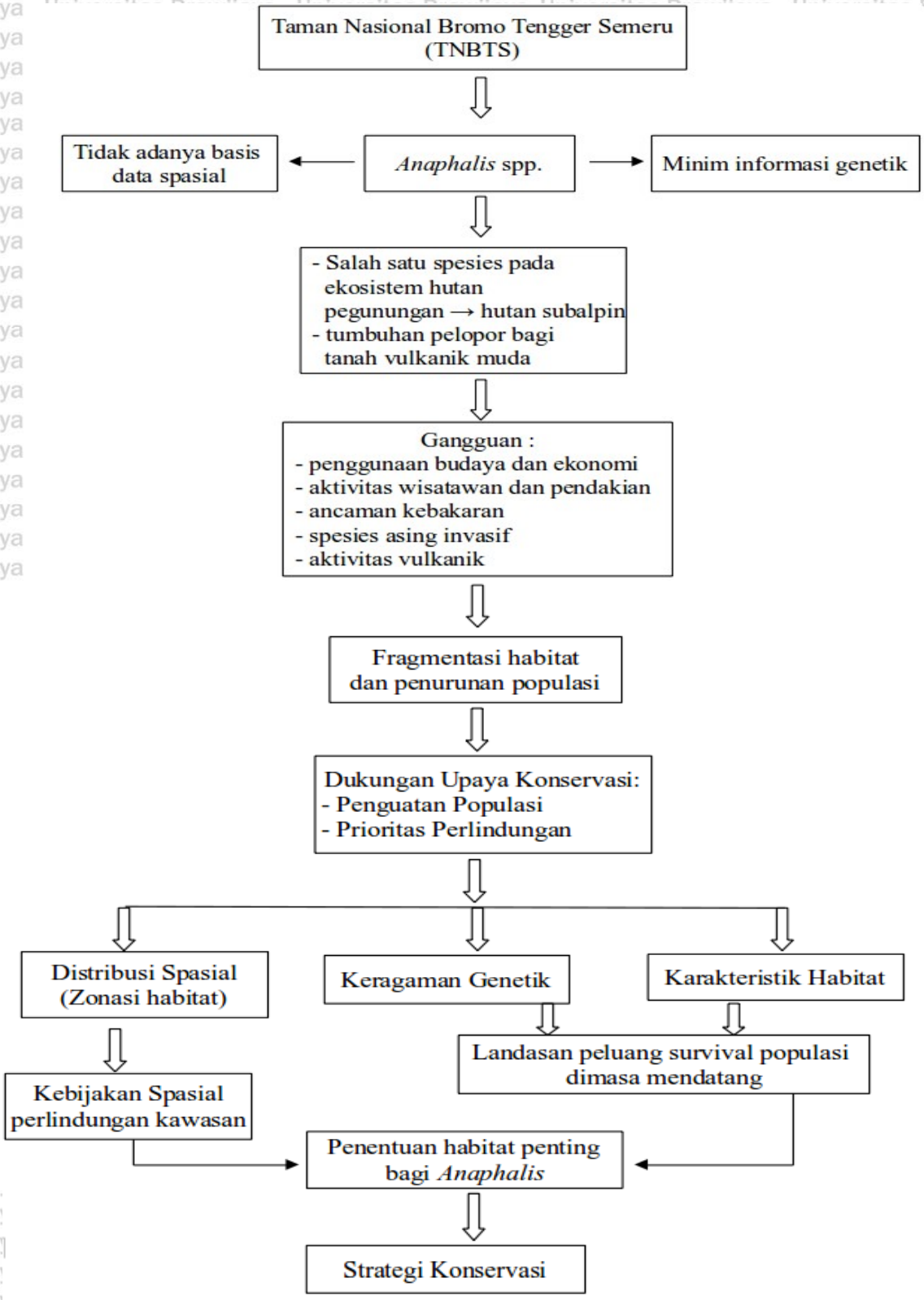
yang terdapat di kawasan TNBTS. Sejak tahun 2015, TNBTS fokus pada ujicoba konservasi ek-situ (menanam di luar kawasan) dengan bekerjasama dengan berbagai pihak. Keberhasilan program TNBTS terwujud dengan adanya Desa Edelweiss TNBTS (Radityo, 2018). Penelitian Aliadi dkk. (1990) dalam upaya penangkaran Edelweiss (*A. javanica*) dengan stek batang memiliki tingkat keberhasilan 63.75%, dan penelitian Surya dan Normasiwi (2019) dengan melakukan kajian pengusangan cepat dan penyimpanan biji terhadap perkecambahan *Anaphalis longifolia* menunjukkan keberhasilan bahwa perendaman biji pada etanol 96% selama 10-30 menit mampu memacu perkecambahan biji *Anaphalis longifolia* dengan penyimpanan biji dalam waktu yang lama menggunakan *freezer* pada suhu -20 °C. Biji *A. longifolia* yang digunakan pada penelitian Surya dan Normasiwi (2009) merupakan hasil perbanyakan di unit Pembibitan BKT Kebun Raya Cibodas – LIPI.

Tumbuhan *Anaphalis* spp. (Edelweiss) termasuk ke dalam tumbuhan yang dilindungi yang disebutkan dalam UU No. 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumberdaya Alam Hayati dan Ekosistemnya, yang populasinya jarang dan dalam bahaya kepunahan. Untuk menghindari pengambilan tumbuhan Edelweiss secara berlebihan, perlu dilakukan usaha budidaya yang menjadi bagian dari konservasi eksitu tumbuhan ini. Pengambilan dan pemanfataan tumbuhan *Anaphalis* spp. (Edelweiss) harus berlandaskan pada beberapa Peraturan Pemerintah diantaranya menggunakan PP Nomor 7 Tahun 1999 (7/1999) tentang Pengawetan Jenis Tumbuhan dan Satwa; PP Nomor 8 Tahun 1999 tentang Pemanfaatan Jenis Tumbuhan dan Satwa Liar; Peraturan Menteri Kehutanan Nomor : P.19/Menhut-II/2005 tentang Penangkaran Tumbuhan dan Satwa Liar; Keputusan Menteri Kehutanan dan Perkebunan Nomor : 104/Kpts-II/2000 tentang Tata Cara Mengambil Tumbuhan Liar dan Menangkap Satwa Liar; dan Keputusan Menteri Kehutanan Nomor : 447/Kpts-II/2003 tentang Tata Usaha Pengambilan atau Penangkapan dan Peredaran Tumbuhan dan Satwa Liar.

2. 8 Kerangka Konsep Penelitian

Anaphalis spp. yang merupakan tumbuhan pelopor bagi tanah vulkanik muda yang hanya tumbuh di daerah pegunungan daerah subalpin menjadikan tumbuhan ini memiliki habitat yang terbatas. Kawasan Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) merupakan salah satu habitat tumbuh *Anaphalis* spp., namun kehadirannya terancam

karena adanya gangguan manusia maupun gangguan alam. Gangguan-gangguan tersebut dapat berupa kebakaran hutan, gangguan aktivitas vulkanik, eksploitasi dan pemanfaatan berlebihan oleh manusia sehingga dapat menimbulkan adanya fragmentasi pada habitat yang mengakibatkan populasi tumbuhan di habitat itu akan menurun dan terancam di alam. Keterancaman populasi *Anaphalis* di kawasan TNBTS diperparah dengan tidak adanya basis data distribusi spasial dari populasi *Anaphalis* sehingga diperlukan adanya upaya pelestarian untuk perlindungan dan pengamanan kawasan maupun populasi. Data distribusi spasial akan memberikan gambaran lokasi dan zonasi persebaran *Anaphalis* spp. di alam. Pendekatan yang diperlukan pada konservasi *Anaphalis* spp. pada penelitian ini meliputi pendekatan spasial dan pendekatan molekuler. Pendekatan spasial meliputi ekplorasi populasi *Anaphalis* spp. dalam kawasan TNBTS, persebaran dan zonasi *Anaphalis* spp., serta kondisi dan karakteristik habitat *Anaphalis* spp. Informasi sebaran dan karakteristik habitat ini penting untuk dasar merumuskan kebijakan spasial dalam perlindungan kawasan dan penguatan populasi sebagai prioritas penentuan habitat penting bagi *Anaphalis* spp. Pendekatan penting lainnya yaitu berdasarkan potensi keragaman genetiknya dengan menggunakan beberapa penanda molekuler yang dipilih berdasarkan beberapa penelitian yang berhasil terhadap genus *Anaphalis* dan ditemukan adanya variasi genetik pada beberapa spesies tumbuhan dari keluarga (*Family*) *Asteraceae*. Informasi keragaman genetik penting karena menjadi landasan dari peluang survival populasi di masa mendatang. Informasi dari hasil distribusi spasial, karakteristik habitat, dan diversitas genetis ini berguna dalam merumuskan kebijakan perlindungan dan pengamanan populasi *Anaphalis* spp. sebagai dasar penentuan strategi konservasi yang tepat bagi *Anaphalis* spp. di kawasan TNBTS. Adapun kerangka konsep penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Bagan Alir Kerangka Konsep Penelitian

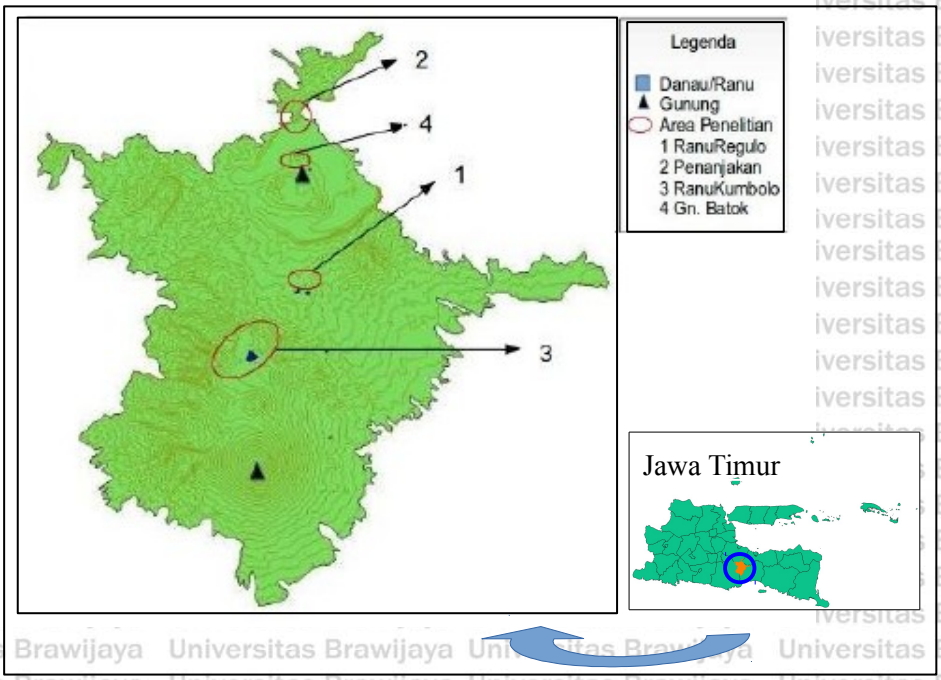
BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2016 sampai Agustus 2018. Penelitian ini terdiri dari penelitian lapangan yang dilaksanakan di wilayah kawasan TNBTS serta penelitian laboratorium yang dilaksanakan di Laboratorium Fisiologi, Kultur jaringan, dan Mikroteknik Tumbuhan (FKM), Laboratorium Biokomputasi Jurusan Biologi, FMIPA, dan Laboratorium Sentral Ilmu Hayati (LSIH) Universitas Brawijaya.

Deskripsi Area Penelitian

Penelitian ini dilakukan di beberapa area dalam wilayah kawasan TNBTS yaitu di Area Ranu Regulo, Area Penanjakan, Area Ranu Kumbolo, dan Area Gunung Batok (Gambar 4). Secara geografis kawasan TNBTS terletak antara 7º 51" 39' - 8º 19" 35' Lintang Selatan (LS) dan 112º 47" 44' - 113º 7" 45' Bujur Timur (BT) dan berada pada ketinggian 750 – 3676 m dpl (Departemen Kehutanan, 2009). Keempat lokasi (area) penelitian merupakan lokasi tumbuhnya populasi *Anaphalis* spp. di kawasan TNBTS. Penentuan lokasi ini juga mempertimbangkan aksesibilitas dalam pengambilan sampel tumbuhan. Deskripsi lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian di Kawasan TNBTS

3.2 Kerangka Operasional Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan survei dan penentuan lokasi penelitian. Survei ini dilakukan dengan mewawancarai petugas TNBTS dan masyarakat yang mengetahui lokasi terdapatnya *Anaphalis* spp., selanjutnya dilakukan penelusuran di lapangan. Lokasi ditemukannya populasi *Anaphalis* dicatat sebagai titik pengamatan distribusi *Anaphalis* spp., dan kemudian dibuat plot 2 x 2 m^2 untuk memudahkan pengamatan karakter habitat dan pengambilan sampel daun untuk pengamatan diversitas genetis. Pembuatan plot dilakukan secara acak pada lokasi pengamatan. Pada setiap titik plot pengamatan dicatat titik koordinat dengan GPS yang kemudian diolah dengan QGIS untuk menentukan letak (zonasi) distribusi *Anaphalis* spp. pada peta kawasan TNBTS. Pada pengamatan karakteristik habitat dilakukan pengamatan komposisi dan susunan jenis tumbuhan yang ada di sekitar populasi *Anaphalis* dalam plot pengamatan dan kemudian dilakukan penentuan nilai penting kehadiran *Anaphalis* sehingga diketahui kondisi kesehatan populasi dan karakter habitat dalam plot pengamatan tersebut. Penentuan nilai penting dilakukan berdasarkan analisis vegetasi yang menghasilkan indeks nilai penting *Anaphalis*. Selain itu juga diambil sampel tanah untuk dilakukan analisis tanah di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

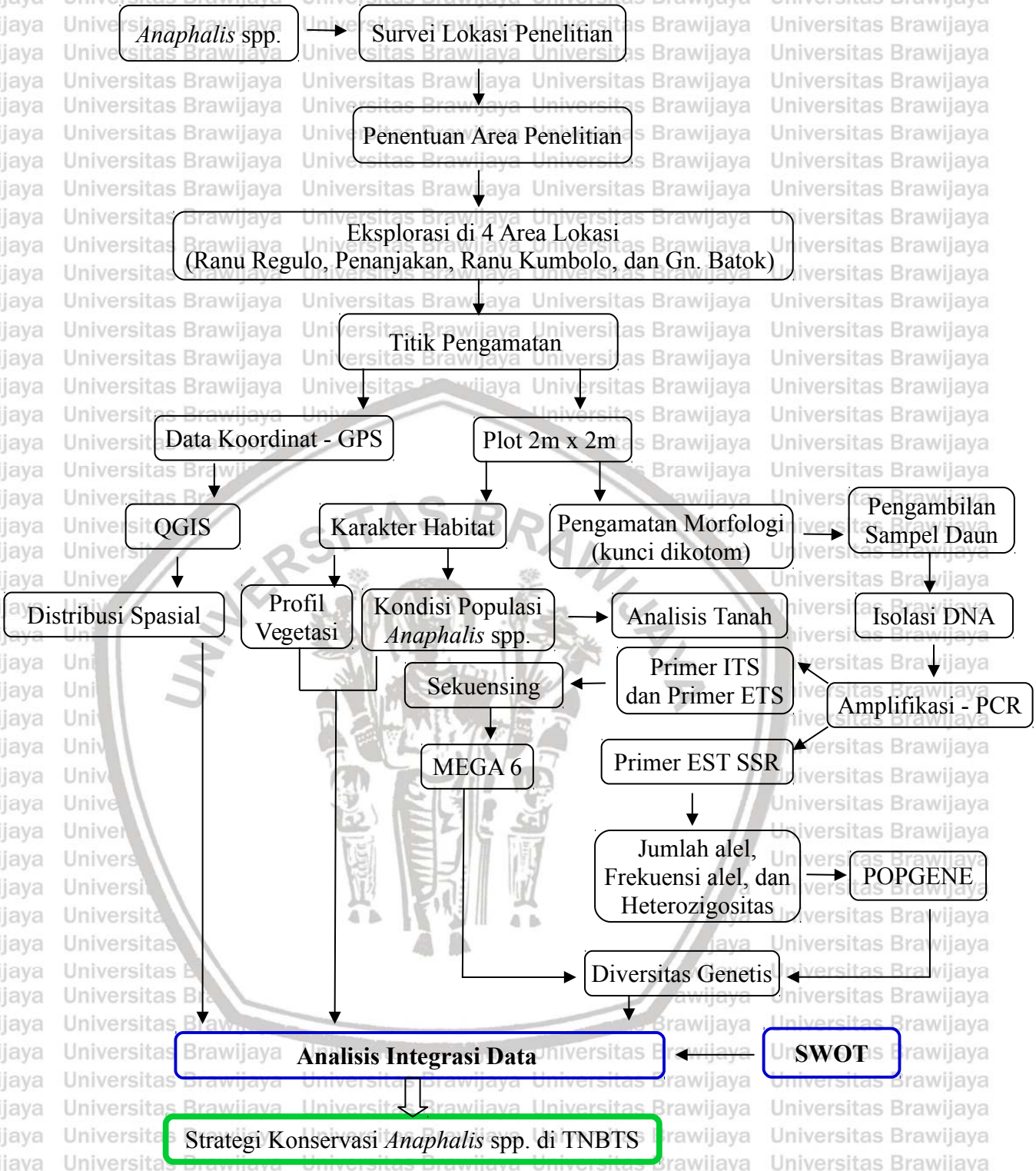
Koleksi (pengambilan sampel) *Anaphalis* spp. dilakukan bersamaan dengan kegiatan penentuan koordinat lokasi sampel dan karakteristik habitat. Sampel yang digunakan untuk pengamatan molekuler adalah daun muda yang diambil dari plot pengamatan. Pengambilan sampel daun dilakukan dalam plot kuadrat pada titik pengamatan terdapat adanya *Anaphalis* spp. Apabila pada titik pengamatan terdapat lebih dari satu jenis tumbuhan *Anaphalis* maka masing-masing jenis diambil satu sampel. Namun apabila di dalam plot kuadrat hanya ditemukan adanya satu jenis tumbuhan *Anaphalis* dan terdapat dalam jumlah banyak maka sampel daun diambil pada salah satu tumbuhan. Sampel daun yang digunakan diamati morfologinya untuk menentukan keragaman spesies *Anaphalis* yang ditemukan. Pengamatan morfologi berdasarkan kunci dikotomi yang ada pada buku *Flora of Java* (Backer & Van den Brink, 1968). Selain itu juga dilakukan pencocokan uraian dan gambar pada *plate* yang terdapat dalam buku *The Mountain Flora of Java* (Van Steenis, 2006). Sampel daun tersebut segera dimasukkan ke dalam plastik berisi *silica gel* dan diberi pelabelan dan selanjutnya dilakukan pengamatan diversitas genetis dari masing-masing sampel *Anaphalis* spp. yang ditemukan dengan

tahapan isolasi genom, amplifikasi sekuen dengan teknik PCR dan sekuensing.

Amplifikasi sekuen pada penelitian ini digunakan beberapa primer yaitu dengan menggunakan primer ITS (*internal transcribed spacer*) dan ETS (*external transcribed spacer*) yang berasal dari DNA inti serta juga digunakan primer EST-SSR (*expressed sequence tag*) yang berasal dari daerah *non-coding* DNA yaitu SSR yang terekspresikan. Primer yang digunakan untuk amplifikasi daerah ITS inti adalah primer ITS4 dan ITS5 (White dkk., 1990) dan untuk amplifikasi ETS inti, primer yang digunakan adalah primer ETS1F (Linder dkk., 2000) dan 18S-IGS (Baldwin & Marcos, 1998). Primer yang digunakan untuk amplifikasi EST-SSR adalah primer yang berasal dari primer yang telah berhasil mengamplifikasi EST-SSR pada *Asteraceae* dari beberapa jurnal. Amplifikasi yang berhasil dari primer ITS dan ETS selanjutnya dilakukan sekuensing kemudian dianalisis dengan menggunakan program MEGA6. Hasil dari amplifikasi EST-SSR dilakukan analisis diversitas genetis dengan menggunakan program POPGENE dan MEGA6 serta karakter *scoring band*.

Analisis data keragaman genetik primer ITS dan ETS menggunakan program MEGA6 dengan membandingkan metode *Neighbour-Joining, Maximum Likelihood,* dan *Maximum Parsimony* untuk mendapatkan topologi pohon filogenetik yang valid. Pohon filogenetik yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengetahui kekerabatan *Anaphalis* spp. di TNBTS.

Tahapan elaborasi data penelitian dengan menggunakan data distribusi sebaran spasial, karakteristik habitat, dan diversitas genetis dianalisis berdasarkan analisis SWOT. Hasil analisis ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan penyusunan strategi konservasi *Anaphalis* untuk menentukan prioritas konservasi bagi penentuan habitat penting *Anaphalis* di TNBTS. Adapun kerangka operasional penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Bagan Alir Kerangka Operasional Penelitian

3.3 Pemetaan Distribusi Spasial *Anaphalis* spp.

3.3.1 Prosedur Eksplorasi dan Penentuan Area Penelitian

Penelitian dimulai dengan survei lokasi di lapangan (eksplorasi) untuk menentukan lokasi area penelitian dan pengambilan sampel *Anaphalis* spp. pada berbagai lokasi di kawasan TNBTS. Survei dilakukan dengan melakukan wawancara dengan petugas TNBTS dan beberapa masyarakat yang mengetahui lokasi terdapatnya *Anaphalis* spp. Kegiatan yang dilakukan selanjutnya adalah verifikasi lokasi tumbuhnya populasi *Anaphalis* spp. di lapangan. Kegiatan survei dan ekplorasi digunakan untuk menentukan lokasi plot yang digunakan dalam analisis vegetasi. Lokasi ditemukannya populasi *Anaphalis* spp. dicatat sebagai titik pengamatan distribusi *Anaphalis* spp. Titik pengamatan ini kemudian dicatat koordinatnya dengan GPS.

Berdasarkan survei awal yang telah dilakukan diketahui beberapa lokasi tumbuh dan terdapatnya *Anaphalis* spp. di Kawasan TNBTS. Lokasi yang dipilih untuk pengamatan adalah area Ranu Regulo, area Penanjakan, area Ranu Kumbolo, dan area Gunung Batok. Di setiap lokasi dilakukan pencatatan titik koordinat, pencatatan spesies yang ditemukan setiap plot dan pengukuran karakteristik habitat (untuk analisis vegetasi), pencatatan morfologi *Anaphalis* yang ditemukan, dan pengambilan sampel daun untuk diversitas genetis. Pengukuran suhu, ketinggian dan kondisi tanah dilakukan ketika pengamatan berlangsung serta didukung dengan data sekunder yang ada pada Balai Besar TNBTS dan BMKG.

3.3.2 Pemetaan Distribusi *Anaphalis* spp.

Pemetaan distribusi *Anaphalis* spp. dilakukan dengan pengamatan dan pencatatan data koordinat dengan menggunakan GPS pada titik pengamatan populasi *Anaphalis* dan titik lokasi pengambilan sampel daun (*sampling site*). Ekplorasi *Anaphalis* spp. di Kawasan TNBTS dilakukan di area Ranu Regulo terdapat sebanyak 5 titik pengamatan, area Penanjakan sebanyak 19 titik pengamatan, area Ranu Kumbolo sebanyak 39 titik pengamatan, dan area Gunung Batok sebanyak 7 titik pengamatan. Data titik koordinat yang didapatkan kemudian diolah lebih lanjut dengan menggunakan aplikasi QGIS. Fitur-fitur yang ada pada QGIS akan dapat menentukan distribusi persebaran *Anaphalis* spp. sehingga didapatkan hasil akhirnya berupa peta zonasi *Anaphalis* spp. di beberapa lokasi penelitian pada kawasan TNBTS.

3.4 Pengamatan Karakteristik Habitat *Anaphalis* spp.

Pengamatan karakteristik habitat dimulai dengan pengamatan morfologi jenis *Anaphalis* yang ada pada lokasi pengamatan. Pengamatan morfologi dilakukan dengan menggunakan kunci dikotomi yang ada pada buku *Flora of Java* (Backer & Van den Brink, 1968). Selain itu juga dilakukan pencocokan uraian dan gambar pada *plate* yang terdapat dalam buku *The Mountain Flora of Java* (Van Steenis, 2006). Pengamatan ini termasuk di antaranya mengamati bentuk daun, bunga dan batang.

Pengamatan karakteristik habitat untuk analisis vegetasi dilakukan dengan pembuatan plot pengamatan dengan plot kuadrat pada ukuran 2 x 2 m^2 (Wahyudi, 2010; Indriyanto, 2012) pada lokasi pengambilan sampel (*sampling site*) dengan jarak 10 m dari setiap plot pengamatan. Metode kuadrat merupakan salah satu metode analisis vegetasi yang berdasarkan pada suatu luasan petak contoh. Pembuatan plot (petak) pengamatan terdistribusi di kiri dan kanan jalan setapak (transek) dengan berdasarkan pada aksesibilitas, waktu, dan tenaga peneliti. Setelah dilakukan pengukuran plot di lapangan, menurut Hill (2005), untuk dapat mengetahui jenis yang dominan pada suatu komunitas, selanjutnya dilakukan perhitungan berdasarkan parameter dalam pengukuran analisis vegetasi. Perhitungan untuk analisis vegetasi didapatkan dari hasil indeks nilai penting (INP) dari *Anaphalis* yang didapat dari penjumlahan nilai relatif kerapatan (persamaan 1) dan frekuensi (persamaan 2) dalam suatu komunitas. INP dapat menggambarkan besarnya penguasaan satu spesies terhadap komunitasnya (Soegianto, 1994). INP (persamaan 3) digunakan untuk mempermudah interpretasi hasil analisis vegetasi. Pengukuran faktor lingkungan berupa sifat fisik dan kimia tanah dilakukan di Laboratorium Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, yang pengambilan sampel tanah langsung diambil ketika pengamatan karakteristik habitat.

$$\text{Kerapatan relatif (\%)} = \frac{\text{kerapatan suatu jenis}}{\text{kerapatan seluruh jenis}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Frekuensi relatif (\%)} = \frac{\text{frekuensi suatu jenis}}{\text{frekuensi seluruh jenis}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Indeks Nilai Penting (INP)} = \text{kerapatan relatif (KR)} + \text{frekuensi relatif (FR)} \quad (3)$$

3.5 Pengamatan Diversitas Genetis *Anaphalis* spp.

3.5.1 Pengambilan Sampel Daun untuk Isolasi DNA

Pengambilan sampel daun untuk isolasi DNA dilakukan pada titik pengambilan sampel daun yang telah dibuat plot dengan ukuran 2 x 2 m^2 (Wahyudi, 2010; Indriyanto, 2012). Sampel *Anaphalis* spp. yang akan digunakan dicatat morfologinya agar diketahui keragaman jenis *Anaphalis* pada populasi di dalam plot kuadrat yang telah dibuat sebelumnya.

Pengambilan sampel daun dilakukan dalam plot kuadrat pada titik pengamatan dan *sampling site* terdapat adanya *Anaphalis* spp. Apabila pada titik pengamatan terdapat lebih dari satu jenis tumbuhan *Anaphalis* maka masing-masing jenis diambil satu sampel. Namun apabila di dalam plot kuadrat hanya ditemukan adanya satu jenis tumbuhan *Anaphalis* dan terdapat dalam jumlah banyak maka sampel daun diambil pada salah satu tumbuhan. Sampel daun yang diambil adalah daun muda segar yang kemudian segera dimasukkan dalam plastik tertutup berisi *silica gel* agar sampel daun yang akan digunakan untuk isolasi DNA dapat disimpan dan tidak rusak sebelum pengujian di laboratorium. Total sampel daun yang akan dilakukan pengujian molekuler adalah sebanyak 27 sampel.

3.5.2 Isolasi Genom *Anaphalis*

Isolasi genom DNA *Anaphalis* dilakukan pada sampel daun muda dengan menggunakan Kit Purifikasi DNA Genom (Geneaid). *Genomic* DNA mini *kit Plant* didalamnya terdapat *buffer* GP1, GP2, GP3, GPX1, W1, *wash buffer*, *elution buffer*, *RNase* A, *filter coloum*, dan GD *coloum*. Prosedur isolasi DNA mengikuti protokol Geneaid *Genomic* DNA Mini *Kit Plant* yang telah dimodifikasi sebagai berikut: daun segar *Anaphalis* ditimbang seberat 50 mg dan dibekukan dengan nitrogen cair, digerus sampai halus hingga berbentuk bubuk, kemudian dipindahkan ke dalam *microcentrifuge tube* 1,5 ml. 400 µl GP1 *Buffer* dan 5 µl Rnase A ditambahkan ke dalam *sample tube* dan di-vortex selama 5 detik, selanjutnya diinkubasi pada suhu 60 ºC selama 10 menit yang setiap 5 menit tabung dibolak-balik. Setelah diinkubasi, suspensi sampel ditambahkan 100µl GP2 *Buffer* dan *mix* dengan vortex, kemudian diinkubasi di dalam es selama 3menit. Selanjutnya, hasil *mixture* dipindahkan ke *filter column* yang telah dipasang dengan 2 ml *collection tube*, dan disentrifugasi dengan kecepatan 10000 rpm selama 1 menit, kemudian *filter column* dibuang. Supernatan dipindahkan dengan hati-hati dari

collection tube 2 ml ke *microcentrifuge tube* 1,5 ml yang baru, dan dicatat volume yang dihasilkan (lisat). Selanjutnya, ditambahkan 1,5 kali volume (lisat) dengan GP3 *Buffer* (yang telah ditambahkan isopropanol) ke dalam supernatan tadi, kemudian divortex selama 5 detik. Hasil *mixture* (maksimum 700 µl) dipindahkan ke dalam GD *column* yang telah dipasang dengan 2 ml *collection tube* yang baru, disentrifugasi selama 2 menit dengan kecepatan 12000 rpm, dan cairan (*flow-through*) dibuang. GD *column* dipindahkan kembali ke dalam 2 ml *collection tube* yang baru, yang apabila hasil *mixture* lebih dari 700 µl. Setelah itu ditambahkan 400 µl W1 *Buffer* ke GD *column* yang sudah dipasang 2 ml *collection tube* dan kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 12000 rpm selama 30 detik, selanjutnya *flow-through* dibuang. GD *column* ditempatkan kembali ke dalam 2 ml *collection tube* yang baru dan kemudian ditambahkan 600 µl *Wash Buffer* (yang sudah ditambahkan dengan etanol absolut) ke dalam GD *column*. Selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 12000 rpm selama 30 detik, dan *flow-through* dibuang. GD *column* ditempatkan kembali ke dalam 2 ml *collection tube* yang baru, disentrifugasi lagi selama 3 menit dengan kecepatan 12000 rpm untuk mengeringkan *column matrix*. Selanjutnya GD *column* dipindahkan ke *microcentrifuge tube* 1,5 ml yang baru, dan ditambahkan 100 µl *pre-heated Ellution Buffer* atau TE ke bagian tengah *column matrix*, kemudian dibiarkan selama 3-5 menit. Selanjutnya dilakukan sentrifugasi selama 30 detik dengan kecepatan 12000 rpm untuk menghasilkan DNA *purified*. Hasil DNA *purified* kemudian disimpan di dalam *freezer* (-20 ºC) untuk penyimpanan lebih lama sebelum digunakan pada amplifikasi sekuen dengan teknik PCR.

3.5.3 Uji Kualitatif DNA (Elektroforesis Gel Agarosa)

Uji kualitatif DNA dilakukan untuk mengecek keberhasilan isolasi DNA dari sampel daun *Anaphalis* spp. menggunakan elektroforesis dengan prinsip memisahkan sampel DNA berdasarkan berat molekul. Hasil isolasi DNA dielektroforesis dengan menggunakan gel agarosa 1%. Agarosa ditimbang sebanyak 25 g kemudian ditambahkan 25 ml TBE 1x pH 8 ke dalam botol erlenmeyer dan dipanaskan hingga mendidih untuk menghomogenkan. Setelah homogen dan dibiarkan dingin dengan suhu sekitar ± 45 °C, sambil mempersiapkan *plate* (cetakan elektroforesis) yang telah dipasang sisir.

Gel yang telah dingin ditambahkan 1 µl EtBr (Ethidium Bromida) dan dihomogenkan, selanjutnya dituang ke dalam *plate* dengan permukaan gel harus rata. Gel

agarosa dibiarkan mengeras sambil mempersiapkan DNA hasil isolasi yang akan dicek. Setelah gel agarosa mengeras kemudian dipindahkan ke *chamber* elektroforesis yang telah ditambahkan *buffer* TBE 1x hingga volume permukaan gel agarosa terendam sepenuhnya agar mempermudah pergerakan migrasi molekul DNA. Masing-masing DNA hasil isolasi yang akan dicek, diambil sebanyak 5 µl dan dicampurkan dengan 1 µl *loading dye*, kemudian dimasukkan ke dalam sumur-sumur gel agarosa. Selain itu digunakan DNA *ladder* ukuran 1 kb sebagai penanda panjang basa DNA standar (marker) yang dimasukkan ke dalam sumur agarosa. Setelah sumur-sumur gel terisi maka elektroda dapat dihubungkan dengan *power supply* selama ± 1 jam dengan tegangan 50 volt. Selanjutnya hasil elektroforesis DNA disinari dengan sinar ultraviolet dan difoto dengan menggunakan Gel *Documentation* (GelDoc) merk m8 meier science UVDI untuk dokumentasi.

3.5.4 Uji Kuantitatif DNA

Uji kuantitatif DNA dilakukan untuk mengecek DNA yang dihasilkan dari isolasi genom tersebut murni dan bebas dari kontaminasi RNA maupun kontaminasi polisakarida yang terkandung dalam tumbuhan dengan menggunakan spektrofotometer. DNA hasil isolasi sebelum diuji dengan elektoforesis terlebih dahulu di-*spindown* hingga 3000 rpm, kemudian diambil 2 µl dan dimasukkan ke dalam *microtube* yang berisi TE *buffer* 998 µl. Sebagai larutan blanko dimasukkan sebanyak 1000 µl (1 ml) TE *buffer* ke dalam kuvet dan dilakukan kalibrasi alat pada panjang gelombang (λ) 260 nm atau 280 nm. Pita genom DNA dapat menyerap cahaya UV pada λ 260 nm, sedangkan kontaminan protein atau fenol pada λ 280 nm. Setiap sampel hasil isolasi DNA dimasukkan ke dalam kuvet kemudian diukur nilai absorbansinya (Å) pada λ 260 nm atau 280 nm. Kemurnian dan konsentrasi DNA dapat dihitung dengan menggunakan rumus kemurnian dan konsentrasi DNA. Kemurnian DNA dapat dihitung dengan membagi hasil (nilai) absorbansi 260 nm dengan absorbansi 280 nm (Å260 / Å280). Hasil isolasi DNA genom diukur kemurnian dan konsentrasinya dengan menggunakan nanophotometer di Laboratorium Sentra dan Ilmu Hayati (LSIH) Universitas Brawijaya. Kemurnian DNA ditentukan berdasarkan estimasi rasio absorbansi pada 260 nm dan 280 nm yaitu berkisar antara 1,8 – 2,0. DNA yang kemurnian dan konsentrasinya bagus dapat digunakan untuk tahapan amplifikasi sekuen menggunakan teknik PCR dengan beberapa primer yang telah ditentukan. Rumus

menghitung konsentrasi DNA sebagai berikut (Fatchiyah dkk., 2011)

Konsentrasi DNA (µg/mL) = Å260 x 50 x Fk (4)

Keterangan:

Å260 : nilai absorbansi pada λ 260 nm

50 : larutan dengan absorbansi 1 setara 50 µg/mL DNA

Fk : faktor pengenceran

3.5.5 Amplifikasi Sekuen dengan Teknik PCR

Amplifikasi sekuen menggunakan teknik PCR diterapkan dengan pemakaian primer-primer untuk amplifikasi. Primer-primer yang digunakan pada penelitian ini adalah ITS (*Internal Transcribed Spacer*) dan ETS (*External Transcribed Spacer*) yang berasal dari DNA inti serta juga digunakan primer EST-SSR (*Expressed Sequence Tag*) yang berasal dari daerah *non-coding* DNA yaitu SSR yang terekspresikan. Primer ITS4 dan ITS5 (White dkk., 1990) digunakan untuk mengamplifikasi daerah ITS inti. Primer ETS1F (Linder dkk., 2000) dan 18S-IGS (Baldwin & Marcos, 1998) digunakan untuk mengamplifikasi daerah ETS inti. Primer yang digunakan untuk mengamplifikasi EST-SSR adalah primer yang berhasil pada amplifikasi kultivar *Chrysantemum* (Jo dkk., 2015). Amplifikasi sekuen dilakukan pada masing-masing jenis *Anaphalis* untuk setiap primer yang digunakan pada penelitian dan dilakukan dengan teknik PCR. Primer yang digunakan adalah primer seperti yang tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Sekuen dan suhu *annealing* Primer

Primer	Kode Primer	Sequence (5' - 3')	Tm (°C)
ITS	ITS5 F	5' GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG 3'	51,3
	ITS4 R	5' TCCTCCGCTTATTGATATGC 3'	52,1
ETS	ETS1F F	5' CTTTTTGTGCATAATGTATATATATAGGGGG 3'	54
	18S-IGS R	5' GAGACAAGCATATGACTACTGGCAGGATCAACCAG 3'	63,4
EST-SSR	CM07 F	5' TGGGTGTAGAAGGTGAGTCAA 3'	55,4
	CM07 R	5' ACGCACCATGTGAATTGTGT 3'	55,4

Keterangan : Tm = suhu *annealing*

Reaksi PCR dalam penelitian ini menggunakan 2x PCR *Master Mix Solution* (i-Taq™) (Intron). Komponen yang terkandung didalam 2x PCR *Master Mix Solution* (i-Taq™) adalah 2,5mM untuk setiap dNTPs, i-Taq™ DNA Polymerase (5 U/µl), *buffer* reaksi PCR 1x, *gel loading buffer* 1x. Penambahan BSA didalam komponen rekasi PCR diperlukan sebagai pendorong PCR *Master mix* dapat bekerja maksimal. Komposisi reaksi PCR seperti tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Reaksi PCR

Komponen reaksi PCR	Volume reaksi (20µl)
2x PCR *Master Mix Solution* (i-Taq™)	10 µl
Template DNA	2 µl
Primer *Forward* (10 pmol/µl)	1 µl
Primer *Reverse* (10 pmol/µl)	1 µl
Destilated water (ddH2O)	5,5 µl
BSA (10mg/ml)	0,5 µl

Kondisi reaksi PCR untuk primer daerah DNA inti (ITS dan ETS) yang dilakukan mengacu pada Glenny & Wagstaff (1997) dengan 30 siklus yang terdiri dari 97 ºC selama 1 menit, 52 ºC selama 1 menit, 72 ºC selama 45 detik dan *extension* selama 4 detik. Kondisi reaksi PCR untuk primer EST-SSR yang dilakukan mengikuti Jo dkk. (2015) yang dimodifikasi yaitu terdiri dari: suhu 94 ºC selama 10 menit untuk denaturasi awal (1siklus), dilanjutkan dengan 35 siklus pengaturan suhu yang terdiri dari denaturasi pada suhu 94 ºC selama 30 detik, *annealing* pada suhu 56 ºC selama 30 detik dan *extension* pada suhu 72ºC selama 30 detik, dan diakhiri dengan 1 siklus untuk proses pemanjangan akhir (*final extension*) pada suhu 72 ºC selama 10 menit. Produk PCR dicek pada gel agarosa 1,5 % untuk melihat hasil amplifikasi sekuen dari primer ITS dan ETS, dan 2% untuk melihat hasil amplifikasi sekuen dari primer EST-SSR. Sebanyak 5 µl DNA dicampur dengan 1 µl *loading dye* lalu dihomogenkan dan dimasukkan dalam masing-masing sumur gel agarose. Marker (*loading dye*) dimasukkan sebanyak 2 µl. Elektroforesis dihubungkan dengan *power supply* dan di*running* selama 30 menit. Hasil elektroforesis divisualisasi menggunakan UV transiluminator *GelDoc*. Gel agarose dimasukkan kedalam alat UV transiluminator GelDoc. Alat transiluminator dihidupkan, lalu difoto dan gambar hasil foto disimpan (dokumentasi).

3.5.6 Sekuensing

Sekuensing DNA hasil amplifikasi (ITS dan ETS) dilakukan di Laboratorium 1st Base Malaysia melalui PT. Genetika Science Indonesia. Sekuensing dilakukan dengan menggunakan ABI PRISM® 310 *Genetic Analyzer*. Volume produk amplifikasi untuk sekuensing adalah 40 µL dan sekuensing menggunakan pasangan primer yang sama untuk masing-masing primer pada amplifikasi dengan PCR.

3.5.7 Analisis Data Molekuler

Analisis data molekuler terbagi atas analisis data berupa sekuen hasil sekuensing dengan menggunakan primer ITS dan ETS, dan analisis hasil EST-SSR. Data sekuen ITS dan ETS yang diperoleh merupakan sampel *ingroup*, selanjutnya sekuen ITS dan ETS *Helichrysum asperum* sebagai *outgroup*. Analisis sekuen ITS dan ETS menggunakan beberapa program bioinformatik yaitu *Sequence scanner*, BLAST, Bioedit, dan MEGA6. Program *Sequence scanner* digunakan untuk membaca dan melihat hasil sekuensing dari masing-masing sekuen sampel setiap primer yang digunakan (ITS dan ETS). Program *Basic Local Alignment Search Tool* (BLAST) (Altschul dkk., 1990) digunakan untuk mengetahui kesamaan sekuen hasil sekuensing (sekuen gen target) dengan sekuen ITS dan ETS yang tersedia di *Gene Bank* NCBI. Hasil analisis akan menunjukkan nilai kesamaan sekuen gen target dengan gen pembanding (*ident*) dan nilai *query cover*. Program Bioedit digunakan dalam pensejajaran antara sekuen target dengan sekuen pembanding (Hall, 1999; Fatchiyah, 2015) untuk melihat perubahan basa nukleotida. *Mutiple alignment* antara sekuen ITS dan ETS dibuat dengan program MEGA6 yang selanjutnya dapat dihasilkan rekonstruksi topologi pohon filogenetik (*Phylogenetic tree*). Evaluasi pohon filogenetik dilakukan dengan analisis *bootstrap* sebanyak 1000 ulangan (Felseinstein, 19985; Gielly dkk., 1996; Choi dkk., 2007).

Analisis hasil EST-SSR dilakukan dengan mendiskripsikan pola pita hasil amplifikasi. Pita hasil amplifikasi dengan primer EST-SSR disebut dengan alel, variasi alel merupakan jumlah dan ukuran alel (bp). Alel dikonversikan dalam bentuk format data biner melalui skoring (skor 1 untuk pita DNA yang hadir dan skor 0 untuk pita DNA yang tidak hadir). Selanjutnya populasi genetika dianalisis dengan menggunakan program analisis POPGENE 1.32 (Yeh dkk., 1997) dengan beberapa parameter di antaranya: persentase lokus polimorfik (PPL), indeks diversitas fenotipik Shannon (I), diversitas genetik Nei's

(H), heterozigositas dalam subpopulasi (H_S) dan heterozigositas total pada populasi (H_T), *gene flow* (Nm), dan koefisien differensiasi genetik (G_{ST}). Nilai *gene flow* (Nm) dihitung menggunakan rumus $Nm = 0,5 (1- G_{ST} / G_{ST})$.

3.6 Elaborasi Data Penelitian dan Menyusun Strategi Konservasi

Tahapan ini merupakan kegiatan elaborasi data penelitian yang telah dikumpulkan dan selanjutnya dianalisis dengan metode SWOT (*Streghts, Weakness, Opportunities, Threats*). Analisis SWOT adalah salah satu metode untuk menghasilkan rumusan strategi atau tidakan yang efektif dalam menyatakan kondisi dan mengevaluasi suatu masalah yang berdasarkan pada faktor internal dan eksternal yang berpengaruh terhadap keberhasilannya (Rangkuti, 2005). Metode SWOT dilakukan melalui identifikasi faktor internal dan eksternal, dan perumusan strategi konservasi. Analisis matriks SWOT digunakan untuk merumuskan rekomendasi strategi konservasi yang tepat untuk *Anaphalis* spp. di TNBTS. Analisis SWOT didapatkan dari hasil penelitian dan wawancara semi terstruktur yang disajikan secara deskriptif. Hasil analisis SWOT didapatkan strategi/rekomendasi program konservasi *Anaphalis* spp. di TNBTS yang sesuai.

3.7 Analisis Data Penelitian

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini secara keseluruhan adalah teknik analisis data secara deskriptif. Ringkasan analisis data penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Analisis Data Penelitian

Tujuan Penelitian	Metode Analisis	*Output*	*Outcome*
Distribusi spasial *Anaphalis* spp. di TNBTS	Analisis spasial QGIS	Peta distribusi populasi *Anaphalis* spp.	Model pemetaan *Anaphalis* spp. di TNBTS
Karakteristik habitat *Anaphalis* spp. di TNBTS	1. Analisis vegetasi	Nilai penting dan profil vegetasi populasi *Anaphalis* spp. di TNBTS	*Database* karakter habitat *Anaphalis* spp. di TNBTS

Tujuan Penelitian	Metode Analisis	*Output*	*Outcome*
	2. Analisis Tanah	Kondisi populasi *Anaphalis* spp. di TNBTS berdasarkan fisika kimia tanah	
Keragaman genetik *Anaphalis* spp. di TNBTS	1. Analisis kekerabatan *Anaphalis* spp. di TNBTS dengan program MEGA6 melalui konstruksi pohon filogenetik menggunakan data sekuen ITS dan ETS	Pohon filogenetik *Anaphalis* spp. di TNBTS berdasarkan marka molekuler (ITS dan ETS)	*Database Anaphalis* spp. di TNBTS berdasarkan karakter molekuler
	2. Analisis keragaman genetik *Anaphalis* spp. di TNBTS dengan program PAST menggunakan data biner, dan dengan program POPGENE menggunakan data hasil amplifikasi polimorfik dari primer EST-SSR	Nilai diversitas genetik *Anaphalis* spp. di TNBTS	
Strategi konservasi *Anaphalis* spp. di TNBTS	Analisis SWOT yang berdasarkan integrasi data distribusi spasial, karakteristik habitat, dan data keragaman genetik *Anaphalis* spp. di TNBTS	Rekomendasi strategi konservasi	Bahan pertimbangan kebijakan strategi konservasi *Anaphalis* spp. di TNBTS

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

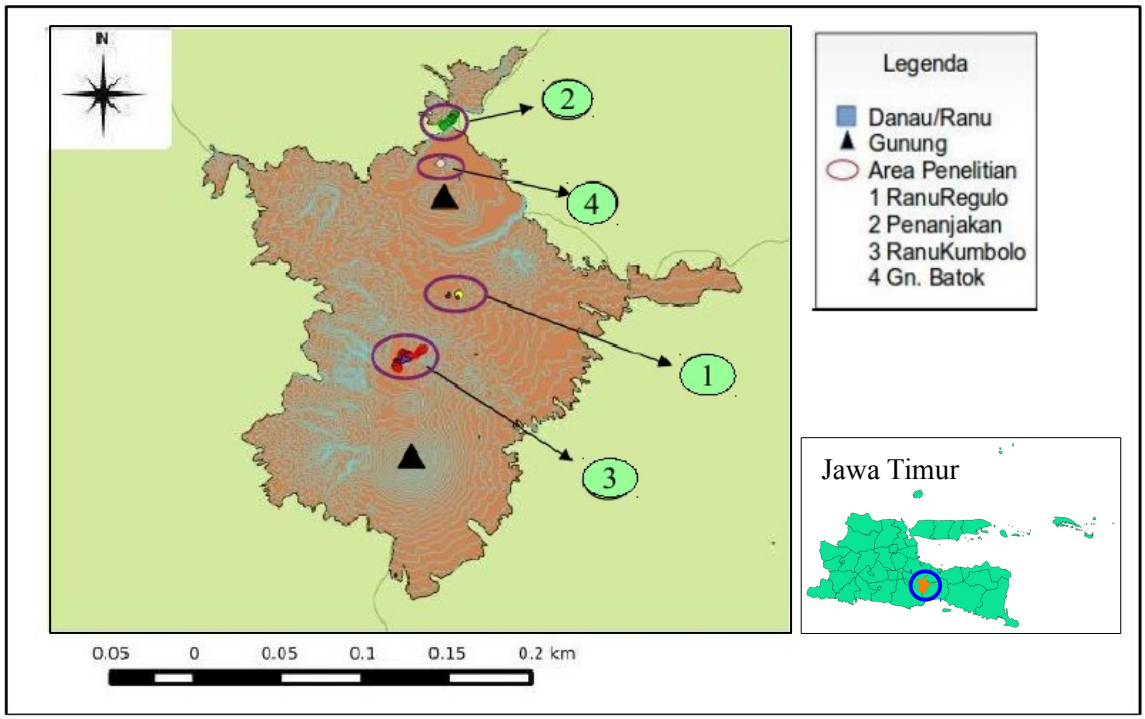
4.1 Distribusi Spasial *Anaphalis* spp. di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS)

Dari hasil ekplorasi lapang dan kegiatan wawancara dengan informan, *Anaphalis* spp. tumbuh di beberapa titik habitat di TNBTS. Berdasarkan aksesibilitasnya, penelitian ini fokus pada empat lokasi di area TNBTS yang menjadi habitat dari populasi *Anaphalis* spp., yaitu Ranu Regulo, Ranu Kumbolo, Penanjakan, dan Gunung Batok. *Anaphalis* spp. yang ditemukan pada setiap area penelitian membentuk zona-zona habitat *Anaphalis* spp. pada daerah-daerah tertentu. Zona ini terbentuk dari titik-titik posisi ditemukannya *Anaphalis* spp. yang koordinat geografisnya ditandai dengan menggunakan GPS (Gambar 5). Populasi *Anaphalis* di area Ranu Regulo yang ditemukan adalah populasi *Anaphalis javanica* yang terdapat pada ketinggian 2118-2123 m dpl. Populasi *Anaphalis* di area Penanjakan yang ditemukan adalah populasi *Anaphalis javanica*, *A. longifolia*, dan *A. viscida* yang terdapat pada ketinggian 2627-2767 m dpl. Populasi *Anaphalis* di area Ranu Kumbolo yang ditemukan adalah populasi *Anaphalis javanica*, *A. longifolia*, dan *A. viscida* yang terdapat pada ketinggian 2383-2546 m dpl. Populasi *Anaphalis* di area Gunung Batok yang ditemukan adalah populasi *Anaphalis longifolia* yang terdapat pada ketinggian berkisar antara 2155-2183 m dpl. Berdasarkan ketinggian di atas permukaan laut, hutan hujan tropis pegunungan di dunia dikelompokkan dalam 4 zona yaitu antara lain: zona hutan subpegunungan (kurang dari 1200 m dpl), zona pegunungan bawah (1200-1800 m dpl), zona pegunungan atas (1800-2000 m dpl), dan zona hutan subalpin (2000-3000 m dpl) (Ashton, 2003; Kapelle, 2004). Dengan memperhatikan klasifikasi tipe hutan pegunungan tersebut, secara umum lokasi tumbuhnya *Anaphalis* berada pada zona dengan ketinggian 2000-3000 m dpl yang berarti lokasi tumbuh *Anaphalis* pada zona subalpin.

Zona persebaran *Anaphalis* spp. di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru yang dapat dilihat pada Gambar 5, secara umum menunjukkan tumbuhan *Anaphalis* dapat tumbuh dengan baik pada daerah terbuka, padang rumput, daerah lereng abu vulkanik, dan daerah yang mendapat sinar matahari langsung. Hal ini sesuai dengan pernyataan Van Steenis (2006), bahwa tumbuhan *Anaphalis* mampu tumbuh pada tempat-tempat terbuka

3dan mendapatkan sinar matahari langsung, hutan campuran (*mix forest*) yang ternaungi kanopi pohon maupun padang rumput, lereng abu vulkanik, dan bukan tempat yang teduh.

Daerah di sekitar area Ranu Regulo di bagian sebelah utara danau (ranu) tersebut terdapat padang terbuka yang ditumbuhi oleh populasi *Anaphalis javanica*. Di area tersebut merupakan daerah yang mendapatkan sinar matahari secara langsung karena tidak ada kanopi tumbuhan lain yang lebih tinggi dari *Anaphalis javanica* yang dapat menutupi tumbuhan *Anaphalis javanica*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Van Steenis (2006) bahwa *Anaphalis javanica* tidak menyukai tempat teduh yang banyak ternaungi oleh kanopi tumbuhan lain yang lebih tinggi.



Gambar 5. Lokasi ditemukannya *Anaphalis* spp. di TNBTS

Populasi *Anaphalis* di area Penanjakan yang ditemukan adalah populasi *Anaphalis javanica*, *A. longifolia*, dan *A. viscida*. Populasi *Anaphalis* pada area ini ditemukan tidak terlalu banyak dan hampir di setiap titik lokasi ditemukannya *Anaphalis*, setiap jenis *Anaphalis* hadir secara bersama dalam populasi. *Anaphalis javanica* dan *A. viscida* biasanya tumbuh pada tempat yang banyak sinar matahari, sedangkan *A. longifolia* biasanya tumbuh dibawah naungan kanopi pepohonan *Acasia decurens* yang lebat sehingga porsi cahaya matahari yang didapatkan tumbuhan *Anaphalis longifolia* lebih

rendah. *A. longifolia* diduga lebih toleran terhadap naungan kanopi pepohonan yang mengakibatkan kurang didapatkannya sinar matahari secara langsung. Hal ini sesuai dengan pernyataan Van Steenis (2006) bahwa *A. longifolia* hidup di hutan campuran (*mix forest*) yang berkanopi lebat maupun di hutan *Casuarina junghuhniana*. *Anaphalis longifolia* biasanya tumbuh di bawah naungan kanopi pepohonan *Acasia decurens* yang lebat sehingga porsi cahaya matahari yang didapatkan tumbuhan *Anaphalis longifolia* lebih rendah. Titik-titik lokasi ditemukannya *Anaphalis viscida* dan *Anaphalis javanica* juga ada di daerah yang sama dengan *Anaphalis longifolia* ini namun jumlahnya sedikit dan terutama di tempat yang banyak sinar matahari.

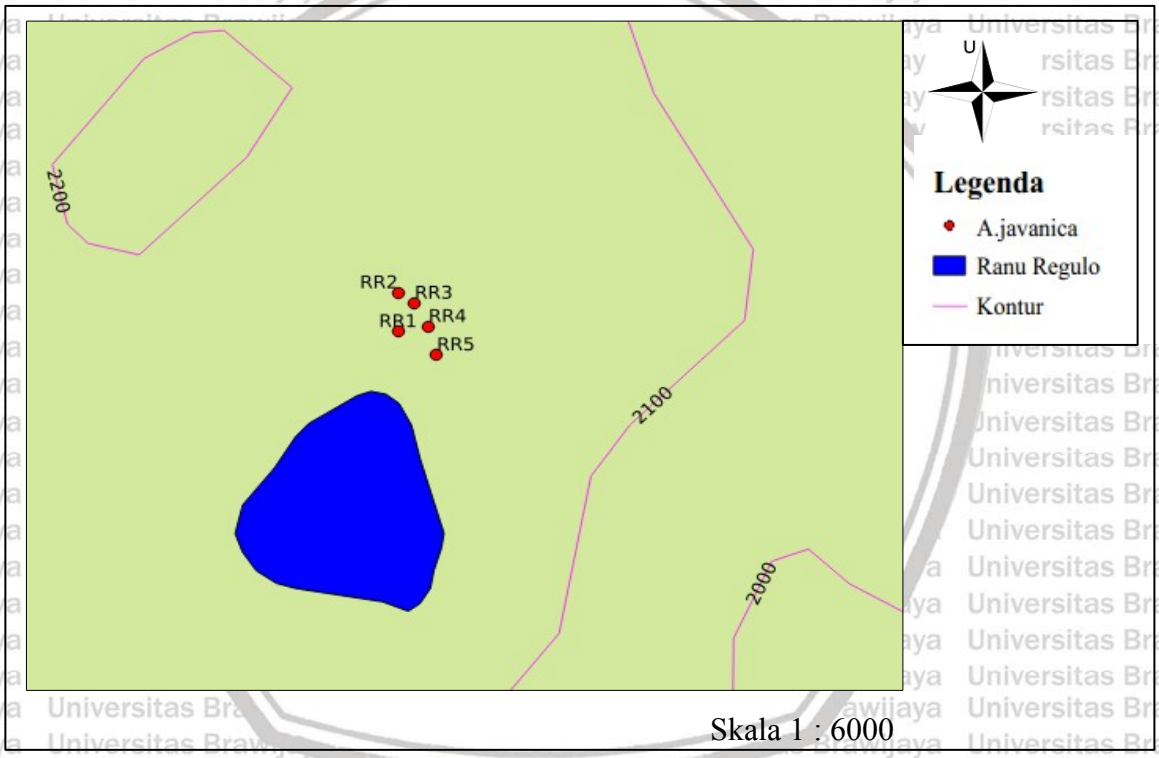
Kondisi sekitar daerah Ranu Kumbolo merupakan padang rumput terbuka dan hanya terdapat beberapa pohon cemara gunung (*C. junghuhniana*) di beberapa sisi pinggiran danau. Populasi *Anaphalis* di area Ranu Kumbolo yang ditemukan adalah populasi *A. javanica*, *A. longifolia*, dan *A. viscida*. Tumbuhan *A. javanica* dan *A. viscida* lebih sering ditemukan pada tempat yang banyak sinar matahari. *Anaphalis viscida* diduga kurang bisa tumbuh dengan optimal apabila terdapat di bawah naungan kanopi pepohonan yang berdaun lebat, sehingga hanya terdapat sedikit, namun *Anaphalis viscida* tumbuh secara optimal di daerah padang terbuka yang terkena sinar matahari secara langsung atau meskipun jika ada kanopi pohon yang menaungi, kanopi tersebut tidak terlalu lebat dan masih memungkinkan masuknya sinar matahari. Hal ini sesuai dengan pernyataan Backer & Van den Brink (1968) dan Van Steenis (2006) bahwa *Anaphalis javanica dan Anaphalis viscida* tumbuh di area terbuka yang kaya akan sinar matahari seperti pada puncak-puncak gunung, tanah kosong diantara hutan *Casuarina junghuhniana*, padang rumput, dan semak-semak.

Daerah di sekitar Gunung Batok merupakan daerah yang sangat dekat dengan Gunung Bromo yang masih aktif mengeluarkan abu vulkanik sehingga sangat sedikit tumbuhan yang bisa hidup pada area ini. Tumbuhan yang bisa hidup pada area Gunung Batok adalah tumbuhan yang sangat toleran terhadap paparan abu vulkanik yang dihasilkan Gunung Bromo. *Anaphalis longifolia* adalah salah satu tumbuhan pioner yang dapat ditemukan di area Gunung Batok di bagian sebelah Barat Laut, yang merupakan area yang sedikit terkena paparan abu vulkanik Gunung Bromo. *Anaphalis longifolia* yang ditemukan sangat sedikit dan dapat dilihat dari sedikitnya titik koordinat posisi *Anaphalis longifolia*. *Anaphalis longifolia* diduga sangat toleran terhadap abu vulkanik

dan biasanya tumbuh pada ketinggian di atas 1200 m dpl. Hal ini sesuai dengan pernyataan Van Steenis (2006) bahwa *Anaphalis longifolia* tumbuh dan berada pada puncak-puncak pengunungan, dinding-dinding tebing dan tumbuh pada ketinggian 1200-2850 m dpl, sering dijumpai sebagai tumbuhan pioner pada batuan-batuan lava dan lereng abu vulkanik. *A. longifolia* bisa dapat bertahan hidup pada ketinggian 1000-2000 m dpl (Prakasa, 2018).

4.1.1 Distribusi Spasial *Anaphalis* spp. di Area Ranu Regulo

Penelitian lapang menunjukkan bahwa area Ranu Regulo hanya mempunyai satu jenis *Anaphalis* yaitu *Anaphalis javanica* yang tersebar di 5 titik lokasi (Gambar 6). *Anaphalis javanica* yang ditemukan tersebar pada ketinggian lebih dari 2100 m dpl.



Gambar 6. Distribusi *Anaphalis javanica* di Area Ranu Regulo

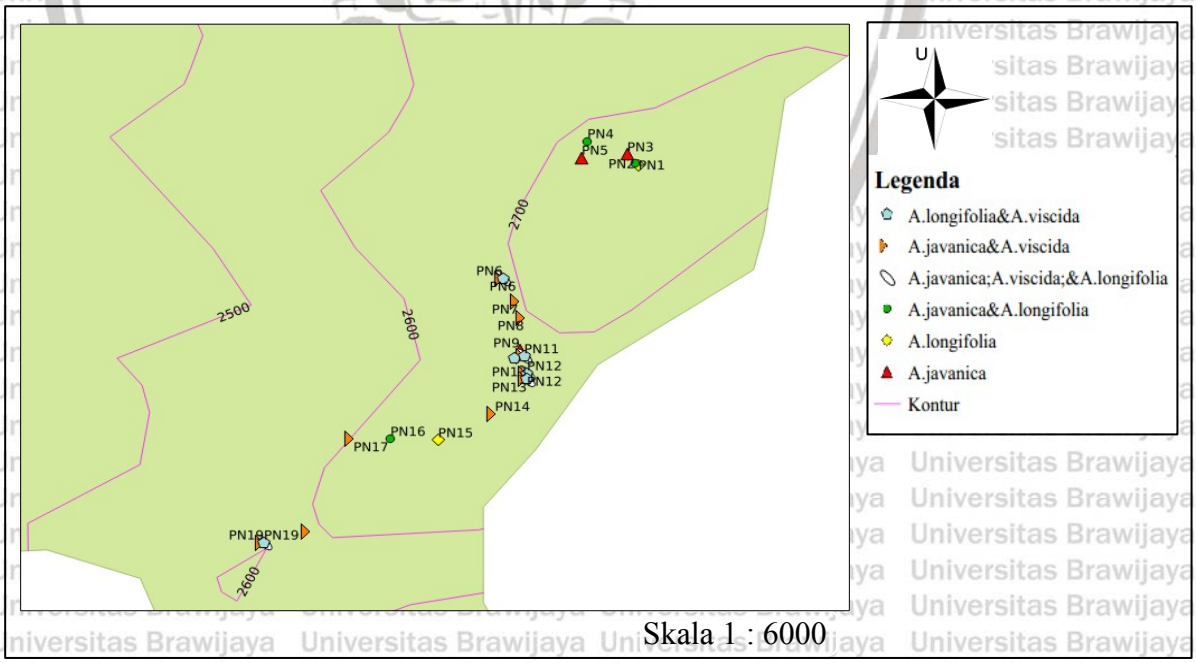
Anaphalis javanica yang tumbuh di area ini terdapat pada bagian utara danau (ranu) dan tumbuh subur bersama dengan tumbuhan lainnya yang menyukai tempat tumbuh mendapatkan sinar matahari tanpa adanya naungan tumbuhan lainnya. Daerah ini merupakan daerah padang terbuka dan relatif datar sehingga memungkinkan tumbuhan mendapatkan sinar matahari langsung. Sifat tumbuh tumbuhan *Anaphalis* menyukai tempat tumbuh mendapatkan sinar matahari langsung. Hal ini sesuai dengan pernyataan

Van Steenis (2006) bahwa *Anaphalis javanica* tidak menyukai tempat teduh yang banyak ternaungi oleh kanopi tumbuhan lain yang lebih tinggi.

Secara spasial populasi *Anaphalis* tumbuh membentuk kelompok-kelompok populasi alami. Pola distribusi *Anaphalis* yang mengelompok pada suatu lokasi dapat disebabkan oleh faktor dukungan substrat tempat tumbuh dimana pada lokasi tersebut mengandung bahan organik yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu, hasil pengamatan lapang menunjukkan bahwa area lain di sekitar Ranu Regulo telah mengalami invasi dari berbagai spesies invasif. Jenis-jenis invasif yang mendominasi area Ranu Regulo adalah *Euphatorium inulifolium* (Kirinyuh), *E. riparium* (Tekelan), *Gonostegia hirta*, dan *Imperata cylindrica* (Alang-alang) (Hakim & Miyakawa, 2013). Area sekitar Ranu Regulo lainnya didominasi oleh hutan pegunungan sekunder, dengan berbagai tanaman seperti, *Acer laurinum*, *Acmena acuminatissima*, *Lithocarpus sundaicus*, *Macropanax dispermum*, *Engelhardia spicata*, *Astronia spectabilis* dan *Turpinia sphaerocarpa* (Hakim & Miyakawa, 2013).

4.1.2 Distribusi Spasial *Anaphalis* spp. di Area Penanjakan

Anaphalis di area Penanjakan ditemukan tiga jenis *Anaphalis* yaitu *Anaphalis javanica, A.longifolia*, dan *A. viscida* yang tersebar di 19 titik lokasi (Gambar 7).



Gambar 7. Distribusi *Anaphalis* spp. di Area Penanjakan

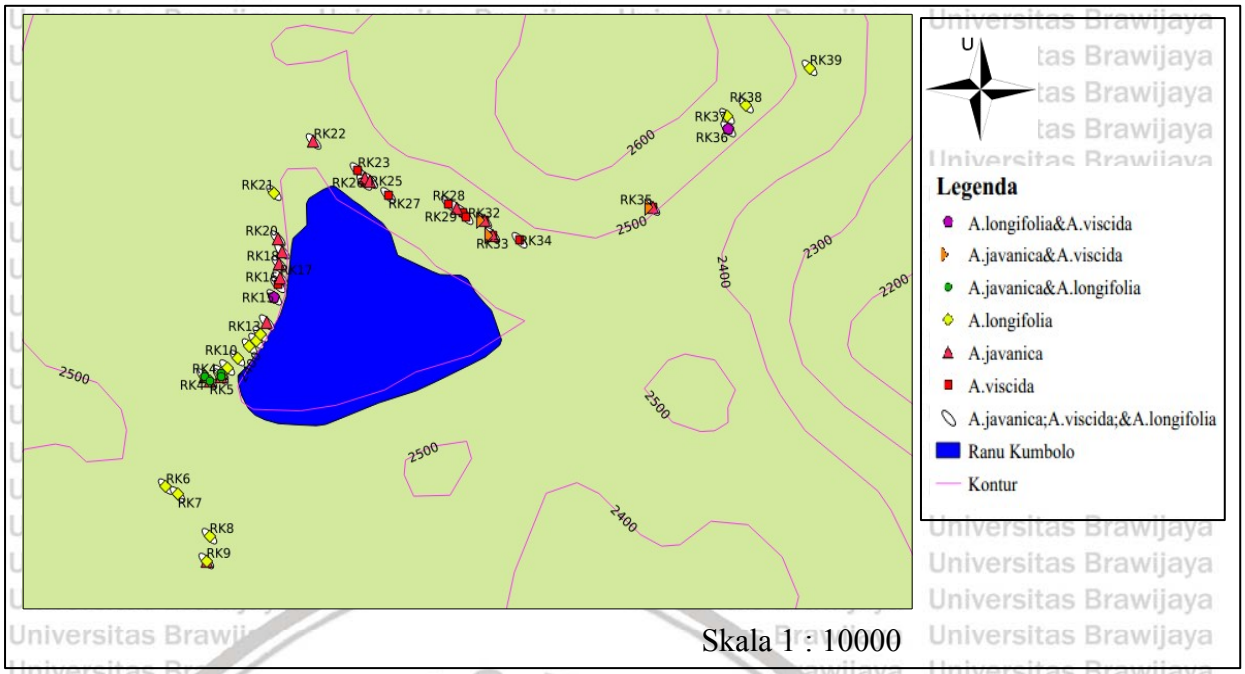
Ketiga jenis *Anaphalis* yang ditemukan tersebar pada ketinggian 2627-2767 m dpl. Kelimpahan individu *A. javanica* di dapatkan 4-12 individu dengan tinggi tanaman bervariasi 50-150 cm. Kelimpahan individu *A. longifolia* di dapatkan berkisar antara 4-14 individu dengan tinggi 50-100 cm. Kelimpahan individu *A. viscida* ditemukan tidak banyak dibandingkan dua jenis *Anaphalis* sebelumnya. Individu yang ditemukan 2-8 individu.

Daerah Penanjakan merupakan salah satu zona tumbuh tumbuhan *Anaphalis* spp. Hal ini dapat dilihat dengan banyaknya titik-titik koordinat posisi *Anaphalis* spp. di area Penanjakan TNBTS. Beberapa titik koordinat ditemukan bahwa ada dua jenis *Anaphalis* yang hidup bersama dalam suatu zona. Bahkan di dalam suatu zona ditemukan ketiga jenis *Anaphalis* spp. dapat hidup bersama. Hal ini diduga karena sifat dari tumbuhan *Anaphalis* yang sangat menyukai daerah terbuka dan terkena sinar matahari langsung untuk pertumbuhannya, selain juga adanya faktor kandungan unsur hara dari tanah tumbuh *Anaphalis*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Backer & Van den Brink (1968); Van Steenis (2006) yang menyatakan bahwa *Anaphalis viscida*, *Anaphalis javanica,* dan *Anaphalis longifolia* ditemukan tumbuh pada area daerah padang terbuka dengan sinar matahari langsung, seperti puncak-puncak gunung, padang rumput, lereng abu vulkanik maupun bebatuan lava.

4.1.3 Distribusi Spasial *Anaphalis* spp. di Area Ranu Kumbolo

Anaphalis di area Ranu Kumbolo juga ditemukan ketiga jenis *Anaphalis* yaitu *Anaphalis javanica, A. longifolia*, dan *A. viscida* dengan pola distribusi tersebar di 39 titik lokasi (Gambar 8). Ketiga jenis *Anaphalis* yang ditemukan tersebar pada ketinggian 2383-2546 m dpl.

Area Ranu Kumbolo termasuk salah satu zona tumbuh tumbuhan *Anaphalis* spp. Hal ini dapat dilihat dengan lebih banyaknya titik-titik koordinat posisi *Anaphalis* spp. yang ditemukan dibandingkan pada area Penanjakan. Hal ini diduga karena area sekitar Ranu Kumbolo lebih terbuka dan mendapat sinar matahari yang sangat banyak dibandingkan pada area Penanjakan. Hampir sama dengan di area Penanjakan, pada area Ranu Kumbolo juga ditemukan beberapa titik koordinat adanya *Anaphalis* yang tumbuh bersama dalam satu zona.

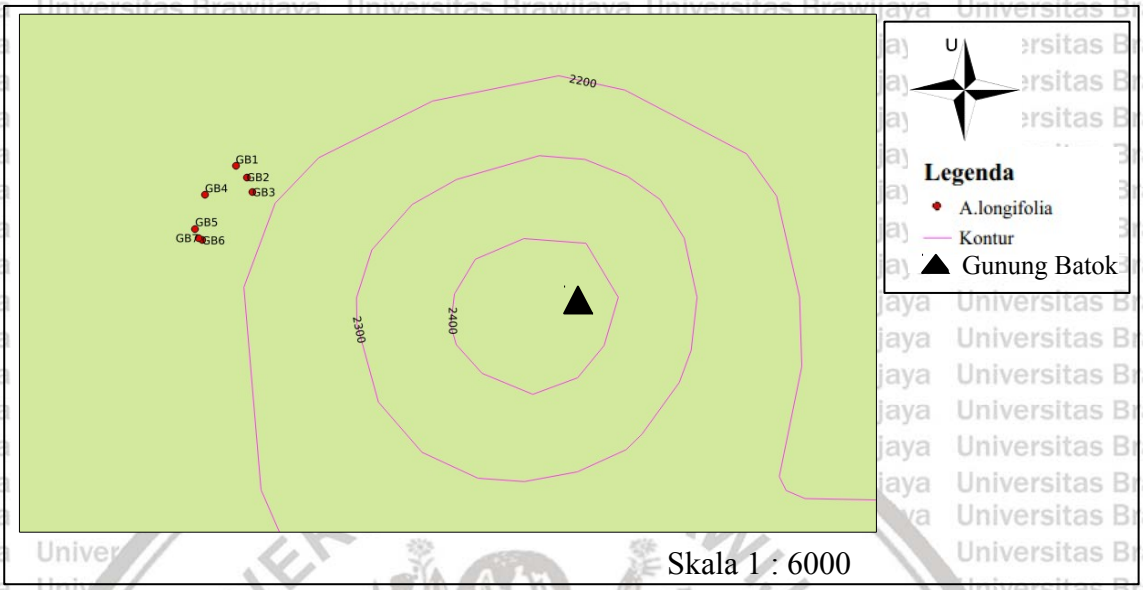


Gambar 8. Distribusi *Anaphalis* spp. di Area Ranu Kumbolo

Pada saat penelitian berlangsung di area Ranu Kumbolo, kawasan TNBTS baru saja melakukan penutupan dari kegiatan pendakian sebagai bagian pemulihan (*recovery*) ekosistem jalur pendakian, sehingga kelimpahan *Anaphalis* yang tumbuh dan yang ditemukan relatif lebih banyak dibandingkan di area Penanjakan. Penemuan jenis *Anaphalis* pada area Ranu Kumbolo yang sama dengan area Penanjakan namun ditemukan pada banyak titik-titik koordinat, diduga dikarenakan sifat tumbuh dari tumbuhan *Anaphalis* (tumbuh optimal pada area terbuka dan kaya sinar matahari) dan juga baru selesainya proses *recovery* (pemulihan ekosistem) pada kawasan TNBTS sepanjang jalur pendakian. Penelitian Kurniawan (2013) menemukan adanya bekas-bekas kebakaran yang mengakibatkan beberapa tumbuhan *Anaphalis* di sekitar Ranu Kumbolo terlihat menghitam. Kegiatan *recovery* yang selalu setiap tahunnya dilakukan oleh pengelola TNBTS (berlangsung selama dua sampai tiga bulan), salah satunya berguna untuk menekan tekanan yang ditimbulkan oleh para pendaki Gunung Semeru, sehingga dapat memulihkan ekosistem lingkungan pada kawasan TNBTS, khususnya di sepanjang jalur pendakian Gunung Semeru.

4.1.4 Distribusi Spasial *Anaphalis* spp. di Area Gunung Batok

Anaphalis di area Gunung Batok hanya jenis *Anaphalis longifolia* dengan pola distribusi tersebar di 7 titik lokasi (Gambar 9). *Anaphalis longifolia* yang ditemukan tersebar pada ketinggian 2155-2183 m dpl.



Gambar 9. Distribusi *Anaphalis longifolia* di area Gunung Batok

Tumbuhan yang bisa hidup pada area Gunung Batok adalah tumbuhan yang sangat toleran terhadap paparan abu vulkanik yang dihasilkan Gunung Bromo. Hal ini dikarenakan daerah di sekitar Gunung Batok merupakan daerah yang sangat dekat dengan Gunung Bromo yang masih aktif mengeluarkan abu vulkanik, sehingga sangat sedikit tumbuhan yang bisa hidup pada area ini. *Anaphalis longifolia* adalah salah satu tumbuhan pioner yang dapat ditemukan di area Gunung Batok di bagian sebelah Barat Laut, yang merupakan area yang sedikit terkena paparan abu vulkanik Gunung Bromo, dibandingkan dengan dua jenis *Anaphalis* yang ditemukan pada penelitian ini. *Anaphalis longifolia* yang ditemukan sangat sedikit yang dapat dilihat dari sedikitnya titik koordinat posisi *Anaphalis longifolia* (Gambar 9). Hal ini diduga bahwa *Anaphalis longifolia* sangat toleran terhadap abu vulkanik dan biasanya tumbuh pada ketinggian di atas 1200 m dpl. Hal ini sesuai dengan pernyataan Van Steenis (2006) bahwa *Anaphalis longifolia* tumbuh dan berada pada puncak-puncak pengunungan, dinding-dinding tebing dan tumbuh pada ketinggian 1200-2850 m dpl, sering dijumpai sebagai tumbuhan pioner pada batuan-batuan lava dan lereng abu vulkanik.

4.2 Karakteristik Habitat *Anaphalis* spp. di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS)

Hasil identifikasi spesies *Anaphalis* spp. yang terdapat di TNBTS berdasarkan eksplorasi lokasi tumbuhnya populasi *Anaphalis* ditemukan ada tiga spesies *Anaphalis* yaitu *Anaphalis javanica*, *A. longifolia*, dan *A. viscida* namun tidak menemukan *A. maxima*. Hasil ini sama dengan yang telah dilakukan Kurniawan (2013) yang melakukan penelitian di sepanjang jalur pendakian di TNBTS juga menemukan ada tiga jenis *Anaphalis* yaitu *Anaphalis javanica*, *A. longifolia*, dan *A. viscida*. Sesuai dengan pernyataan Backer & Van den Brink (1968) yang menyatakan bahwa *Anaphalis maxima* tidak terdapat di pegunungan Tengger namun ada di Gunung Gede, Ciremei, Dieng, dan Sumbing.

Anaphalis merupakan tumbuhan endemik zona subalpin/montana pada berbagai pegunungan tinggi di Nusantara ini. Tumbuhan *Anaphalis* yang hadir pada area terbatas menjadikan tumbuhan ini tumbuh tergantung pada suhu dan kelembapan pada ketinggian di atas 2000 m dpl. Suatu jenis tumbuhan dikatakan endemik apabila keberadaannya unik di suatu wilayah dan tidak ditemukan di wilayah lain secara alami serta mengalami adanya isolasi geografi (Sudarmono, 2007). Whitten dkk. (1999) menyatakan tumbuhan Edelweiss merupakan tumbuhan pelopor tanah vulkanik muda yang mampu bertahan hidup di atas tanah yang tandus dan tumbuhan ini tidak menyukai naungan, dan menyebabkan adanya serangga spesifik yang hidup di area pegunungan sebagai polinator tumbuhan *Anaphalis* (Backer & Van den Brink, 1968).

Spesies *Anaphalis* spp. yang ditemukan di TNBTS berdasarkan ekplorasi tersebut menunjukkan karakter yang berbeda. *Anaphalis javanica* merupakan spesies yang memiliki tinggi sekitar 50-150 cm, memiliki banyak cabang dan di sekitar batang ditumbuhi daun yang berjajar rapat dengan warna cabang batang tumbuhan hijau muda (Gambar 10 (a)). Batang tumbuhan ini dengan jenis berkayu berbentuk bulat dengan berwarna coklat pada bagian pangkal batangnya. Bentuk daun lanset dengan panjang 9-10 cm dan lebar 0,5-1cm. Bentuk ujung daun yang runcing bertepi rata memiliki warna permukaan *abaksial* hijau tua dan *adaksial* warna hijau muda. Permukaan daun terdapat bulu-bulu putih halus dan rapat. Jarak antar daun memiliki jarak 0,5-1 cm. Hal ini sesuai dengan pendapat Van Steenis (2006), yang menyatakan *Anaphalis javanica* memiliki karakter perdu bercabang lebat berbulu putih dengan tinggi mencapai empat meter.

Batang memiliki ranting-ranting berdaun kering yang berwarna putih kelabu, merunduk, menyempit di bagian ujung dan berbonggol-bonggol bunga berwarna putih, sedangkan tempat bunga cakram berwarna kuning. Daun tidak berkelenjar sehingga tidak lengket.

Anaphalis longifolia secara sepintas hampir memiliki kemiripan yang sama dengan *Anaphalis javanica*. *Anaphalis longifolia* memiliki tinggi sekitar 50-100 cm, memiliki banyak cabang dan batang jenis berkayu (Gambar 10 (b)). Hal yang membedakan dengan *Anaphalis javanica* adalah *Anaphalis longifolia* memiliki ukuran daun yang lebih besar dan tumbuh lebih renggang sehingga memiliki jarak antar daun 1-4 cm. Tumbuhan *Anaphalis longifolia* memiliki batang berkayu berbentuk bulat dengan warna pada bagian pangkal batang coklat, namun pada percabangannya berwarna hijau muda agak keputihan. Bentuk daun lanset dengan panjang 12-16 cm dan lebar 0,5-1,5 cm. Bentuk ujung daun yang runcing bertepi rata memiliki warna permukaan *abaksial* hijau tua dan *adaksial* warna hijau muda. Permukaan daun bagian atas tidak terdapat adanya bulu-bulu putih halus namun pada permukaan daun bagian bawah terdapat bulu-bulu putih dan sangat rapat. Tumbuhan *Anaphalis longifolia* yang ditemukan telah memiliki bunga dan masih sedikit. Bunga majemuk dengan tangkai bunga berwarna hijau muda memiliki mahkota luar berwarna putih berbentuk cakram dan mahkota dalam berwarna kuning. Menurut Van Steenis (2006), *Anaphalis longifolia* merupakan tumbuhan tegak bercabang dengan batang dan permukaan bawah daun berwarna putih, tinggi mencapai 1,5 m. Panjang daun 3-16 cm dengan lebar 2-18 mm, menyempit dibagian ujung. Batang dan permukaan bawah daun berwarna putih, berbulu araknoid renggang seperti wol. Sebagian besar mempunyai bonggol bunga berwarna kuning cerah.

Anaphalis viscida yang ditemukan di lokasi penelitian (area Ranu Kumbolo dan area Penanjakan) terkadang tumbuh secara bersama dengan 2 jenis *Anaphalis* sebelumnya. Individu *Anaphalis viscida* tidak terlalu banyak tumbuh di dalam populasi di lokasi pengamatan. Tumbuhan *Anaphalis viscida* sepintas memiliki bentuk yang hampir sama dengan *Anaphalis javanica*. Tumbuhan *Anaphalis viscida* merupakan tumbuhan perdu yang memiliki tinggi sekitar 50-150 cm, memiliki banyak cabang dan di sekitar batang ditumbuhi daun yang berjajar sedikit longgar dengan warna cabang batang tumbuhan coklat kekuningan. Batang tumbuhan ini dengan jenis berkayu berbentuk bulat dengan berwarna coklat pada bagian pangkal batangnya (Gambar 10 (c)). Hal yang membedakan dengan *Anaphalis javanica* adalah tumbuhan *Anaphalis viscida* memiliki bentuk daun

cordate dengan panjang 9-10 cm dan lebar 0,5-1 cm. Bentuk ujung daun yang runcing bertepi rata memiliki warna permukaan *abaksial* hijau kekuningan dan *adaksial* warna hijau muda. Permukaan daun bagian atas tidak terdapat bulu-bulu putih halus namun pada permukaan daun bagian bawah terdapat bulu-bulu putih berwarna putih keruh. Antar daun memiliki jarak 0,5-1 cm. Tumbuhan *Anaphalis viscida* yang ditemukan telah memiliki bunga dan masih sedikit. Bunga majemuk dengan tangkai bunga berwarna hijau kekuningan dan memiliki mahkota luar berwarna putih kekuningan berbentuk cakram dan mahkota dalam berwarna kuning. Menurut Van Steenis (2006), *A. viscida* memiliki kemiripan dengan *A. javanica*, namun memiliki daun yang berwarna hijau tanpa adanya bulu-bulu putih, dan kepala bunga yang lebih besar.

Gambar 10. Keragaman *Anaphalis* di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru
(a) *Anaphalis javanica*, (b) *A. longifolia*, (c) *A. viscida*

Penyebaran jenis *Anaphalis* di area TNBTS ditemukan berdasarkan ketinggian tertentu dan tumbuh pada kontur tanah yang datar/tanah dengan kemiringan tertentu (tebing). *A. javanica* banyak ditemukan pada ketinggian 2561-2691 m dpl. *A. javanica* tumbuh subur dan lebih banyak tersebar di bagian lereng dan bagian atas tebing yang lokasinya sulit dijangkau. Umumnya tumbuhan ini tumbuh lebih subur dan lebih banyak membentuk populasi dengan lokasi tumbuh berada di atas tebing. Hal ini dikarenakan sifat tumbuh *Anaphalis* yang menyukai tumbuh mendapatkan sinar matahari tanpa naungan tumbuhan lainnya. *A. longifolia* banyak dijumpai pada ketinggian 2670-2755 m dpl. Ada satu populasi tumbuhan *A. longifolia* hadir bersama dengan *A. javanica* pada ketinggian 2665 m dpl. Biasanya populasi tumbuhan *A. longifolia* ditemukan tumbuh di bagian lereng/tebing. *A. viscida* tidak dijumpai di dalam populasi tumbuhan *A. viscida* itu sendiri. Populasi tumbuhan *A. viscida* dijumpai bersama dengan tumbuhan *Anaphalis*

lainnya. Tumbuhan ini terkadang ditemukan bersama dengan *A. longifolia* atau ditemukan bersama dengan *A. javanica*, bahkan dijumpai bersama dengan *A. javanica* dan *A. longifolia.* Populasi tumbuhan *A. viscida* ditemukan pada ketinggian 2584-2711 m dpl. Pada ketinggian tersebut termasuk ke dalam rentangan ketinggian ditemukannya *A. javanica* dan *A.* longifolia, sehingga *A. viscida* dapat tumbuh secara bersama di dalam populasi.

Tumbuhan *Anaphalis* biasanya dapat tumbuh dan berada pada puncak gunung, hutan subalpin dan ditemukan pada ketinggian 2000-3400 m dpl. Masing-masing jenis *Anaphalis* dapat tumbuh pada ketinggian yang berbeda. *A. javanica* ditemukan pada ketinggian 2000-3400 m dpl, *A. longifolia* tumbuh dan berada pada puncak-puncak pegunungan, dinding-dinding tebing dan ditemukan pada ketinggian 800-2850 m dpl. *A. viscida* tumbuh dan ditemukan pada ketinggian 1800-3300 m dpl (Backer & Van den Brink, 1968). Menurut Van Steenis (2006) *A. viscida* hanya terdapat pada pegunungan dengan iklim Munson kering sedangkan *A. longifolia* tumbuh dan terdapat pada padang rumput, pada lereng, sepanjang jalan setapak, pada hutan campuran maupun hutan cemara, seringkali sebagai pioner pada batuan-batuan lava dan lereng-lereng abu vulkanik, pada ketinggian 1200-2850 m dpl dan jarang ditemukan pada ketinggian di bawah 800 m dpl.

Hasil distribusi spasial menunjukkan ketiga spesies *Anaphalis* yang ditemukan berlokasi pada zona vulkanik TNBTS. Gunung Bromo yang berada dalam kawasan TNBTS merupakan salah satu gunung yang sangat aktif dalam beberapa dekade terakhir dengan erupsi terakhir terjadi pada tahun 2016 yang mengakibatkan rusaknya vegetasi dan mengganggu aktivitas wisata. Dampak aktivitas vulkanik Gunung Bromo berkontribusi pada karakteristik tanah di daerah tersebut, terutama pada area Penanjakan dan Gunung Batok. Tanah merupakan salah satu komponen penting pada konservasi populasi tumbuhan, yang terdapat adanya hubungan antara komunitas tumbuhan dan tanah (Sutomo & Fardila, 2012). Struktur tanah akan memberikan dampak yang sangat signifikan pada populasi *Anaphalis* spp. dalam habitat alaminya. Aktivitas vulkanik Gunung Bromo dianggap sebagai kontributor nyata yang signifikan terhadap komposisi tanah baru-baru ini di Penanjakan dan Gunung Batok. Hal ini diduga karena Penanjakan dan Gunung Batok merupakan area yang mendapatkan material vulkanik yang signifikan dari proses erupsi Gunung Bromo, sehingga abu dan pasir akan menutupi tanah dan

vegetasi tumbuh-tumbuhan di area ini setelah terjadinya proses erupsi. Frekuensi terjadinya erupsi dapat memberikan pengaruh yang penting pada karakter fisika dan kimia tanah. Hal ini dapat ditunjukkan dengan banyaknya (dominan) material erupsi pada area yang terpengaruh oleh erupsi. Hasil analisis tanah (fisika dan kimia tanah) berdasarkan lokasi penelitian ditemukannya berbagai jenis/tekstur tanah yang berbeda pada setiap lokasi pengamatan (Tabel 4).

Tabel 4. Karakteristik Tanah Habitat Tumbuh Populasi *Anaphalis* di TNBTS

No.	Lokasi Pengambilan Sampel Tanah	%			Tekstur Tanah
		Pasir	Debu	Liat	
1	Penanjakan1	32	60	8	Lempung berdebu
2	Penanjakan2	46	56	8	Lempung
3	Penanjakan3	8	50	42	Liat berdebu
4	Penanjakan4	35	58	7	Lempung berdebu
5	Penanjakan5	37	54	9	Lempung berdebu
6	Gunung Batok	48	52	0	Lempung berdebu
7	Ranu Regulo	61	22	17	Lempung berpasir
8	Ranu Kumbolo1	63	31	6	Lempung berpasir
9	Ranu Kumbolo2	65	21	14	Lempung berpasir
10	Ranu Kumbolo3	59	27	14	Lempung berpasir

Jenis/tekstur tanah yang berbeda pada setiap lokasi dapat direpresentansikan bahwa terdapat adanya perbedaan kandungan bahan pasir, debu, dan liat pada masing-masing tanah yang dianalisis. Kandungan bahan tersebut akan memengaruhi pada kesuburan tanah. Tektur tanah lempung berdebu yang ditemukan pada lokasi Penanjakan dan Gunung Batok dapat disebabkan karena lokasi pengambilan sampel tanah sangat dekat dengan Gunung Bromo yang sedang mengalami peningkatan aktivitas vulkanik (pada saat pengambilan sampel tanah pada awal tahun 2017). Paparan abu vulkanik yang jatuh akibat aktivitas vulkanik Gunung Bromo menutupi area vegetasi sekitar Gunung Bromo tersebut, sehingga tanah di area Penanjakan dan Gunung Batok mengandung bahan debu vulkanik Gunung Bromo. Tanah yang ada di area Gunung Batok tidak memiliki kandungan bahan liat, dikarenakan lokasi yang sangat dekat/bersebelahan dengan Gunung Bromo yang mengalami aktivitas vulkanik sehingga memiliki kandungan debu yang lebih

tinggi dibandingkan kandungan pasir. Lokasi pengambilan sampel tanah di area Penanjakan dilakukan ada lima titik, dengan mempertimbangkan topografi dan ketinggian tempat ditemukannya populasi *Anaphalis* spp. yang ada di Penanjakan. Lokasi Penanjakan1, Penanjakan4 dan Penanjakan5 merupakan lokasi padang terbuka tanpa adanya kanopi pohon dan berada pada bagian puncak Penanjakan, sehingga debu aktivitas vulkanik Gunung Bromo lebih mudah jatuh dan menutupi tanah pada lokasi ini. Berbeda dengan lokasi Penanjakan2 yang memiliki tektur tanah lempung, meskipun memiliki kandungan bahan debu namun tanah agak sedikit lembap dan diduga disebabkan karena lokasi pengambilan tanah berada pada topografi miring (lereng) sehingga dimungkinkan tanah mengalami erosi tanah. Hal yang sama juga terdapat pada tektur tanah lokasi Penanjakan3 liat berdebu, kemungkinan disebabkan berada pada topografi miring dan lokasi dekat dengan jalan menuju Penanjakan (area wisata Penanjakan) yang banyak kanopi pohon dan sedikit teduh sehingga tanah sedikit basah dan terjadi erosi tanah.

Tekstur tanah lempung berpasir yang ditemukan pada lokasi Ranu Regulo dan Ranu Kumbolo adalah dikarenakan sedikitnya kandungan debu yang disebabkan aktivitas vulkanik Gunung Bromo yang memiliki jarak yang cukup jauh dari dua lokasi ranu ini. Masing-masing tekstur tanah yang ditemukan pada lokasi pengamatan merupakan hasil penjabaran dari kandungan unsur fisika kimia tanah, yang nantinya akan memberikan dampak tanah tersebut subur atau tidak. Struktur tanah akan memberikan dampak yang sangat signifikan pada populasi *Anaphalis* spp. dalam habitat alaminya. Rayes (2017) menyatakan bahwa sifat fisik, kimia, dan mineralogi tanah secara nyata akan memengaruhi penggunaan dan pengelolaan tanah, dan juga mempunyai peranan terhadap kesuburan tanah (Handayanto dkk., 2017).

Kesuburan tanah bersifat *site spesific* dan *crop spesific* yang memiliki arti bahwa tanah yang subur untuk suatu jenis tanaman belum tentu subur untuk jenis tanaman lainnya. Faktor yang memengaruhi kesuburan tanah dapat dikelompokkan menjadi faktor alami dan faktor buatan. Faktor alami terdiri atas: komposisi kimia dari bahan induk tanah; topografi; umur tanah (rentang waktu pada proses pembentukan tanah); iklim (curah hujan, suhu, kelembapan, dan angin); kondisi fisik tanah; dan erosi tanah. Faktor buatan terdiri atas: kandungan air pada tanah; bahan kimia beracun dan pestisida dalam tanah; reaksi tanah (terhadap pH tanah); dan bahan organik dalam tanah (salah satu sumber utama unsur hara di dalam tanah) (Handayanto dkk., 2017). Hasil analisis tanah

berdasarkan unsur kimia tanah dapat dilihat pada Tabel 5.

Rayes (2017) menyatakan, analisis tanah yang dilakukan di laboratorium diperlukan untuk mendeskripsikan dan mengklasifikasikan profil tanah secara lengkap, yang meliputi sifat fisik, kimia, dan mineralogi yang secara nyata akan memengaruhi penggunaan dan pengelolaan tanah. Warna tanah yang diambil berwarna coklat hingga hitam. Menurut Rayes (2017), warna tanah merupakan salah satu sifat tanah yang paling mudah diamati di lapangan. Warna tanah yang hitam biasanya memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan biasanya memiliki kondisi lingkungan bersuhu rendah dengan curah hujan tahunan yang tinggi.

Tabel 5. Kandungan Unsur Kimia Tanah Habitat Tumbuh Populasi *Anaphalis* di TNBTS

No.	Lokasi Pengambilan Sampel Tanah	K	Na	Ca	Mg	KTK	Jumlah Basa	KB (%)
		NH4OAC1N pH:7						
1	Penanjakan1	0,07	0,21	5,20	1,10	9,01	6,58	73
2	Penanjakan2	1,02	1,31	7,40	1,42	24,79	11,15	45
3	Penanjakan3	1,80	1,43	5,04	2,52	16,90	10,79	64
4	Penanjakan4	0,03	0,32	4,88	1,73	7,89	6,96	88
5	Penanjakan5	0,08	0,33	4,41	1,25	9,01	6,07	67
6	Gunung Batok	0,16	0,15	1,59	0,21	2,12	2,11	100
7	Ranu Regulo	0,29	0,24	5,74	1,06	30,07	7,32	24
8	Ranu Kumbolo1	0,05	0,18	2,76	0,05	3,30	3,04	92
9	Ranu Kumbolo2	0,07	0,31	6,50	1,06	9,41	7,94	84
10	Ranu Kumbolo3	0,12	0,22	4,54	1,06	12,60	5,94	47

Keterangan: KTK = Kapasitas Tukar Kation; KB = Kejenuhan Basa

Hasil analisis tanah berdasarkan kandungan unsur kima tanah yang dianalisis merupakan unsur kimia yang diperlukan tumbuhan untuk tumbuh dan hidup, seperti K (Kalium), Ca (Kalsium), Mg (Magnesium), dan Na (Natrium) yang dalam kondisi tertentu dapat menggantikan kebutuhan K (Handayanto dkk., 2017). Sampel tanah yang dianalisis menunjukkan bahwa tanah pengamatan mengandung unsur hara yang sangat sedikit. Hal ini akan memengaruhi pertumbuhan tumbuhan pada tanah tersebut, termasuk tumbuhan *Anaphalis*. Hal ini membuktikan bahwa tanah dengan lokasi zona sub alpin adalah merupakan tanah yang memiliki sangat sedikit unsur hara tanah, dan sesuai dengan

pernyataan Whitten dkk. (1999) yang menyatakan bahwa *Anaphalis* merupakan tumbuhan khas pada zona sub alpin dan mampu mempertahankan kelangsungan hidupnya di atas tanah yang rendah unsur hara. Hasil analisis tanah untuk mengetahui sifat fisika tanah dapat dilihat pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Karakteristik Sifat Fisika Tanah Habitat Tumbuh Populasi *Anaphalis* di TNBTS

No.	Lokasi Pengambilan Sampel Tanah	pH 1 : 1		C. organik (%)	N. total (%)	C/N	P. Bray1 (mg kg^{-1})
		H_2O	KCl 1N				
1	Penanjakan1	4,5	4,2	1,75	0,17	10	121,74
2	Penanjakan2	4,6	3,9	0,16	0,03	5	15,22
3	Penanjakan3	4,6	4,1	0,40	0,13	3	7,61
4	Penanjakan4	4,5	4,1	1,99	0,17	12	342,39
5	Penanjakan5	4,6	4,3	1,83	0,17	11	190,2
6	Gunung Batok	4,6	4,2	0,26	0,04	6	29,22
7	Ranu Regulo	5,9	5,2	4,17	0,16	26	4,37
8	Ranu Kumbolo1	5,4	5,2	1,03	0,08	13	15,97
9	Ranu Kumbolo2	5,5	5,3	1,73	0,19	9	7,29
10	Ranu Kumbolo3	5,1	5,0	2,25	0,22	10	3,65

Keterangan : N. total = Nitrogen; P.Bray1 = P tersedia

Secara umum tanah di daerah penelitian berdasarkan hasil analisis H_2O 1 : 1 termasuk pH asam dengan kisaran pH 5,5 – 5,9. Kondisi reaksi (pH) tanah tersebut diduga masih dalam keadaan normal karena dapat menyediakan unsur-unsur makro dan mikro bagi perakaran vegetasi yang tumbuh di atasnya. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Handayanto dkk. (2017) bahwa sebagian unsur hara tersedia bagi tanaman dalam kisaran pH tanah 5,5-7,5. Ketersediaan N, K, Ca, Mg, dan S cenderung menurun dengan menurunnya pH. Selain reaksi (pH) tanah, kandungan C organik di lokasi penelitian berdasarkan hasil analisis dengan nilai 0,16 – 4,17%. Hasil tersebut mencerminkan bahan organik termasuk kategori rendah sampai sedang, dengan bahan organik terendah terdapat pada lokasi Penanjakan2 (dengan ketinggian di atas 2500 m dpl), sedangkan bahan organik tertinggi terdapat pada lokasi Ranu Regulo (dengan ketinggian sekitar 2100 m dpl). Bahan organik tanah merupakan sisa-sisa jaringan pepohonan yang telah tua berupa serasah, cabang, ranting, kulit, buah, dan organisme yang telah mati dan telah

terdekomposisi menjadi humus (Yusuf dkk., 2005). Keadaaan ini mengindikasikan bahwa proses dekomposisi bahan organik berlangsung lebih baik pada lokasi Ranu Regulo dengan ketinggian 2100 m dpl.

Bahan organik menjadi indikator kualitas tanah yang memiliki efek penting pada sifat kimia tanah seperti Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan kesuburan, sifat fisik seperti struktur tanah, dan kapasitas menahan air. Mineralogi liat sangat memengaruhi KTK dan berdampak pada kapasitas menahan unsur hara. Tanah dengan KTK tinggi tidak hanya kuat menahan banyak unsur hara, tetapi juga berperan menjadi penyangga (*buffer*), atau menghindari perubahan cepat konsentrasi unsur hara dalam larutan tanah dengan menggantinya saat larutan tanah berkurang. Tanah dengan KTK rendah umumnya memiliki kandungan bahan organik yang rendah (Handayanto dkk., 2017). Menurut Kholilah dkk. (2019) penilaian terhadap kualitas tanah (termasuk pH dan kadar C. organik) penting dilakukan sebagai pengelolaan penggunaan tanah untuk mendukung biodiversitas pada area konservasi.

Struktur tanah, iklim, dan ketinggian tempat suatu area akan memengaruhi pertumbuhan tumbuhan di daerah tersebut. Yusuf dkk. (2005) menyatakan bahwa tinggi dan rendahnya jumlah jenis di suatu vegetasi berkaitan dengan kondisi habitat, tingkat gangguan dan faktor lingkungan lainnya misalnya tanah. Pertumbuhan Edelweiss (*Anaphalis*) juga dipengaruhi oleh iklim, ketinggian tempat, dan struktur tanah. Semakin bertambahnya ketinggian suatu daerah akan menurunkan iklim di daerah tersebut sehingga proses pembentukan tanah akan melambat dan akar tumbuhan yang tumbuh akan semakin dangkal. Menurut Whitten dkk. (1999) perbedaan-perbedaan tanah akan berpengaruh terhadap vegetasi yang ada tetapi tidak dibatasi oleh faktor lain seperti iklim dan perubahan komunitas binatang penyebar biji. Menurut Rayes (2017) ada dua variabel iklim yang paling penting yang memengaruhi pembentukan tanah adalah suhu dan kelembapan tanah (lengas tanah). Lengas tanah tergantung pada beberapa faktor yaitu : intensitas curah hujan, variabilitas curah hujan musiman, aspek dan kemiringan lereng (topografi), organisme dalam tanah, serta tekstur tanah/permeabilitas bahan induk. Polunin (1994) juga menyatakan bahwa suatu habitat sangat dipengaruhi oleh adanya berbagai faktor lingkungan yang akan mencirikan habitat menjadi berbeda, di antaranya yaitu faktor iklim, topografi, tanah dan makhluk hidup.

Tanah merupakan media untuk pertumbuhan tanaman dan memasok unsur hara tanaman. Jumlah unsur hara di dalam tanah memengaruhi penyerapan unsur hara oleh tanaman (Handayanto dkk., 2017). Tanah adalah salah satu komponen penting pada konservasi populasi tumbuhan, yang terdapat adanya hubungan antara komunitas tumbuhan dan tanah (Sutomo & Fardila, 2012). Selain itu adanya keanekaragaman fauna tanah juga memengaruhi kondisi tanah pada area tertentu. Menurut Harjadi (2017) penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kemampuan kondisi tanah akan menyebabkan terjadinya degradasi, erosi, dan menurunnya tingkat kesuburan tanah.

Habitat *Anaphalis* spp. di TNBTS memiliki komposisi vegetasi yang beragam, namun memiliki persamaan dalam aspek tanah. Struktur vegetasi yang berbeda pada setiap area penelitian diduga dikarenakan adanya beda jenis tanah, intensitas curah hujan, kebakaran di habitat alami, dan adanya introduksi spesies tumbuhan eksotis. Spesies asing adalah organisme non-asli (*non-native*) atau eksotis yang terjadi di luar rentang adaptasi alami dan potensi penyebarannya. Namun, beberapa spesies asing (alien) menjadi invasif ketika diperkenalkan secara sengaja atau tidak sengaja di luar habitat alaminya ke daerah baru di mana spesies asing mengekspresikan kemampuan untuk membangun, menyerang dan mengalahkan spesies asli (Raghubanshi dkk., 2005). Spesies asing invasif berkoloni secara agresif, mengancam keanekaragaman hayati asli. Keberhasilan tanaman asing invasif disebabkan karena adanya eksploitasi oportunistik dari gangguan antropogenik, tidak adanya musuh alami, dan, seringkali, adanya strategi kompetitif pada allelopati-nya (Kunwar, 2013). Selain itu, adanya variasi fenotipik dalam karakter morfologis dan reproduksi dari spesies asing invasif dari daerah yang berbeda menunjukkan kemampuan mereka untuk menyerang dan beradaptasi dengan habitat baru (Akter & Zuberi, 2009).

Kelimpahan gulma dan tumbuhan eksotis di area penelitian merupakan suatu kondisi gangguan alami dari habitat *Anaphalis*. Kelimpahan spesies tumbuhan eksotis memberikan kontribusi pada kebakaran hutan, yang salah satunya disebabkan karena daun kering dari tumbuhan tersebut. Tumbuhan eksotis yang ditemukan di area penelitian kebanyakan merupakan tumbuhan jenis rumput-rumputan yang apabila musim kering daun-daun tumbuhan ini akan mengalami kekurangan unsur hara dan mengering sebagai salah satu akibat adanya intensitas cahaya yang sangat banyak menyinari daerah padang rumput. Tumbuhan dengan daun yang mengering ini ditambah dengan banyaknya cahaya matahari yang menyinari daerah padang rumput disertai dengan gesekan antar daun oleh

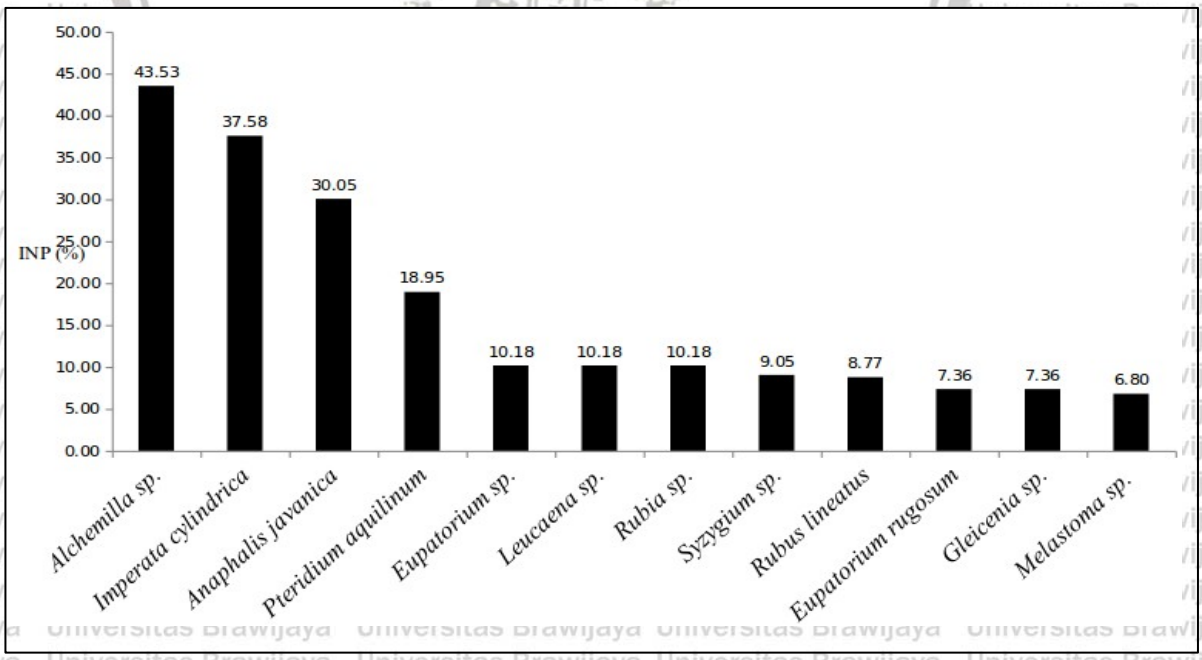
tiupan angin, diasumsikan akan dapat menyulut munculnya api sehingga terjadi kebakaran hutan. Kebakaran hutan di TNBTS tidak hanya terjadi secara alami, namun juga dapat disebabkan oleh kurangnya kesadaran masyarakat maupun wisatawan dalam mengontrol penggunaan sumber api, seperti sisa perluasan pertanian, sisa rokok, dan sisa perkemahan. Sutarno dkk. (2001); Hapsari dkk. (2014); Hakim dkk. (2018) menyatakan bahwa akhir-akhir ini ditemukan banyak tumbuhan spesies eksotis dan tumbuhan spesies invasif pada area pegunungan. *Anaphalis* di area TNBTS diduga mengalami ancaman terutama berasal dari api. Kebakaran hutan biasanya sering terjadi bersamaan dengan musim kemarau dan biomassa kering tumbuhan di daerah tertentu. Biomassa kering tumbuhan merupakan salah satu elemen penting dari setiap insiden kebakaran hutan, terutama terjadi di daerah padang rumput. Spesies yang biasanya ada di daerah padang rumput adalah *Imperata cylindrica, Pteridium* spp., dan *Agrostis* spp., yang termasuk ke dalam golongan tumbuhan yang mudah terbakar pada periode musim kering (kemarau). Populasi *Anaphalis* spp. di TNBTS tumbuh pada tanah vulkanik dengan tekanan tumbuhan spesies invasif yang tinggi. Pembersihan tumbuhan spesies invasif pada habitat *Anaphalis* sangat dianjurkan sebagai salah satu strategi untuk menambah populasi *Anaphalis* spp. sebagai spesies endemik dengan jumlah populasi yang terbatas di TNBTS.

Spesies invasif dapat memiliki dampak signifikan terhadap pembangunan, memengaruhi keberlanjutan mata pencaharian, ketahanan pangan, serta layanan dan dinamika ekosistem esensial (Kunwar, 2013). Beberapa spesies invasif memiliki kemampuan beradaptasi lingkungan yang kuat dan dapat tumbuh dan menyebar dengan cepat di lingkungan baru, yang menyebabkan efek buruk tertentu pada ekonomi, ekologi, dan masyarakat di daerah setempat (Chengxu dkk., 2011). Masalah produktivitas tanah tropika terutama berkaitan dengan kemasaman tanah, toksisitas unsur, defisiensi unsur, degradasi fisik, pertumbuhan gulma, dan rendahnya tingkat efisiensi penggunaan unsur hara tersedia (Handayanto dkk., 2017). Kondisi dan kandungan unsur hara tanah akan memengaruhi variasi kemampuan dalam reproduksi tumbuhan sehingga akan memberikan pengaruh terhadap keanekaragaman genetiknya. Jumlah keberagaman genetik ditentukan oleh banyaknya gen polimorfik pada suatu spesies. Adanya gen yang polimorfik menunjukkan bahwa beberapa individu dalam populasi mempunyai gen yang heterozigot yang memiliki arti bahwa individu menerima alel gen yang berbeda dari induknya. Hal ini memberikan arti bahwa semua tingkat variasi genetik akan

berkontribusi pada kemampuan populasi untuk dapat beradaptasi terhadap perubahan lingkungan.

Hasil analisis vegetasi pada setiap lokasi pengamatan ditemukan bahwa tumbuhan invasif dan eksotis banyak tumbuh dan mendiami vegetasi populasi *Anaphalis* yang ditunjukkan dengan nilai Indeks Nilai Penting (INP) yang tinggi (Lampiran 1). Tumbuhan tersebut termasuk ke dalam salah satu faktor yang menghambat pertumbuhan *Anaphalis* karena diduga akan menghalangi penyerapan unsur hara dari tanah untuk pertumbuhan *Anaphalis*. Indeks Nilai Penting (INP) merupakan nilai kepentingan suatu jenis tumbuhan serta peranannya dalam komunitas. Organisme dengan INP tinggi memiliki peranan penting dalam suatu komunitas yang akan membentuk dominasi antar jenis spesies. Menurut Hull (2008), INP yang tinggi dapat dihasilkan dari adanya kemampuan organisme dalam bereproduksi maupun menyesuaikan terhadap kondisi lingkungan.

Hasil penghitungan analisis vegetasi di area Ranu Regulo, terdapat 12 spesies yang tumbuh bersama *Anaphalis javanica* di vegetasi Ranu Regulo (Gambar 11). Empat tumbuhan yang memiliki Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi (>15%) yang ditemukan di area Ranu Regulo antara lain: *Alchemilla* sp. (43,53%), *Imperata cylindrica* (37,58%), *Anaphalis javanica* (30,05%), *Pteridium aquilinum* (18,95%) (Gambar 11). Indeks Nilai Penting (INP) merupakan nilai kepentingan suatu jenis tumbuhan serta peranannya dalam komunitas.



Gambar 11. Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan yang ditemukan di area Ranu Regulo

Pertumbuhan *Anaphalis* pada suatu daerah biasanya dipengaruhi oleh iklim, ketinggian tempat, dan struktur tanah. Tumbuhan *Anaphalis* yang ditemukan di area Ranu Regulo, hanya satu spesies saja yaitu *Anaphalis javanica*. Area sekitaran Ranu Regulo masih sedikit alami dibandingkan dengan Ranu Pani yang terletak bersebelahan dengan Ranu Regulo, hal ini diduga karena area Ranu Regulo sedikit mengalami gangguan antropogenik dibandingkan Ranu Pani. Bahkan menurut Sawitri & Takandjandji (2019) adanya pemanfaatan lahan di sekitar danau Ranu Pani yang berupa pemukiman, lahan pertanian, dan pariwisata alam memiliki dampak terhadap perubahan ekosistem danau sehingga mengalami penuruan nilai kesuburan danau tersebut. Vegetasi sekitar danau Ranu Regulo memiliki empat macam ekosistem yang salah satunya yaitu area semak yang didominasi oleh Edelweiss sekitar 87% (Haryati & Hakim, 2012). Lokasi Ranu Regulo yang berada pada ketinggian lebih dari 2100 m dpl, mengakibatkan sering terjadi adanya fenomena *frost* (embun beku) dikarenakan suhu yang rendah. Adanya fenomena *frost* akan mengakibatkan beberapa tumbuhan pada lingkungan iklim rendah mengalami pertumbuhan yang lambat dibandingkan tumbuhan dataran rendah. Tumbuhan *Anaphalis* juga dapat mengalami fenomena *frost* ini sehingga memungkinkan *Anaphalis* tumbuh sedikit lambat (regenerasi lambat).

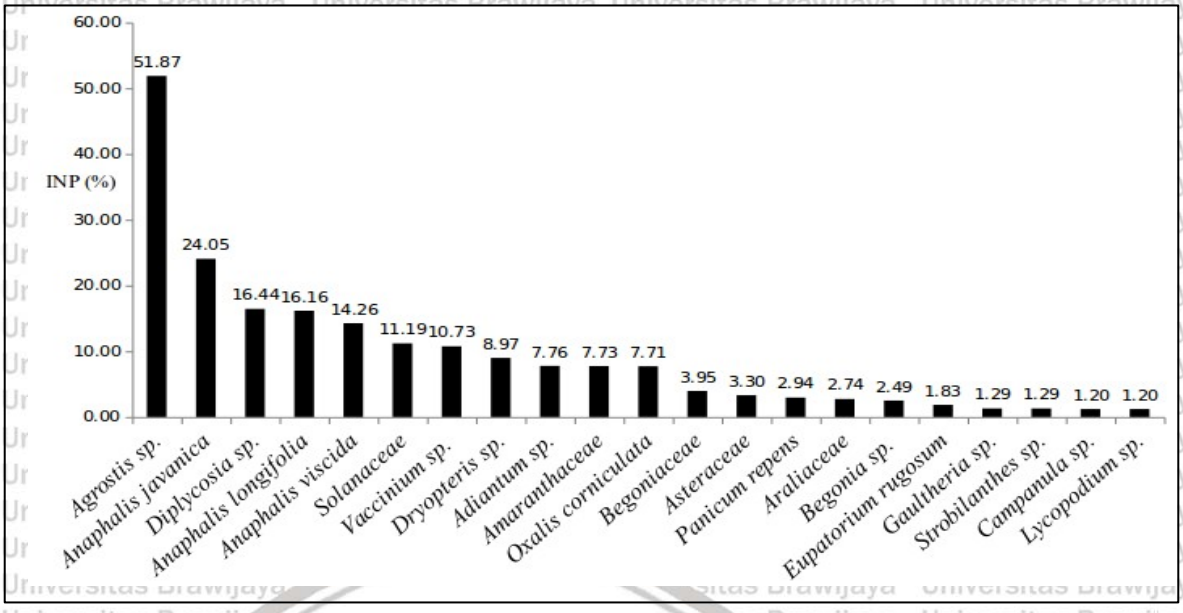
Tumbuhan yang dominan yang ditemukan pada area Ranu Regulo adalah *Alchemilla* sp. (43,53%), *Imperata cylindrica* (37,58%), dan *Pteridium aquilinum* (18,95%). Tumbuhan yang dominan ini diduga akan menghambat pertumbuhan *Anaphalis javanica* dikarenakan tumbuhan yang dominan tersebut mudah tumbuh pada berbagai lokasi tumbuh tanpa adanya faktor pembatas tumbuhnya, yang salah satunya adalah tumbuhan *Pteridium*. Tumbuhan *Pteridium* atau yang sering dikenal dengan nama paku-pakuan, mudah tumbuh dan dijumpai pada daerah yang terbuka, dan banyak terdapat sinar matahari. Menurut Haryati & Hakim (2012), area *Anaphalis* termasuk salah satu area yang mengalami invasi oleh adanya dominansi *Eupatorium*. Tumbuhan *Eupatorium* sp. merupakan spesies invasif yang dapat tumbuh dan menyebar dengan cepat (Kunwar, 2013). Selain itu adanya tumbuhan *Imperata cylindrica,* dan *Pteridium* spp. yang ditemukan pada vegetasi *Anaphalis* di Ranu Regulo juga akan mengancam kehadirannya di alam. Hal ini disebabkan karena *Imperata cylindrica,* dan *Pteridium* spp. termasuk kedalam yang sering ditemukan pada daerah padang rumput dan merupakan golongan tumbuhan yang mudah terbakar pada periode musim kering (kemarau). Selain itu

Imperata cylindrica merupakan tumbuhan yang memiliki zat alelopati dan akan menyebabkan tanaman lain tidak dapat tumbuh sehingga tumbuhan ini mampu mengubah ekosistem (Brewer, 2008; Xuan dkk., 2009; Zulharman, 2017).

Selain tumbuhan *Imperata cylindica*, tumbuhan *Eupatorium* sp. juga memiliki kandungan fenolik (alelopati) (Kim & Lee, 2011). *Allelopathy* merupakan proses suatu tanaman yang melepaskan bahan kimia ke lingkungan dan dapat menekan pertumbuhan dan pembentukan tanaman lain di sekitarnya. Namun, bahan kimia dengan fungsi *allelopathic* juga memiliki peran ekologis lainnya, seperti pertahanan tanaman, kelasi unsur hara, dan regulasi biota tanah dengan cara yang memengaruhi dekomposisi dan kesuburan tanah (Inderjit dkk., 2011). Saat ini, *allelopathy* telah dianggap sebagai faktor paling penting yang memengaruhi invasi dan penyebaran tanaman eksotis. Karakter alelopati, alelokimia dan mekanisme alelopati tanaman invasif memiliki dampak negatif pada ekosistem lokal (Chengxu dkk., 2015). Dominasi spesies tanaman invasif yang eksotis karena adanya efek *allelopathic,* secara biokimia lebih menghambat spesies asli dan mikroba di wilayah yang diserang daripada tanaman asli itu sendiri (Kim & Lee, 2011). Mikroba tanah juga merupakan salah satu penentu paling penting dari efek *allelopathic* di lapangan (Li dkk., 2015).

Hasil penghitungan analisis vegetasi di area Penanjakan, terdapat 21 spesies yang tumbuh di vegetasi Penanjakan termasuk tiga di antaranya merupakan jenis *Anaphalis* spp. (Gambar 12). Empat tumbuhan yang memiliki Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi (>15%) yang ditemukan di area Penanjakan antara lain: *Agrostis* sp. (51,87%), *Anaphalis javanica* (24,05%), *Diplycosia* sp. (16,44%), dan *A. longifolia* (16,10%) (Gambar 12).

Di area Penanjakan ditemukan ada 21 spesies tumbuhan yang berada bersama dengan *Anaphalis* spp. Tumbuhan *Agrostis* sp. yang ditemukan pada area ini sangat dominan, yang diduga karena tumbuhan ini dapat tumbuh pada berbagai habitat hutan. Tumbuhan *Agrostis* dianggap sebagai spesies tumbuhan yang berbahaya di Afrika, yang mampu tumbuh pada berbagai habitat termasuk padang rumput, hutan, dan lahan basah. Tumbuhan *Agrostis* memiliki karakter yang toleran terhadap api dan kekeringan, sehingga sangat mengancam populasi *Anaphalis* di alam.



Gambar 12. Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan yang ditemukan di area Penanjakan

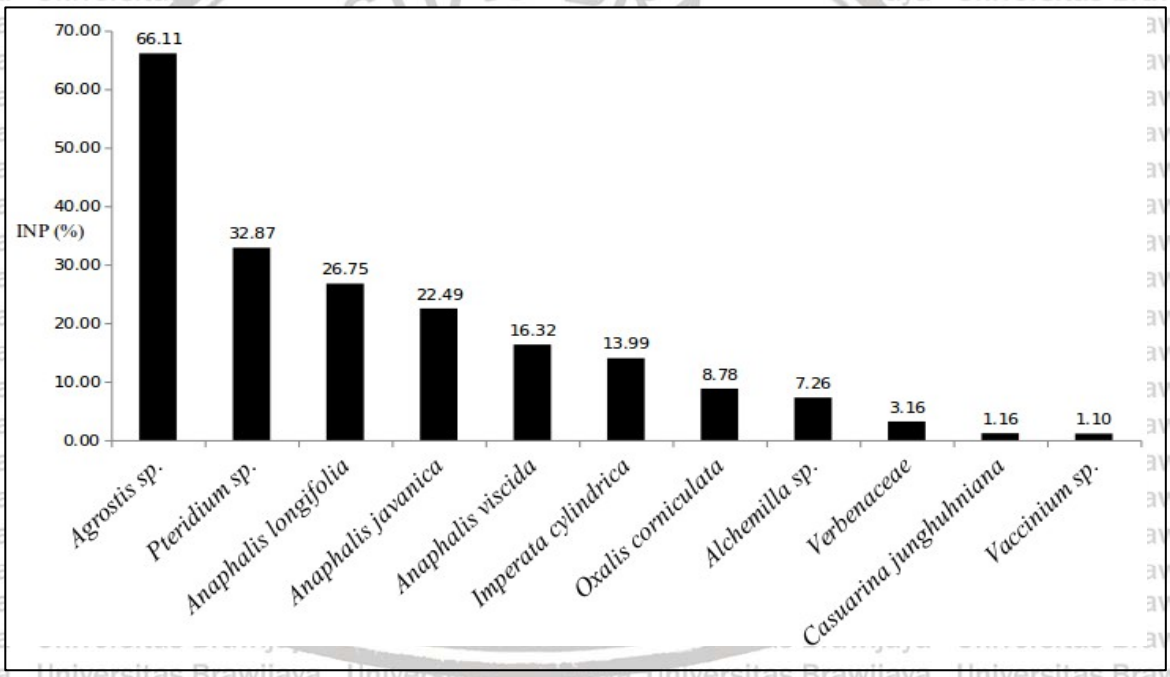
Jenis/tekstur tanah pada area Penanjakan berupa lempung berdebu dan liat berdebu merupakan jenis tanah yang baik bagi tumbuhan. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya jenis tumbuhan yang dapat hidup pada kondisi tanah ini. Namun untuk tumbuhan *Anaphalis* spp. jenis tanah ini termasuk jenis tanah yang kurang disukai sehingga pertumbuhan *Anaphalis* spp. sedikit terhambat. Kemungkinan hal ini dikarenakan adanya kandungan debu yang terdapat pada tanah yang berasal dari aktivitas Gunung Bromo yang berada dekat dengan area Penanjakan ini. Selain itu adanya fauna tanah juga bisa menjadi indikator tanah yang memiliki respon terhadap faktor lingkungan baik biotik maupun abiotik. Suheriyanto (2012) menemukan keanekaragaman fauna tanah di area Penanjakan memiliki nilai tertinggi yaitu 2.73 dibandingkan area Jemplang 2.35. Keanekaragaman fauna tanah digunakan sebagai bioindikator tanah dengan kandungan sulfur tinggi pada area Gunung Bromo (Suheriyanto, 2012). Keanekaragaman serangga polinator juga menjadi salah satu pengaruh pada tumbuhan *Anaphalis*. Hidayat dkk. (2016) menemukan keragaman spesies serangga polinator pada *Anaphalis javanica* yang berkategori rendah, yang disebabkan karena biasanya serangga polinator pengunjung bunga bersifat generalis bagi berbagai bunga.

Hadirnya spesies eksotik yang melimpah akan mengakibatkan tidak menguntungkan bagi konservasi populasi *Anaphalis*, hal ini dikarenakan spesies eksotis juga memiliki kontribusi pada terjadinya kebakaran hutan. Spesies tumbuhan eksotis invasif pada wilayah pegunungan sering ditemukan pada area pegunungan (Sutarno dkk., 2001;

Hapsari dkk., 2014; Hakim dkk., 2018).

Tumbuhan *Agrostis* sp. merupakan tumbuhan yang mudah tumbuh pada berbagai habitat (padang rumput, hutan, dan lahan basah) (Hapsari dkk., 2014; Hakim dkk., 2018). Selain itu tumbuhan ini juga merupakan tumbuhan yang mudah tumbuh di daerah yang terbakar dan juga lebih mudah terbakar (Hapsari dkk., 2014; Hakim dkk., 2018). Tumbuhan *Agrostis* sp. merupakan salah satu tumbuhan spesies invasif. Tumbuhan spesies invasif biasanya memiliki kemampuan beradaptasi lingkungan yang kuat sehingga dapat tumbuh dan menyebar dengan cepat di lingkungan baru (Chengxu dkk., 2011).

Hasil dalam penghitungan analisis vegetasi, terdapat 11 spesies yang mendiami vegetasi Ranu Kumbolo bersama dengan ketiga jenis *Anaphalis*. Lima tumbuhan yang memiliki Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi (>15%) yang ditemukan di area Ranu Kumbolo antara lain: *Agrostis* sp. (66,11%), *Pteridium* sp. (32,87%), *A. longifolia* (26,75%), *A. javanica* (22,49%), dan *A. viscida* (16,32%) (Gambar 13).



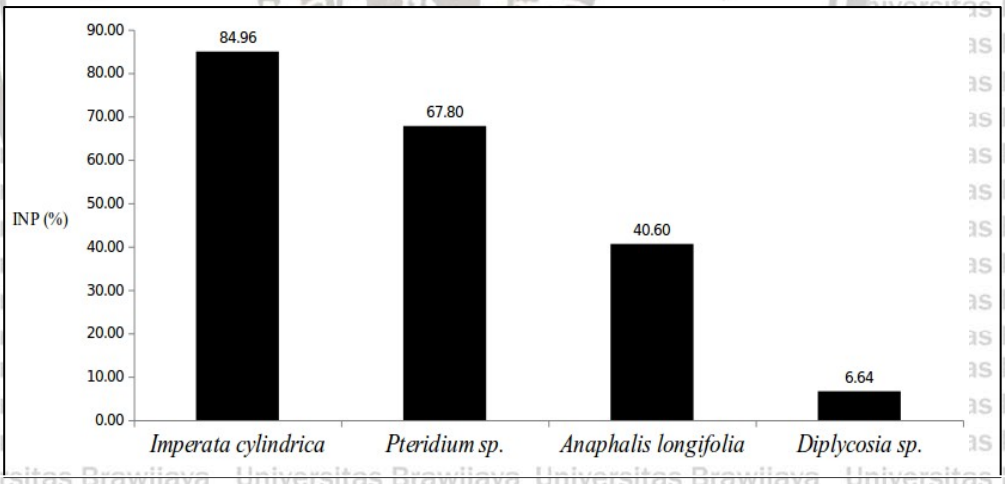
Gambar 13. Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan yang ditemukan di area Ranu Kumbolo

Spesies *Anaphalis* yang ditemukan pada area Ranu Kumbolo ada tiga jenis. Jenis yang sama dengan yang ditemukan di area Penanjakan yaitu *Anaphalis javanica, A. longifolia,* dan *A. viscida*. Hal ini diduga karena adanya persamaan topografi ditemukannya populasi *Anaphalis*. Populasi *Anaphalis* di area Penanjakan yaitu ditemukan pada ketinggian berkisar antara 2627-2767 m dpl, sedangkan populasi

Anaphalis di area Ranu Kumbolo ditemukan pada ketinggian berkisar antara 2383-2546 m dpl. Secara karakter, tumbuhan *Anaphalis* dapat hidup pada ketinggian di atas 2000 m dpl, kaya akan sinar matahari karena *Anaphalis* merupakan tumbuhan zona subalpin.

Tumbuhan yang mendiami area Ranu Kumbolo berdasarkan hasil analisis vegetasi (Gambar 13) yang ditemukan lebih sedikit dibandingkan dengan area Penanjakan. Hal ini dimungkinkan karena ketika peneliti melakukan penelitian lapangan pada area Ranu Kumbolo, area ini dalam masa penutupan pendakian Gunung Semeru oleh TNBTS (awal tahun 2017) untuk pemulihan ekosistem, sehingga *Anaphalis* dapat tumbuh dengan baik. Namun tumbuhan *Agrostis* tetap ditemukan sebagai tumbuhan yang dominan, dikarenakan karakter tumbuhan ini yang mudah tumbuh pada berbagai habitat. Tumbuhan *Pteridium* sp merupakan tumbuhan yang mudah tumbuh pada area terbuka (padang rumput) (Trejo dkk., 2010), di daerah yang terbakar dan juga lebih mudah terbakar (Bradstock & Auld, 1995).

Hasil dalam penghitungan analisis vegetasi, terdapat 4 spesies yang mendiami vegetasi Gunung Batok bersama dengan *Anaphalis longifolia*. Spesies tersebut antara lain: *Anaphalis longifolia* (40,60%), *Diplycosia* sp. (6,64%), *Imperata cylindrica* (84,96%), dan *Pteridium* sp. (67,80%) (Gambar 14).



Gambar 14. Indeks Nilai Penting (INP) tumbuhan yang ditemukan di area Gunung Batok

Tumbuhan yang memiliki Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi yang ditemukan di area Gunung Batok antara lain: *Imperata cylindrica* (84,96%), dan *Pteridium* sp. (67,80%) (Gambar 14) yang mana kedua tumbuhan ini memiliki kelebihan cepat tumbuh. *Imperata cylindrica* atau yang bisa disebut dengan alang-alang merupakan rumput menahun dengan pertumbuhannya yang agresif (Tanjungsari, 2018). Tumbuhan *Imperata*

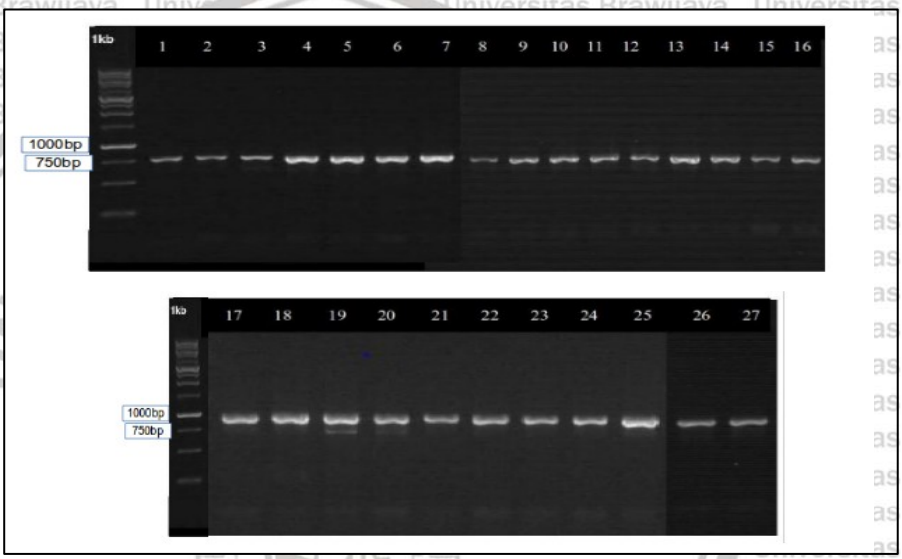
cylindrica dan *Pteridium* sp. yang ditemukan di area Gunung Batok termasuk tumbuhan yang berkontribusi pada kebakaran hutan dikarenakan daun kering dari tumbuhan tersebut. Kebakaran sering terjadi pada wilayah TNBTS terutama ketika musim kering (kemarau) melanda. Kebakaran dapat disebabkan oleh berbagai faktor di antaranya faktor alam (suhu yang tinggi pada musim kemarau, aktivitas vulkanik dari gunung berapi, maupun angin kencang pada daerah tinggi) dan faktor manusia / disengaja (pembukaan lahan, pengambilan/penebangan pohon, puntung rokok yang belum dimatikan dan dibuang sembarangan). Adanya spesies tumbuhan invasif dan faktor penyebab kebakaran hutan akan menyulitkan upaya konservasi *Anaphalis* di alam.

Tumbuhan *Imperata cylindrica* merupakan tumbuhan yang sangat invasif dan salah satu gulma paling bermasalah di dunia (Dashnegar dkk., 2008), yang dapat menurunkan produktivitas dan pertumbuhan dari tumbuhan yang ada di dekatnya karena kompetisi mendapatkan unsur hara pada tanah (Xuan dkk., 2009). Tumbuhan ini dapat menekan dan mengancam keanekaragaman hayati, menggusur spesies asli (*native*) langka atau endemik (Estrada & Flory, 2015; Brewer, 2008). Tumbuhan *Imperata cylindica* merupakan tumbuhan invasif yang banyak ditemukan pada area pegunungan, dan tumbuhan yang lebih mudah terbakar pada musim kemarau (Hapsari dkk., 2014; Hakim dkk., 2018).

Rendahnya keragaman jenis yang ditemukan di area Gunung Batok disebabkan salah satunya adalah karena paparan abu vulkanik dari Gunung Bromo yang terletak persis di sebelah Gunung Bromo. Jenis tumbuhan yang ditemukan di area Gunung Batok merupakan tumbuhan yang dapat hidup dengan pertumbuhan yang cepat dan baik dan tahan dengan adanya gangguan dari paparan abu vulkanik Gunung Bromo. *Anaphalis longifolia* diduga sebagai tumbuhan yang lebih tahan terhadap paparan abu vulkanik dibandingkan dengan dua jenis *Anaphalis* lainnya yang ditemukan di wilayah TNBTS. Menurut pernyataan Van Steenis (2006) dan Whitten dkk. (1999) *Anaphalis longifolia* tumbuh dan berada pada puncak-puncak pengunungan, dinding-dinding tebing dan tumbuh pada ketinggian 1200-2850 m dpl, sering dijumpai sebagai tumbuhan pioner pada batuan-batuan lava dan lereng abu vulkanik.

4.3 Diversitas Genetis *Anaphalis* spp. di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru Berdasarkan Sekuen ITS, ETS, dan EST-SSR

Analisis diversitas genetis *Anaphalis* spp. di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru dilakukan berdasarkan sekuen DNA ITS (*Internal Transcribed Spacer*), sekuen ETS (*External Transcribed Spacer*), dan EST-SSR (*Expressed Sequence Tag-Simple Sequence Repeat*). Amplifikasi sekuen pada 27 sampel berdasarkan sekuen ITS menghasilkan pita DNA (amplikon) berukuran ±700 bp (Gambar 15), amplifikasi berdasarkan sekuen ETS menghasilkan pita DNA (amplikon) berukuran ±1200 bp (Gambar 16). Hasil amplifikasi tersebut sesuai dengan ukuran ITS pada *Anaphalis* 700 bp dan ETS 600 bp yang merupakan struktur parsial dari gen ETS (Nie dkk., 2013; Nie dkk., 2016).

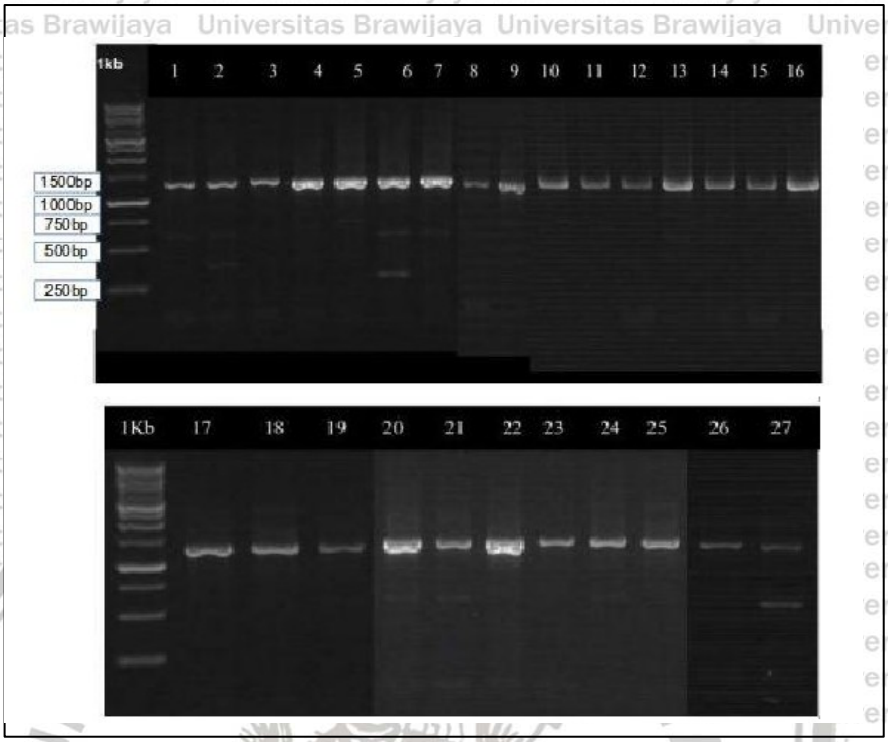


Gambar 15. Hasil Amplifikasi Sekuen ITS pada Gel Agarose 1,5%

Keterangan :
Lane 1= RR_*A. javanica*_1; 2= PN_*A. Javanica*_1; 3= PN_*A. longifolia*_1; 4=RK_*A.longifolia*_1; 5= RK_*A. javanica*_1; 6= RK_*A. javanica*_2; 7= RK_*A. javanica*_3; 8= RR_*A. javanica*_3; 9= PN_*A. viscida*_1; 10= PN_*A. viscida*_2;11=PN_*A. javanica*_2; 12 = PN_*A. longifolia*_4; 13= RK_*A. viscida*_1; 14= RK_*A. viscida*_2; 15= RK_*A. longifolia*_2; 16.=GB_*A. longifolia*; 17= PN_*A. viscida*_3; 18= PN_*A. javanica*_3; 19=PN_*A. longifolia*_3; 20= PN_*A. longifolia*_5; 21= RK_*A. viscida*_4; 22= RK_*A. viscida*_3; 23= RK_*A. longifolia*_4; 24.=RK_*A. viscida*_5; 25= RR_*A. javanica*_2; 26=RK_*A. longifolia*_3; 27= PN_*A. longifolia*_2

Hasil sekuensing amplikon menggunakan *direct sequencing* berdasarkan ITS dan ETS selanjutnya dilakukan pelacakan dengan menggunakan program *Sequence scanner* untuk melihat sekuen DNA yang berkualitas baik. Sekuen DNA berkualitas bagus ditandai dengan warna *background* biru pada sekuen, berwarna kuning untuk kualitas sedang, dan

berwarna merah untuk kualitas rendah. Seluruh data sekuen dari masing-masing penanda molekuler (ITS dan ETS) dilakukan uji homologi melalui sistem pelacakan BLAST pada *website* NCBI yang kemudian dilakukan pensejajaran menggunakan program MEGA6.



Gambar 16. Hasil Amplifikasi Sekuen ETS pada Gel Agarose 1,5%

Keterangan :

Lane 1= RR_*A. javanica*_1; 2= PN_*A. javanica*_1; 3= PN_*A. longifolia*_1; 4=RK_*A.longifolia*_1; 5= RK_*A. javanica*_1; 6= RK_*A. javanica*_2; 7= RK_*A.javanica*_3; 8= RR_*A. javanica*_3; 9= PN_*A. viscida*_1; 10= PN_*A.viscida*_2; 11= PN_*A. javanica*_2; 12= PN_*A. longifolia*_4; 13= RK_*A.viscida*_1; 14= RK_*A. viscida*_2; 15= RK_*A. longifolia*_2; 16= GB_*A.longifolia*; 17= PN_*A. viscida*_3; 18= PN_*A. javanica*_3; 19= PN_*A.longifolia*_3; 20= PN_*A. longifolia*_5; 21= RK_*A. viscida*_4; 22= RK_*A.viscida*_3; 23= RK_*A. longifolia*_4; 24= RK_*A. viscida*_5; 25= RR_*A.javanica*_2; 26= RK_*A. longifolia*_3; 27= PN_*A. longifolia*_2.

Hasil uji homologi sekuen DNA dengan BLAST di NCBI menunjukkan bahwa secara keseluruhan sampel yang dianalisis homolog dengan jenis *Anaphalis*. Homologi sekuen ITS dari 27 sampel *Anaphalis* berkisar 97-99% yang artinya bahwa sekuen DNA ITS sampel *Anaphalis* memiliki kemiripan/kesamaan urutan sekuen dengan gen pembanding *Anaphalis* yang ada di database gen bank NCBI. Sekuen DNA sampel kemudian dilakukan pensejajaran dengan sekuen pembanding (*outgrup*) untuk mengkonstruksi pohon filogenetik. Hasil topologi pohon filogenetik dapat dilihat pada Gambar 17 (dengan menggunakan penanda molekuler ITS) dan Gambar 18 (dengan menggunakan penanda

molekuler ETS).

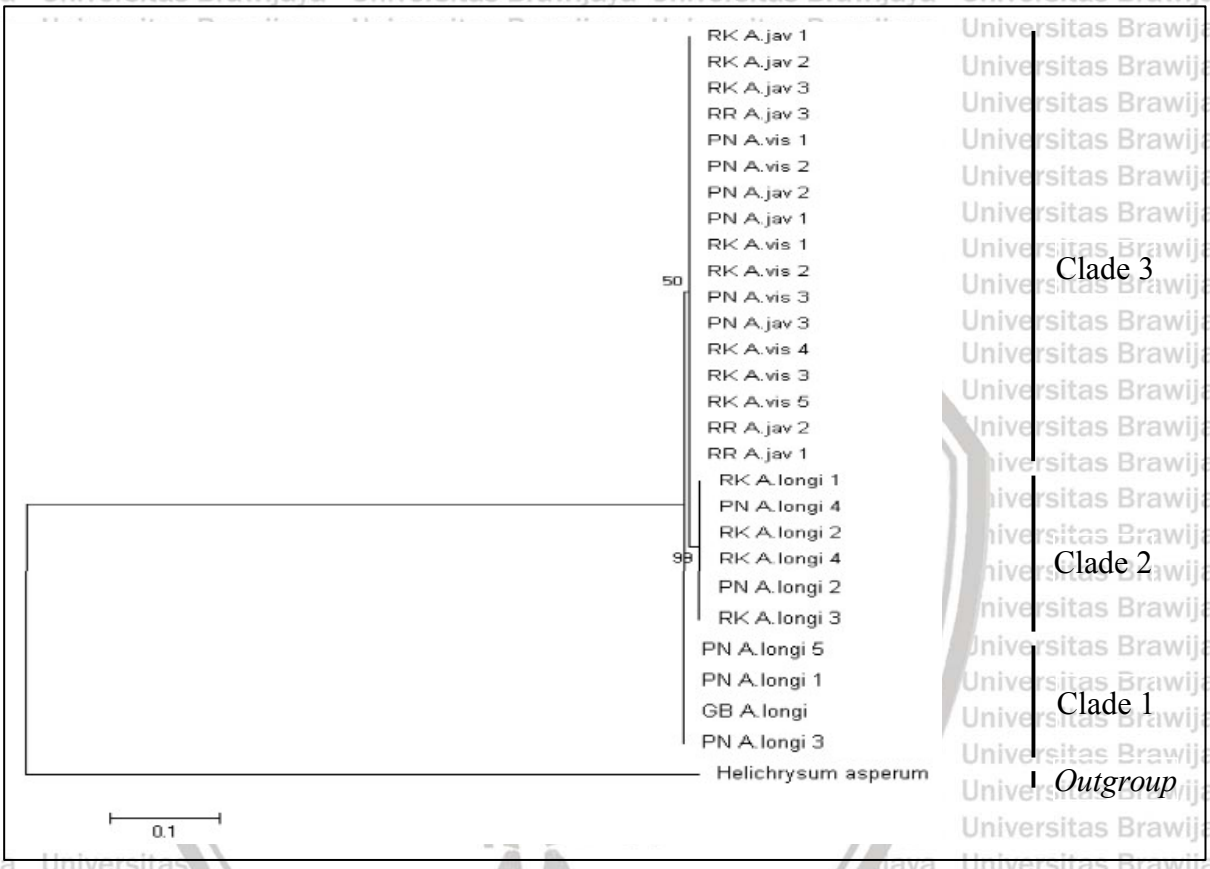
Hasil pensejajaran total (*total alignment*) sekuen DNA daerah ITS *ingroup* dan *outgroup* terdapat 655 bp basa nitrogen nukleotida DNA (Lampiran 3) yang terdiri dari daerah yang terkonservasi (*invariable*/monomorfik) sebanyak 279 karakter basa nitrogen (43%), 375 karakter basa nitrogen (57%) merupakan variabel potensial (polimorfik), 353 karakter basa nitrogen (54%) merupakan variabel yang potensial sebagai *parsimony informative*, dan 22 posisi (3%) merupakan variabel *singleton*. Sedangkan hasil pensejajaran total (*total alignment*) sekuen DNA daerah ETS *ingroup* dan *outgroup* terdapat 512 bp basa nitrogen nukleotida DNA (Lampiran 5) yang terdiri dari daerah yang terkonservasi (*invariable*/monomorfik) sebanyak 331 karakter basa nitrogen (65%), 166 karakter basa nitrogen (32%) merupakan variabel potensial (polimorfik), 99 karakter basa nitrogen (19%) merupakan variabel yang potensial sebagai *parsimony informative*, dan 66 posisi (13%) merupakan variabel *singleton*. Berbeda dengan hasil yang ditemukan Nie dkk. (2013) bahwa sekuen ITS yang disejajarkan (*alignment*) ditemukan ada 668 posisi dan sekuen ETS yang disejajarkan (*alignment*) ditemukan ada 598 posisi. Hal ini diduga dikarenakan adanya perbedaan geografis dan lingkungan *Anaphalis* yang tumbuh di wilayah TNBTS dengan wilayah Himalaya bagian Timur. Data status karakter urutan nukleotida ini kemudian digunakan dalam rekonstruksi pohon filogenetik. Metode status karakter menggunakan urutan nukleotida sebagai data yang digunakan dalam rekonstruksi pohon filogeni, dengan mengevaluasi probabilitas serta jumlah substitusi pada setiap situs karakter dalam suatu jajaran (Aprilyanto & Sembiring, 2016).

Pensejajaran urutan (*sequence alignment*) merupakan suatu usaha yang mengasumsikan bahwa pasangan urutan (sekuen) yang dibandingkan bersifat homolog. Pensejajaran ini meliputi penentuan lokasi insersi dan delesi yang muncul yang muncul seiring dengan proses divergensi (proses percabangan) masing-masing urutan dari leluhur bersama. Pensejajaran urutan memiliki asumsi bahwa urutan yang ada sekarang merupakah hasil dari divergensi urutan leluhur bersama sebelumnya dan seluruh urutan terhubung satu sama lain dalam bentuk pohon filogenetik. Suatu jajaran akan memberikan informasi mengenai hubungan kekerabatan antar urutan yang ada (Aprilyanto & Sembiring, 2016).

Seiring dengan proses divergensi, dua buah urutan yang memisah masing-masing akan mengakumulasi perubahan yang memberikan kendala dalam proses penjajaran.

Permasalahan tersebut dibagi menjadi tiga, yakni permasalahan mengenai perulangan (*repeats*), substitusi, dan celah (*gaps*) (Aprilyanto & Sembiring, 2016).

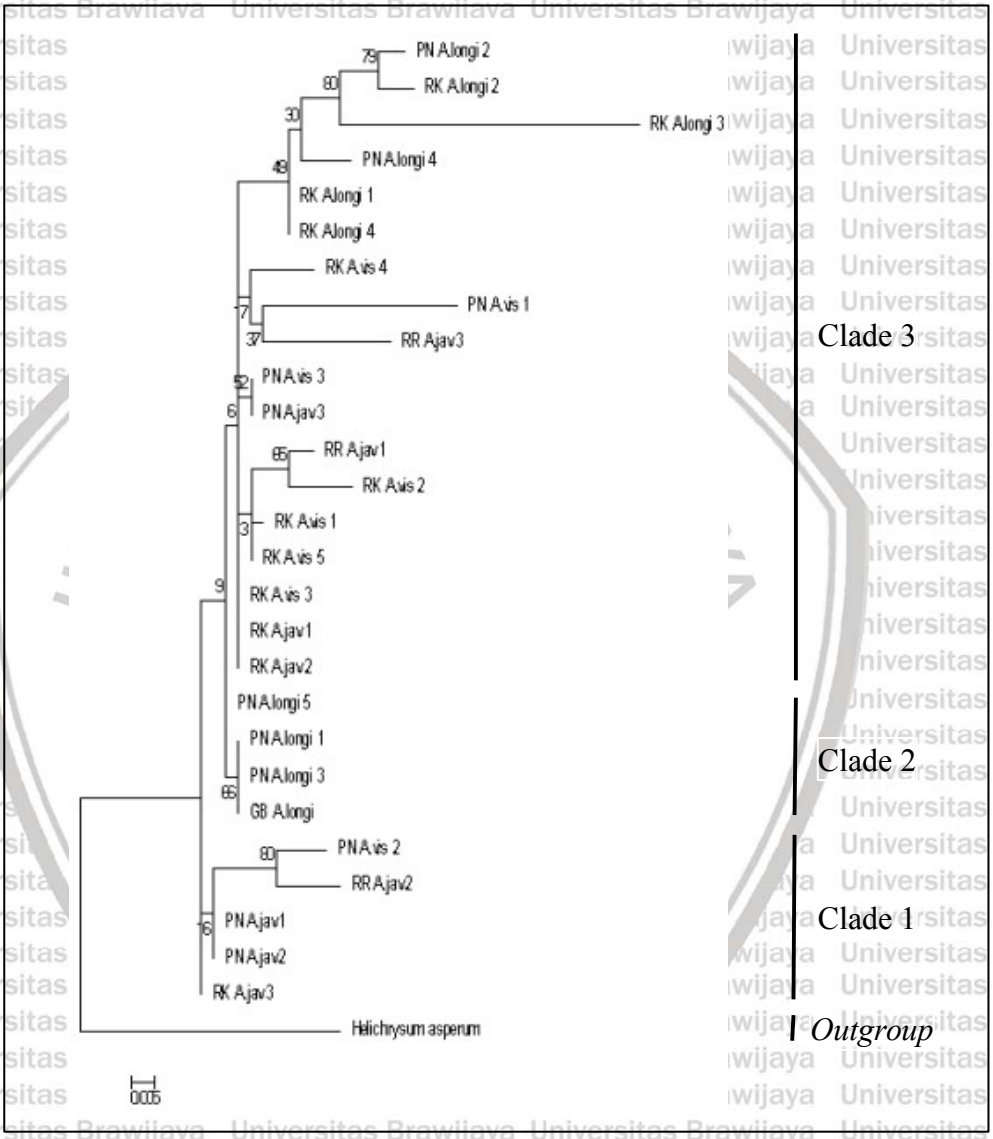
Sekuen DNA daerah ITS dan ETS keseluruhan sampel *Anaphalis* menunjukkan adanya variasi yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai karakter penting untuk membangun (merekonstruksi) hubungan genetik pada pohon filogenetik. Rekonstruksi pohon filogenetik pada studi ini menggunakan metode *maximum likelihood* yang dianalisis dengan program MEGA6 (Gambar 17 dan Gambar 18).



Gambar 17. Pohon Filogeni *Anaphalis* spp. di TNBTS berdasarkan penanda molekuler ITS dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood*. Nilai bootstrap berdasarkan 1000 pengulangan.

Maximum likelihood memiliki keunggulan dalam mengestimasi pola sejarah evolusi dengan memperhitungkan probabilitas perubahan karakter state dari model evolusi yang tepat, yang didasarkan dan dievaluasi dari data yang ada (Simpson, 2010). Hasil rekonstruksi pohon filogenetik dengan menggunakan analisis *bootstrap* hingga 1000 pengulangan. Bootstrap merupakan suatu pendekatan statistik untuk menggambarkan kekokohan suatu kelompok tumbuhan pada pohon filogenetik (Hall, 2004). Pohon filogenetik menunjukkan adanya hubungan antara spesies dan menggambarkan perubahan

yang terjadi di dalam penanda gen untuk setiap spesies. Menurut Aprilyanto & Sembiring (2016) dalam konteks molekuler, evolusi merupakan sebuah proses perubahan substansi molekuler, yang dalam hal ini adalah urutan nukleotida, seiring waktu. Mutasi merupakan penyebab utama variasi genetik di dalam suatu spesies dan hal ini sangat terkait dengan proses evolusi spesies tersebut seiring dengan waktu. Jenis-jenis mutasi meliputi substitusi, insersi, delesi, pertukaran bahan genetik, dan duplikasi.



Gambar 18. Pohon Filogeni *Anaphalis* spp. di TNBTS berdasarkan penanda molekuler ETS dengan menggunakan metode *Maximum Likelihood*. Nilai bootstrap berdasarkan 1000 pengulangan.

Hasil analisis hubungan genetik *Anaphalis* di TNBTS berdasarkan sekuen ITS dan ETS dengan menggunakan algoritma *maximum likelihood* menunjukkan pohon filogenetik *Anaphalis* termasuk kelompok monofiletik dan terpisah dengan *Helichrysum*

asperum. Adanya pengelompokan yang monofiletik tersebut menunjukkan bahwa spesies *Anaphalis* spp. di TNBTS yang ditemukan diduga berasal dari nenek moyang yang sama. Menurut Simpson (2010), kelompok monofiletik merupakan kelompok yang terdiri atas leluhur yang sama dan semua turunannya berasal dari leluhur tersebut. Menurut Aprilyanto & Sembiring (2016) tujuan dalam studi filogenetika adalah dapat merekonstruksi hubungan kekerabatan antar organisme, estimasi waktu divergensi, dan pemetaan urutan kejadian dalam proses evolusi. Penelusuran hubungan kekerabatan ke masa lalu pada akhirnya akan menyatukan seluruh organisme pada satu leluhur yang sama (*common ancestor*).

Pohon filogenetik berdasarkan sekuen ITS maupun ETS menghasilkan pohon yang percabangannya terpisah menjadi empat klad (klaster) dengan komposisi satu klad merupakan *outgroup* dan tiga lainnya adalah *ingroup*. Setiap klad memberikan gambaran adanya proses spesiasi yang terjadi selama evolusi tumbuhan tersebut. Pada pohon filogenetik berdasarkan sekuen ITS (Gambar 17) menghasilkan tiga klad dengan *A. longifolia* terpisah dalam dua klad. Klad satu dan klad dua terdiri dari *A. longifolia* yang berasal dari lokasi yang berbeda. Klad tiga terdiri dari *A. javanica* and *A. viscida* (Gambar 17). Hasil topologi pohon filogenetik ini menunjukkan bahwa *A. longifolia* memiliki kesamaan dan kedekatan sekuen di antara individu sampel *A. longifolia* yang ditemukan pada lokasi penelitian ini, sehingga membuat spesies ini lebih stabil keberadaannya di dalam kelompok pohon filogenetik, dengan nilai *bootstraps* 99%. Topologi pohon filogeni yang dihasilkan berdasarkan analisis yang digunakan berbeda dalam nilai *bootstrap* dan jumlah kelompok monofiletik yang memiliki kekokohan atau kekonsistenan klad. Menurut Rahayu & Nugroho (2015) kelompok monofiletik memiliki satu leluhur yang sama dan semua keturunannya berasal dari leluhur tersebut. Hal ini menyebabkan anggota-anggota di dalam kelompok monofiletik dianggap memiliki hubungan yang sangat dekat dan diasumsikan membawa sifat atau pola genetik dan biokimia yang sama.

Pohon filogenetik berdasarkan sekuen ETS juga menghasilkan tiga klad yang terdiri dari sampel *ingruop* (Gambar 18). Pada pohon filogenetik ini *A. longifolia* juga ditemukan lebih stabil keberadaannya didalam kelompok pohon filogenetik yang terdapat dalam klad dua, namun tidak semua sampel *A. longifolia* berada dalam klad dua ini. Klad satu dan klad tiga ditemukan adanya ketidakkongruenan/ketidaksesuaian terjadi pada

sampel *A. longifolia*, *A. javanica*, dan *A. viscida*. Hasil yang hampir sama (ketidakkongruenan) juga ditemukan Nie dkk. (2013) pada pohon filogenetik di mana terdapat dua spesies genus *Anaphalis* berada dalam percabangan yang sama.

Pohon filogenetik yang dihasilkan berdasarkan sekuen ITS dan ETS muncul ketidakkongruenan pada percabangannya, yang bisa dilihat pada pengelompokan *Anaphalis javanica* dan *A. viscida* yang berada dalam klad yang sama. Hal ini dimungkinkan muncul dikarenakan adanya variasi sekuen DNA pada setiap sampel, adanya polimorfisme pada sekuen nrDNA, dan adanya distribusi dan fragmentasi habitat tumbuh *Anaphalis*. Menurut Nie dkk. (2013) ketidaksesuaian yang muncul pada hubungan filogenetik pada genus dapat terjadi karena adanya resolusi sekuen yang rendah, hibridisasi, dan polimorfisme nrDNA trans-spesifik. Habitat fragmentasi dan keheterogenitas juga dapat dipengaruhi oleh perubahan iklim (*climatic change*). Selain itu, adanya penyebaran yang bervariasi pada kelompok organisme yang berbeda juga dapat merepresentasikan bentuk umum pada evolusi tumbuhan (Nie dkk., 2016).

Analisis pohon filogenetik dapat menggambarkan suatu proses evolusi yang terjadi pada suatu sampel yang diperbandingkan/diteliti. Proses tersebut dinamakan proses spesiasi yang menunjukkan suatu kelompok dalam percabangan pohon filogenetik lebih primitif atau lebih maju (*advanced*) pada proses evolusi. Sesuai dengan pernyataan Swofford (2002) dan Ochieng dkk. (2007), pohon filogenetik terdiri dari *nodes* dan percabangan yang mana setiap node menggambarkan proses spesiasi selama evolusi. Panjang suatu percabangan diartikan semakin banyak perubahan yang terjadi pada penanda gen selama proses evolusi, mengakibatkan spesies pada cabang tersebut dapat dikatakan lebih maju.

Faktor-faktor evolusi sangat berperan dalam proses spesiasi dan secara umum terdapat faktor yang mempercepat atau memperlambat proses spesiasi. Faktor-faktor tersebut di antaranya adalah 1) mutasi yang menjadi faktor paling mendasar penyebab variasi genetik pada organisme sehingga akan meningkatkan variasi baik di dalam atau antar populasi, 2) pengaruh dari pergeseran genetik, serta 3) migrasi dan isolasi (Aprilyanto & Sembiring, 2016).

Hasil analisis berdasarkan EST-SSR ditemukan adanya variasi pada pita hasil amplifikasi (alel). Variasi alel menunjukkan adanya variasi genetik pada tingkat genom. Hasil analisis diversitas genetik menunjukkan adanya diversitas genetik di dalam populasi

Ranu Regulo, Penanjakan, Ranu Kumbolo, dan Gunung Batok TBTS. Analisis diversitas genetik dilakukan pada masing-masing jenis *Anaphalis* yang ditemukan pada setiap populasi. Nilai diversitas genetik *Anaphalis* spp. di TNBTS dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis Diversitas Genetik *Anaphalis* spp. di TNBTS

Spesies	Lokasi Populasi	Jumlah sampel	N_a	N_e	*H*	*I*
A. javanica	Ranu Regulo	3	1,049	1,034	0,019	0,028
	Penanjakan	3	1,024	1,023	0,012	0,017
	Ranu Kumbolo	3	1,000	1,000	0,000	0,000
A. longifolia	Penanjakan	5	1,049	1,011	0,009	0,016
	Ranu Kumbolo	4	1,049	1,049	0,024	0,034
	Gunung Batok	1	1,000	1,000	0,000	0,000
A. viscida	Penanjakan	3	1,000	1,000	0,000	0,000
	Ranu Kumbolo	5	1,024	1,023	0,012	0,017

Keterangan:N_a : Rata-rata jumlah alel yang diamati; N_e : rata-rata jumlah alel efektif; *H* : rata-rata Heterozigositas/diversitas genetik Nei; *I* : rata-rata Indeks Shannon

Secara umum, hasil analisis diversitas genetik *Anaphalis* spp. di TNBTS memiliki informasi keragaman (diversitas) genetik yang rendah. Perhitungan nilai heterosigositas berdasarkan kaidah Nei 1987 bahwa nilai heterozigositas berkisar antara 0 (nol) sampai 1 (satu), apabila nilai heterozigositas sama dengan 0 (nol) maka diantara populasi yang diukur memiliki hubungan genetik yang sangat dekat dan apabila nilai heterozigositas sama dengan 1 (satu) maka diantara populasi yang diukur tidak terdapat hubungan genetik atau pertalian genetik sama sekali. Nilai diversitas genetik tertinggi diperoleh pada populasi *A. longifolia* di area Ranu Kumbolo (dengan nilai 0,024), sedangkan nilai yang terendah (0,000) terdapat pada populasi *A. javanica* di area Ranu Kumbolo, *A. longifolia* di area Gunung Batok, dan *A. viscida* di area Penanjakan. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya jumlah variasi alel per lokus dari genom penyusunnya yang lebih besar dibandingkan variasi genetik pada spesies *Anaphalis* yang lainnya. Jumlah keberagaman genetik dalam populasi ditentukan oleh banyaknya gen yang memiliki lebih dari satu alel (gen polimorfik), dan banyaknya alel pada setiap gen tersebut (Indrawan dkk., 2012). Adanya gen polimorfik juga berarti bahwa beberapa individu dalam populasi mempunyai

genotip heterozigot, yang artinya individu menerima alel gen yang berbeda dari setiap induknya. Semua tingkat variasi genetik berkontribusi pada kemampuan populasi untuk beradaptasi terhadap perubahan lingkungan (Wise dkk, 2002). Individu dengan alel atau kombinasi alel tertentu mungkin memiliki sifat-sifat yang sesuai dan dibutuhkan untuk bertahan dan berbiak di dalam kondisi yang baru (Wayne & Morin, 2004). Nilai diversitas genetik terendah diperoleh pada populasi *A. javanica* di area Ranu Kumbolo, populasi *A. longifolia* di area Gunung Batok, dan populasi *A. viscida* di area Penanjakan. Menurut Carvalho dkk. (2017) adanya jumlah alel per lokus yang bervariasi sangat tinggi akan menunjukkan semakin besar variasi genetik pada genom penyusunnya. Variasi atau polimorfisme yang dihasilkan melalui deteksi menggunakan penanda molekuler SSR disebabkan oleh karena adanya perbedaan jumlah sekuen berulang (*tandem-repeat*) pada sekuen konserf pada masing-masing lokus (Smith dkk., 1997). Perbedaan nilai heterozigositas di dalam populasi diasumsikan antara lain berhubungan dengan ukuran populasinya (jumlah individu) (Pratiwi, 2012). Ukuran populasi yang lebih besar memperlihatkan heterozigositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan populasi yang lebih kecil. Suatu populasi dapat bertambah jumlah individunya atau *size population*-nya, namun variasi genetik tidak meningkat seperti nilai sebelumnya kecuali adanya mutasi dan *gene flow*. Frankham (1996), juga menyatakan secara umum menyimpulkan bahwa diversitas genetik akan rendah pada populasi yang berukuran kecil. Heterozigositas sangat berperan dalam proses pembentukan struktur genetik. Setiap populasi mempunyai struktur genetik yang berbeda-beda (Sudarmono, 2005).

Rendahnya jumlah populasi yang ditemukan di lapangan, bersamaan dengan meningkatnya fragmentasi habitat dan isolasi populasi, yang cukup serius memberikan kontribusi kepada rendahnya variasi genetik pada tingkat populasi. Tumbuhan yang mempunyai ukuran populasi yang menyempit dan terjadi tekanan *inbreeding* (perkawinan sendiri) sehingga menyebabkan cepatnya laju tingkat kepunahan. Sebaliknya semakin luas ukuran populasi dan semakin tingginya perkawinan silang antar individu maka variasi genetik akan meningkat. Hamrick & Godt (1996), menguraikan bahwa kombinasi antara *breeding system* dan jarak geografis memiliki variasi genetik yang rendah didalam populasi tetapi memiliki variasi genetik yang cukup tinggi antara populasi. Pola distribusi keragaman dapat disebabkan oleh sistem perkawinan (*mating system*), sejarah populasi dan spesiasi, sebaran populasi, letak geografis, dan *gen flow* (Harkingto dkk., 2006).

Proses evolusi dan adaptasi populasi *Anaphalis* pada lingkungan spesifik yang merupakan habitatnya akan menyebabkan masing-masing populasi mengembangkan karakter dan ciri spesifik secara morfologi dan genetik yang adaptif terhadap habitat khas masing-masing dan berbeda dengan populasi lainnya. Letak geografis masing-masing populasi *Anaphalis* yang dipisahkan oleh bentang alam seperti danau atau padang rumput turut membantu proses diferensiasi populasi. Dalam perkembangannya, populasi-populasi yang terpisah tersebut akan menjadi berbeda satu sama lain secara genetis, sehingga menyebabkan munculnya keragaman antar populasi. Keragaman antar populasi *Anaphalis* yang rendah dapat disebabkan oleh proses *gen flow*. Aktivitas *gene flow* dapat berasal dari individu pohon sendiri seperti sistem perkawinan, morfologi organ reproduksi, bahan perbanyakan (seperti biji), dan lingkungan seperti bentang alam dan kondisi habitat (Lowe dkk., 2004).

Evolusi merupakan fenomena yang diakibatkan oleh proses perubahan frekuensi alel atau frekuensi gen. Pada umumnya, perubahan evolusioner serta polimorfisme yang terdapat dalam satu populasi utamanya disebabkan oleh mutasi, pergeseran genetik (*genetic drift*), rekombinansi dan seleksi. Seluruh hal tersebut dipandang sebagai bagian dari proses divergensi organisme dari leluhurnya (Aprilyanto & Sembiring, 2016). Menges (1992) menyatakan bahwa apabila suatu populasi yang berukuran kecil hingga sedang, variasi lingkungan merupakan penyebab yang paling mungkin mengakibatkan kepunahan. Variasi lingkungan bahkan dapat meningkatkan risiko kepunahan suatu populasi yang tampaknya tumbuh stabil dalam lingkungan yang stabil (Mangel & Tier, 1994). Menurut Indrawan dkk. (2012) ukuran populasi efektif (N_e atau *Effective Population Size* (EPS)) suatu spesies atau populasi sangat ditentukan oleh tiga faktor yaitu perbandingan jenis kelamin yang tidak seimbang, variasi kemampuan bereproduksi, serta perubahan dan efek penyusutan populasi.

Nilai diversitas genetik yang rendah pada *Anaphalis* di TNBTS menunjukkan bahwa *Anaphalis* tidak memiliki adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan, sehingga memungkinkan *Anaphalis* rentan mengalami kepunahan di alam. Pengaruh kondisi lingkungan bagi *Anaphalis* diduga dapat berasal dari beberapa faktor di antaranya iklim (suhu), adanya sinar matahari yang cukup bagi pertumbuhan, kondisi tanah dan kandungan unsur hara dalam tanah yang memengaruhi reproduksi tumbuhan, dan posisi geografis. Temperatur tanah, ketersediaan unsur Nitrogen (N) dapat menyebabkan suatu

spesies mengalami diferensiasi (Bürzle dkk., 2017). Rambey dkk. (2019) menyatakan bahwa keragaman genetik yang tinggi suatu organisme dapat menunjukkan bahwa organisme tersebut memiliki peluang yang besar dalam beradaptasi dengan perubahan lingkungan, begitu pula sebaliknya. Menurut McFarlane dkk., (2006) rendahnya keragaman genetis akan mengurangi kemampuan populasi untuk beradaptasi terhadap perubahan kondisi lingkungan dan menanggapi tekanan seleksi alam sehingga memungkinkan terjadinya pemusnahan populasi dengan mengurangi tingkat *fitness* dan keberlangsungan hidup populasi. Populasi *Anaphalis* di TNBTS memiliki nilai diversitas genetik yang rendah sehingga diperlukan usaha penyelamatan genetik dengan melakukan konservasi secara *insitu* maupun *eksitu*, yang salah satunya dengan proses kawin silang antar sesama jenis tumbuhan *insitu* maupun dengan introduksi spesies *eksitu*.

Keragaman genetik *Anaphalis* di TNBTS memiliki hubungan dengan kondisi tanah di masing-masing area penelitian. Hal ini dibuktikan dengan masing-masing area penelitian memiliki tekstur tanah yang berbeda dengan kandungan unsur hara yang berbeda pula. Tanah di area Ranu Kumbolo dan Ranu Regulo diasumsikan sebagai tanah yang subur dengan nilai C organik yang tinggi, dan memiliki pH tanah 5,1-5,9 (Tabel 6). Tanah yang subur tergantung pada tumbuhan tersebut dalam mendapatkan unsur hara tanah sehingga dapat diasumsikan bahwa tanah yang subur untuk suatu jenis tumbuhan belum tentu subur untuk jenis tumbuhan lainnya. Hal ini dibuktikan dengan nilai keragaman genetik pada setiap populasi *Anaphalis* pada masing-masing area penelitian memiliki nilai yang berbeda (Tabel 7). Keragaman genetik tertinggi populasi *A. longifolia* ditemukan di area Ranu Kumbolo (0,024), populasi *A. javanica* di area Ranu Regulo (0,019), dan populasi *A. viscida* di area Ranu Kumbolo (0,012). Ketersediaan unsur hara bagi tumbuhan memiliki hubungan dengan pH tanah. Menurut Handayanto dkk. (2017) unsur hara tersedia bagi tanaman dalam kisaran pH tanah 5,5-7,5, dan unsur hara akan cenderung menurun dengan menurunnya pH tanah.

Nilai heterozigositas *Anaphalis* spp. di TNBTS berdasarkan analisis diversitas genetik dapat dilihat pada Tabel 8. Nilai heterozigositas *Anaphalis* spp. di TNBTS juga memiliki nilai yang rendah. Nilai heterozigositas total tertinggi ditemukan pada populasi *A. longifolia* dan diikuti selanjutnya *A. javanica* dan *A. viscida*. Nilai heterozigositas antar populasi (D_{ST}) pada *A. longifolia* lebih tinggi dibandingkan nilai heterozigositas dalam populasi (H_S) menunjukkan bahwa variasi genetik *A. longifolia* antar populasinya lebih

tinggi dibandingkan variasi genetik di dalam populasinya. Hal ini mungkin dikarenakan adanya kaitan jarak geografis yang sangat jauh antar populasi *A. longifolia* sehingga aliran gen (*gene flow*) yang terjadi juga rendah.

Divergensi suatu populasi seiring dengan waktu ditentukan oleh beberapa faktor di antaranya: (i) laju mutasi; (ii) waktu generasi, waktu yang dibutuhkan untuk memisahkan dua generasi; serta (iii) faktor-faktor evolusi seperti *fitness* dari organisme yang membawa varian alel, tekanan seleksi positif dan negatif, ukuran populasi, pergeseran genetik (*genetic drift*), potensial reproduksi, dan kompetisi antar alel (Aprilyanto & Sembiring, 2016).

Tabel 8. Nilai heterozigositas dan aliran gen (*gene flow*) dari hasil analisis diversitas genetik *Anaphalis* spp. di TNBTS

Spesies	Jumlah sampel	H_T	H_S	D_{ST}	G_{ST}	N_M
A. javanica	9	0,020	0,011	0,009	0,474	0,555
A. longifolia	10	0,024	0,011	0,013	0,538	0,428
A. viscida	8	0,008	0,006	0,002	0,288	1,236

Keterangan: H_T : nilai heterozigositas total populasi (H_S+D_{ST}); H_S : nilai heterozigositas dalam populasi; D_{ST} : nilai heterozigositas antar populasi; G_{ST} : genetik diferensiasi antar populasi; N_M : aliran gen (*gene flow*)

Nilai G_{ST} yang *A. longifolia* yang tinggi akan menghasilkan tingkat aliran gen (*gene flow*) yang rendah. Hal ini diduga karena adanya isolasi reproduksi dan isolasi geografis yang menjadi faktor pembatas antar populasi. Frankham dkk. (2002) menyatakan bahwa nilai G_{ST} antar populasi yang tinggi akan mengindikasikan tingkat aliran gen (*gene flow*) yang rendah, begitu pula sebaliknya. Nilai jarak genetik (*genetic distance*) yang tertinggi didapatkan pada populasi *A. longifolia* di area Penanjakan dan Gunung Batok (0,040), sedangkan terendah pada *A. viscida* di area Penanjakan dan Ranu Kumbolo (0,004). Perbedaan nilai G_{ST} yang tinggi daripada nilai H_s pada *Anaphalis* ini kemungkinan dipicu oleh adanya isolasi geografis yang menyebabkan aliran gen cukup terhambat. Nilai G_{ST} yang tinggi akan memiliki peluang potensial evolusi yang tinggi pula. Tingginya nilai G_{ST} di antara populasi juga mengindikasikan tingkat aliran gen yang rendah (Frankham dkk., 2002).

Populasi *A. longifolia* di area Ranu Kumbolo memiliki nilai diversitas genetik tertinggi dibandingkan dengan dua jenis *Anaphalis* lainnya, dapat diindikasikan sebagai salah satu pusat keragaman *Anaphalis* di TNBTS dan memerlukan perlindungan dan perhatian serius dalam pelestariannya. Upaya konservasi dan perlindungan dan penguatan populasi *Anaphalis* berdasarkan pada individu dalam setiap populasi, dan kondisi properti genetika setiap populasi. Menurut Rambey dkk. (2019) menyatakan bahwa kualitas genetik perlu dipertimbangkan karena terkait dengan kapasitas untuk beradaptasi pada lingkungan pertumbuhan.

Berdasarkan analisis diversitas genetik dapat diketahui bahwa aliran gen antar populasi *Anaphalis* cukup terhambat. Banyak faktor yang dapat dijelaskan berkenaan dengan hal ini. Isolasi reproduksi dan isolasi geografis tampaknya memainkan peranan yang penting dalam struktur populasi *Anaphalis*. Kondisi ukuran populasi yang kecil dari *Anaphalis* diduga merupakan dampak dari fragmentasi (karena adanya isolasi geografis) serta kerusakan habitat. Menurut Fischer & Matthies (1998), aliran gen mungkin akan menurun karena isolasi geografis yang semakin jauh. Menurut Pohan (2006), fragmentasi habitat menyebabkan pengurangan kemampuan tumbuhan untuk menyebar sehingga dapat terjadi pengurangan jumlah individu dari generasi ke generasi. Fragmentasi habitat, diferensiasi dan risiko kepunahan tergantung kepada tingkat aliran gen di antara fragmen (populasi). Rendahnya aliran gen antar populasi akan menyebabkan tingginya diferensisasi genetik antar populasi. Nilai G_{ST} merupakan ukuran diferensiasi genetik suatu populasi dengan nilai berkisar dari nol sampai satu. Nilai nol menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan secara genetik dari populasi-populasi yang diamati, sedangkan nilai 1,0 diartikan bahwa ada perbedaan karakter genetik yang sangat jelas.

Hukum Hardy Weinberg menyebutkan apabila tidak ada faktor-faktor yang dapat mengubah frekuensi gen pada suatu populasi, dan populasi tersebut mengadakan perkawinan secara acak dari generasi ke generasi berikutnya maka frekuensi gen tersebut tidak akan mengalami perubahan. Faktor-faktor yang dapat mengubah frekuensi gen dalam suatu populasi adalah adanya seleksi, mutasi, migrasi, dan *random driff* (Warwick dkk., 1994). Keragaman genetik adalah penyimpangan sifat atau karakter dari individu yang terjadi karena perkawinan alami yang tidak terkontrol. Keragaman genetik dapat dilihat dari karakter alel dari lokus tertentu yang merupakan ekspresi dari gen tertentu (Johari dkk., 2007). Keragaman genetik dapat dilihat berdasarkan nilai heterosigositas.

Nilai heterozigositas merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat keragaman genetik dalam suatu populasi. Herozigositas diperoleh dari hasil perhitungan frekuensi gen pada masing-masing lokus (Sembiring dkk., 2015).

Nilai heterozigositas tumbuhan *Anaphalis* spp. di wilayah TNBTS yang rendah ini dapat menjadi suatu ancaman bagi keberadaan di alam liar. Hal ini dimungkinkan karena sedikitnya terjadi pertukaran gen di dalam tumbuhan tersebut sehingga heterozigositasnya rendah. Penanggulangan agar *Anaphalis* spp. di wilayah TNBTS memiliki nilai diversitas genetis yang tinggi diperlukan upaya konservasi secara genetik, salah satunya dengan melakukan introduksi spesies *Anaphalis* dari luar kawasan hasil penangkaran dengan spesies *Anaphalis* liar yang terdapat di dalam kawasan TNBTS. Upaya penangkaran yang dilakukan di luar kawasan dimungkinkan memiliki diversitas yang berbeda dengan tumbuhan liar di dalam kawasan TNBTS yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan (iklim, kondisi tanah, suhu). Rendahnya keragaman genetik dan arus gen sehingga habitatnya perlu segera dilindungi. Perkembangbiakan yang terjadi melalui bagian vegetatif, mengingat *Anaphalis* yang dapat diperbanyak melalui stek, kemungkinan tumbuh dari bekas pemangkasan (pembersihan rutin). Sedangkan pertumbuhan melalui biji lebih banyak menghadapi kendala terutama iklim dan serangga pemakan biji. Individu yang tumbuh pada jarak berdekatan perkembangbiakannya terjadi secara vegetatif, sedangkan individu yang berjauhan perkembangbiakannya secara generatif (biji) serta memungkinkan terjadinya perkawinan silang. Beberapa upaya penangkaran yang bisa dilakukan yaitu dengan melakukan stek batang (Aliadi dkk., 1990), melakukan perkawinan silang atau kultur jaringan yang dilakukan di laboratorium dengan melakukan penyimpanan biji untuk perkecambahan (Surya & Normasiwi, 2019), sebagai bagian upaya untuk konservasi *Anaphalis* spp. di wilayah TNBTS.

4.4 Strategi Konservasi *Anaphalis* spp. di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru

Berdasarkan data dan informasi yang didapatkan pada bagian sebelumnya, penelitian ini telah memberikan ilustrasi terkait jenis-jenis dan habitat tempat tumbuh *Anaphalis* (*Anaphalis* spp.) saat ini di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. Penelitian ini juga telah memberikan data dan informasi terkait status keragaman genetik populasi *Anaphalis* (*Anaphalis* spp.) pada masing-masing lokasi. Strategi untuk mendukung konservasi *Anaphalis* spp. khususnya di TNBTS penting untuk dirumuskan yang dimulai dari

kebijakan konservasi dan isu-isu terkait lainnya yang berkontribusi terhadap konservasi *Anaphalis* spp. Dari hasil yang didapatkan, dapat diketahui aspek-aspek terkait faktor internal dan eksternal terkait strategi konservasi. Aspek internal meliputi kekuatan (*Strength*) dan kelemahan (*Weakness*). Aspek kekuatan menjadi aspek positif untuk mendukung keberhasilan konservasi, sementara kelemahan menjadi hambatan dan batasan dalam keberhasilan program konservasi. Program konservasi idealnya harus dapat mengoptimalkan kekuatan untuk meminimalkan kelemahan (Bull dkk., 2016).

Aspek terkait kekuatan (*Streghts (S)*) yang telah diidentifikasi untuk konservasi *Anaphalis* di antaranya adalah pertama, tiga spesies *Anaphalis* yang ditemukan di TNBTS yaitu *Anaphalis javanica, A. longifolia, A. viscida*. Hal ini mengkonfirmasi seperti yang yang dilaporkan oleh Van Steenis (2006) dan penelitian yang juga telah dilakukan oleh Kurniawan (2013). TNBTS merupakan salah satu habitat *Anaphalis* yang bahkan sering disebut sebagai '*Land of Edelweiss*' (Departemen Kehutanan, 2016). Aspek kedua yaitu *Anaphalis* spp. merupakan spesies tumbuhan endemik pada ekosistem pegunungan. Hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian yang menunjukkan populasi tumbuhan *Anaphalis* spp. tumbuh pada zona pegunungan subalpin dengan ketinggian 2118-2767 m dpl. Menurut Ashton (2003); Kapelle (2004) berdasarkan ketinggian di atas permukaan laut, zona pegunungan dengan ketinggian 1500 – 3000 m dpl termasuk kedalam zona pegunungan atas dan zona hutan subalpin. Aspek ketiga adalah sebagian besar populasi *Anaphalis* tumbuh di dalam zona inti Taman Nasional, yang berarti, di dalam konteks manajemen, sebagian besar populasi *Anaphalis* terletak di daerah dengan kontrol dan perlindungan tinggi, terutama dari gangguan manusia. Zonasi merupakan salah satu alat penting dalam pengelolaan Taman, dan terutama ditujukan untuk melindungi keanekaragaman hayati dari berbagai gangguan yang potensial, terutama dari aktivitas manusia (Day, 2002).

Aspek terkait kelemahan yang ditinjau dari dokumen dan literatur, diketahui bahwa upaya konservasi keanekaragaman hayati di TNBTS menghadapi masalah serius terkait degradasi habitat. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa habitat populasi *Anaphalis* di TNBTS terdistribusi di daerah hutan pegunungan bagian atas hingga ke ekosistem subalpin, terutama di daerah yang didominasi oleh semak dan rumput. Habitat terbuka ternyata berkontribusi terhadap pertumbuhan populasi *Anaphalis*. Selain itu, populasi *Anaphalis* juga tumbuh di tanah vulkanik, dengan bahan organik yang buruk di

beberapa daerah seperti di lereng Gunung Batok. Di Penanjakan, *Agrostis* sp. menjadi spesies penting pada habitat *Anaphalis*, seperti yang ditunjukkan oleh indeks nilai penting (INP) tertinggi dari spesies (Lampiran 1). *Anaphalis* yang ada di area Penanjakan berada dalam persaingan (kompetisi) yang tinggi, yaitu *Anaphalis javanica* (INP = 24,05%), *Anaphalis longifolia* (INP = 16,16%), *Anaphalis viscida* (INP = 14,26%). Keadaan yang sama juga ditemukan di Ranu Kumbolo, di mana *Anaphalis longifolia*, *Anaphalis javanica* dan *Anaphalis viscida* tumbuh di bawah tekanan tinggi *Agrostis* sp. dan *Pteridium* sp. dan adanya potensi invasi dari *Imperata cylindrica*. Di Gunung Batok, habitat *Anaphalis* diserang oleh *Imperata cylindrica* dan *Pteridium* sp. yang telah diidentifikasi sebagai gulma berbahaya. Di Ranu Regulo, *Anaphalis javanica* tumbuh di bawah tekanan *Alchemilla* sp. dan *Imperata cylindrica*. Tumbuhan *Imperata cylindrica* merupakan salah satu spesies invasif yang dapat menurunkan produktivitas dan pertumbuhan spesies asli (endemik), dan mampu mengubah fungsi ekosistem (Brewer, 2008; Dashnegar dkk., 2008; Estrada & Flory, 2015; Xuan dkk., 2009). Spesies tanaman eksotis yang dilaporkan secara luas berkontribusi pada populasi asli, dan karenanya berbahaya bagi kelestarian populasi asli dan populasi hewan di alam liar (Pejchar & Mooney, 2009). *Agrostis* sp. juga merupakan salah satu penyerbu penting, terutama di daerah yang kaya spesies endemik (Zedler & Black, 2004). Kelimpahan spesies tanaman eksotis dengan potensi invasi besar-besaran harus dipandang sebagai kelemahan krusial bagi konservasi *Anaphalis* di BTNSP. Aspek kelemahan yang kedua yaitu keanekaragaman molekuler *Anaphalis* yang rendah. Hal ini didapatkan dari hasil penelitian molekuler yang menunjukkan bahwa diversitas genetis *Anaphalis* di TNBTS masih rendah. Nilai diversitas genetis yang didapatkan berkisar antara 0,009 hingga 0,024. Keanekaragaman genetik penting untuk kelangsungan hidup populasi di masa depan (Booy, 2000). Aspek kelemahan yang ketiga yaitu lokasi tumbuh *Anaphalis* berada pada area wisata. Sebagian besar habitat *Anaphalis* terletak di daerah dengan akses mudah, mengarah ke kontak langsung antara manusia dan *Anaphalis*, yang secara lokal disebut dengan bunga Edelweiss. Penanjakan merupakan salah satu daerah yang paling banyak dikunjungi, sehingga sangat berpotensi mengganggu populasi *Anaphalis* spp. (Edelweiss) dan memengaruhi turunnya keanekaragaman hayati di wilayah ini. Ranu Regulo sebagai sebagai salah satu area baru-baru ini sering dikunjungi dan digunakan sebagai area berkemah. Beberapa interaksi manusia-*Anaphalis* ditemukan di Gunung

Batok dan Ranu Regulo, tetapi dengan meningkatnya kunjungan wisatawan di daerah ini, memiliki potensi kontribusi kegiatan pariwisata bagi populasi liar *Anaphalis* di Gunung Batok dan Ranu Regulo (BTSNP, 2018). Hal ini mengarah pada kemungkinan terjadinya gangguan yang tinggi pada *Anaphalis* melalui pengkoleksian secara ilegal. Hernández-Cordero dkk. (2017) menyatakan bahwa dampak wisata terhadap vegetasi alami yang telah banyak dilaporkan, di mana banyak di antaranya bersifat negatif. Berdasarkan penjelasan di atas, mengenai aspek internal yang berkontribusi pada kesuksesan konservasi *Anaphalis* di TNBTS, dapat diringkas dalam Tabel 9 berikut ini.

Tabel 9. Aspek Internal Strategi Konservasi *Anaphalis* di TNBTS

Kekuatan (*Strength* (S))	Kelemahan (*Weakness* (W))
• Tiga spesies *Anaphalis* yang ditemukan di TNBTS, • *Anaphalis* merupakan tumbuhan endemik pada ekosistem pegunungan, • Sebagian besar populasi *Anaphalis* tumbuh di dalam zona inti Taman Nasional	• *Anaphalis* tumbuh pada area pegunungan atas (degradasi habitat), • Keanekaragaman molekuler (genetik) *Anaphalis* rendah, • *Anaphalis* hidup pada area dengan adanya invasi spesies tumbuhan eksotik, • Beberapa lokasi tempat tumbuh *Anaphalis* adalah area wisata.

Sementara itu, aspek-aspek ekternalitas yang memengaruhi keberhasilan konservasi populasi *Anaphalis* diidentifikasi sangat beragam, dan dapat diklasifikasikan dalam aspek terkait peluang (*Opportunities* (O)) dan ancaman (*Threats* (T)). Aspek terkait peluang di antaranya adalah adanya kebijakan untuk melestarikan keanekaragaman hayati. Kebijakan tersebut akan memberikan peluang bagi konservasi spesies yang terancam, termasuk *Anaphalis* spp. Pemerintah Indonesia berpendapat bahwa keanekaragaman hayati adalah sumber daya penting untuk pembangunan, dan oleh karena itu perhatian terhadap keanekaragaman hayati harus menjadi prioritas pembangunan nasional, regional dan lokal (Murniningtyas, dkk., 2016). Aspek peluang yang kedua adalah adanya peningkatan kesadaran wisatawan terhadap isu-isu lingkungan secara signifikan, yang salah satunyanya adanya persepsi yang tinggi terhadap *Anaphalis* dari masyarakat lokal dan wisatawan. Masyarakat lokal menggunakan tumbuhan *Anaphalis* sebagai bagian penting dari persembahan upacara adat (Batoro dkk., 2013; Pramita dkk., 2013). Spesies dengan nilai sosial ekonomi yang tinggi sering mendapat perhatian khusus dan terkadang diekplorasi dalam studi etnobotani. Dalam beberapa kasus terdapat bukti adanya

partisipasi masyarakat dalam melestarikan spesies tertentu dengan nilai sosial-budaya yang tinggi, dan biasanya sering dilakukan dengan menanam tanaman tertentu di kebun/pekarangan rumah. Dalam hal pelestarian *Anaphalis* oleh partisipasi aktif masyarakat, ada peluang untuk membudidayakan *Anaphalis* di lingkungan rumah di desa masyarakat Tengger. Peluang yang ketiga adalah semakin banyaknya pengembangan pariwisata sumber daya lokal yang ada di TNBTS. Hal ini ditunjukkan dengan program ekowisata yang memiliki potensi pengembangan pariwisata khususnya di daerah dengan sumber daya alam yang melimpah (Hakim & Soemarno, 2017).

Aspek terkait ancaman bagi konservasi *Anaphalis* di TNBTS terdapat ada tiga aspek yaitu perubahan tata guna lahan yang kurang terkontrol; peningkatan tekanan manusia melalui kegiatan pariwisata massal di TNBTS; dan potensi kebakaran hutan. Perubahan penggunaan lahan menjadi salah satu faktor yang banyak dibahas sebagai mekanisme penurunan habitat. Di Taman Nasional, perubahan habitat sering disebabkan oleh aktivitas ilegal masyarakat untuk membuka lahan pertanian, membersihkan vegetasi dan membuat bangunan serta fasilitas untuk mendukung kebutuhan pariwisata. Ini terutama terkait dengan masalah krusial berikutnya di Taman Nasional, peningkatan tekanan manusia melalui pariwisata massal (BTSNP, 2018). Peningkatan pariwisata massal dipicu oleh peningkatan aksesibilitas dan aktivitas wisata berbasis alam. Adanya kebakaran hutan juga berkontribusi pada kelemahan bagi strategi konservasi *Anaphalis*. Hal ini terbukti dengan diketahuinya habitat *Anaphalis* spp. di TNBTS ditempati oleh banyak semak yang menyebabkan tingginya risiko kebakaran hutan. Gorgone-Barbosa dkk. (2015) menyatakan bahwa biomassa kering semak dan rumput di ekosistem sabana berkontribusi terhadap kebakaran hutan, terutama di periode kering. Ringkasan mengenai aspek eksternal dapat dilihat dalam Tabel 10 berikut ini.

Tabel 10. Aspek Eksternal Strategi Konservasi *Anaphalis* di TNBTS

Peluang (*Opportunities* (O))	Ancaman (*Threats* (T))
• Kebijakan konservasi biodiversitas, • Adanya peningkatan kesadaran wisatawan terhadap isu-isu lingkungan secara signifikan, • Semakin banyaknya pengembangan pariwisata sumber daya lokal yang ada di TNBTS.	• Perubahan tata guna lahan yang kurang terkontrol, • peningkatan tekanan manusia melalui kegiatan pariwisata massal di TNBTS, dan • potensi kebakaran hutan.

Dengan diketahuinya aspek-aspek yang telah disebutkan sebelumnya, maka dapat dirumuskan suatu strategi konservasi yang dibentuk dari kombinasi aspek-aspek tersebut. Kombinasi strategi tersebut berasal dari empat kombinasi yaitu: meningkatkan kekuatan untuk mengoptimalkan peluang (S-O); mengurangi kelemahan dan mengoptimalkan peluang (W-O); meningkatkan kekuatan untuk mengurangi ancaman (S-T); dan mengelola kelemahan untuk mengelola risiko / ancaman (W-T). Penentuan alternatif kebijakan terhadap konservasi *Anaphalis* spp. di kawasan TNBTS, didapatkan beberapa asumsi sebagai berikut ini:

Strategi *S-O*

1. Menggunakan keanekaragaman spesies *Anaphalis* untuk meningkatkan isu konservasi keanekaragaman hayati di TNBTS,
2. Mempromosikan *Anaphalis* sebagai spesies unggulan untuk ekowisata dan program konservasi. Strategi ini menempatkan isu konservasi spesies andalan sebagai isu utama.
3. Dilakukan kerjasama Pemerintah Daerah dengan pihak pengelola Taman Nasional (BB-TNBTS) untuk mengontrol dan pengawasan pelaku wisata dan masyarakat di sekitar zona konservasi *Anaphalis* (*Anaphalis* spp.).
4. Dilakukan kerjasama antara Pemerintah Daerah dan BBTNBTS dengan peneliti/akademisi yang berpengalaman agar program konservasi *Anaphalis* (*Anaphalis* spp.) di TNBTS berhasil.

Strategi *W-O*

1. Dilakukan program restorasi kawasan konservasi *Anaphalis* spp. di TNBTS dalam mencegah invasi spesies eksotis yang mengganggu pertumbuhan *Anaphalis*,
2. Dilakukan kerjasama Pemerintah Daerah dan BBTNBTS dalam memberikan pelatihan dan pendidikan konservasi dalam menjaga kelestarian *Anaphalis* spp. di TNBTS pada masyarakat dan pelaku wisata yang berguna untuk meningkatkan pengetahuan wisatawan, kesadaran dan partisipasi dalam konservasi,
3. Mengurangi ancaman gangguan habitat dengan menggunakan isu-isu konservasi sebagai instrumen politis dan manajemen.

Strategi *S-T*

1. Mempertahankan kegiatan restorasi ekosistem kawasan oleh pengelola TNBTS, termasuk menjaga kelestarian populasi *Anaphalis* spp. di TNBTS,

2. Mengontrol perubahan penggunaan lahan untuk memastikan keberlanjutan populasi dan keragaman genetiknya,
3. Memperkenalkan dan mempromosikan *Anaphalis* sebagai spesies yang dilindungi dan meningkatkan aktivitas perjalanan yang bertanggung jawab untuk meningkatkan program konservasi *Anaphalis*.

Strategi *W-T*

1. Meningkatkan kapasitas manajemen dan dukungan pemangku kepentingan untuk meminimalkan potensi gangguan spasial habitat *Anaphalis* di TNBTS,
2. Mengelola pariwisata massal di TNBTS menuju pelaksanaan wisata yang mempertimbangkan aspek lingkungannya. Wisata massal berpotensi terjadi di daerah dengan kontrol pariwisata yang buruk, dan karena itu menjadi faktor penting yang menyebabkan penurunan lingkungan dan kepunahan keanekaragaman hayati.

4. 5 Pembahasan Umum

Hasil penelitian ini memperkuat informasi tentang keanekaragaman jenis *Anaphalis* dengan ditemukannya tiga dari empat jenis *Anphalis* yang ada di Pegunungan Jawa. *Anaphalis* yang ditemukan tersebut adalah *Anaphalis javanica*, *A. longifolia,* dan *A. viscida*. Distribusi spasial dari *Anaphalis* menunjukkan bahwa persebaran *Anaphalis* tersebar pada wilayah dataran tinggi dengan ketinggian di atas 2000 m dpl. Berdasarkan data hasil peta distribusi spasial, *Anaphalis* tersebar pada empat area TNBTS yaitu Ranu Regulo, Penanjakan, Ranu Kumbolo, dan Gunung Batok. Zona persebaran *Anaphalis* di TNBTS menunjukkan tumbuhan *Anaphalis* dapat tumbuh dengan baik pada daerah terbuka, padang rumput, daerah lereng abu vulkanik, dan daerah yang mendapatkan sinar matahari langsung. Hal ini sesuai dengan sifat tumbuhan *Anaphalis* yang hidup pada zona subalpin.

Populasi *Anaphalis* yang tumbuh di dalam kawasan TNBTS terdapat pada area terbuka pada pegunungan bagian atas dalam ekosistem sub alpin. Populasi *Anaphalis* tumbuh di lereng gunung yang ditutupi semak dan rumput, tumbuh pada tanah vulkanik dengan bahan organik yang sedikit seperti di lereng Gunung Batok. Sebagian besar habitat *Anaphalis* telah digunakan sebagai tempat rekreasi, sehingga hal ini akan memicu risiko yang tinggi terhadap populasi liar *Anaphalis*. Selain kegiatan pariwisata, habitat

terbuka *Anaphalis* di TNBTS merupakan daerah dengan dominasi semak dan rumput yang menjadi gangguan bagi pertumbuhan *Anaphalis* yaitu adanya spesies tumbuhan eksotis invasif. Spesies tumbuhan eksotis yang berkontribusi pada populasi tumbuhan asli telah dilaporkan sebagai gangguan dan bahaya bagi kelestarian populasi tumbuhan asli di alam liar (Pejchar & Mooney, 2009). Tumbuhan *Imperata cylindica* dan *Agrostis* sp. termasuk sebagai tumbuhan invasif yang dapat menurunkan spesies endemik (Brewer, 2008; Zedler & Black, 2004). Kedua spesies tumbuhan ini juga ditambah dengan tumbuhan *Pteridium* sp. dan *Eupatorium* sp. memiliki kontribusi terhadap kebakaran hutan. Habitat *Anaphalis* di TNBTS yang ditempati oleh banyak semak menyebabkan tingginya risiko kebakaran hutan. Biomasssa kering semak dan rumput berkontribusi terhadap kebakaran hutan terutama pada musim/periode kering (Gorgone-Barbosa dkk., 2015). Kelimpahan spesies tumbuhan eksotis dengan potensi invasi besar-besaran dan berkontribusi terhadap kebakaran hutan merupakan kelemahan yang krusial bagi konservasi *Anaphalis* di TNBTS.

Selain sifat tumbuh *Anaphalis* pada habitat zona subalpin, adanya faktor lingkungan yang berupa struktur tanah, iklim, dan ketinggian tempat suatu area akan memengaruhi pertumbuhan tumbuhan di daerah tersebut sehingga akan memengaruhi diversitas genetisnya. Semakin bertambahnya ketinggian suatu daerah akan menurunkan iklim di daerah tersebut sehingga proses pembentukan tanah akan melambat dan akar tumbuhan yang tumbuh akan semakin dangkal. Kondisi dan kandungan unsur hara tanah akan memengaruhi variasi kemampuan dalam reproduksi tumbuhan sehingga akan memberikan pengaruh terhadap keanekaragaman genetiknya. Menurut Whitten dkk. (1999) perbedaan-perbedaan tanah akan berpengaruh terhadap vegetasi yang ada tetapi tidak dibatasi oleh faktor lain seperti iklim dan perubahan komunitas binatang penyebar biji. Menurut Rayes (2017) ada dua variabel iklim yang paling penting yang memengaruhi pembentukan tanah adalah suhu dan kelembaban tanah (lengas tanah).

Hasil analisis diversitas genetik menunjukkan adanya variasi genetik berdasarkan komposisi basa nukleotida polimorfik yaitu sebesar 57% (ITS). Polimorfisme tersebut lebih lanjut dapat menunjukan perbedaan nukleotida *singleton* dan *parsimony informative* yang menentukan topologi filogenetiknya. Pohon filogenetik yang dihasilkan dapat menggambarkan suatu proses evolusi yang terjadi pada suatu sampel yang diperbandingkan. Proses evolusi yang terjadi merupakan suatu proses perubahan substansi

urutan nukleotida. Berdasarkan hasil pensejajaran urutan nukleotida baik ITS maupun ETS menunjukkan bahwa terdapat adanya variasi genetik di dalam spesies *Anaphalis* di TNBTS. Variasi genetik ini dapat disebabkan oleh adanya mutasi yang terjadi dan sangat terkait dengan proses evolusi spesies seiring dengan waktu. Mutasi yang terjadi dapat berupa substitusi, insersi, delesi, pertukaran bahan genetik, dan duplikasi. Selain adanya mutasi, evolusi juga dapat diakibatkan oleh adanya perubahan frekuensi alel. Menurut Aprilyanto & Sembiring (2016) polimorfisme yang terdapat pada suatu populasi dapat disebabkan oleh adanya mutasi, pergeseran genetik (*genetic drift*), rekombinansi, dan seleksi yang akan mengakibatkan adanya proses divergensi organisme dari leluhurnya.

Hasil analisis diversitas genetik *Anaphalis* spp. di TNBTS menunjukkan nilai yang rendah. Hal ini dimungkinkan karena adaptasi secara genetik dari *Anaphalis* rendah dan berbeda-beda di setiap populasi untuk dapat beradaptasi terhadap perubahan lingkungan, sehingga akan mengakibatkan adanya divergensi dari spesies *Anaphalis*. Aprilyanto & Sembiring (2016) menyatakan bahwa divergensi suatu populasi selain ditentukan oleh adanya laju mutasi, juga ditentukan oleh kemampuan (*fitness*) dari organisme yang membawa varian alel gen, ukuran populasi, potensial reproduksi, dan kompetisi antar alel .

Nilai diversitas genetik tertinggi ditemukan pada populasi *A. longifolia* di area Ranu Kumbolo. Nilai ini ditemukan dimungkinkan karena ketika penelitian lapang dilakukan di area Ranu Kumbolo, area ini baru saja mengalami restorasi ekosistem, sehingga memengaruhi nilai genetik *A. longifolia*. Nilai genetik ini dapat dipengaruhi karena adanya perbedaan tingkat kesuburan tanah, proses reproduksi, dan varian alel di dalam genom tumbuhan tersebut. Nilai diversitas genetik sangat dipengaruhi adanya faktor lingkungan sebagai faktor abiotik termasuk tanah, iklim, dan ketinggian tempat tumbuh tumbuhan. Populasi yang memiliki nilai diversitas genetik yang tinggi dapat diindikasikan sebagai salah satu pusat keragaman yang sangat memerlukan adanya perlindungan dan pengawasan dalam kelestarian suatu spesies tumbuhan. Hal ini terkait dengan upaya konservasi dan penguatan populasi pada suatu spesies yang rentan keberadaannya di alam, termasuk populasi *Anaphalis* di TNBTS. Sedangkan populasi yang memiliki nilai diversitas genetik yang rendah diperlukan adaya usaha penyelamatan dan peningkatan genetik pada populasi tumbuhan tersebut yang dapat dilakukan dengan konservasi *insitu* maupun *eksitu*. Salah satu usaha yang dapat dilakukan yaitu perkawinan silang.

Informasi keanekaragaman, sebaran geografis populasi *Anaphalis* spp. di TNBTS dari hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam menyusun strategi konservasi *Anaphalis* di TNBTS. Kegiatan konservasi tumbuhan *Anaphalis* spp. di kawasan TNBTS harus ada keterlibatan dan kerjasama dari semua pihak baik pihak pemerintah (pemerintah daerah kabupaten, dan Balai Besar TNBTS yang merupakan pengelola kawasan TNBTS), masyarakat lokal yang mendiami kawasan TNBTS, dan pelaku/penikmat wisata kawasan TNBTS, untuk mendukung upaya konservasi *Anaphalis* di dalam kawasan TNBTS. Adapun strategi konservasi *Anaphalis* spp. di TNBTS dapat dilakukan dalam bentuk: 1) menggunakan keanekaragaman spesies *Anaphalis* untuk meningkatkan isu konservasi keanekaragaman hayati di TNBTS dengan mempromosikan *Anaphalis* sebagai spesies unggulan untuk ekowisata dan program konservasi. Strategi ini menempatkan isu konservasi spesies andalan sebagai isu utama. 2) mempertahankan kegiatan restorasi ekosistem kawasan oleh pengelola TNBTS, termasuk menjaga kelestarian populasi *Anaphalis* spp. di TNBTS, dengan mengontrol perubahan penggunaan lahan untuk memastikan keberlanjutan populasi dan keragaman genetiknya; 3) dilakukan kerjasama Pemerintah Daerah dan Balai Besar TNBTS dalam memberikan pelatihan dan pendidikan konservasi dalam menjaga kelestarian *Anaphalis* spp. di TNBTS pada masyarakat dan pelaku wisata yang berguna untuk meningkatkan pengetahuan wisatawan, kesadaran dan partisipasi dalam konservasi; dan 4) meningkatkan kapasitas manajemen dan dukungan pemangku kepentingan untuk meminimalkan potensi gangguan spasial habitat *Anaphalis* di TNBTS, dan mengelola pariwisata massal di TNBTS menuju pelaksanaan wisata yang mempertimbangkan aspek lingkungannya.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Tiga jenis *Anaphalis* yang ditemukan di TNBTS yaitu *Anaphalis javanica*, *A. longifolia*, dan *A. viscida*, tumbuh di empat area meliputi area Ranu Regulo, Penanjakan, Ranu Kumbolo dan Gunung Batok. Distribusi populasi *Anaphalis* tersebar pada ketinggian berkisar antara 2118 hingga 2767 m dpl.
2. Habitat *Anaphalis* spp. memiliki komposisi vegetasi yang beragam, namun memiliki persamaan dalam aspek tanah. Hasil analisis vegetasi pada setiap lokasi pengamatan ditemukan bahwa tumbuhan invasif dan eksotis banyak tumbuh dan mendiami vegetasi populasi *Anaphalis* yang ditunjukkan dengan nilai Indeks Nilai Penting (INP) yang tinggi. Spesies yang ditemukan pada masing-masing area dengan nilai INP tertinggi (>15%), yaitu: 1) area Ranu Regulo adalah *Alchemilla* sp. (43,53%), *Imperata cylindrica* (37,58%), dan *Pteridium aquilinum* (18,95%); 2) area Penanjakan: *Agrostis* sp. (51,87%), *Anaphalis javanica* (24,05%), *Diplycosia* sp. (16,44%), dan *A. longifolia* (16,10%); 3) area Ranu Kumbolo: *Agrostis* sp. (66,11%), *Pteridium* sp. (32,87%), *A. longifolia* (26,75%), *Anaphalis javanica* (22,49%), dan *A. viscida* (16,32%); 4) area Gunung Batok: *Imperata cylindrica* (84,96%), *Pteridium* sp. (67,80%), dan *A. longifolia* (40,60%). *Imperata cylindrica*, *Pteridium* sp., dan *Agrostis* sp., termasuk kedalam golongan tumbuhan yang mudah terbakar pada periode musim kering (kemarau).
3. Diversitas genetis *Anaphalis* spp. di TNBTS berdasarkan penanda molekuler diketahui bahwa berdasarkan sekuen ITS dan ETS di TNBTS memiliki nilai polimorfisme sebesar 57% (ITS) dan 32% (ETS-parsial). Berdasarkan nilai diversitas genetis dari sekuen EST-SSR, populasi *Anaphalis* spp. di TNBTS memiliki nilai yang rendah, dengan hanya populasi *A. longifolia* di area Ranu Kumbolo yang memiliki nilai diversitas genetik yang tinggi (H=0,024) dibandingkan dua spesies *Anaphalis* lainnya. Diferensiasi genetik antar populasi (G_{ST}) memiliki nilai yang rendah. Jarak genetik *Anaphalis* spp. di TNBTS yang tertinggi terdapat pada populasi *A. longifolia* di area Penanjakan dan Gunung

Batok (0,040) dengan nilai aliran gen (*genflow*) yang terkecil (0,428).

4. Model strategi konservasi yang tepat untuk *Anaphalis* spp. di TNBTS dapat dilakukan dengan: 1) menggunakan keanekaragaman spesies *Anaphalis* untuk meningkatkan isu konservasi keanekaragaman hayati di TNBTS dengan mempromosikan *Anaphalis* sebagai spesies unggulan untuk ekowisata dan program konservasi. Strategi ini menempatkan isu konservasi spesies andalan sebagai isu utama. 2) mempertahankan kegiatan restorasi ekosistem kawasan oleh pengelola TNBTS, termasuk menjaga kelestarian populasi *Anaphalis* spp. di TNBTS, dengan mengontrol perubahan penggunaan lahan untuk memastikan keberlanjutan populasi dan keragaman genetiknya. 3) dilakukan kerjasama Pemerintah Daerah dan BBTNBTS dalam memberikan pelatihan dan pendidikan konservasi dalam menjaga kelestarian *Anaphalis* spp. di TNBTS pada masyarakat dan pelaku wisata yang berguna untuk meningkatkan pengetahuan wisatawan, kesadaran dan partisipasi dalam konservasi. 4) meningkatkan kapasitas manajemen dan dukungan pemangku kepentingan untuk meminimalkan potensi gangguan spasial habitat *Anaphalis* di TNBTS, dan mengelola pariwisata massal di TNBTS menuju pelaksanaan wisata yang mempertimbangkan aspek lingkungannya.

5.2 Saran

Ada beberapa saran yang dapat direkomendasikan berdasarkan hasil penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya, yaitu:

1. Pemerintah perlu merumuskan kebijakan bagi perlindungan kawasan TNBTS untuk melestarikan ekosistem hutan pegunungan sebagai habitat *Anaphalis* spp.
2. Pemerintah, masyarakat, dan akademisi harus sering melakukan kerjasama untuk meningkatkan pengetahuan konservasi terutama menjaga kelestarian *Anaphalis* spp. di TNBTS.
3. Pemerintah dan BBTNBTS perlu meningkatkan kapasitas manajemen dengan menambah personel/petugas untuk tetap mempertahankan kegiatan restorasi kawasan agar dapat meminimalkan potensi gangguan spasial habitat *Anaphalis* spp. di TNBTS dan mengelola pariwisata massal di TNBTS menuju pelaksanaan wisata dengan mempertimbangkan aspek lingkungannya.

DAFTAR PUSTAKA

Akter, A. & M.I. Zuberi. 2009. Invasive alien species in Northern Bangladesh: Identification, inventory and impacts. *International Journal of Biodiversity and Conservation*. 1(5):129-134.

Aliadi, A., E.A.M. Zuhud, & E. Djamhuri. 1990. Kemungkinan Penangkaran Edelweis (*Anpahalis javanica* (Bl.) Boerl.) dengan Stek Batang. Media Konservasi. 3(1): 37-45.

Altschul, S.F., W. Gish, W. Miller, E.W. Myers, & D.J. Lipman. 1990. Basic Local Alignment Search Tool. *J. Mol Biol.* 215(3):403-410.

Aprilyanto, V. & Sembiring L. 2016. **Filogenetika Molekuler. Teori dan Aplikasi**. Innosain. Yogyakarta.

Aryanti, E. 2009. **Evaluasi Struktur Komunitas Herba Endemik dan Eksotik Di Kebun Raya Purwodadi Berbasis Sistem Informasi Geografis**. Program Studi Biologi Program Pascasarjana FMIPA Universitas Brawijaya. Malang. Tesis.

Ashton, P.S. 2003. Floristic Zonation of Tree Communities on Wet Tropical Mountains Revisited. *Perspect Plant Ecol Evol System*. 6:87-104.

Backer, C.A. & R.C.B. Van den Brink. 1968. **Flora of Java (Spermatophytes only) Vol II.** Wolter-Noordhoff N.V. Groningen. 392-393.

Baldwin, B.G. & S. Marcos. 1998. Phylogenetic Utility of The External Transcribed Spacer (ETS) of 18S-26S rDNA: Congruence of ETS and ITS Trees of *Calycadenia* (Compositae). *Molecular Phylogenetics and Evolution.* 10(3):449-463.

Batoro, J., D. Setiadi, T. Chikmawati, & Y. Purwanto, Y. 2013. Pengetahuan Tentang Tumbuhan Masyarakat Tengger di Bromo Tengger Semeru Jawa Timur. *WACANA, Jurnal Sosial dan Humaniora*. 14(1):1–10. Retrieved from http://wacana.ub.ac.id/index.php/wacana/article/view/234.

Bayer, R.J., D.G. Greber & N.H. Bagnall. 2002. Phylogeny of Australian Gnaphalieae (Asteraceae) Based on Chloroplast and Nuclear Sequences, The *trn*L intron, *trn*L/*trn*F Intergenic Spacer, *mat*K and ETS. *Systematic Botany*. 27(4):801-814.

Beebee, T.J.C & G. Rowe. 2008. **An Introduction to Molecular Ecology.** Second Edition. Oxford University Press. New York.

Belantara Indonesia. 2010. Tentang Edelweis. http://www.belantaraindonesia.org/2010/12/tentang-edelweis.html. Diakses 02 November 2015.

Billington, H.L. 1991. Effect of Population Size on Genetic Variation in A Dioecious Conifer. *Conservation Biology*. 5:115-119.

Booy, G., R.J. Hendriks, M.J.M. Smulders, J.M. Van Groenendael, & B. Vosman. 2000. Genetic Diversity and The Survival of Populations. *Plant Biology*. 2(04):379-395.

Bradstock, R.A. & T.D. Auld. 1995. Soil Temperatures During Experimental Bushfires in Relation to Fire Intensity: Consequences for Legume Germination and Fire Management in South-Eastern Australia. *Journal of Applied Ecology.* 32(1):76–84. DOI: 10.2307/2404417

Brewer, S. 2008. Declines in Plant Species Richness and Endemic Plant Species in Longleaf Pine Savannas Invaded by *Imperata cylindrica*. *Biological Invasions*. 10(8):1257-1264.

BTSNP. 2018. **Bromo Tengger Semeru National Park Annual Report**. Ministry of Environment and Forestry, Jakarta.

Bull, J.W., N. Jobstvogt, A. Böhnke-Henrichs, A. Mascarenhas, N. Sitas, C. Baulcomb, & E. Carter-Silk. 2016. Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats: A SWOT Analysis of The Ecosystem Services Framework. *Ecosystem services*. 17:99-111.

Bürzle, B., U. Schickhoff, N. Schwab, J, Oldeland, M. Müller, J. Böhner, R.P. Chaudhary, T. Scholten, & W.B. Dickoré. 2017. Phytosociology and Ecology of Treeline Ecotone Vegetation in Rolwaling Himal, Nepal. *Phytocoenologia.* 47:197–220. doi:10.1127/phyto/2017/0130.

Carvalho, N., F.M. Canela, D.H.S. Leitie, M.A. Ferreira, V.R. Oliviera, M.F. Santos, N.O.S. Souza, & G.S.G.Busi. 2017. Analysis of Genetic Variability of Comercial Melon Cultivars Using SSR Molecular Markers. *Genetic and Molecular Research.*16(3):1-8.

Chapman, M. A., J. Hvala, J. Strever, M. Matvienko, A. Kozik, R. W. Michelmore, S. Tang, S. J. Knapp, & J. M. Burke. 2009. Development, Polymorphism, and Cross-tTxon Utility of EST-SSR Markers from Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Theor Appl Genet*. 120:85-91.

Chengxu, W., Z. Mingxing, C. Xuhui, Q. Bo. 2011. Review on Allelopathy of Exotic Invasive Plants. *Procedia Engineering*. 18:240-246. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.038

Choi G.Y., K. Kogame, H. Kawai, & S. M. Boo. 2007. Genetic Diversity Of *Systociphon lomentaria* (Scytosiphonaceae, Phaeophyceae) from The Pasific and Europe Based on Rubisco Large Sub Unit and Spacer, and Its nrDNA Sequence. *Phycologia*. 46:657-678.

Czarnecki, D.M., R.M. Nageswara, J.G. Norcini, F.G. Gmitter, & Z. Deng. 2019. Genetic Diversity and Differentiation among Natural, Production, and Introduced Populations of the Narrowly Endemic Species *Coreopsis leavenworthii* (Asteraceae). *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 13:234–241.

Darmawijaya, M.I. 1992. **Klasifikasi Tanah dan Teori Bagi Penelitian Tanah dan Pelaksanaan Pertanian di Indonesia**. UGM Press. Yogyakarta.

Day, J.C. 2002. Zoning—Lessons from The Great Barrier Reef Marine Park. *Ocean & coastal management*. 45(2-3):139-156.

Departemen Kehutanan. 2009. **Profil Balai Besar Taman Nasional Bromo, Tengger Semeru.** Direktorarat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam. Malang.

Departemen Kehutanan. 2016. Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. http://www.dephut.go.id/INFORMASI/TN%20INDO-ENGLISH/tn_bromo.htm. Diakses 20 Maret 2016.

Daneshgar, P., S. Jose, A. Collins, C. Ramsey. 2008. Cogongrass (*Imperata cylindrica*), an Alien Invasive Grass, Reduces Survival and Productivity of an Establishing Pine Forest. *Forest Science*. 54(6):579–587. https://doi.org/10.1093/forestscience/54.6.579.

Ellis, J.R & J.M. Burke. 2007. Short Review EST-SSRs as a Resource for Population Genetic Analyses. *Heredity*. 99:125-132.

Ellstrand, N.C & D.R. Elam. 1993. Population Genetic Consequences of Small Population Size: Implications for Plant Conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 24:217-242.

Estrada, J.A., & S.L. Flory. 2015. Cogongrass (*Imperata cylindrica*) Invasions in The US: Mechanisms, Impacts, and Threats to Biodiversity. *Global Ecology and Conservation*. 3:1-10. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2014.10.014

Fatchiyah, E.L. Arumingtyas, & S. Widyarti. 2011. **Biologi Molekuler. Prinsip Dasar Analisis**. Erlangga. Jakarta.

Fatchiyah. 2015. **Prinsip Dasar Bioinformatika**. Universitas Brawijaya Press. Malang.

Felsenstein, J. 1985. Confidence Limits on Phylogenies: an Approach using The Bootstrap. *Evolution*. 39(4):783-791.

Fajrina, A., M. Mansyurdin, & S. Syamsuardi. 2017. Analysis of Putative Hybrid between *Anaphalis longifolia* and *A. javanica* (Asteraceae) in Mount Talang, West Sumatra Based on Anatomical Characteristics. *Makara Journal of Science*. 21(1):13-18. https://doi.org/10.7454/mss.v21i1.7532

Fischer, M., & D., Matthies, 1998. RAPD variation in relation to population size and plant performance in the rare Gentianella germanica. *American Journal of Botany*. 86:811-819

Frankham, R. 1996. Relationship of Genetic Variation to Population Size in Wildlife. *Conservation Biology*. 10:1500-1508.

Frankham, R., J.D. Ballou, & D.A Briscoe. 2002. **Introduction to Conservation Genetics.** Cambridge University Press. UK.

Galingging, R.Y. & A. Bhermana. Tanpa Tahun. Pewilayahan Plasma Nutfah Tanaman Obat Berbasis Sistem Informasi Geografi Di Kalimantan Tengah (Online). http://kalteng.litbang.pertanian.go.id/ind/images/data/tanaman%20obat.pdf. Diakses 16 Mei 2016.

Ghanbari, S., B.A. Fakheri, M.R. Naghavi, & N. Mahdinezhad. 2018. Evaluating Phylogenetic Relationships in The Lilium Family using The ITS Marker. *J. Plant Biotechnol.* 45:236–241. DOI:https://doi.org/10.5010/JPB.2018.45.3.236

Gielly, Ludovic, Yang M. Y., Philipe K. P. Taberlet. 1996. Phylogenetic Use of Non Coding Region in The Genus *Gentiana* L. Cloroplast trnL (UAA) Intron Versus Nuclear Ribosomal Internal Transcribed Spacer Sequence. *Moleculer Phylogenetic and Evolution*. 5(3):460-466.

Geneaid. Genomic DNA Mini Kit (Plant) Protocol Ver. 04. 24. 13. www.geneaid.com.

Glenny, D. & S. Wagstaff. 1997. Evolution and Biogeography of New Zealand *Anaphalis* (Asteraceae: Gnaphalieae) Inferred from rDNA sequences. *New Zealand Journal of Botany*. 35:441-449.

Gorgone-Barbosa, E., V.R. Pivello, S. Bautista, T. Zupo, M.N. Rissi, & A. Fidelis. 2015. How Can an Invasive Grass Affect Fire Behavior in A Tropical Savanna? A Community and Individual Plant Level Approach. *Biological Invasions*. 17(1):423-431.

Gutiérrez-Larruscain, D., T.M. Ferreras, M.M. Martínez-Ortega, E. Rico, & S. Andrés-Sánchez. 2018. SSR Markers for Filago subg. Filago (Gnaphalieae: Asteraceae) and Cross-Amplification in Three Other Subgenera. *Applications in Plant Sciences*. 6.

Hakim, L. 2011. Cultural Landscape of The Tengger Highland, East Java. dalam S-K Hong, J. Wu, J-E. Kim, & N. Nakagoshi (Ed.). **Landscape Ecology in Asian Culture, Ecological Research Monographs**. Springer. hal. 69-82.

Hakim, L. & H. Miyakawa. 2013. Plant Trees Species for Restoration Program in Ranupani, Bromo Tengger Semeru National Park Indonesia. *Biodiversity Journal*. 4(3):387-394.

Hakim, L., B. Rahardi, & A. Rachmansyah. 2018. Checklist of Flora Along Tourist Trail to Mt. Lamongan, East Java (Indonesia): Misconception of Restoration and Ecotourism Programs in Mountain Region?. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 5(3):1299.

Hakim, L. & M. Soemarno. 2017. Biodiversity Conservation, Community Development and Geotourism Development in Bromo-Tengger-Semeru-Arjuno Biosphere Reserve, East Java. *Geojournal of Tourism and Geosites*. 20(2):220–230. Retrieved from https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85035812367&partnerID=40&md5=916391543ec9aead8d4eb17fc859e7e6

Hall, B.G. 2004. **Phylogenetic Trees Made Easy: A How to Manual**. 2nd edition. Sinauer Associates, Inc. Sunderland.

Hall, T.A. 1999. BioEdit: A User-Friendly Biological Sequence Alignment Editor and Analysis Program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*. 41:95-98.

Handayanto, E., N. Muddarisna, A. Fiqri. 2017. **Pengelolaan Kesuburan Tanah**. Universitas Brawijaya Press. Malang.

Hapsari, L., A. Basith, & H.R. Novitasiah. 2014. Inventory of Invasive Plant Species Along The Corridor of Kawah Ijen Nature Tourism Park, Banyuwangi, East Java. *Journal of Indonesian Tourism and Development Studies*. 2(1):1-9.

Hardjowigeno, S. 2016. **Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis**. Edisi Revisi. Cetakan ke-2. Penerbit Akademika Pressindo. Bekasi Timur.

Harjadi, B. 2017. Perhitungan Tingkat Erosi Kualitatif di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. *Prosiding Seminar Nasional Geomatika 2017: Inovasi Teknologi Penyediaan Informasi Geospasial untuk Pembangunan Berkelanjutan*. 291-298. DOI: http://dx.doi.org/10.24895/SNG.2017.2-0.422

Harkingto, A. Purwantoro, D. Prajitno, A. Widyatmoko. 2005. Keragaman Genetik Lima Populasi Ulin di Kalimantan Timur Berdasarkan Penanda RAPD. I*lmu Pertanian.* 13(1):1-10.

Haryati, J.R., & L. Hakim. 2012. Vegetation Diversity Quality in Highland Forest of Ranu Regulo Lake Area, Bromo Tengger Semeru National Park, East Java. *Journal of Tropical Life Science*. 2(1):21-24.

Hamrick, J.L., & M.J.W., Godt. 1996. Effects of life history traits on genetic diversity in plant species. *Philos. Trans. R. Soc. London Biol. Sci*. 351:1291–1298.

Hernández-Cordero, A.I., L. Hernández-Calvento, & E.P.C. Espino. 2017. Vegetation Changes as an Indicator of Impact from Tourist Development in an Arid Transgressive Coastal Dune Field. *Land Use Policy*. 64:479-491.

Hidayat, P.A., H. Pratiknyo, & E. Basuki. 2016. Keragaman Serangga Polinator pada Tumbuhan Edelweiss Jawa (*Anaphalis javanica*) di Gunung Slamet Jawa Tengah. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan dan Saintek (SNPBS) Ke-1. Isu-isu Kontemporer Sains, Lingkungan, dan Inovasi Pembelajarannya. 481-491.

Hill, D., M. Fasham, G. Tucker, M. Shewry, & P. Shaw. 2005. **Handbook of Biodiversity Methods: Survey, Evaluation and Monitoring**. Cambridge University Press. Cambridge.

Honnay, O. & H. Jacquemyn. 2007. Susceptibility of Common and Rare Plant Species to Genetic Consequences of Habitat Fragmentation. *Conservation Biology.* 21(3):823-831. https://doi.org/10.3329/jbcbm.v4i2.39844

Hull, J.C. 2008. **Encyclopedy of Ecology**. Elsevier. Netherland.

Ifa, H., D. Yoga, L. Puspita, U. Mazidah. 2019. Analisis Sosial Ekonomi Terhadap Tingkat Kesejahteraan Masyarakat Tengger Gunung Bromo. *Majalah Pembelajaran Geografi*. 2(1):169-175.

Inderjit, D. A.Wardle, R. Karban, R.M. Callaway. 2011. The Ecosystem and Evolutionary Contexts of Allelopathy. *Trends in Ecology & Evolution*. 26(12):655-662. https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.08.003

Indrawan, M., R.B. Primack & J. Supriatna. 2012. **Biologi Konservasi.** Edisi Revisi. Yayasan Pustaka Obor Indonesia. Jakarta.

Indriyanto. 2012. **Ekologi Hutan**. Cetakan keempat. PT. Bumi Aksara. Jakarta.

IUCN. 2008. Redlist IUCN. http: //www.iucn.redlist.com.

Jemelková, M., M. Kitner, E. Křístková, I. Doležalová, & A.Lebeda. 2018. Genetic Variability and Distance Between *Lactuca serriola* L. Populations from Sweden and Slovenia Assessed By SSR and AFLP Markers. *Acta Bot. Croat*.77:172–180.

Jo, K-M., Y. Jo, H. Chu, S. Lian & W.K. Cho. 2015. Developmentof EST-derived SSR Markers using NExt-Generation Sequencing to Reveal The Genetic Diversity of 50 Chrysanthemum Cultivars. *Biochemical Systematics and Ecology*. 60:37-45.

Johari, S., E. Kurnianto, Sutopo, & S. Aminah. 2007. Keragaman Protein Darah Sebagai Parameter Biogenetik pada Sapi Jawa. *Journal Indonesian Tropical Agriculture*. 32(2): 112-118.

Kapelle, M. 2004. Tropical Montane Forest. In: Burley J, Evans J, Youngquist JA (Ed). **Encyclopedia of Forest Sciences**. Elsevier Academic Press. UK.

Kholilah, T.N., H. Rahimah, R. Hamzah, A. Arifianto, C. Retnaningdyah, & L. Hakim. 2019.The Sloping Agricultural Land Management on Buffer Zone of Bromo Tengger Semeru National Park in Malang Regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 230. 012114

Kim, S.T. & M.G. Chung. 1995. Genetic Variation and Population Structure in Korean populations of Sand Dune species *Salsola komarovi* (Chenopodiaceae). *Journal of Plant Research*. 108:195-203.

Kim, Y.O. & E.J. Lee. 2011. Comparison of Phenolic Compounds and The Effects of Invasive and Native Species in East Asia: Support for The Novel Weapons Hypothesis. *Ecological Research*. 26(1):87–94.

Kunwar, R.M. 2003. Invasive Alien Plants and <i>Eupatorium</i>: Biodiversity and Livelihood. *Himalayan Journal of Sciences*.1(2):129-133. https://doi.org/10.3126/hjs.v1i2.213

Kurniawan, L.H. 2013. **Peta Distribusi dan Diversitas Genetis *Anaphalis* spp. Berdasarkan Intron trnL di Sepanjang Jalur Pendakian menuju Puncak Gunung Semeru TNBTS**. Program Magister Biologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya. Malang. Tesis.

Kurniawan, L.H., L. Hakim & E.L. Arumingtyas. 2014. Effectiveness of *trn*L (UAA) Intron Sequence for Detecting Genetic Variation of *Anaphalis* spp. along Mount Semeru Hiking Track, Bromo Tengger Semeru National Park Indonesia. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*. 5(1):501-507.

Lacy, R.C. & D.B. Lindenmayer. 1995. A Simulation Study of The Impacts of Population Subdivision on The Mountain Brushtail Possum *Trichosurus caninus* Ogilby (Phalangeridae: *Marsupialia*), in South-Eastern Australia: Loss of Genetic Variation Within and Between Subpopulations. *Biological Conservation*. 73:131-142.

Li, Y-P., Y-L. Feng, Y-J. Chen, Y-H. Tian. 2015. Soil Microbes Alleviate Allelopathy of Invasive Plants. *Science Bulletin*. 60(12):1083-1091. https://doi.org/10.1007/s11434-015-0819-7

Linder, C.R., L.R. Goertzen, B.V. Hauvel, F-O. Javier, & R.K. Jansen. 2000. The Complete External Transcribed Spacer of 18S-26S rDNA: Amplification and Phylogenetic Utility at Low Taxonomic Levels in Asteraceae and Closely Allied Families. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 14(2):285-303.

Lowe, A., S. Harris, & P. Ashton. 2004. **Ecological Genetics: Design, Analysis, and Aplication.** Blackwell Publishing. United Kingdom

Mangel, M. & C. Tier. 1994. Four Facts Every Conservation Biologist Should Know About Persistence. *Ecology*. 75:607-614.

McFarlane, K., G.A. Wilson & J.S. Nishi. 2006. Management Strategies for Conservation of Genetic Diversity in Wood Bison (*Bison bison athabascae*). *File Report.* 135:1-75.

McNeely, J.A. 1978. Dynamics of Extinction in Southeast Asia. *BIOTROP Spec. Publ.* 8:137-160.

Menges, E.S. 1992. Population Viability Analysis for an Endangered Plant. *Conservation Biology*. 4:52-62.

Mohamad, A., A.N. Alhasnawi, A.A. Kadhimi, A. Isahak, W.M.W. Yusoff, & C.M.Z.C. Radziah. 2017. DNA Isolation and Optimization of ISSR-PCR Reaction System in *Oryza sativa* L. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 7:2264-2272.

Murniningtyas, E., W. Darajati, E.S. Sumardja. 2016. Indonesia Biodiversity and Strategy and Action Plan (IBSAP) 2015-2020. Kementrian Perencanaan Pembangunan Nasional/BAPPENAS - Kementrial Lingkungan Hidup dan Kehutanan-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.

Nie, Z.L., V. Funk, H. Sun, T. Deng, Y. Meng, & J. Wen. 2013. Molecular Phylogeny of *Anaphalis* (Asteraceae, Gnaphalieae) with Biogeographic Implications in The Northern Hemisphere. *Journal of Plant Research.* 126:17-32. doi:10.1007/s10265-012-0506-6.

Nie, Z.L., V.A. Funk, Y. Meng, T. Deng, H. Sun, & J. Wen. 2016. Recent Assembly of The Global Herbaceous Flora: Evidence from The Paper Daisies (Asteraceae: *Gnapalieae*). *New Phytologist.* 209:1795-1806. doi: 10.1111/nph.13740.

Nuryadin, R. Tanpa tahun. Sekilas Quantum GIS. https://www.academia.edu/7234485/SEKILAS_QUANTUM_GIS. Diakses 02 November 2015.

Ochieng, J.W., A.W Muigai, G.N. Ude. 2007. Phylogenetic in Plant Biotechnology: Principles, Obstacles, and Opportunities for The Resource Poor. *Afr J Biotechnol*. 6:639-649.

Pahlevy, F.N., B. Apriyanto, & S. Astutik. 2019. Karakteristik Sosial Ekonomi Masyarakat Daerah Wisata Bromo sebagai Pengembangan Kesejahteraan Hidup. *Majalah Pembelajaran Geografi*. 2(1):172-189.

Pashley, C.H., J.R. Ellis, D.E. McCauley, & J. M. Burke. 2006. EST Databases as a Source for Molecular Markers: Lessons from *Helianthus*. *Journal of Heredity*. 97(4):381-388.

Pejchar, L., & H.A. Mooney. 2009. Invasive Species, Ecosystem Services and Human Well-Being. *Trends in ecology & evolution.* 24(9):497-504.

Perdana, A.P., & D.F.A. Gina. 2011. Pengelolaan Informasi Geospasial Berbasis SIG Opensource-Quantum GIS, Modul Pelatihan Basisdata Geospasial menggunakan Quantum GIS Tethys (1.5.0). https://www.scribd.com/doc/56691874/Tutorial-SIG-Open-Source-Quantum-GIS. Diakses 02 November 2015.

Polunin,N. 1994. **Intoduction to Plant Geography and Some Related Sciences (Pengantar Geografi Tumbuhan dan Beberapa Ilmu Serumpun).** Cetakan Kedua. Terjemahan G. Tjitrosoepomo. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Pohan, D.S. 2006. **Penentuan Variasi Genetik Tumbuhan Andalas (*Morus macroura*) dengan Teknik *Random Amplified Polymorphic* DNA (RAPD)**. Program Studi Biologi. Pasca-Universitas Andalas. Padang. Tesis.

Prakasa, H., A.Z. Akmal, W.A. Guci, & S. Edi. 2018. Analisis Habitat (*Anaphalis longifolia* (Blume) Blume Ex Dc.) i Sumatera Utara. *JURNAL BIOSAINS.* 4(2):78-84. https://doi.org/10.24114/jbio.v4i2.10254

Pramita, N.H., S. Indriyani, & L. Hakim. 2013. Etnobotani Upacara Kasada Masyarakat Tengger, di Desa Ngadas, Kecamatan Poncokusumo, Kabupaten Malang. *Journal of Indonesian Tourism Development Studies*. 1(2): 52-61.

Pratiwi, P. 2012. **Analisis Variasi Genetik Beberapa Populasi *Globba leucantha* Miq. Di Sumatera Barat dengan Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD)**. Program Pascasarjana Universitas Andalas. Padang. Tesis.

Putri, D.P. 2009. **Evaluasi Konservasi Diversitas Massa Karbon Serasah di Kebun Raya Purwodadi melalui Penggunaan Sistem Informasi Geografis**. Program Studi Biologi Program Pascasarjana Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya. Malang. Tesis.

Purnomo, A., I.N. Ruja, & L.Y. Irawan. 2018a. Typology of Tourist Bromo Tengger Semeru National Park as a Basic Planning Integrated Tourism Design. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 145. https://doi.org/10.1088/1755-1315/145/1/012015

Purnomo, P., A.I. Oktaviani, & I. Nugroho. 2018b. The Sacred Site: The Conservation Based on The Local People in Tengger Community and Its Potential as Ecotourism Activities. *Journal of Socioeconomics and Development.* 1(1). https://doi.org/10.31328/jsed.v1i1.517

Plovanich, A.E., & J.L. Panero. 2014. A Phylogeny of The ITS and ETS for *Montanoa* (Asteraceae: Heliantheae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 31:815-821.

Radityo, B.T. 2014. Edelweis "Sang Penjembatan" Konservasi dan Budaya Tengger di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. Leaflet Balai Besar Taman Nasional Bromo Tengger Semeru.

Radityo, B.T. 2018. **Berkunjung ke Desa Edelweiss Wujud Sinergi Konservasi, Budaya, dan Ekonomi Masyarakat Tengger di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru**. Tim Booklet Desa Edelweiss Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. Malang.

Radityo, B.T., T. Sulistyowati, & I. K. Wardani. 2017. **Taman Edelweis, Taman Edukasi bagi Gerakan Gotong Royong Pemberdayaan Masyarakat Cinta Edelweis**. Tim Booklet Taman Edelweis Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. Malang.

Raghubanshi, A.S., L.C. Rai, J.P. Gaur, & J.S. Singh. 2005. Invasive Alien Species and Biodiversity in India. *Current Science*. 88(4):539-540.

Rahalus, M., M. Kumaunang, A. Wuntu & J. Pontoh. 2015. Barcode DNA Edelweis (*Anaphalis javanica*) Berdasarkan Gen *mat*K (Online). Vol 4. No. 2. http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo. Diakses 02 November 2015.

Rahayu, D.A & E.D. Nugroho. 2015. **Biologi Molekuler dalam Perspektif Konservasi**. Plantaxia. Yogyakarta.

Rachmawati, T.A., D. Rahmawati, & A. Rachmansyah. 2018. Disaster risk analysis of Mount Bromo eruption after the 2015 eruption in Sukapura District. *MATEC Web of Conferences*. (229):01015. https://doi.org/10.1051/matecconf/201822901015.

Rambey, R., A. Susilowati, & N. Anna. 2019. Genetic Diversity of Mindi (*Melia azedarach*) from Community Forest in Deli Serdang, North Sumatera, Indonesia Revealed by Microsatellite Marker. *Biodiversitas*. 201(6):1708-1712. DOI: 10.13057/biodiv/d200629

Rangkuti, F. 2005. **Analisis SWOT Teknik Membeda Kasus Bisnis**. PT. Gramedia Pustaka. Jakarta.

Rayes, M.L. 2017. **Morfologi dan Klasifikasi Tanah.** University Brawijaya Press. Malang.

Sawitri, R. & M. Takandjandji, M. 2019. Konservasi Danau Ranu Pane dan Ranu Regulo di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 16(1):35-50.

Sembiring, S.B.M., J.H. Hutapea, & Haryanti. 2015. Variasi Genetik Ikan Kerapu Sunu Plectropomus Leopardus F-0 hingga F-3 Berdasarkan Marka Mikrosatelit. *Jurnal Riset Akuakultur*. 10(3):305-311.

Sholikhah, U., Parjanto, T. Handoyo, & A. Yunus. 2019. Genetic Diversity of Black and Aromatic Rice Cultivar (*Oryza sativa* L.) from Various Regions in Indonesia using Random Amplified Polymorphic DNA Markers (RAPD). *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 9:1046-1051.

Simko, I. 2009. Development of EST-SSR Markers for The Study of Population Structure in Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Heredity*. 100(2):256-262.

Simpson, M.G. 2010. **Plant Systematics.** Second edition. Academic Press, Elsevier. USA.

Smith, J.S.C., E.C.L. Chin, H. Shu, O.S Smith, S.J Wall, M.L Senior, S.E Mitchell, S. Kresovich, & J. Ziegle. 1997. An Evaluation of The Utility of SSR Loci as Molecular Markers in Maize (*Zea mays*): Comparison with Data from RFLPs and Pedigree. *Theor Appl. Genet*. 95:163-173.

Soegiyanto, A. 1994. **Ekologi Kualitatif: Metode Analisis Populasi dan Komunitas**. Usaha Nasional. Surabaya.

Stojnic, S., E.V. Avramidou, B. Fussi, M. Westergren, S. Orlovi ć, B. Matovi ć, B. Trudi ć, M. Kraigher, F.A. Aravanopoulos, & M. Konnert. 2019. Assessment of Genetic Diversity and Population Genetic Structure of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karsten) at Its Southern Lineage in Europe. Implications for Conservation of Forest Genetic Resources. *Forests*. 10:258.

Sudarmono. 2005. Sebaran Struktur Genetik Populasi *Salvia japonica* Thunb. (Labiatae) di Kebun Raya Universitas Osaka City, Kisaichi, Osaka Prefektur, Jepang. *Biodiversitas*. 6(4):223-228.

Sudarmono. 2007. Review: Tumbuhan Endemik Tanah Serpentin, Endemic Plants of Serpentine Soils. *Biodiversitas*. 8(4):330-335.

Suheriyanto, D. 2012. Keanekaragaman Fauna Tanah di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru sebagai Bioindikator Tanah Bersulfur Tinggi. *Sainstis*. 1(2):29-38.

Suliansyah, I., Yusniwati, & I. Dwipa. 2018. Genetic Diversity and Association amongst West Sumatra Brown Rice Genotype Based on Morphological and Molecular Markers. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology.* 8:610-615.

Sumarmi, S. 2018. The Local Genius of Tengger People in Conserving Forest and Increasing Economic Benefits using Agroforestry System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 145*. Institute of Physics Publishing. https://doi.org/10.1088/1755-1315/145/1/012135.

Suprihatini, A.J., B.I. Tampubolon, D. Pramudita, & M. Ekayani. 2019. Economic Losses and Forest Fire cCuses at Ranu Pani Resort, Bromo Tengger Semeru National Park. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 285.

Sutarno, S., A.D. Setyawan, S. Irianto, & A. Kusumaningrum. 2001. Plants Biodiversity of Jobolarangan Forest Mount Lawu: 2. Spermatophyta. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2(2).

Sutomo, S. 2018. Species Composition and Role of Exotic Invasive Pioneers in Vegetation Establishment on Mount Merapi Volcanic Deposits in Java, Indonesia. *Tropical Drylands*. 2(2):59–64. https://doi.org/10.13057/tropdrylands/t020204

Sutomo, S. & D. Fardila. 2012. Plant Community and Soil Relationship Following Wildfires from *Nuees ardentes* on Mt. Merapi. *Biotropia.* 19(1):1-9.

Surya, M.I. & S. Normasiwi. 2019. Kajian Pengusangan Cepat dan Penyimpanan Biji terhadap Perkecambahan *Anaphalis longifolia* (Blume) Blume ex. DC. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 13:48-55.

Swofford, D.L. 2002. PAUP: Phylogentic Analysis Using Parsimony (and other methods), 4.0 beta. http://paup.csit.fsu.edu/.

Tanjungsari, A. 2018. **Evaluasi Program Restorasi Gunung Kelud, di Desa Sugihwaras, Kecamatan Ngancar, Kabupaten Kediri Pasca Erupsi Tahun 2014.** Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya. Malang. Tesis.

Taufik, A. 2012. Sejarah Klasifikasi dan Deskripsi Edelweiss (*Anaphalis* DC.). https://edelweisssumatra.wordpress.com/2012/02/29/sejarah-klasifikasi-dan-deskripsi-edelweiss-anaphalis-dc/. Diakses 02 November 2015.

Taufiq, A., Syamsuardi, A. Arbain, T. Maideliza, Mansyurdin & Nurainas. 2013. Analisis Morfometri dan Biologi Reproduksi *Anaphalis javanica* dan *A. longifolia* (Asteraceae) di Sumatera Barat. *Floribunda*. 4(7):161-168.

Trejo, M.R.R., B. Pérez-García, D.R. Pérez-Salicrup, & A. Orozco-Segovia. 2010. Effect of Fire on The Germination of Spores of *Pteridium caudatum*, an Invasive Fern. *Journal of Tropical Ecology*. 26(4): 457-465. https://doi.org/10.1017/S0266467410000118P

Utomo, A.B.S., & S. Heddy. 2018. Etnobotani Edelweis (*Anaphalis* spp.) di Desa Ngadas, Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. *Jurnal Produksi Tanaman*. 6(8):1648-1654.

Van Steenis, C.G.G.J. 2006. **Flora Pegunungan Jawa** (**The Mountain Flora of Java)**. Terjemahan A. Hamzah & M. Toha. Edisi Kedua. Brill Academic Publisher. Leiden.

Wahyudi, D. 2010. Distribusi dan Kerapatan Edelweis (*A. javanica*) di Gunung Batok Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (Online). Vol 1. No. 2. ejournal.uin-malang.ac.id/index.php/bio/article/view/1694. Diakses 21 September 2015.

Wang, Y.J., J-Q. Liu, & G. Miehe. 2007. Phylogenetic Origins of The Himalayan Endemic *Dolomiaea*, *Diplazoptilon* and *Xanthopappus* (Asteraceae: Cardueae) Based on Three DNA regions. *Annal of Botany.* 99:311-322.

Wang, H., X. Qi, R. Gao, J. Wang, B. Dong, J. Jiang, S. Chen, Z. Guan, W. Fang, Y. Liao, & F. Chen. 2014. Microsatellite Polymorphism among *Chrysanthemum* sp. Polyploids: The Influence of Whole Genome Duplication. *Scientific Reports.* 4(6730):1-8.

Warwick, E.J., J.M. Astuti, & W. Hardjosubroto. 1994. **Pemuliaan Ternak**. Edisi V. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Wayne, R.K. & P.A. Morin. 2004. Conservation Genetics in The New Molecular Age. *Frontiers in Ecology and the Environment.* 2:89-97.

White, T.J, T. Bruns, S. Lee, & J. Taylor. 1990. Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal RNA Genes for Phylogenetics. M. A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Shinky, & T.J. White (Ed.) **PCR Protocols: a Guide to Methods and Applications**. Academic Press. San Diego.

Whitten, T., R.E. Soeriaatmadja, & S.A. Afif. 1999. **Ekologi Jawa dan Bali**. Seri Ekologi Indonesia Jilid II. Terjemahan S.N. Kartikasari, T.B. Utami, & A. Widyantoro. Prenhallindo. Jakarta.

Wise, C.A., T.A. Ranker, & Y.B. Linhart. 2002. Modeling Problems in Conservation Genetics with *Brassica rapa*: Genetic Variation and Fitness in Plant Under Mild, Stable Conditions. *Conservation Biology*. 16:1542-1554.

Xuan, T.D., T. Toyama, M. Fukuta, T.D.K., S. Tawata. 2009. Chemical Interaction in The Invasiveness of Cogongrass (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.). *J. Agric. Food Chem*. 57(20):9448-9453. https://doi.org/10.1021/jf902310j

Yan, Y., Y. Huang, X. Fang, L. Lu, R. Zhou, X. Ge, & S. Shi. 2011. Development and Characterization of EST-SSR Markers in The Invasive Weed *Mikania micrantha* (Asteraceae). *American Journal of Botany*:e1-e3.

Yang, Y., S. Huang, Y. Wang, L. Gui, Y. Liu, X. Huang, G. Chen, F. Tan, & J. Wang. 2018. Development of EST-SSR Markers for *Pluchea indica* (Asteraceae) and Cross-Amplification in Related pecies. *Applications in Plant Sciences*. 6.

Yeh, F.C., R-C. Yang, T. Boyle, et al. 1997. POPGENE, The User-Friendly Shareware for Population Genetic Analysis. Molecular Biology and Biotechnology Centre, University of Alberta, Canada. http://www.ualberta.ca/~fyeh/

Yusuf, R., Purwaningsih, & Gusman. 2005. Komposisi dan Struktur Vegetasi Hutan Alam Rimbo Panti, Sumatera Barat. *Biodiversitas*. 6(4):266-271.

Yuzammi, Witono JR, Hidayat S, Handayani T, Sugiarti, Mursidawati S, Triono T, Astuti IP, Sudarmono, Wawangningrum H. 2010. **Ensiklopedia Flora**. Jakarta: PT. Khareisma Ilmu.

Zedler, P.H. & C. Black. 2004. Exotic Plant Invasions in an Endemic-Rich Habitat: The Spread of an Introduced Australian Grass, *Agrostis avenacea* Jf Gmel., In California Vernal Pools. *Austral ecology*. 29(5):537-546.

Zhao, Y., B. Pan, & M. Zhang. 2019. Phylogeography and Conservation Genetics of The Endangered *Tugarinovia mongolica* (Asteraceae) from Inner Mongolia, Northwest China. *PLoS ONE*. 14:e0211696.

Zulharman. 2017. Analisis Vegetasi Tumbuhan Asing Invasif (Invasive Species) pada Kawasan Revitalisasi Hutan, Blok Argowulan, Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. *Natural B*. 4(1): 78-87

Lampiran 1. Data Nilai Indeks Penting (INP) *Anaphalis* spp. di setiap lokasi pengamatan

1. Lokasi : Ranu Regulo (RR)

No.	Taksa	KR	FR	INP
1	*Alchemilla* sp.	25,35	18,18	43,53
2	*Anaphalis javanica*	7,32	22,73	30,05
3	*Eupatorium rugosum*	2,82	4,55	7,36
4	*Eupatorium* sp.	5,63	4,55	10,18
5	*Gleicenia sp.*	2,82	4,55	7,36
6	*Imperata cylindrica*	23,94	13,64	37,58
7	*Leucaena* sp.	5,63	4,55	10,18
8	*Melastoma* sp.	2,25	4,55	6,80
9	*Pteridium aquilinum*	9,86	9,09	18,95
10	*Rubia* sp.	5,63	4,55	10,18
11	*Rubus lineatus*	4,23	4,55	8,77
12	*Syzygium* sp.	4,51	4,55	9,05
	Total	100	100.00	200.00

2. Lokasi : Penanjakan (PN)

No.	Taksa	KR	FR	INP
1	*Adiantum* sp.	0,72	2.,8	7,76
2	*Agrostis* sp.	5,12	16,67	51,87
3	*Amaranthaceae*	0,86	1,85	7,73
4	*Anaphalis javanica*	1,34	14,81	24,05
5	*Anaphalis longifolia*	0,87	10,19	16,16
6	*Anaphalis viscida*	0,59	10,19	14,26
7	*Araliaceae*	0,26	0,93	2,74
8	*Asteraceae*	0,21	1,85	3,30
9	*Begonia* sp.	0,09	1,85	2,49
10	*Begoniaceae*	0,17	2.78	3,95
11	*Campanula* sp.	0,04	0,93	1,20
12	*Diplycosia* sp.	1,45	6,48	16,44
13	*Dryopteris* sp.	0,63	4,63	8,97

14	*Eupatorium rugosum*	0,13	0,93	1,83
15	*Gaultheria* sp.	0,05	0,93	1,29
16	*Lycopodium* sp.	0,04	0,93	1,20
17	*Oxalis corniculata*	0,45	4,63	7,71
18	*Panicum repens*	0,16	1,85	2,94
19	*Solanaceae*	0,68	6,48	11,19
20	*Strobilanthes* sp.	0,05	0,93	1,29
21	*Vaccinium* sp.	0,62	6,48	10,73
	Total	100.00	100.00	200.00

3. Lokasi : Ranu Kumbolo (RK)

No.	Taksa	KR	FR	INP
1	*Agrostis* sp.	41,60	24,51	66,11
2	*Alchemilla* sp.	3,34	3,92	7,26
3	*Anaphalis javanica*	5,82	16,67	22,49
4	*Anaphalis longifolia*	8,13	18,63	26,75
5	*Anaphalis viscida*	3,58	12,75	16,32
6	*Casuarina junghuhniana*	0,18	0,98	1,16
7	*Imperata cylindrica*	10,07	3,92	13,99
8	*Oxalis corniculata*	3,88	4,90	8,78
9	*Pteridium* sp.	21,10	11,76	32,87
10	*Vaccinium* sp.	0,12	0,98	1,10
11	*Verbenaceae*	2,18	0,98	3,16
	Total	100.00	100.00	200.00

4. Lokasi : Gunung Batok (GB)

No.	Taksa	KR	FR	INP
1	*Anaphalis longifolia*	8,79	31,82	40,60
2	*Diplycosia* sp.	2,09	4,55	6,64
3	*Imperata cylindrica*	53,14	31,82	84,96
4	*Pteridium* sp.	35,98	31,82	67,80
	Total	100.00	100.00	200.00

Lampiran 2. Data Titik Koordinat Pengamatan di TNBTS

1. Lokasi : Ranu Regulo

No.	Nama Titik	Latitude	Longitude	Elevation (m dpl)
1.	RR1	8°00'40.80"S	112°57'08.60"E	2118
2.	RR2	8°00'39.30"S	112°57'08.60"E	2135
3.	RR3	8°00'39.70"S	112°57'09.20"E	2133
4.	RR4	8°00'40.60"S	112°57'09.70"E	2121
5.	RR5	8°00'41.70"S	112°57'10.00"E	2123

2. Lokasi : Penanjakan

No.	Nama Titik	Latitude	Longitude	Elevation (m dpl)
1.	PN1	7°54'14.59"S	112°57'01.58"E	2767
2.	PN2	7°54'14.50"S	112°57'01.40"E	2767
3.	PN3	7°54'14.00"S	112°57'01.00"E	2760
4.	PN4	7°54'13.30"S	112°56'59.00"E	2746
5.	PN5	7°54'14.20"S	112°56'58.70"E	2740
6.	PN6	7°54'20.82"S	112°56'54.72"E	2711
7.	PN7	7°54'22.08"S	112°56'55.50"E	2707
8.	PN8	7°54'22.98"S	112°56'55.80"E	2702
9.	PN9	7°54'24.78"S	112°56'55.56"E	2691
10.	PN10	7°54'25.20"S	112°56'55.32"E	2725
11.	PN11	7°54'25.08"S	112°56'55.80"E	2678
12.	PN12	7°54'26.04"S	112°56'55.92"E	2672
13.	PN13	7°54'26.34"S	112°56'55.92"E	2696
14.	PN14	7°54'28.26"S	112°56'54.30"E	2665
15.	PN15	7°54'29.70"S	112°56'51.42"E	2670
16.	PN16	7°54'29.64"S	112°56'49.02"E	2665
17.	PN17	7°54'29.64"S	112°56'47.16"E	2654
18.	PN18	7°54'34.70"S	112°56'44.90"E	2631
19.	PN19	7°54'35.30"S	112°56'42.60"E	2627

Lampiran 2. Data Titik Koordinat Pengamatan di TNBTS (lanjutan)

3. Lokasi : Ranu Kumbolo

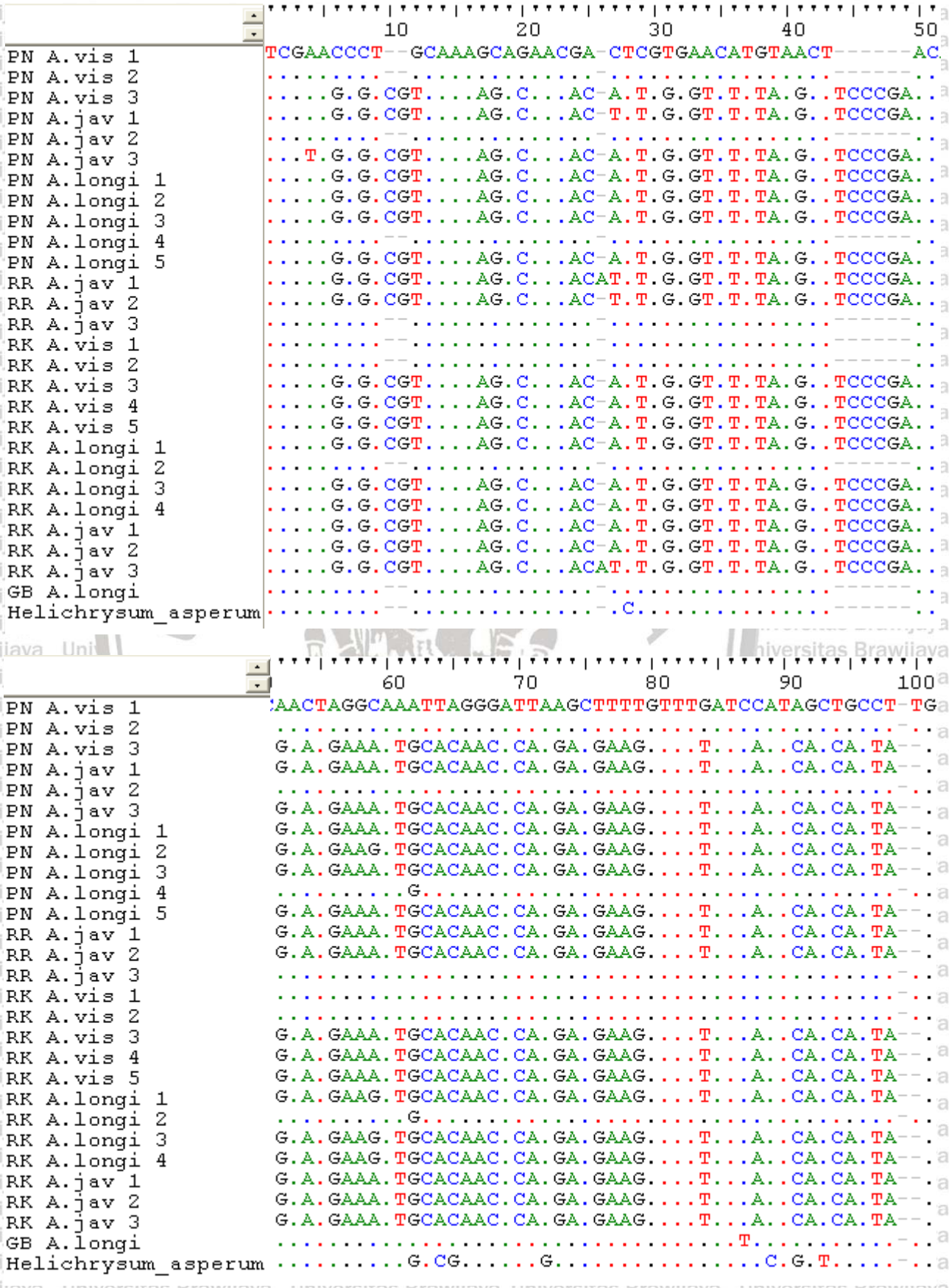
No.	Nama Titik	Latitude	Longitude	Elevation (m dpl)
1.	RK1	8° 3'2.52"S	112°55'2.76"E	2429
2.	RK2	8° 3'3.00"S	112°55'2.16"E	2406
3.	RK3	8° 3'3.30"S	112°55'2.16"E	2383
4.	RK4	8° 3'3.30"S	112°55'0.66"E	2431
5.	RK5	8° 3'3.72"S	112°55'1.14"E	2399
6.	RK6	8° 3'12.90"S	112°54'57.12"E	2486
7.	RK7	8° 3'13.56"S	112°54'58.20"E	2466
8.	RK8	8° 3'17.22"S	112°55'1.14"E	2459
9.	RK9	8° 3'19.38"S	112°55'0.84"E	2456
10.	RK10	8°03'01.70"S	112°55'03.70"E	2404
11.	RK11	8°03'00.70"S	112°55'04.80"E	2410
12.	RK12	8°03'00.20"S	112°55'05.40"E	2414
13.	RK13	8°02'59.60"S	112°55'05.80"E	2414
14.	RK14	8°02'58.60"S	112°55'06.40"E	2414
15.	RK15	8° 2'56.40"S	112°55'7.08"E	2420
16.	RK16	8° 2'55.32"S	112°55'7.38"E	2420
17.	RK17	8° 2'54.72"S	112°55'7.62"E	2414
18.	RK18	8°02'53.50"S	112°55'07.50"E	2416
19.	RK19	8°02'52.40"S	112°55'07.80"E	2415
20.	RK20	8°02'51.30"S	112°55'07.40"E	2415
21.	RK21	8° 2'47.28"S	112°55'7.02"E	2410
22.	RK22	8° 2'42.84"S	112°55'10.68"E	2418
23.	RK23	8° 2'45.36"S	112°55'14.70"E	2440
24.	RK24	8° 2'45.96"S	112°55'15.36"E	2426
25.	RK25	8° 2'46.26"S	112°55'15.84"E	2436
26.	RK26	8° 2'46.38"S	112°55'15.30"E	2447
27.	RK27	8° 2'47.52"S	112°55'17.52"E	2450
28.	RK28	8° 2'48.24"S	112°55'23.04"E	2459
29.	RK29	8° 2'48.66"S	112°55'23.82"E	2462
30.	RK30	8° 2'49.02"S	112°55'24.36"E	2464
31.	RK31	8° 2'49.38"S	112°55'24.60"E	2465
32.	RK32	8° 2'49.74"S	112°55'26.28"E	2476

33.	RK33	8° 2'51.00"S	112°55'27.06"E	2467
34.	RK34	8° 2'51.42"S	112°55'29.52"E	2493
35.	RK35	8° 2'48.60"S	112°55'41.70"E	2539
36.	RK36	8° 2'41.76"S	112°55'48.66"E	2541
37.	RK37	8° 2'40.62"S	112°55'48.54"E	2541
38.	RK38	8° 2'39.66"S	112°55'50.28"E	2546
39.	RK39	8° 2'36.42"S	112°55'56.10"E	2496

4. Lokasi : Gunung Batok

No.	Nama Titik	Latitude	Longitude	Elevation (m dpl)
1.	GB1	7°55'56.04"S	112°56'31.68"E	2183
2.	GB3	7°55'56.70"S	112°56'32.52"E	2183
3.	GB3	7°55'57.66"S	112°56'32.88"E	2187
4.	GB4	7°55'57.84"S	112°56'29.94"E	2176
5.	GB5	7°55'59.94"S	112°56'29.34"E	2155
6.	GB6	7°56'00.66"S	112°56'29.76"E	2170
7.	GB7	7°56'00.54"S	112°56'29.46"E	2179

Lampiran 3. Hasil Pensejajaran Sekuen ITS Ingrup dan Outgrup

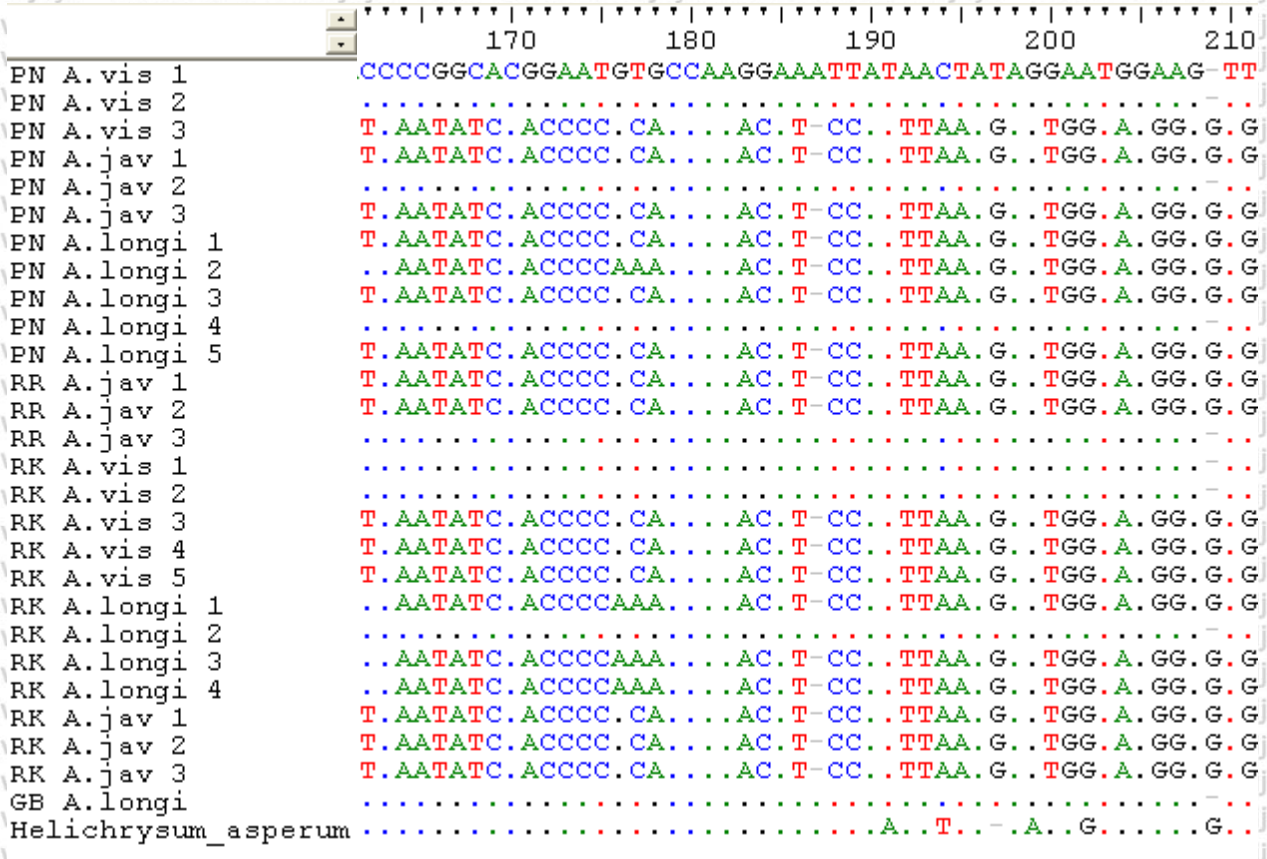


Lampiran 3. Hasil Pensejajaran Sekuen ITS Ingrup dan Outgrup (lanjutan)

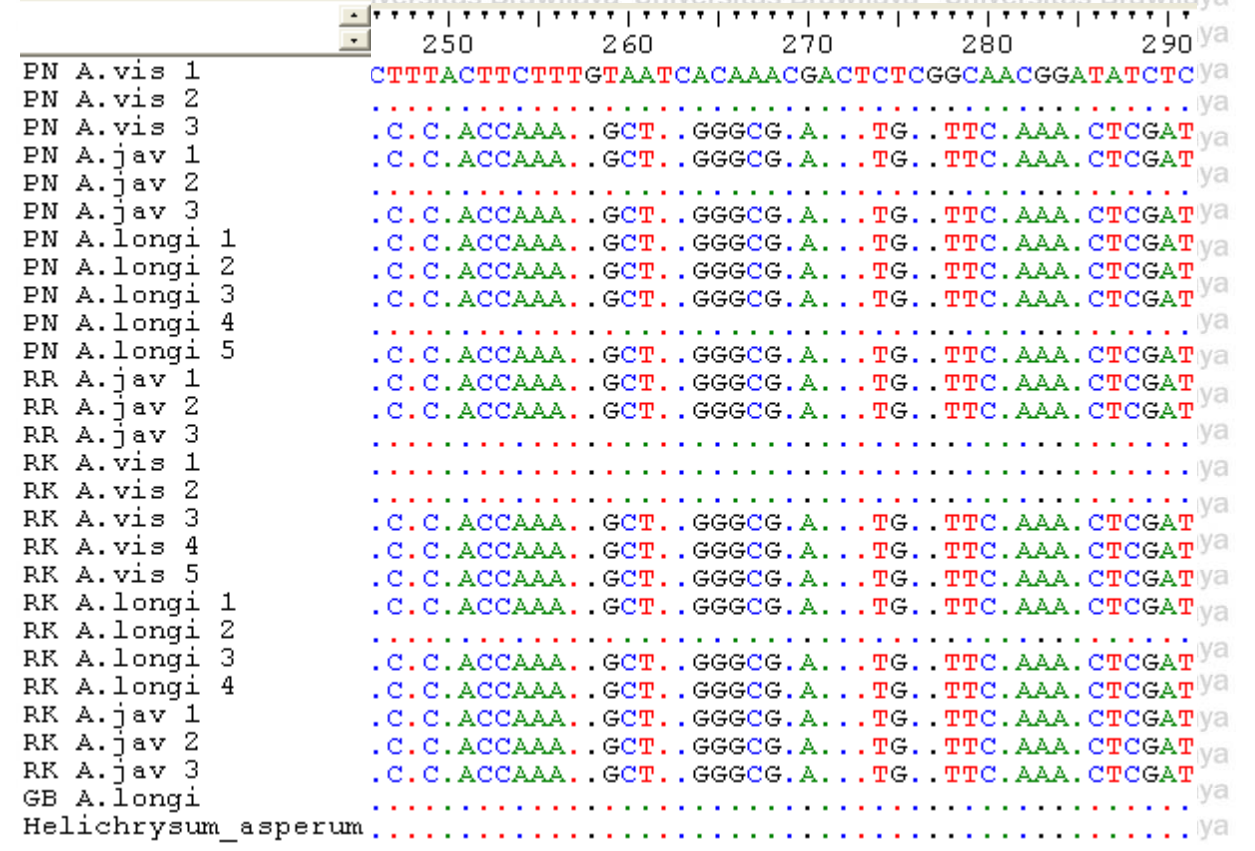
```
                              110       120
PN A.vis 1          TTG-ATGTGCGTTCGAGATTTCTT
PN A.vis 2          ...-....................
PN A.vis 3          ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
PN A.jav 1          ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
PN A.jav 2          ...-....................
PN A.jav 3          ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
PN A.longi 1        ...TGC..C.A..GAT.GGGA...
PN A.longi 2        ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
PN A.longi 3        ...TGC..C.A..GAT.GGGA...
PN A.longi 4        ...-....................
PN A.longi 5        ...TGC..C.A..GAT.GGGA...
RR A.jav 1          ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
RR A.jav 2          ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
RR A.jav 3          ...-....................
RK A.vis 1          ...-....................
RK A.vis 2          ...-....................
RK A.vis 3          ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
RK A.vis 4          ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
RK A.vis 5          ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
RK A.longi 1        ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
RK A.longi 2        ...-....................
RK A.longi 3        ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
RK A.longi 4        ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
RK A.jav 1          ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
RK A.jav 2          ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
RK A.jav 3          ...TGC..C.A.CGAT.GGGA...
GB A.longi          ...-....................
Helichrysum_asperum .C.-......T...A.....C..C
```

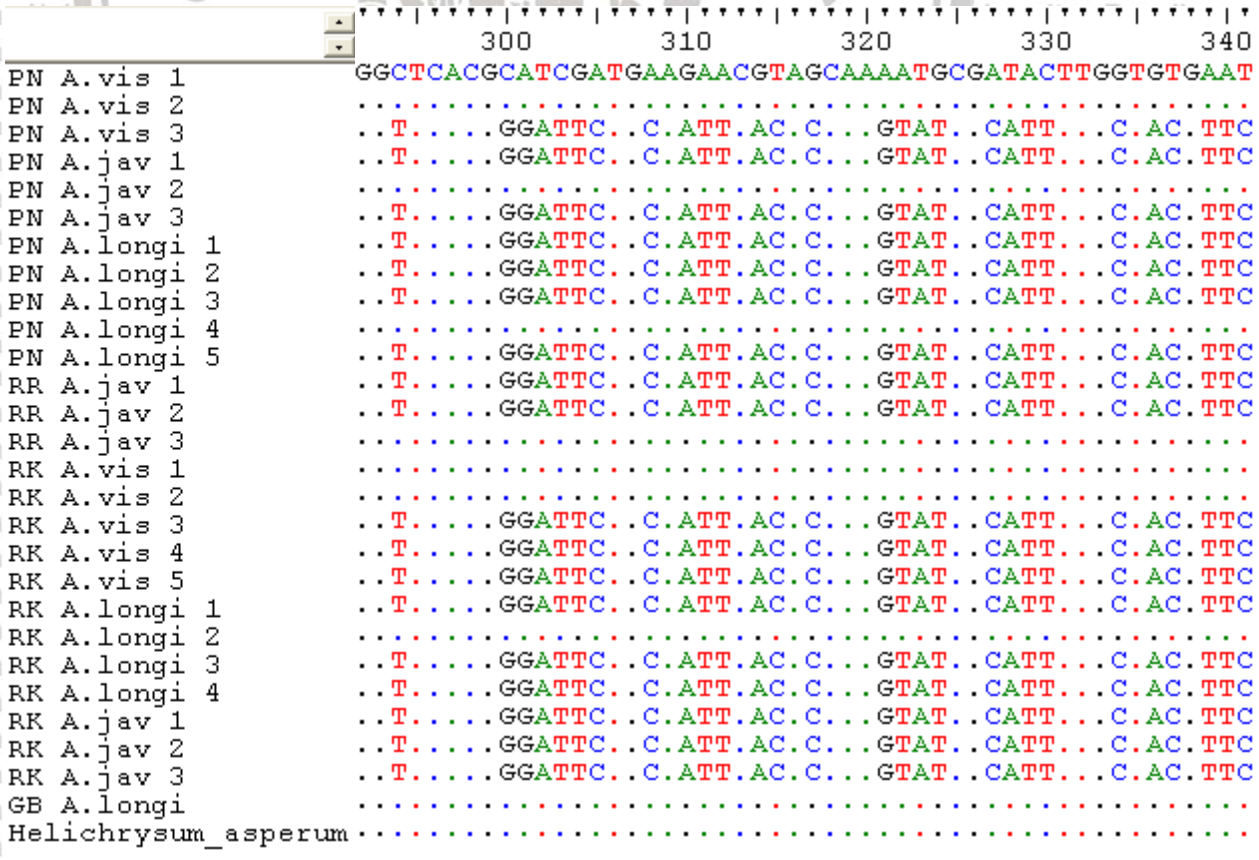
```
                        130       140       150       160
PN A.vis 1          ACGGATGATAGGACGTCACATTGACATACTAACCAA
PN A.vis 2          ....................................
PN A.vis 3          GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
PN A.jav 1          GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
PN A.jav 2          ....................................
PN A.jav 3          GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
PN A.longi 1        GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
PN A.longi 2        GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
PN A.longi 3        GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
PN A.longi 4        ..A............C....................
PN A.longi 5        GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
RR A.jav 1          GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
RR A.jav 2          GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
RR A.jav 3          ....................................
RK A.vis 1          ....................................
RK A.vis 2          ....................................
RK A.vis 3          GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
RK A.vis 4          GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
RK A.vis 5          GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
RK A.longi 1        GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
RK A.longi 2        ..A............C....................
RK A.longi 3        GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
RK A.longi 4        GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
RK A.jav 1          GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
RK A.jav 2          GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
RK A.jav 3          GT--..TT.G.CCAAC.GT..C.CAGA.ACGGGAG.
GB A.longi          ....................................
Helichrysum_asperum .G......C....T.A....................
```

Lampiran 3. Hasil Pensejajaran Sekuen ITS Ingrup dan Outgrup (lanjutan)



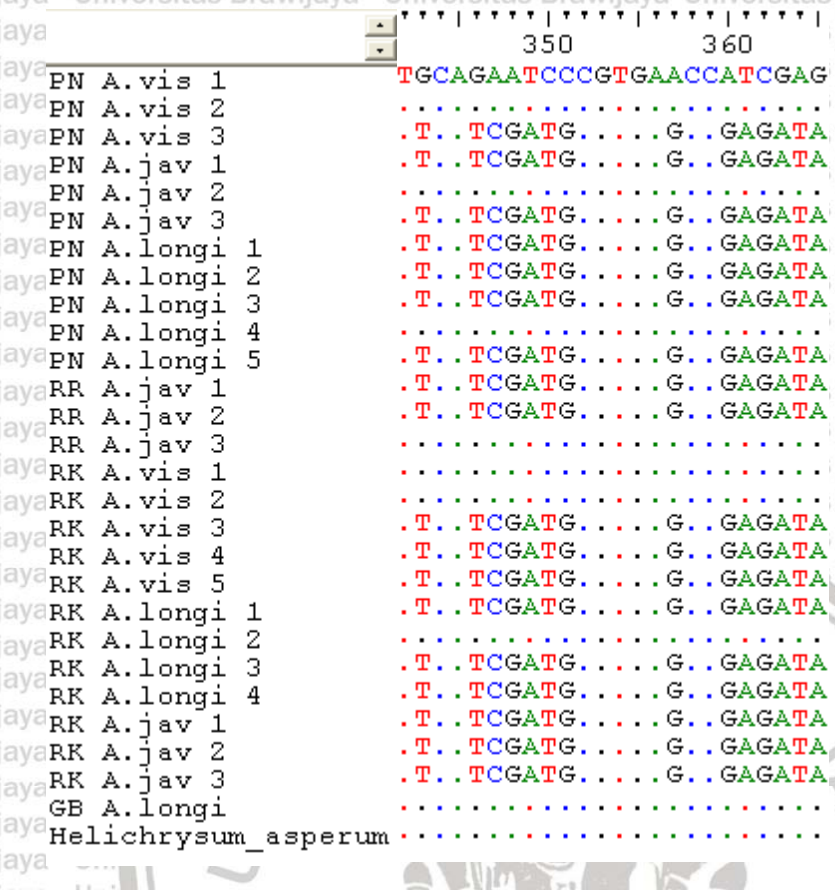
Lampiran 3. Hasil Pensejajaran Sekuen ITS Ingrup dan Outgrup (lanjutan)

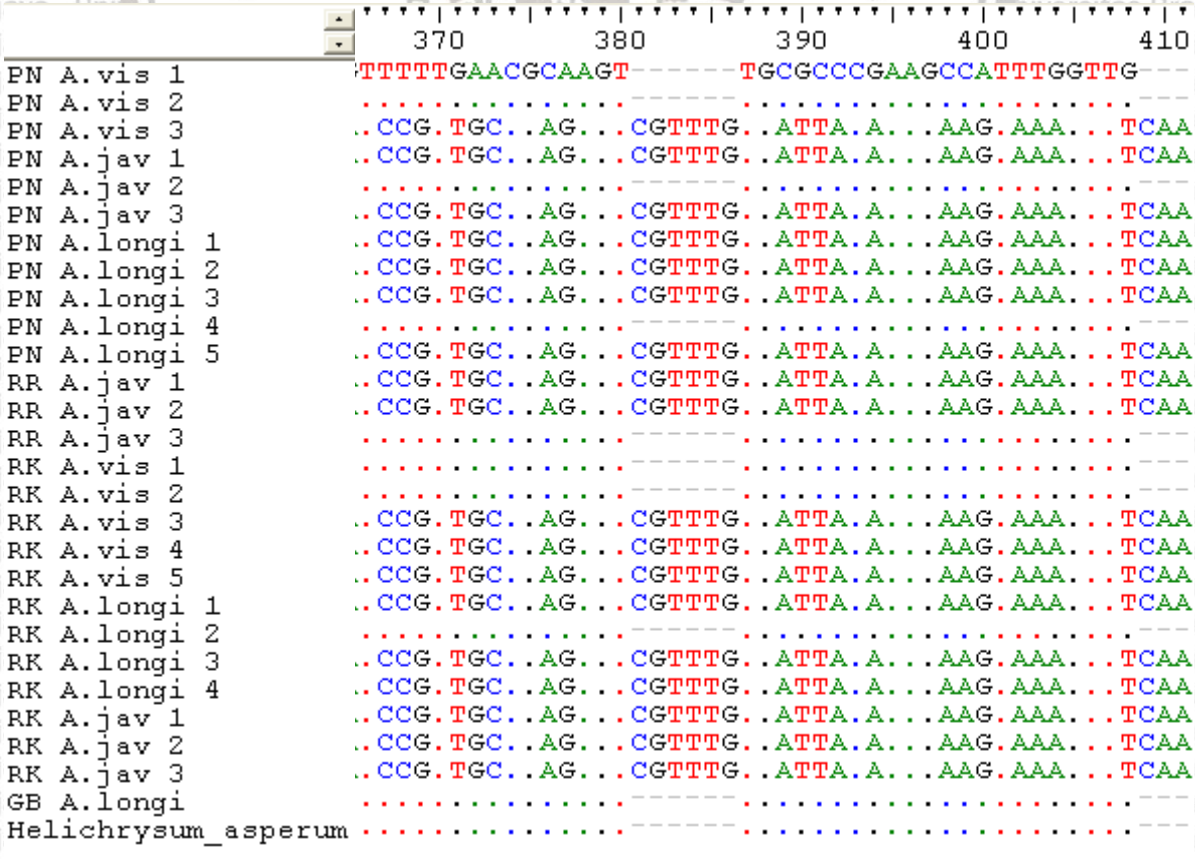




repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya

Lampiran 3. Hasil Pensejajaran Sekuen ITS Ingrup dan Outgrup (lanjutan)



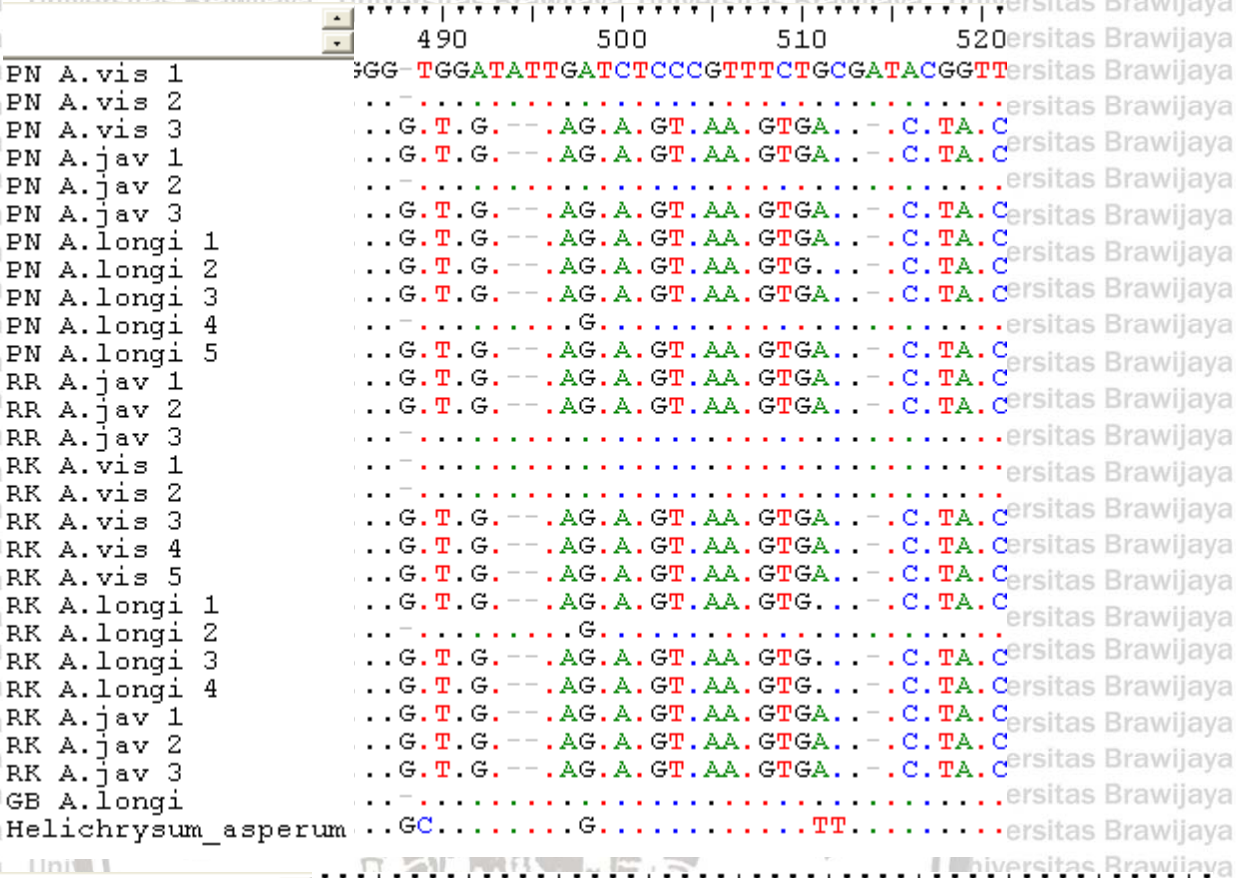


Lampiran 3. Hasil Pensejajaran Sekuen ITS Ingrup dan Outgrup (lanjutan)

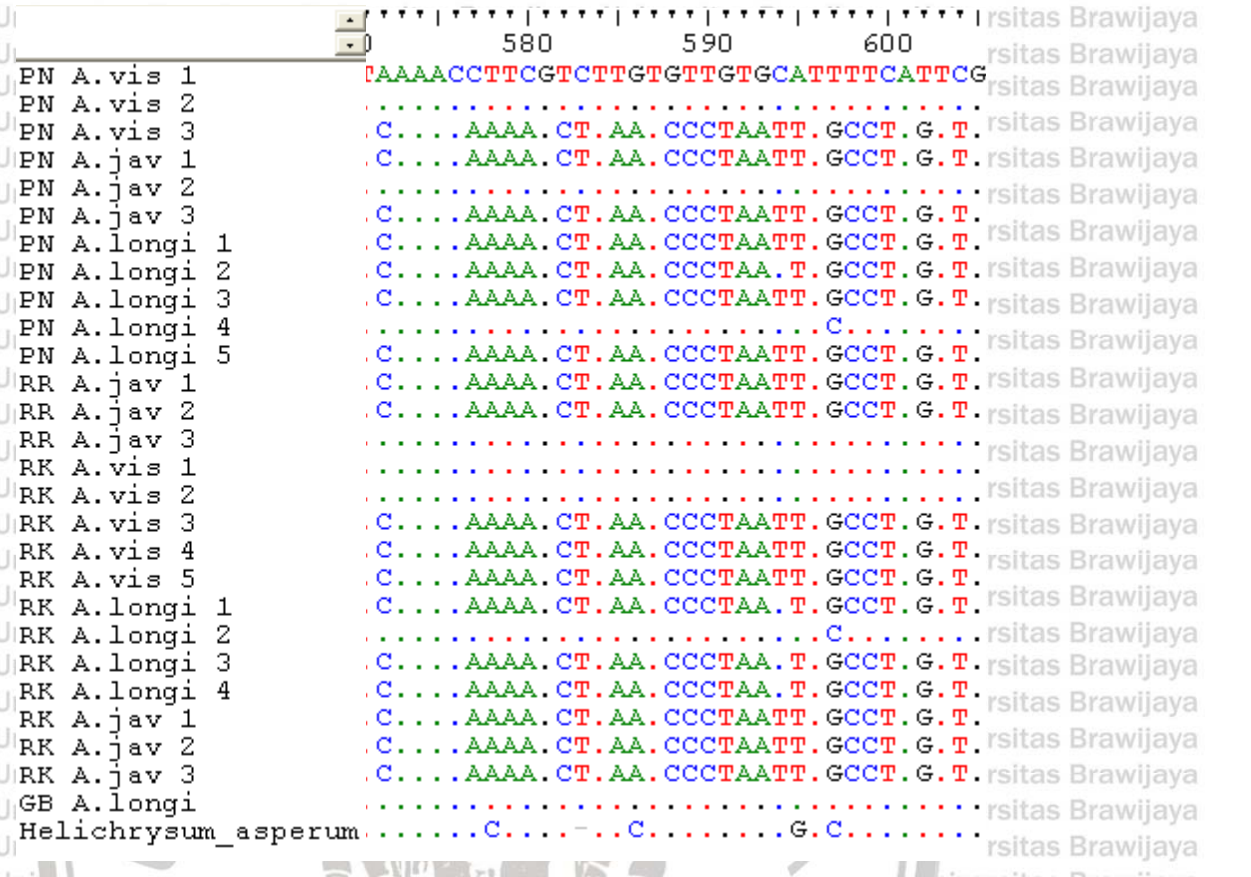
```
                          420        430        440        450        460
PN A.vis 1                -AGGGCAC-GTCTGCCTGGGCGTCACGCATCGTGTCACCCCCTA-CCACT
PN A.vis 2                -.......-..................................-.....
PN A.vis 3                .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
PN A.jav 1                .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
PN A.jav 2                -.......-..................................-.....
PN A.jav 3                .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
PN A.longi 1              .T..T....C.CAAAA.GA.A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
PN A.longi 2              .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
PN A.longi 3              .T..T....C.CAAAA.GA.A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
PN A.longi 4              -.......-..................................-.....
PN A.longi 5              .T..T....C.CAAAA.GA.A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
RR A.jav 1                .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
RR A.jav 2                .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
RR A.jav 3                -.......-..................................-.....
RK A.vis 1                -.......-..................................-.....
RK A.vis 2                -.......-..................................-.....
RK A.vis 3                .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
RK A.vis 4                .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
RK A.vis 5                .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
RK A.longi 1              .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
RK A.longi 2              -.......-..................................-.....
RK A.longi 3              .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
RK A.longi 4              .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
RK A.jav 1                .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
RK A.jav 2                .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
RK A.jav 3                .T..T....C.CAAAA.G..A.A...T.A.A.T.CCATT..TA..GTT.TA
GB A.longi                -.......-..................................-.....
Helichrysum_asperum       -.......-..................................-.....
```

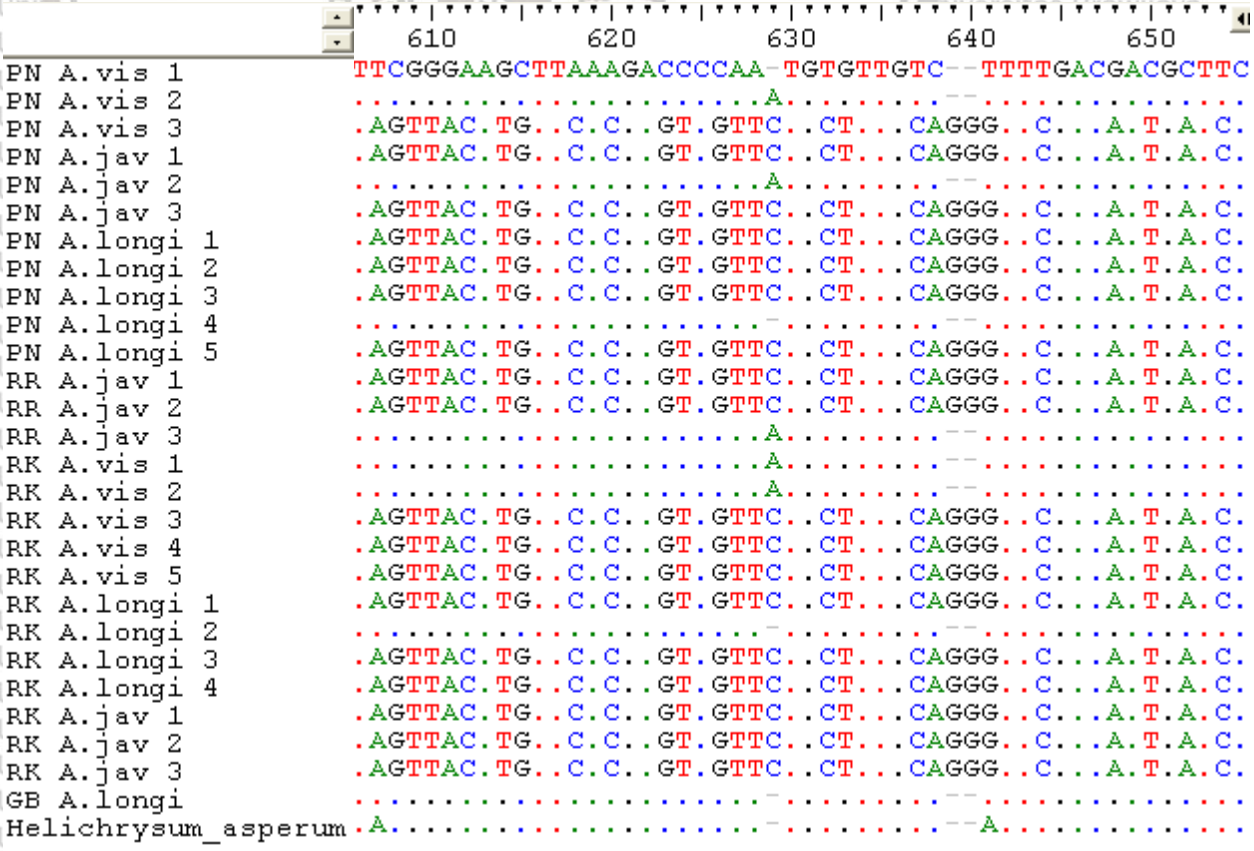
```
                          470        480
PN A.vis 1                CTTTAAATGG-ATGTTTGGTGCGG
PN A.vis 2                ..........-.............
PN A.vis 3                A...CCT...C.CA..CC....C.
PN A.jav 1                A...CCT...C.CA..CC....C.
PN A.jav 2                ..........-.............
PN A.jav 3                A...CCT...C.CA..CC....C.
PN A.longi 1              A...CCT...C.CA..CC....C.
PN A.longi 2              A...CCT...C.CA..CC....C.
PN A.longi 3              A...CCT...C.CA..CC....C.
PN A.longi 4              ..........-........TT..
PN A.longi 5              A...CCT...C.CA..CC....C.
RR A.jav 1                A...CCT...C.CA..CC....C.
RR A.jav 2                A...CCT...C.CA..CC....C.
RR A.jav 3                ..........-.............
RK A.vis 1                ..........-.............
RK A.vis 2                ..........-.............
RK A.vis 3                A...CCT...C.CA..CC....C.
RK A.vis 4                A...CCT...C.CA..CC....C.
RK A.vis 5                A...CCT...C.CA..CC....C.
RK A.longi 1              A...CCT...C.CA..CC....C.
RK A.longi 2              ..........-........TT..
RK A.longi 3              A...CCT...C.CA..CC....C.
RK A.longi 4              A...CCT...C.CA..CC....C.
RK A.jav 1                A...CCT...C.CA..CC....C.
RK A.jav 2                A...CCT...C.CA..CC....C.
RK A.jav 3                A...CCT...C.CA..CC....C.
GB A.longi                ..........-.............
Helichrysum_asperum       .C..T..C..-.........T..
```

Lampiran 3. Hasil Pensejajaran Sekuen ITS Ingrup dan Outgrup (lanjutan)



Lampiran 3. Hasil Pensejajaran Sekuen ITS Ingrup dan Outgrup (lanjutan)



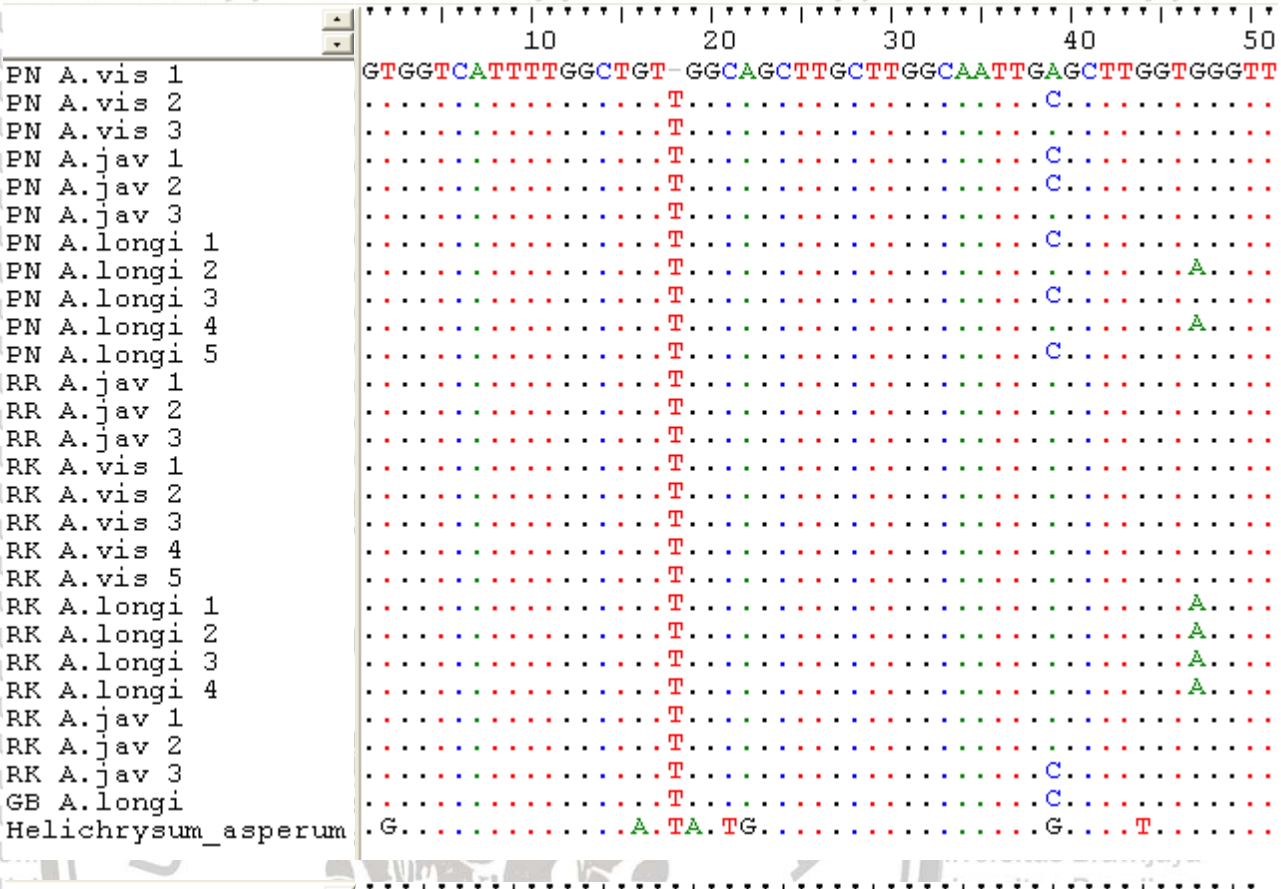


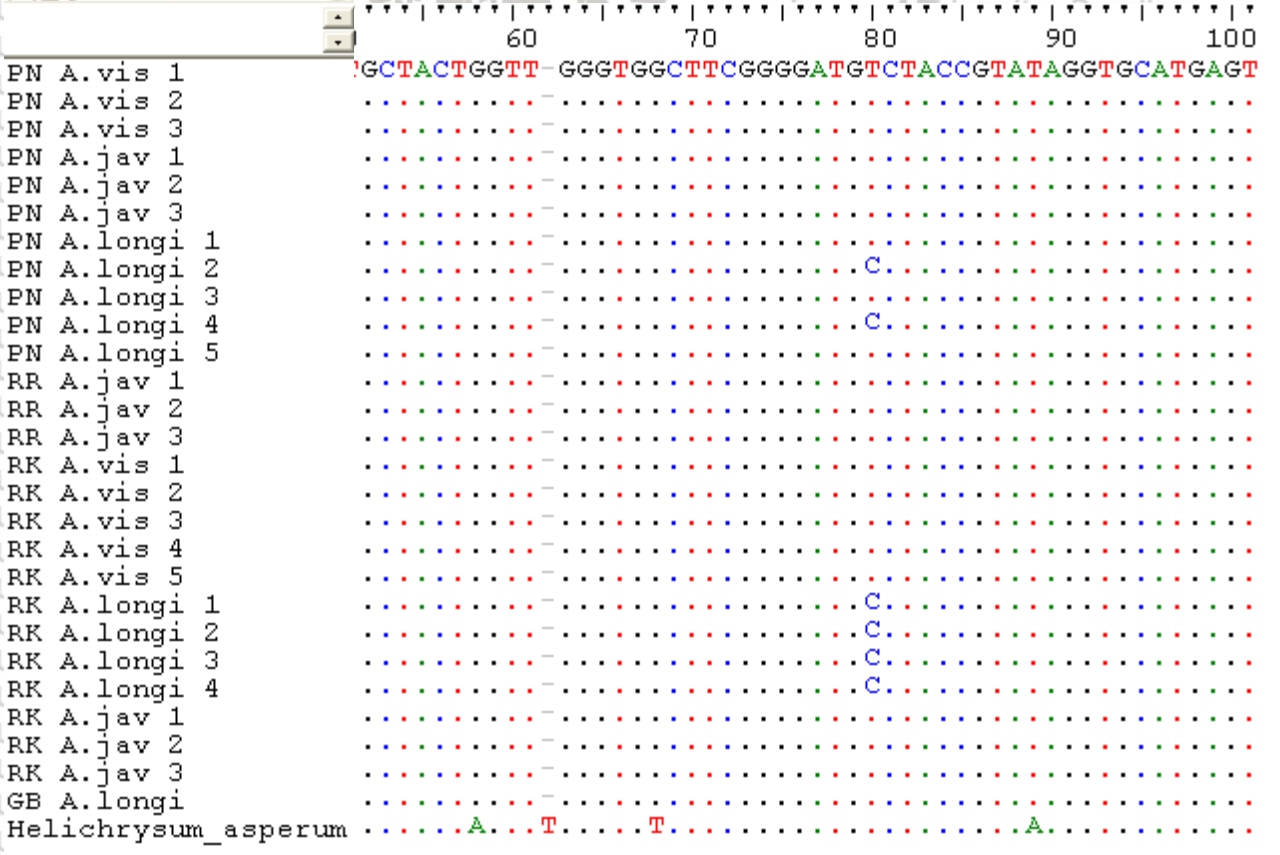
UNIVERSITAS BRAWIJAYA repository.ub.ac.id

Lampiran 4. Hasil *Pairwise Distance* Sekuen ITS Ingrup dan Outgrup

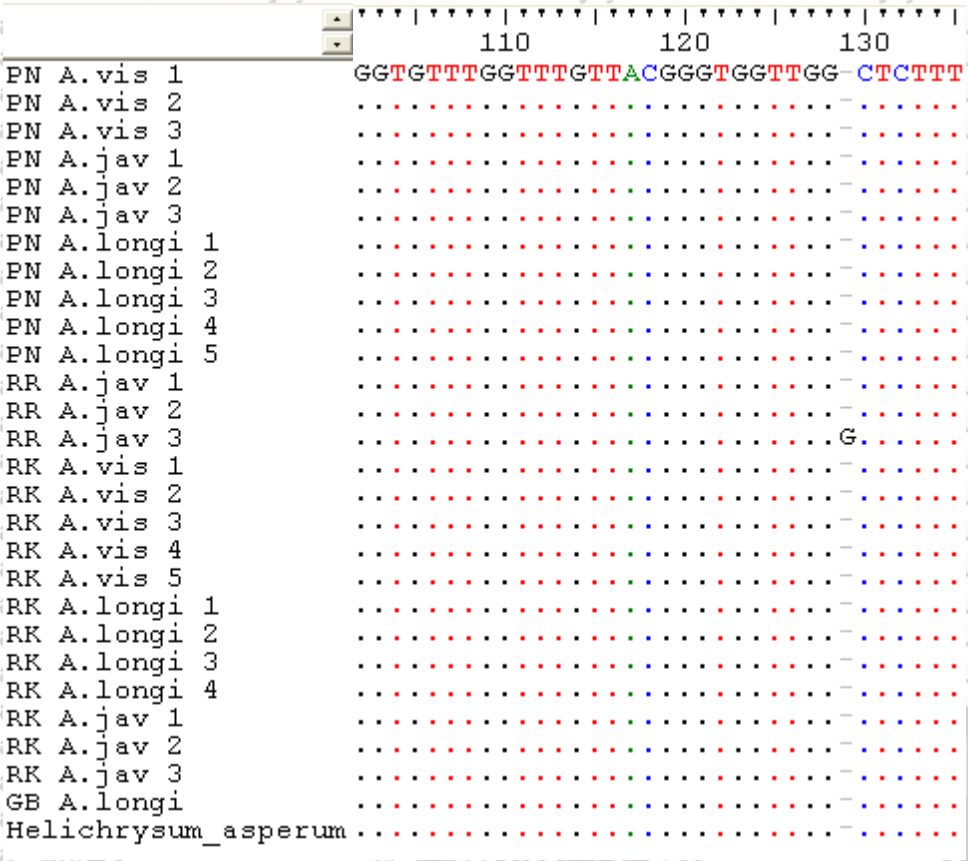
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1. RK A.jav 1																												
2. RK A.jav 2	0.000																											
3. RK A.jav 3	0.000	0.000																										
4. RR A.jav 3	0.000	0.000	0.000																									
5. PN A.vis 1	0.000	0.000	0.000	0.000																								
6. PN A.vis 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000																							
7. PN A.jav 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000																						
8. PN A.jav 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000																					
9. PN A.longi 1	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005																				
10. RK A.longi 1	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015																			
11. PN A.longi 4	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015	0.000																		
12. RK A.vis 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.010	0.010																	
13. RK A.vis 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.010	0.010	0.000																
14. RK A.longi 2	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015	0.000	0.000	0.010	0.010															
15. GB A.longi	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.000	0.015	0.015	0.005	0.005	0.015														
16. PN A.vis 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.010	0.010	0.000	0.000	0.010	0.005													
17. PN A.jav 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.010	0.010	0.000	0.000	0.010	0.005	0.000												
18. PN A.longi 3	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.000	0.015	0.015	0.005	0.005	0.015	0.000	0.005	0.005											
19. PN A.longi 5	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.000	0.015	0.015	0.005	0.005	0.015	0.000	0.005	0.005	0.000										
20. RK A.vis 4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.010	0.010	0.000	0.000	0.010	0.005	0.000	0.000	0.005	0.005									
21. RK A.vis 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.010	0.010	0.000	0.000	0.010	0.005	0.000	0.000	0.005	0.005	0.000								
22. RK A.longi 4	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015	0.000	0.000	0.010	0.010	0.000	0.015	0.010	0.010	0.015	0.015	0.010	0.010							
23. RK A.vis 5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.010	0.010	0.000	0.000	0.010	0.005	0.000	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.010						
24. RR A.jav 2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.010	0.010	0.000	0.000	0.010	0.005	0.000	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.010	0.000					
25. PN A.longi 2	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015	0.000	0.000	0.010	0.010	0.000	0.015	0.010	0.010	0.015	0.015	0.010	0.010	0.000	0.010	0.010				
26. RK A.longi 3	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.015	0.000	0.000	0.010	0.010	0.000	0.015	0.010	0.010	0.015	0.015	0.010	0.010	0.000	0.010	0.010	0.000			
27. RR A.jav 1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.010	0.010	0.000	0.000	0.010	0.005	0.000	0.000	0.005	0.005	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.010	0.010		
28. Helichrysum asperum	1.193	1.193	1.193	1.193	1.193	1.193	1.193	1.193	1.182	1.211	1.211	1.193	1.193	1.211	1.182	1.193	1.193	1.182	1.182	1.193	1.193	1.211	1.193	1.193	1.211	1.211	1.193	

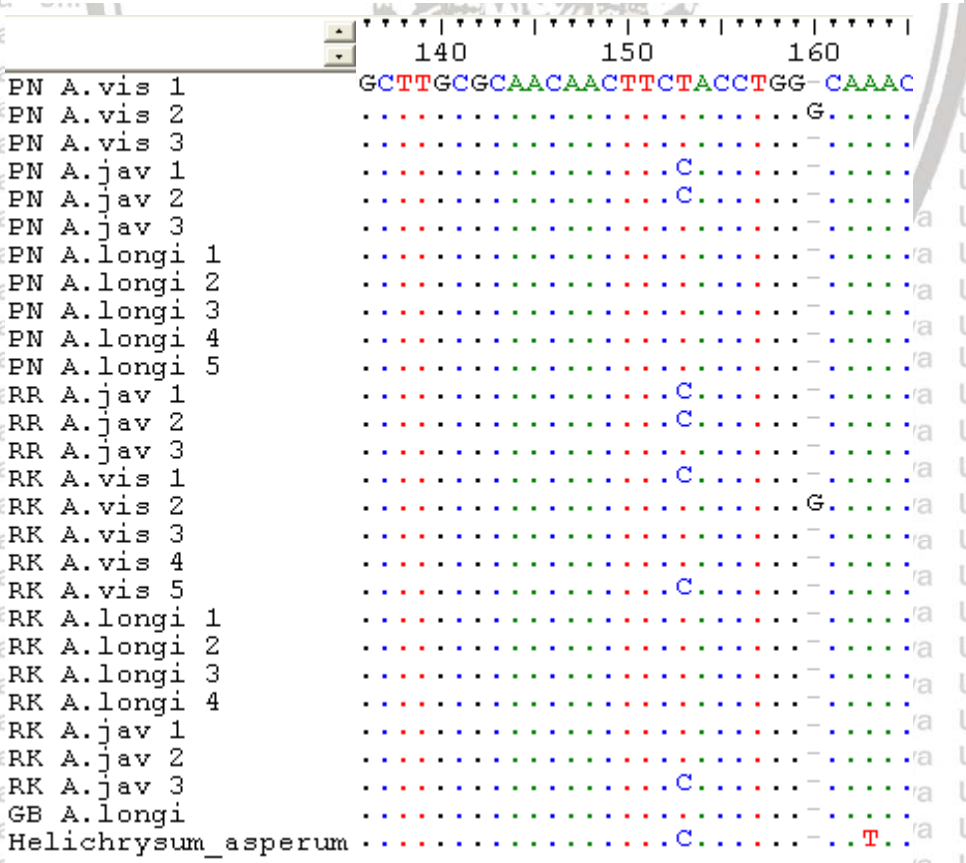
Lampiran 5. Hasil Pensejajaran Sekuen ETS Ingrup dan Outgrup



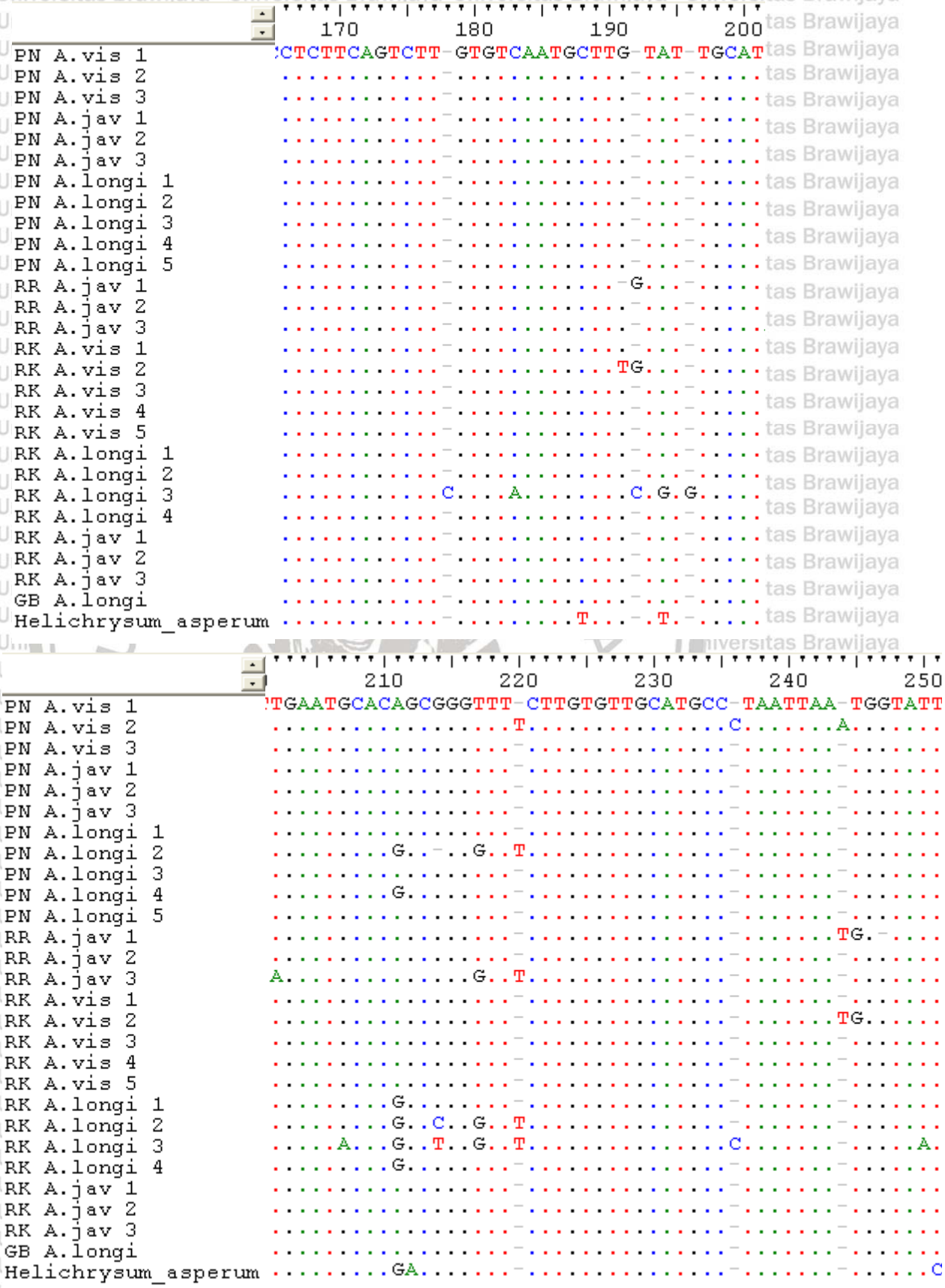


Lampiran 5. Hasil Pensejajaran Sekuen ETS Ingrup dan Outgrup (lanjutan)

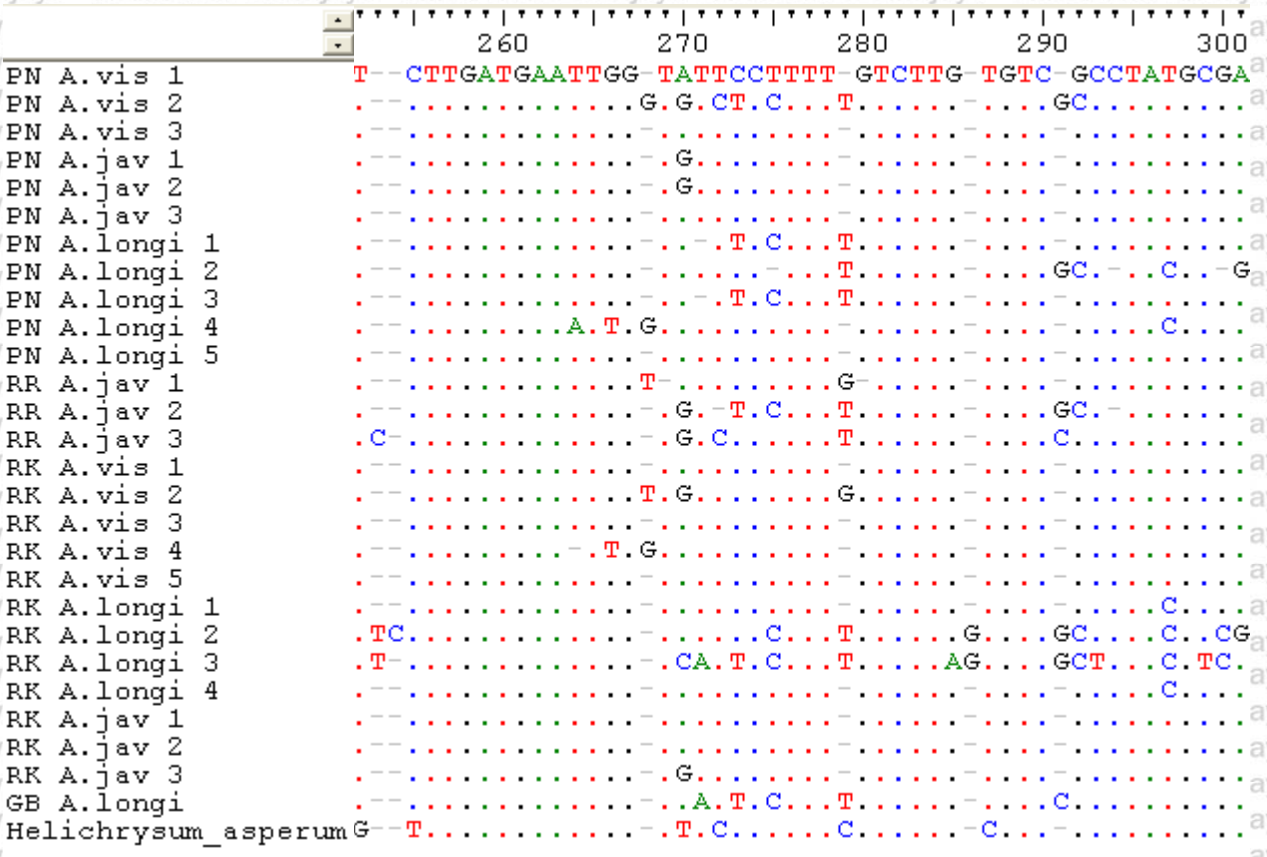


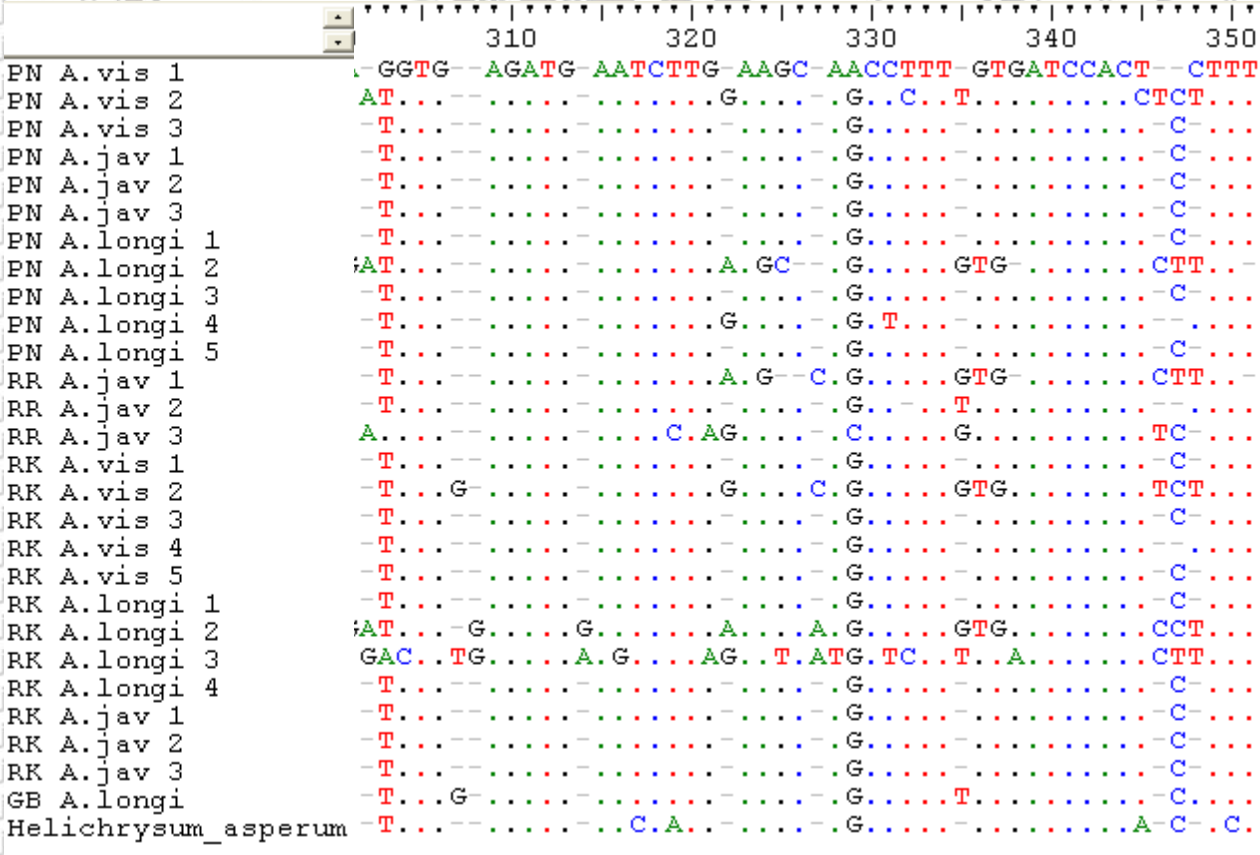


Lampiran 5. Hasil Pensejajaran Sekuen ETS Ingrup dan Outgrup (lanjutan)

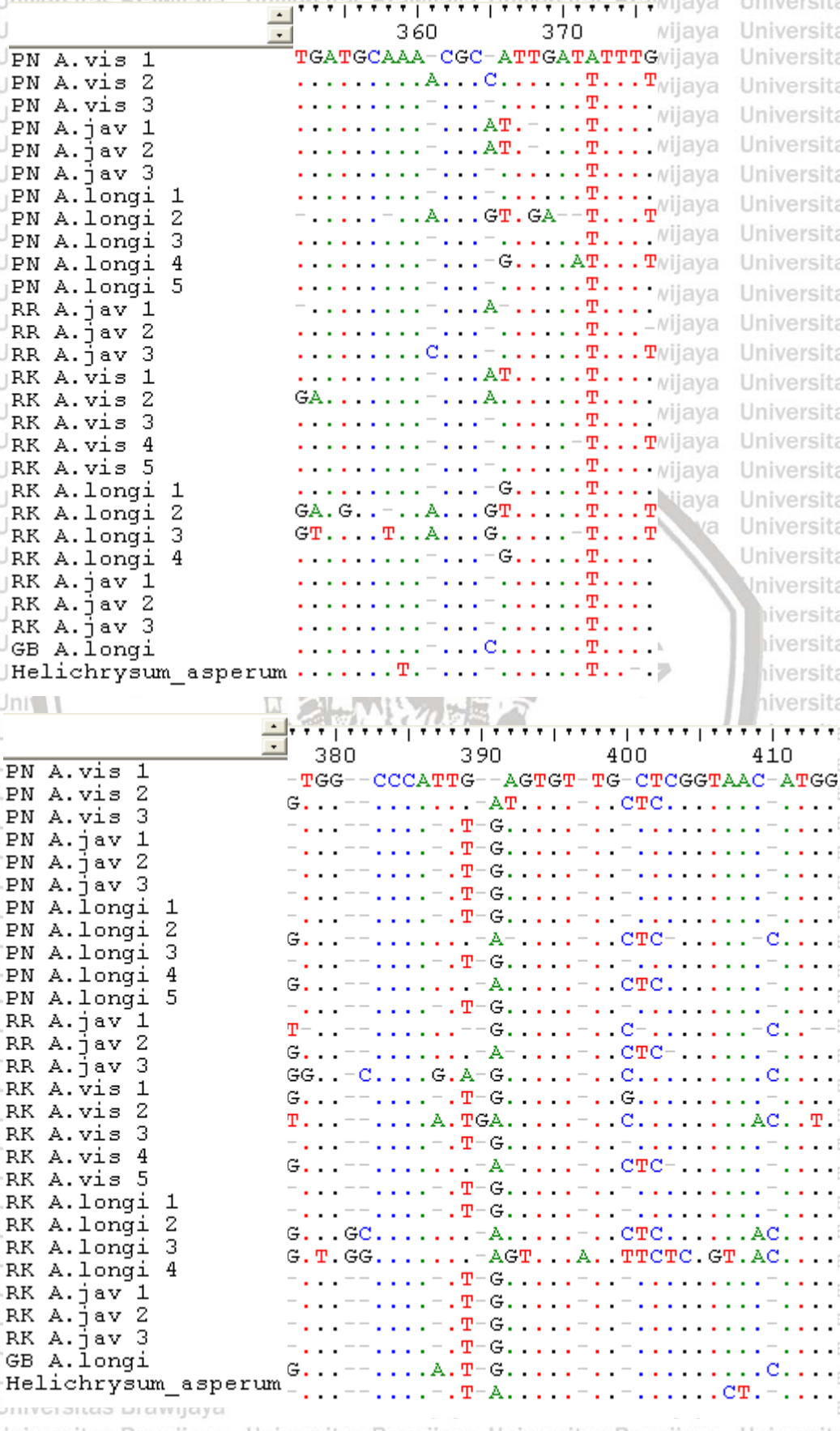


Lampiran 5. Hasil Pensejajaran Sekuen ETS Ingrup dan Outgrup (lanjutan)



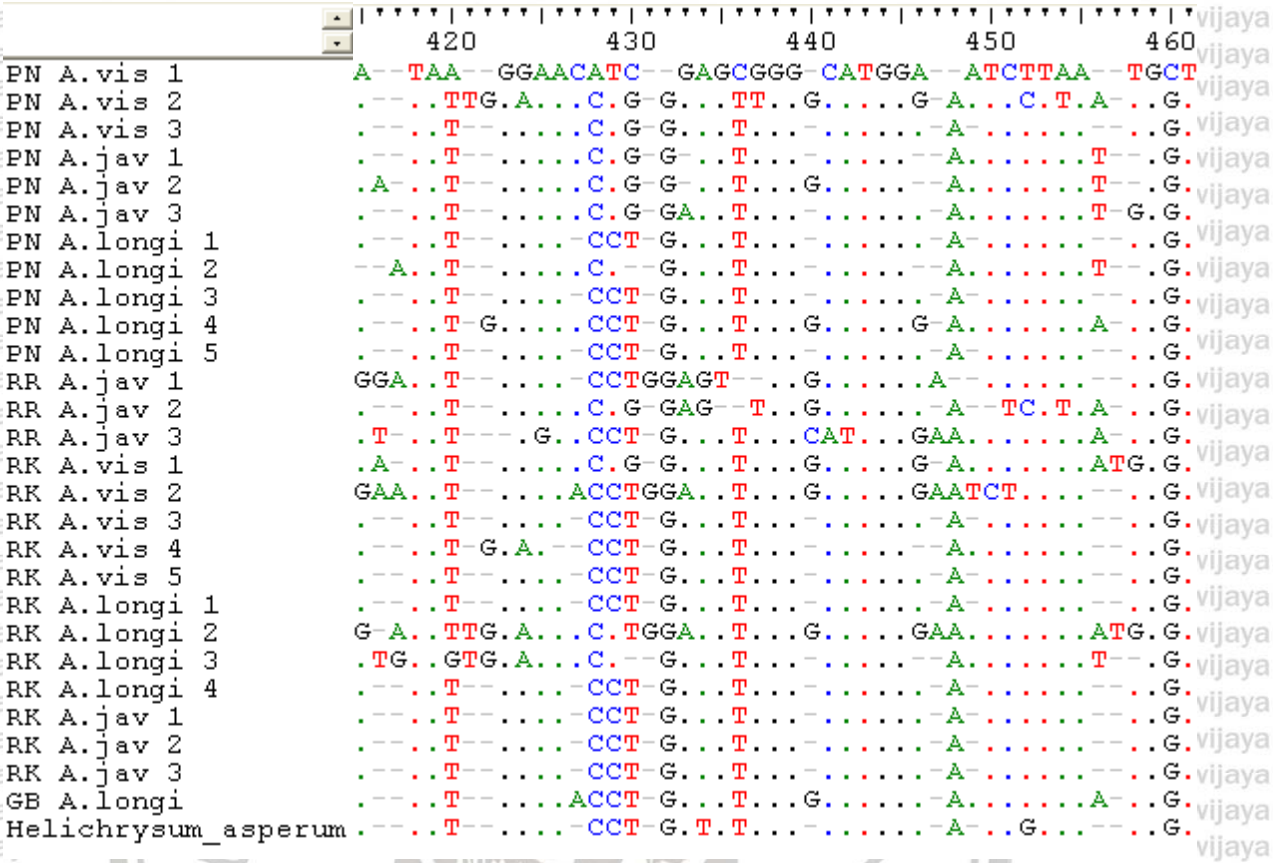


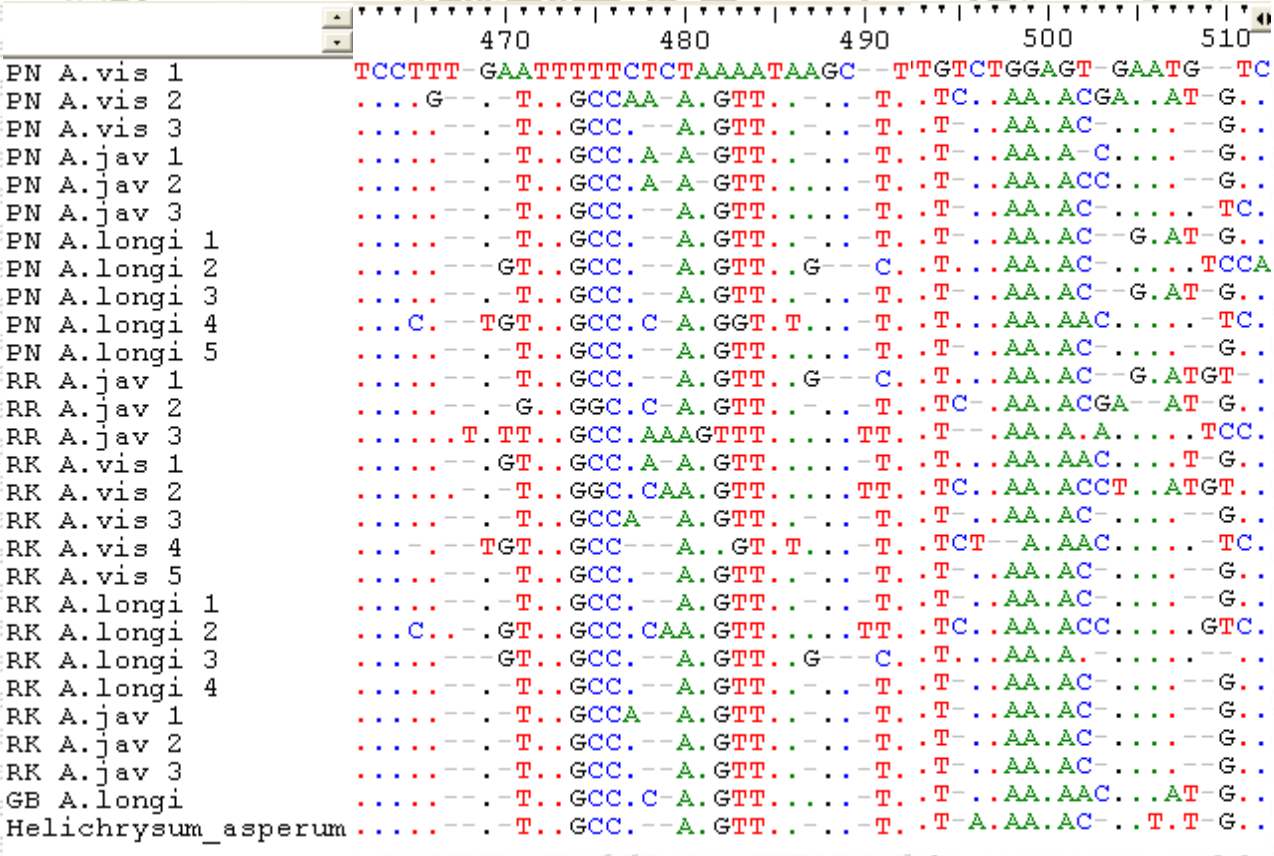
Lampiran 5. Hasil Pensejajaran Sekuen ETS Ingrup dan Outgrup (lanjutan)



repository.ub.ac.id

Lampiran 5. Hasil Pensejajaran Sekuen ETS Ingrup dan Outgrup (lanjutan)





UNIVERSITAS BRAWIJAYA repository.ub.ac.id

Lampiran 6. Hasil *Pairwise Distance* Sekuen ETS Ingrup dan Outgrup

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1. PN A.vis 1																												
2. PN A.vis 2	0.075																											
3. PN A.vis 3	0.045	0.029																										
4. PN A.jav 1	0.053	0.026	0.008																									
5. PN A.jav 2	0.053	0.026	0.008	0.000																								
6. PN A.jav 3	0.045	0.029	0.000	0.008	0.008																							
7. PN A.longi 1	0.056	0.023	0.010	0.013	0.013	0.010																						
8. PN A.longi 2	0.081	0.053	0.034	0.042	0.042	0.034	0.045																					
9. PN A.longi 3	0.056	0.023	0.010	0.013	0.013	0.010	0.000	0.045																				
10. PN A.longi 4	0.070	0.050	0.026	0.034	0.034	0.026	0.031	0.034	0.031																			
11. PN A.longi 5	0.050	0.029	0.005	0.008	0.008	0.005	0.005	0.039	0.005	0.026																		
12. RR A.jav 1	0.067	0.045	0.021	0.023	0.023	0.021	0.021	0.039	0.021	0.042	0.021																	
13. RR A.jav 2	0.072	0.023	0.031	0.029	0.029	0.031	0.031	0.056	0.031	0.053	0.037	0.037																
14. RR A.jav 3	0.067	0.056	0.031	0.034	0.034	0.031	0.037	0.061	0.037	0.053	0.031	0.047	0.058															
15. RK A.vis 1	0.047	0.031	0.003	0.005	0.005	0.003	0.013	0.037	0.013	0.029	0.008	0.018	0.029	0.034														
16. RK A.vis 2	0.067	0.042	0.023	0.026	0.026	0.023	0.023	0.048	0.023	0.045	0.023	0.018	0.034	0.045	0.026													
17. RK A.vis 3	0.047	0.031	0.003	0.010	0.010	0.003	0.008	0.037	0.008	0.023	0.003	0.018	0.034	0.029	0.005	0.021												
18. RK A.vis 4	0.056	0.037	0.018	0.026	0.026	0.018	0.023	0.047	0.023	0.018	0.018	0.034	0.045	0.042	0.021	0.037	0.015											
19. RK A.vis 5	0.050	0.034	0.005	0.008	0.008	0.005	0.010	0.039	0.010	0.026	0.005	0.015	0.031	0.031	0.003	0.023	0.003	0.018										
20. RK A.longi 1	0.058	0.042	0.013	0.021	0.021	0.013	0.018	0.026	0.018	0.013	0.013	0.029	0.045	0.039	0.016	0.031	0.010	0.026	0.013									
21. RK A.longi 2	0.081	0.047	0.034	0.042	0.042	0.034	0.045	0.015	0.045	0.034	0.039	0.045	0.056	0.061	0.037	0.042	0.037	0.042	0.039	0.026								
22. RK A.longi 3	0.125	0.086	0.081	0.087	0.087	0.081	0.087	0.078	0.087	0.075	0.087	0.104	0.095	0.098	0.084	0.101	0.084	0.089	0.087	0.072	0.069							
23. RK A.longi 4	0.058	0.042	0.013	0.021	0.021	0.013	0.018	0.026	0.018	0.013	0.013	0.029	0.045	0.039	0.016	0.031	0.010	0.026	0.013	0.000	0.026	0.072						
24. RK A.jav 1	0.047	0.031	0.003	0.010	0.010	0.003	0.008	0.037	0.008	0.023	0.003	0.018	0.034	0.029	0.005	0.021	0.000	0.015	0.003	0.010	0.037	0.084	0.010					
25. RK A.jav 2	0.047	0.031	0.003	0.010	0.010	0.003	0.008	0.037	0.008	0.023	0.003	0.018	0.034	0.029	0.005	0.021	0.000	0.015	0.003	0.010	0.037	0.084	0.010	0.000				
26. RK A.jav 3	0.056	0.029	0.010	0.003	0.003	0.010	0.010	0.045	0.010	0.031	0.005	0.021	0.031	0.031	0.008	0.023	0.008	0.023	0.005	0.018	0.045	0.090	0.018	0.008	0.008			
27. GB A.longi	0.056	0.023	0.010	0.013	0.013	0.010	0.000	0.045	0.000	0.031	0.005	0.021	0.031	0.037	0.013	0.023	0.008	0.023	0.010	0.018	0.045	0.087	0.018	0.008	0.008	0.010		
28. Helichrysum asperum	0.134	0.104	0.084	0.081	0.081	0.084	0.087	0.116	0.087	0.101	0.081	0.092	0.104	0.107	0.081	0.101	0.081	0.098	0.078	0.087	0.116	0.159	0.087	0.081	0.081	0.078	0.087	

Lampiran 7. Hasil Analisis Genetika Populasi *Anaphalis javanica* di TNBTS dengan Program POPGENE 1.31 (Yeh et al. 1997)

Tabel 1. Hasil Analisis Diversitas Genetik (Program POPGENE 1.31, Yeh et al. 1997) pada Masing-Masing Populasi Ranu Regulo, Penanjakan, dan Ranu Kumbolo, TNBTS

Populasi	Jumlah sampel	N_a	N_e	*H*	*I*
Ranu Regulo	3	1.049	1.034	0.019	0.028
Penanjakan	3	1.024	1.023	0.012	0.017
Ranu Kumbolo	3	1.000	1.000	0.000	0.000

Keterangan:N_a : Rata-rata jumlah alel yang diamati; N_e : rata-rata jumlah alel efektif; *H* : rata-rata Heterozigositas/diversitas genetik Nei; *I* : rata-rata Indeks Shannon

Tabel 2. Hasil Analisis Diversitas Genetik *A. javanica* dan Nilai *Gene Flow* (Program POPGENE 1.31, Yeh et al. 1997)

Jumlah sampel	H_T	H_S	D_{ST}	G_{ST}	N_M
9	0.020	0.011	0.009	0.474	0.555

Keterangan: H_T : nilai heterozigositas total populasi (H_S+D_{ST}); H_S : nilai heterozigositas dalam populasi; D_{ST} : nilai heterozigositas antar populasi; G_{ST} : genetik diferensiasi antar populasi; N_M : aliran gen (*gene flow*)

Tabel 3. Nilai Jarak Genetik (*Genetic Distance*) pada Populasi *A. javanica*

Populasi	Ranu Regulo	Penanjakan	Ranu Kumbolo
Ranu Regulo	-		
Penanjakan	0.0097	-	
Ranu Kumbolo	0.0249	0.0082	-

Lampiran 8. Hasil Analisis Genetika Populasi *Anaphalis longifolia* di TNBTS dengan Program POPGENE 1.31 (Yeh et al. 1997)

Tabel 1. Hasil Analisis Diversitas Genetik (Program POPGENE 1.31, Yeh et al. 1997) pada Masing-Masing Populasi Penanjakan, Ranu Kumbolo, dan Gn. Batok, TNBTS

Populasi	Jumlah sampel	N_a	N_e	*H*	*I*
Penanjakan	5	1.049	1.011	0.009	0.016
Ranu Kumbolo	4	1.049	1.049	0.024	0.034
Gn. Batok	1	1.000	1.000	0.000	0.000

Keterangan:N_a : Rata-rata jumlah alel yang diamati; N_e : rata-rata jumlah alel efektif; *H* : rata-rata Heterozigositas/diversitas genetik Nei; *I* : rata-rata Indeks Shannon

Tabel 2. Hasil Analisis Diversitas Genetik *A. longifolia* dan Nilai *Gene Flow* (Program POPGENE 1.31, Yeh et al. 1997)

Jumlah sampel	H_T	H_S	D_{ST}	G_{ST}	N_M
10	0.024	0.011	0.013	0.538	0.428

Keterangan: H_T : nilai heterozigositas total populasi (H_S+D_{ST}); H_S : nilai heterozigositas dalam populasi; D_{ST} : nilai heterozigositas antar populasi; G_{ST} : genetik diferensiasi antar populasi; N_M : aliran gen (*gene flow*)

Tabel 3. Nilai Jarak Genetik (*Genetic Distance*) pada Populasi *A. longifolia*

Populasi	Penanjakan	Ranu Kumbolo	Gn. Batok
Penanjakan	-		
Ranu Kumbolo	0.0077	-	
Gn. Batok	0.0400	0.0123	-

Lampiran 9. Hasil Analisis Genetika Populasi *Anaphalis viscida* di TNBTS dengan Program POPGENE 1.31 (Yeh et al. 1997)

Tabel 1. Hasil Analisis Diversitas Genetik (Program POPGENE 1.31, Yeh et al. 1997) pada Masing-Masing Populasi Penanjakan, dan Ranu Kumbolo, TNBTS

Populasi	Jumlah sampel	N_a	N_e	*H*	*I*
Penanjakan	3	1.000	1.000	0.000	0.000
Ranu Kumbolo	5	1.024	1.023	0.012	0.017

Keterangan:N_a : Rata-rata jumlah alel yang diamati; N_e : rata-rata jumlah alel efektif; *H* : rata-rata Heterozigositas/diversitas genetik Nei; *I* : rata-rata Indeks Shannon

Tabel 2. Hasil Analisis Diversitas Genetik *A. viscida* dan Nilai *Gene Flow* (Program POPGENE 1.31, Yeh et al. 1997)

Jumlah sampel	H_T	H_S	D_{ST}	G_{ST}	N_M
8	0.008	0.006	0.002	0.288	1.236

Keterangan: H_T : nilai heterozigositas total populasi (H_S+D_{ST}); H_S : nilai heterozigositas dalam populasi; D_{ST} : nilai heterozigositas antar populasi; G_{ST} : genetik diferensiasi antar populasi; N_M : aliran gen (*gene flow*)

Tabel 3. Nilai Jarak Genetik (*Genetic Distance*) pada Populasi *A. viscida*

Populasi	Penanjakan	Ranu Kumbolo
Penanjakan	-	
Ranu Kumbolo	0.0049	-

Lampiran 10. Dokumentasi Kondisi (Situasi) Habitat Populasi *Anaphalis* di Setiap Lokasi Pengamatan

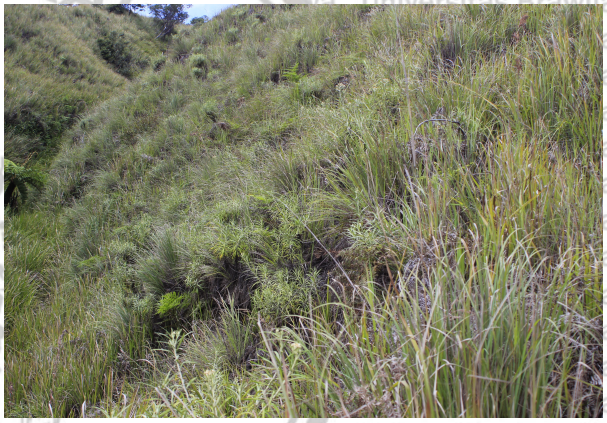
1. Area Ranu Regulo

2. Area Penanjakan

Lampiran 10. Dokumentasi Kondisi (Situasi) Habitat Populasi *Anaphalis* di Setiap Lokasi Pengamatan (lanjutan)

3. Area Ranu Kumbolo

4. Area Gunung Batok



Lampiran 11. Sertifikat Seminar Internasional

CERTIFICATE

This is to certify that

FILZA YULINA ADE

Has participated in the

8th International Conference on Global Resource Conservation (ICGRC) 2017

"Green Campus Movement for Global Conservation"

as Oral Presenter

19 – 20 July 2017 at UB Guest House Malang, Indonesia

Rector of Universitas Brawijaya

Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS.

Chairman of ICGRC 2017

Nia Kurniawan, S.Si., MP., D.Sc

Organized by:
Biology Department
Universitas Brawijaya

CERTIFICATE

This is to certify that

FILZA YULINA ADE

has participated at

A JOINT CONFERENCE OF BRAWIJAYA UNIVERSITY
& RITSUMEIKAN UNIVERSITY:
THE 9th INTERNATIONAL CONFERENCE ON GLOBAL RESOURCE CONSERVATION (ICGRC)
& AJI FROM RITSUMEIKAN UNIVERSITY

"Toward Sustainable Development Goals:
Green Campus, Sustainability and Technology"

as ORAL PRESENTER

Phylogenetic study of Anaphalis spp. at Penanjakan Area, Bromo Tengger Semeru National Park Based on Sequence Variations ITS region

Ijen Suites Hotel Resort & Convention, Malang
7- 8th March 2018

Prof. GyongSu Mun
Vice-Director Asia-Japan Research Institute

Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS
Rector of Universitas Brawijaya

Dian Siswanto, Ph.D
Conference Chairperson

Lampiran 12. Surat Keterangan Bebas Plagiasi

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
PASCASARJANA
Jl. Mayjen Haryono 169, Malang65145, Indonesia
Telp.:+62-341-571260 ; Fax: +62-341-580801
http://ppsub.ub.ac.id E-mail: ppsub@ub.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIASI
Nomor:2248/UN10.F40/PN/2019

Direktur Pascasarjana Universitas Brawijaya menyatakan bahwa Disertasi:

Nama	: Filza Yulina Ade
NIM	: 157090100111004
Judul	: Distribusi Spasial, Karakteristik Habitat, dan Diversitas Genetis Anaphalis spp. di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru
Program studi	: Program Doktor Biologi
Fakultas	: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi ≤5%, dan dinyatakan bebas dari plagiasi (Rincian hasil plagiasi terlampir).
Demikian surat ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

10 September 2019
Direktur

Prof. Dr. Marjono, M.Phil
NIP. 19621116 198803 1 004

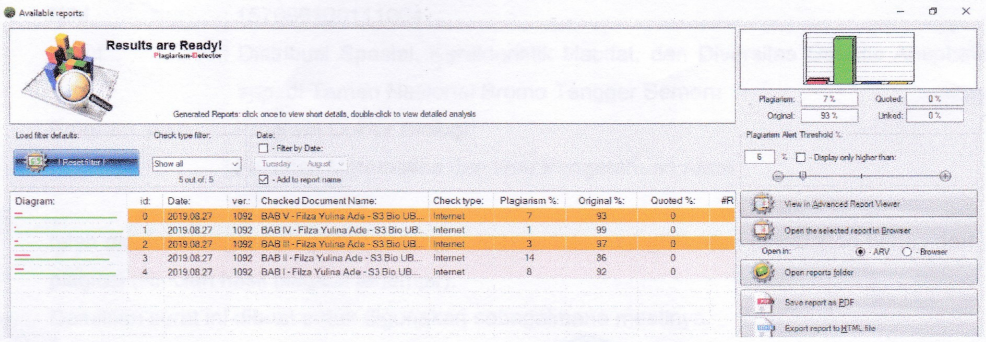
Tembusan:
1. Ketua Program Studi yang bersangkutan
2. Pembimbing/Promotor

repository.ub.ac.id

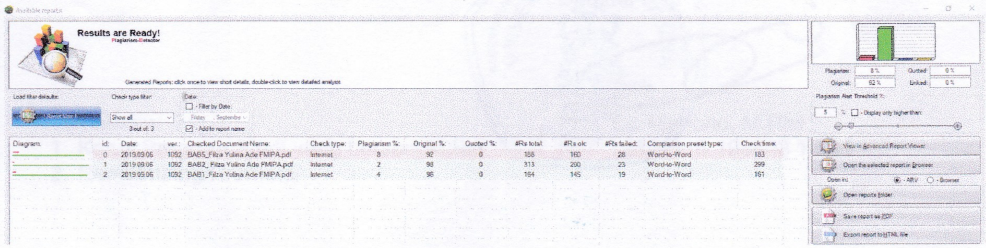
Laporan Hasil Deteksi Plagiasi

Nama : Filza Yulina Ade
Jenis artikel : Disertasi
Program Studi : Program Doktor Biologi

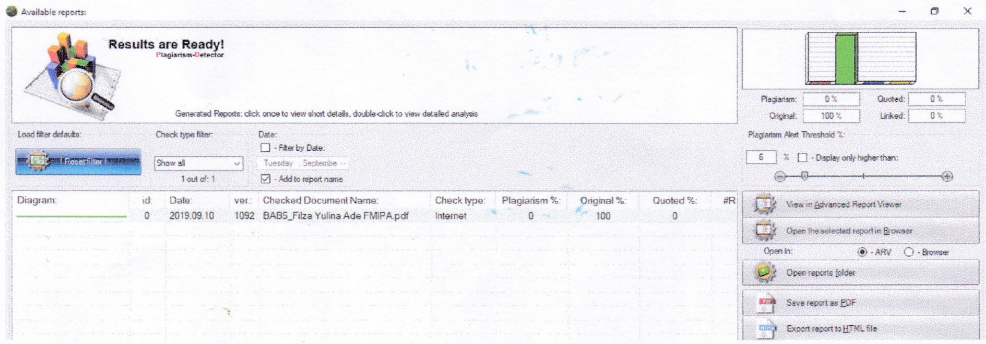
Hasil Deteksi Plagiasi ke-1



Hasil Deteksi Plagiasi ke-2



Hasil Deteksi Plagiasi ke-3



Lampiran 13. Sertifikat Bebas Plagiasi

19 0133 D

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
PASCASARJANA

plagiarism-detector
Cutting-edge class tool for plagiarism detection and prevention

SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor: 2248/UN10.F40/PN/2019

Sertifikat ini diberikan kepada:

Nama	: Filza Yulina Ade
NIM	: 157090100111004
Program Studi	: Program Doktor Biologi
Fakultas	: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas	: Universitas Brawijaya

Dengan Judul **Disertasi**

Distribusi Spasial, Karakteristik Habitat, dan Diversitas Genetis *Anaphalis* spp. di Taman Nasional Bromo Tengger Semeru

Telah dideteksi tingkat plagiasinya secara online pada tanggal **10 September 2019** dan dinyatakan **bebas plagiasi** dengan kriteria toleransi ≤ 5%.

Direktur

Prof. Dr. Marjono, M.Phil
NIP. 19621116198803 1004

Malang, 10 September 2019
Ketua Badan Penerbitan Jurnal

Indah Yanti, S.Si.,M.Si.
NIP. 19791129 200501 2 002

Lampiran 14. Publikasi Jurnal Internasional

Friday, 01 November 2019

ISSN: 2088-5334

International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology

HOME ARCHIVES

International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology

International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology (IJASEIT) is an international peer-reviewed journal dedicated to interchange for the results of high quality research in all aspect of science, engineering and information technology. The journal publishes state-of-art papers in fundamental theory, experiments and simulation, as well as applications, with a systematic proposed method, sufficient review on previous works, expanded discussion and concise conclusion. As our commitment to the advancement of science and technology, the IJASEIT follows the open access policy that allows the published articles freely available online without any subscription.

Frequency: 6 issues per year

DOI : 10.18517

ISSN : 2088-5334

e-ISSN : 2460-6952

Important Dates :

Paper Submission Date: Any time

NEW **2018 Acceptance Rate : 18.2 %.**

Online Publication Date: Last date of February, April, June, August, October, December

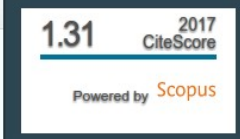
International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology is indexed in Elsevier Scopus database

IJASEIT

- About
- Editorial Board
- Guide for Authors
- Journal Contact
- Online Submission
- Publication Ethics
- Browse Authors
- NEW Update : IJASEIT in Scopus
- NEW Update : IJASEIT in Scimago JR

Scimago Journal Rank

Scopus CiteScore



Current Issue

Vol. 9 (2019) No. 5

Articles

Modified Dynamic Time Warping for Hierarchical Clustering

Mahmoud Sammour, Zulaiha Ali Othman, Amalia Mabrina Masbar Rus, Rosmayati Mohamed
pages: 1481-1487 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.7079

A Comparison of Supervised Learning Techniques for Predicting the Mortality of Patients with Altered State of Consciousness

Muhammad Ariff Yasri, Shamimi A. Halim, Muthukkaruppan Annamalai
pages: 1488-1495 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.7117

Secure e-Health Record System Using Identity-based Encryption with Embedded Key

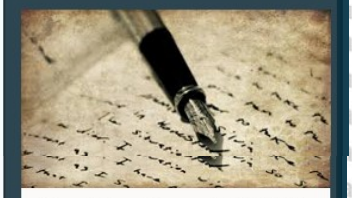
Dian Neipa Purnamasari, Amang Sudarsono, Prima Kristalina
pages: 1496-1504 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.8278

A Hybrid Water Flow-Like Algorithm and Variable Neighbourhood Search for Traveling Salesman Problem

Mohamed Rafique Othman, Zulaiha Ali Othman, Ayman Ibraheem Srour, Nor Samsiah Sani
pages: 1505-1511 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.7957

The Identification of Car Engine Combustion Based on Data Pattern Gas Emission Using Sum Square Error Method

- Andrizal, - Lifwarda, Anton Hidayat, Roza Susanti, Nadia Alfitri, Rivanol Chadry
pages: 1512-1519 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.3928



Template of Journal IJASEIT

Support Contact
WAG : +62-82171-822448
E-mail : ijaseit@insightsociety.org

The Map Authors

repository.ub.ac.id

Implementation of Data Abstraction Layer Using Kafka on SEMAR Platform for Air Quality Monitoring

Yohanes Yohanie Fridelin Panduman, Mochamad Rifki Ulil Albaab, Adnan Rachmat Anom Besari, Sritrusta Sukaridhoto, Anang Tjahjono, Rizqi Putri Nourma Budiarti
pages: 1520-1527 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.8547

Determining Optimal Mining Work Size on the OpenCL Platform for the Ethereum Cryptocurrency

Pavel V. Sukharev, Dmitry S. Silnov, Maxim O. Shishkin
pages: 1528-1534 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.5820

Implementation of Mechanical Technology Competence Learning Model with Maximum Likelihood Estimation

A Muhammad Idkhan, - Djuanda, Iswahyudi Indra Putra
pages: 1535-1543 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.9157

Al6061 Reinforced Al2O3 Metal Matrix Composite Produced by Double Blade Stir Casting

Anne Zulfia, Krista Raga, Wahyuaji Narottama, Salahuddin Yunus
pages: 1544-1549 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.8611

The Effect of Local Crime on Construction Projects in Padang City

Yervi Hesna, Alsidqi Hasan, Nurhamidah Nurhamidah, Atharika Yosa F
pages: 1550-1555 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.4204

Pedestrian Facilities as a Part of Road Infrastructure Resilience in Large Cities in Indonesia

Anastasia Caroline Sutandi, Paulus P Rahardjo, Agus Taufik Mulyono, Said Gavin Alavi
pages: 1556-1562 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.8502

Sub Surface Active Fault Identification on Quaternary and Tertiary Rocks using Geoelectric Method in Cilaki Drainage Basin, Southern Part of West Java, Indonesia

Johan Budi Winarto, Emi Sukiyah, Agus Didit Haryanto, Iyan Haryanto
pages: 1563-1569 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.8111

PREDIX: A New Tool for Measuring Disaster Resilience Index Performance of Community Health Center

Rina Suryani Oktari, Safrizal Rahman, Tita Menawati Liansyah, - Nasliati
pages: 1570-1576 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.9389

Designing a Relief Distribution Network under Uncertain Situation: Preparedness in Responding to Disaster

Reinny Patrisina, Nikorn Sirivongpaisal, Sakesun Suthummanon
pages: 1577-1583 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.4655

Innovative Design of the Combined Rocking Horse Toy and Folding Chair for Children

Indro Prakoso, Hari Purnomo
pages: 1584-1591 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.7057

Infrastructure Development of Road Network for Regional Development Based on Accessibility Concept

Heri Amalindo, Anis Saggaff, Joni Arliansyah
pages: 1592-1599 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.4202

Column Study of Aluminum Adsorption from Groundwater by Natural Pumice

Shinta Indah, Denny Helard, Fatilla Hudawaty
pages: 1600-1604 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.9455

Appropriate Technology of Post Harvest Broccoli Quality Produced in Indonesia

Nurpilihan Bafdal, Carmencita Tjahjadi, Debby Sumanti Moodi, Totok Pujianto, Seok-In Hong, Dongman Kim
pages: 1605-1610 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.9962

The Effect of Alfisol Soil Quality Improvement Using Filter Cake, Bagasse, and Dolomite Ameliorant on Peanut (Arachis hypogaea L.) Production

- Kaharuddin, - Dahlan, Faisal Hamzah, Nur Anny Suryaningsih Taufieq
pages: 1611-1617 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.8702

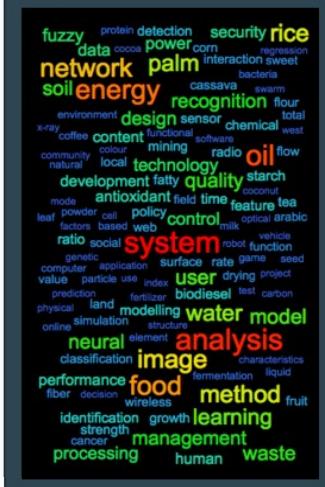
Effect of Macronutrient Needs on Digestibility and Average Daily Gain of Sheep (Ovisaries var. Padjadjaran, Family Bovidae)

Rahmat Hidayat, Kurnia Asumatrani Kamil, Lilis Suryaningsih, Gemilang Lara Utama, Roostita Lobo Balia
pages: 1618-1623 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.9292

Production of Structured Lipids Rich in Triacylglycerols Containing Medium-Chain Fatty Acids and Unsaturated Fatty Acids at the Sn-2 Position through Enzymatic Interesterification

Siti Nurhasanah, Nur Wulandari, S Joni Munarso, Purwiyatno Hariyadi
pages: 1624-1630 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.10076

Keywords Cloud



Published by

Member of

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

Corrosion Behaviour of Titanium β Type Ti-12Cr in 3% NaCl Solution

Hidayatul Fajri, - Gunawarman, - Nurbaiti, Jon Affi, Mitsuo Niinomi, Hadi Nur
pages: 1631-1636 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.9380

Spectrophotometric Determination of Flavonoids Content in Fruit of Okra (Abelmoschus esculentus L. Moench) from Magelang Central Java Indonesia

Saptono Hadi, Thu Zar Soe Myint
pages: 1637-1642 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.10162

Realization of Photo-curing Gelatin Hydrogel using a Commercial Projector for Culturing Mesenchymal Cells

Yudan Whulanza, Indra Sakti Harahap, Jos Istiyanto, Tri Kurniawati, Ahmad Jabir Rahyussalim
pages: 1643-1648 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.10215

Characterization of Probiotic Bacterial Candidates from Jatinangor-Indonesia Breast Milk

In-In Hanidah, Indira Lanti Kaya Putri, Wendry Setiyadi Putranto, Bambang Nurhadi, Debby Moody Sumanti
pages: 1649-1655 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.10124

Effect of Lactobacillus casei subsp. casei R-68 Isolated from Dadih on the Procarcinogenic Enzyme Activity and Fecal Microflora Count of Rats Challenged with Pathogenic Bacteria

Usman Pato, Yusmarini Yusuf, Yudi Prasetia Nainggolan
pages: 1656-1662 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.8812

West Sumatera Brown Rice Resistance to Fe

Indra Dwipa, Irfan Suliansyah, Etti Swasti
pages: 1663-1669 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.9823

Physical Characteristic of Biomass Pellet from Cacao Pod Husk and Banana Pod Husk

Sandra Sandra, Retno Damayanti, Bambang Susilo, Galuh Dharmesti
pages: 1670-1675 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.9595

The Effect of the Addition of "Senduduk" leaves (Melastoma malabthricum) on The Characteristic of Crackers

Kesuma Sayuti, Deivy Andhika Permata, Oni Novita
pages: 1676-1680 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.10247

Phenotypic Identification of Lactic Acid Bacteria From Civet (Paradoxorus Hermaphroditus)

Murna Muzaifa, Dian Hasni, Anshar Patria, - Febriani, Amhar Abubakar
pages: 1681-1686 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.10222

Rheology of The Glutinous Rice Flour, Coconut Milk, and Palm Sugar Mixed System in A Traditional Food Dodol Ulame

Gusti Setiavani, - Sugiyono, Adil Basuki Ahza, Nugraha Edi Suyatma
pages: 1687-1694 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.9653

The Detection of Anaphalis spp. Genetic Diversity Based on Molecular Character (using ITS, ETS, and EST-SSR markers)

Filza Yulina Ade, Luchman Hakim, Estri Laras Arumingtyas, Rodiyati Azrianingsih
pages: 1695-1702 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.9597

The Role of Dams on Water, Food, and Energy Security Issues: A Global Review and Resolution for Indonesia

Insannul Kamil, Mego Plamonia, Berry Yuliandra, Chitrakala Muthuveerappan, Buang Alias
pages: 1703-1708 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.9474

Estimating and Reducing the Release of Greenhouse Gases in Local Road Pavement Constructions

Fajar Sri Handayani, Florentina Pungky Pramesti, Mochamad Agung Wibowo, Ary Setyawan
pages: 1709-1715 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.9705

Evaluation of Seismic Performance Based on A Direct Displacement-based Method

Usman Wijaya, Roesdiman Soegiarso, - Tavio
pages: 1716-1724 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.7932

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

Zone of Groundwater Quantitative Potential Based on the Characteristics of a Confined Aquifer at the Palu Groundwater Basin Central Sulawesi Province, Indonesia

- Zeffitni, Muhammad Basir-Cyio, Mery Napitupulu
pages: 1725-1731 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.3532

Development of PSO for tracking Maximum Power Point of Photovoltaic Systems

Cong Thanh Pham, Khai Hoan Nhu, Van Huong Dong, Thi Huong Le, Thi Thom Hoang
pages: 1732-1738 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.9431

Model Simulation for the Spread of Rabies in Sarawak, Malaysia

Nur Asheila Abdul Taib, Jane Labadin, Phang Piau
pages: 1739-1745 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.10230

The Pattern of EDTA-Blood Photo Spectrum in Ovarian Cancer Patients: A Novel Biomarker

- Ngadikun, Untung Widodo, - Tasmini, Heru Pradjatmo, Ahmad Hamim Sadewa, Kuncoro Asih Nugroho
pages: 1746-1753 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.4951

Simulation of Internal Undular Bores Propagating over a Slowly Varying Region

M. H. Hooi, W. K. Tiong, K. G. Tay, S. N. Sze, K. L. Chiew
pages: 1754-1760 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.10236

Some Considerations and a Benchmark Related to the CNF Property of the Koczy-Hirota Fuzzy Rule Interpolation

Maen Alzubi, Szilveszter Kovacs
pages: 1761-1771 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.8356

A New Approach to Model Parameter Determination of Self-Potential Data using Memory-based Hybrid Dragonfly Algorithm

A New Approach to Model Parameter Determination of Self-Potential Data using Memory-based Hybrid Dragonfly Algorithm

Irwansyah Ramadhani, Sungkono Sungkono
pages: 1772-1782 Full text DOI:10.18517/ijaseit.9.5.6587

NEW

Collaboration with ASIA PACIFIC Network for Sustainable Agriculture, Food and Energy / SAFE NETWORK

© International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology

Published by INSIGHT - Indonesian Society for Knowledge and Human Development
© IJASEIT - ISSN: 2088-5334 | e-ISSN : 2460-6952 | DOI : 10.18517

is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

StatCounter - Free Web Tracker and Counter View My Stats

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology

Vol.9 (2019) No. 5
ISSN: 2088-5334

The Detection of *Anaphalis* spp. Genetic Diversity Based on Molecular Character (using ITS, ETS, and EST-SSR markers)

Filza Yulina Ade[#*], Luchman Hakim[*1], Estri Laras Arumingtyas[*2], Rodiyati Azrianingsih[*3]

[#] *Biology Education Study Programme, Faculty of Teacher Training and Education, University of Pasir Pengaraian, Indonesia*
E-mail: filza.yulina@gmail.com

[*] *Departement of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Brawijaya University, Indonesia*
E-mail: [1]luchman@ub.ac.id, [2]larasbio@gmail.com, [3]rodiyati@ub.ac.id

Abstract*— *Anaphalis* is the natural vegetation component in mountainous areas and is found in volcanic soils. *Anaphalis* is one of the species which existence is currently presumed to decrease and is feared to be extinct in nature. The purpose of this study was to detect genetic diversity of *Anaphalis* spp. in Bromo Tengger Semeru National Park (BTSNP) based on molecular characters by using ITS, ETS, and EST-SSR markers in supporting the conservation aspects of *Anaphalis* genetically. This research method was carried out by exploring the existence of *Anaphalis* populations, their coordinates marked by GPS, and leaf samples collected as a source of molecular analysis material. PCR products from ITS and ETS markers were sequenced, and the results' phylogenetic were analyzed using the MEGA6 program. PCR products from EST-SSR markers were performed by scoring DNA bands (allel) and both variations and genetics population were analyzed by using the POPGENE 1.32 program. *Anaphalis* populations found in BTSNP are *Anaphalis javanica, A. longifolia,* and *A. viscida*. The genetic diversity of *Anaphalis* spp. in BTSNP has polymorphism potential that is high enough, which is 57% (ITS) and 31% (ETS-partial), with a maximum likelihood phylogenetic tree topology which is monophyletic separated into four clusters consisting one cluster outgroup and three others being an ingroup. Whereas based on the genetic diversity value of the EST-SSR sequences in *Anaphalis* spp. in BTSNP shows that only *A. longifolia* populations in the Ranu Kumbolo area that have a high genetic diversity value (0.024) compared to the other two *Anaphalis* species. The highest genetic distance of *Anaphalis* spp. BTSNP in *A. longifolia* is found in the population of Penanjakan and Mt. Batok areas (0.040) with the smallest gene flow rate (0.428). Further research is needed to obtain a more complete picture of *Anaphalis* genetic diversity by using more molecular markers, bigger population numbers, more individuals and in bigger populations in other conservation areas in supporting the *Anaphalis* conservation strategy program.

Keywords*— *Anaphalis*; conservation; external transcribed spacer; expressed sequence-tag simple sequence repeat; internal transcribed spacer.

I. INTRODUCTION

Anaphalis is a plant that belongs to the Asteraceae family and can only grow in mountainous areas so that it is known as the montana zone and sub alpine zone plant. The genus *Anaphalis* is distributed and spread globally on this earth [1-6]. *Anaphalis* has an important contribution to the ecological process, and is one of the pioneer plants in mountainous ecosystems that can thrive well on mountain volcanic soils [7].

Anaphalis is currently suspected of being reduced in nature and is feared to be extinct soon. International Union for Conservation of Nature 3.1 (IUCN 3.1) that is in charged in the world conservation status classifies that the conservation status of *Anaphalis* belongs to critically endangered-Threatened or is a plant in a threatened condition, so that further scientific review is needed to support *Anaphalis* conservation aspects. One of the important aspects that needs to be studied in the preservation of *Anaphalis* is the genetic diversity of *Anaphalis*. Data related to genetic diversity from *Anaphalis* is very limited and not yet maximally recognized so that the conservation effort is difficult to do. The aspect of genetic diversity needs to be investigated because it has a close relationship with the ability for the plants to live (fitness) and the plant species population to adapt.

Bromo Tengger Semeru National Park (BTSNP) is one of the most important conservation areas in Java, and is located in East Java, Indonesia, with an ecosystem that is rich in biodiversity. BTSNP region is one of the habitats for *Anaphalis* and has a very high diversity of *Anaphalis* species. It is proofed with the discovery of three out of four

types of *Anaphalis* in Java [8]. However, its presence in the BTSNP area is increasingly threatened due to the active eruption of Mount Bromo [9]; forest fires; the activities of indigenous people who inhabit the National Park (Tengger people) which can be in the form of agricultural activities [10]; economy, and culture; and BTSNP as a favourite tourist location [11].

Some molecular based studies have been successfully carried out on *Anaphalis* and the Asteraceae Family by using molecular markers derived from nuclear ribosomal DNA (nrDNA), namely the Internal Transcribed Spacer (ITS) region [2]; and External Transcribed Spacers (ETS) [5]; and some use Simple Sequence Repeat (SSR) [12], [13]. The ITS area has proven to be a useful source of molecular information for genetic variation and phylogenetic studies in the Angiosperms plant group [14]; and RAPD marker for phylogenetic analysis [15], [16]. The use of Expressed Sequence-Tag Simple Sequence Repeat (EST-SSR) molecular markers has been successfully carried out in various studies on genetic diversity in several plant genera included in the Asteraceae Family [17], [18]. Molecular markers SSR or EST-SSR are frequently used to analyze genetic diversity for genetic conservation [19-21].

The research related to the existence of *Anaphalis* in BTSNP on a molecular basis is very limited. So, information about these plants is very little, especially those that will be useful later for the conservation of *Anaphalis*, so research on genetic diversity is needed as initial information for the conservation of this plant. The purpose of this study was to detect genetic diversity of *Anaphalis* spp. in BTSNP based on molecular characters by using ITS, ETS, and EST-SSR markers to support aspects of genetic *Anaphalis* conservation.

II. Materials and Methods

A. Research Area and Sample Collection

This research was carried out in the BTSNP area by using the *Anaphalis* population exploration and verification method. Interviews with local residents and BTSNP officers were also conducted to obtain information on *Anaphalis* population areas. Location of the *Anaphalis* population is marked by GPS coordinates. At each location, morphological checks and vegetation analysis were calculated. Then, leaf samples were also collected as a source of genetic diversity analysis material. Therefore, description of the research location can be seen in Fig. 1.

Observation for vegetation analysis is aimed to determine the type of dominant organism in a community by using calculation parameters obtained from the results of an Important Value Index (IVI) from *Anaphalis*. IVI is obtained from the sum of the relative values of density and frequency in a community. IVI (equation 1) is used to ease the interpretation of the results of vegetation analysis.

$$Important\ Value\ Index(\text{IVI}) = RD + RF \quad (1)$$

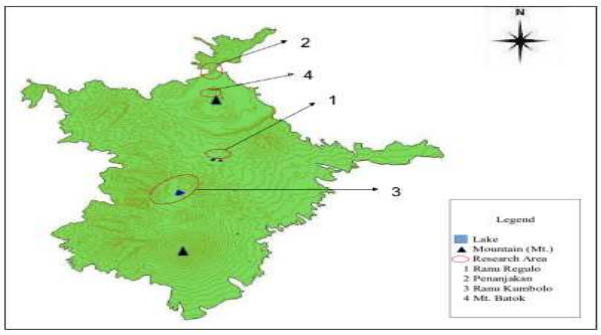


Fig. 1. The Map of Research Location in BTSNP

B. Observation of Genetic Diversity

Analysis of genetic diversity was done by isolating DNA from the *Anaphalis* genome, sequence amplification, and sequencing (carried out at ITS and ETS markers) on leaf samples that had been collected at each research location. DNA isolation and extraction were carried out by following the manual instruction in the Genomic DNA Purification Kit (Geneaid). Sequence amplification using the PCR technique is applied by using primers for amplification. The primers used in this study are ITS and ETS derived from nuclear DNA, and EST-SSR primers are also used from non-coding DNA regions, namely SSR expressed. Primary ITS4 and ITS5 were used to amplify the nuclear ITS areas. The ETS1F primers and 18S-IGS were used to amplify the nuclear ETS region. The primers used to amplify EST-SSR were the primers that succeeded in the amplification of *Chrysantemum* cultivars. Sequence amplification was carried out on each type of *Anaphalis* for each primer used in the study and carried out by PCR technique. The PCR annealing program to amplify sequences as listed in Table I.

TABLE I
Sequence Amplification Using The PCR Technique

Primer	Program Annealing PCR				
	Pre-denaturation	Denaturation	Annealing	Extension	Final Extention
ITS	95ºC, 5 minute (1 cycle)	95ºC, 1 minute	55ºC, 1 minute	72ºC, 1 minute	72ºC, 5 minute (1 cycle)
		30 siklus			
ITS5 (F) 5'- GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG -3' ITS4 (R) 5'- TCCTCCGCTTATTGATATGC -3'					
ETS	95ºC, 5 minute (1 cycle)	95ºC, 1 minute	55ºC, 1 minute	72ºC, 1 minute	72ºC, 5 minute (1 cycle)
		30 siklus			
ETS1F (F) 5'-CTTTTTGTGCATAATGTATATATATAGGGGG-3' 18S-IGS (R) 5' GAGACAAGCATATGACTACTGGCAGGATCAACCAG-3'					
EST-SSR	94ºC, 10 minute (1 cycle)	94ºC, 30 second	56ºC, 30 second	72ºC, 30 second	72ºC, 10 minute (1 cycle)
		35 cycles			
CM07 (F) 5'- TGG GTG TAG AAG GTG AGT CAA -3' CM07 (R) 5'- ACG CAC CAT GTG AAT TGT GT -3'					

The PCR reaction in this study uses 2x PCR Master Mix Solution (i-TaqTM) (Intron). The component contained in 2x PCR Master Mix Solution (i-TaqTM) is 2.5mM for each dNTPs, i-TaqTM DNA Polymerase (5 U / µl), 1x PCR reaction buffer, 1x loading gel buffer. The addition of BSA in the PCR reaction component is needed as a driver PCR master mix can work optimally. PCR products were visualized on agarose gels that had been added with etidium bromide (EtBr) on the GelDoc UV - trans illuminator device. The PCR products (from ITS and ETS primers) are then sent to the First Base (Malaysia) sequencing laboratory for DNA sequencing. The amplification product volume for sequencing was 40 µL and sequencing using the same primer pairs for each primer on PCR amplification. The composition of the PCR reaction as listed in Table II.

TABLE II
PCR REACTION COMPOSITION

PCR Reaction Composition	Volume reaction (20µl)
2x PCR *Master Mix Solution* (i-Taq^{TM})	10 µl
Template DNA	2 µl
Primer *Forward* (10 pmol/µl)	1 µl
Primer *Reverse* (10 pmol/µl)	1 µl
Destilated water (ddH2O)	5,5 µl
BSA (10mg/ml)	0,5 µl

C. Molecular Data Analysis

Molecular data analysis is divided into data analysis in the form of sequences of sequencing results using ITS and ETS primers, and analysis of EST-SSR results. Data sequences obtained from the ITS and ETS sequences obtained were in-group samples, then the ITS and ETS *Helichrysum asperum* sequence data were used as an outgroup originating from the GenBank database (NCBI). Analysis of ITS and ETS sequence data sequencing products was evaluated using the sequence scanner program and also using the Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) program at GenBank. Sequence analysis is performed using ClustalW on the Bioedit software. The results of the sequence analysis are then analyzed again to make a phylogenetic tree using the MEGA6 program. Phylogenetic trees are constructed using the Maximum Likelihood algorithm method in the MEGA6 program. Evaluation of phylogenetic trees was done by bootstrapping analysis of 1000 repetitions.

Analysis of the EST-SSR results was carried out by describing the pattern of the amplification tape. The results of the amplification band with EST-SSR primers are called alleles, allele variations are the number and size of alleles (bp). Alleles are converted in binary data format through scoring (a score of 1 for DNA bands that are present and a score of 0 for DNA bands that are not present). Furthermore, genetic populations were analyzed using the POPGENE 1.32 analysis program with several parameters including: percentage of polymorphic loci (PPL), Shannon phenotypic diversity index (I), Nei's (H) genetic diversity, heterozygosity in subpopulations (HS) and total heterozygosity in the population (HT), gene flow (Nm), and genetic differentiation coefficient (GST). Gene flow (Nm) values sre calculated using the formula Nm = 0.5 (1-GST / GST).

III. RESULT AND DISCUSSION

A. Distribution and Characteristics of Anaphalis spp. in BTSNP

The results of identification of *Anaphalis* spp. found that there were three species of *Anaphalis* found in TNBTS namely *Anaphalis javanica, A. longifolia*, and *A. viscida*, but it did not find *A. maxima*. These results are the same as those found by [8]. The species found showed a different character.

Anaphalis spp. which were found in each study area formed habitat zones of *Anaphalis* spp. in certain areas. This zone is formed from the position points found *Anaphalis* spp. which geographical coordinates are marked using GPS (Fig. 2). The identified *Anaphalis* population in the Ranu Regulo is *Anaphalis javanica* population which is found at altitudes ranging from 2118-2123 meters above sea level (masl). *Anaphalis* populations in the Penanjakan area found were *Anaphalis javanica, A. longifolia*, and *A. viscida* populations which were found at altitudes ranging from 2627-2767 masl. The identified *Anaphalis* populations in the Ranu Kumbolo area were *Anaphalis javanica, A. longifolia*, and *A. viscida* populations which were found at altitudes ranging from 2383-2546 masl. The population of *Anaphalis* in the Batok Mountain (Mt.) area found was the population of *Anaphalis longifolia* located at altitudes ranging from 2155-2183 masl.

The distribution zone of *Anaphalis* spp. in TNBTS generally shows that *Anaphalis* plants can grow well in open areas, grasslands, slopes of volcanic ash, and areas that get direct sunlight. This is in line with [1] who explained that *Anaphalis* plants can grow in open places with direct sunlight, mixed forests shaded by tree canopies and grasslands, slopes of volcanic ash, and not shady places.

The area around the Ranu Regulo in the northern part of the lake (ranu) has open fields overgrown by *Anaphalis javanica* populations. In this area is an area that gets direct sunlight because there is no canopy of other plants higher than *A. javanica* that can cover *A. javanica* plants. This is consistent with the statement of [1] that *A. javanica* does not like the shade which is often shaded by other higher plant canopies.

The identified *Anaphalis* populations in the Penanjakan area were *Anaphalis javanica, A. longifolia*, and *A. viscida* populations. In addition, every type of *Anaphalis* is present together in the population. *Anaphalis javanica* and *A. viscida* usually grow in sunny places, whereas *A. longifolia* usually grows under the auspices of the dense canopy of *Acasia decurens* so that the portion of sunlight obtained by *Anaphalis longifolia* plants is lower. *A. longifolia* is thought to be more tolerant of the canopy shade of trees which results in less direct sunlight. This is in line with [1] who stated that *A. longifolia* lives in dense canopy mix forests and *Casuarina junghuhniana* forests.

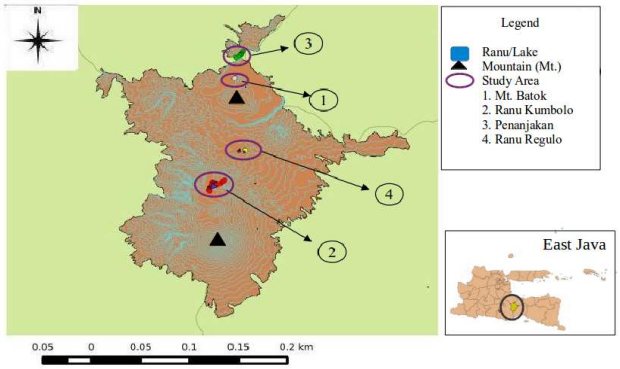


Fig. 2. Coordinates where the *Anaphalis* spp. found

The conditions around the Ranu Kumbolo area are open savannah and there are only a few mountain cypresses (*C. junghuhniana*) on several sides of the lake's edge (ranu). *Anaphalis* populations in the Ranu Kumbolo area found were *A. javanica, A. longifolia,* and *A. viscida* populations. The plants of *A. javanica* and *A. viscida* are more often found in places with lots of sun. *A. viscida* is thought to be unable to grow optimally if it is under the canopy of dense leafy trees, so that the amount is very limited. However, *A. viscida* grows optimally in open field areas that are exposed to direct sunlight or even if there is a canopy of shade trees, the canopy is not too dense and it still exposed to sunlight. In regards to this, [1] explained that *Anaphalis javanica* and *A. viscida* grow in open areas that with enough sunlight such as on mountain tops, vacant land between *C. junghuhniana* forests, grasslands, and bushes.

The area around Mount Batok is an area that is very close to Mount Bromo which is still actively releasing volcanic ash so that it just allows very few plants to live. Plants that can live in the area of Mount Batok are plants that are very tolerant of exposure of volcanic ash produced by Mount Bromo. Meanwhile, *Anaphalis longifolia* is one of the pioneer plants that can be found in the Batok Mountain area in the northwestern part, which is an area that is slightly exposed to Mount Bromo volcanic ash, but it is found very little. *A. longifolia* plants are thought to be very tolerant of volcanic ash and usually grow at altitudes above 1200masl. Related to this, [1] agreed that *Anaphalis longifolia* grows on mountain peaks, cliff walls and grows at an altitude of 1200-2850masl. It is apparently often found as a pioneer plant on lava rocks and volcanic ash slopes. Reference [8] found that *A. longifolia* can survive at an altitude of 1000-2000 masl.

Anaphalis is an alpine /montane zone endemic plant in various high mountains in this archipelago. *Anaphalis* plants which grow in a limited area make this plant grow depending on temperature and humidity at altitudes above 2000masl. According to [7], *Anaphalis* is a pioneer plant of young volcanic soil that is able to survive on barren land, and this plant does not like shade, and it invites specific insects that live in mountain areas as pollinators of *Anaphalis* plants. *Anaphalis* spp. in BTSNP shows a different character (Fig. 3).

(a) (b) (c)

Fig. 3. Variety of *Anaphalis* in BTSNP (a) *Anaphalis javanica,* (b) *A. longifolia,* (c) *A. viscida*

Anaphalis population distribution has a clustered pattern which is a distribution pattern that is commonly found in nature. It is predicted that this pattern occurred due to the vegetative reproductive pattern of an individual member of the *Anaphalis* population. In addition, it is also caused by the adaptation carried out by *Anaphalis* plants in a limited growing habitat. The spread of *Anaphalis* species in BTS area is found based on certain height and grows on flat land contour /soil with a certain slope (cliff). *A. javanica* is mostly found at an altitude of 2561-2691m above sea level. *A. javanica* thrives and is more widely distributed on slopes and upper cliffs that are difficult to reach. Generally, these plants grow more fertile and form more populations on the cliff. This is due to the growing nature of *Anaphalis* which like to grow to get sunlight without the shade of other plants. At the same time, *A. longifolia* is often found at an altitude of 2670-2755masl. In fact, there is one plant population of *A. longifolia* along with *A. javanica* at an altitude of 2665m above sea level and commonly found to grow on slopes/cliffs. *A. viscida* is not found in the population of *A. viscida* itself. However, the population of *A. viscida* is found together with other *Anaphalis* plants. This plant is sometimes found together with *A. longifolia* or with *A. javanica*, even with *A. javanica* and *A. longifolia*. Moreover, population of *A. viscida* was found at an altitude of 2584-2711masl. This height included in the range of heights found *A. javanica* and *A. longifolia*, so that *A. viscida* can grow together in the population.

Anaphalis plants can usually grow at the top of mountains, subalpine forests and are found at an altitude of 2000-3400masl. Each type of *Anaphalis* can grow at different heights. *A. javanica* is found at an altitude of 2000-3400masl, while *A. longifolia* grows on mountain peaks, cliff walls and at an altitude of 800-2850 masl. However, *A. viscida* grows at an altitude of 1800-3300 masl. According to [1] *A. viscida* is only found in mountains with a dry Munson climate while *A. longifolia* grows on grasslands, on slopes, along footpaths, in mixed and evergreen forests. It often grows as pioneers in lava rocks and slopes. volcanic ash slope, at an altitude of 1200-2850masl and rarely found at altitudes below 800masl.

Spatial distribution results show that the three species found in the BTS volcanic zone. Mount Bromo, which is within the BTS area, is one of the most active mountains in recent decades with the last eruption occurring in 2016 which resulted in damage to vegetation and disrupting tourist activities. The volcanic activity of Mount Bromo is considered to be a significant contributor to the existing composition in Penajakan and Batok Mountain. This is allegedly due to Penanjakan and Mt. Batok is an area that gets significant volcanic material from the Mt. eruption process. Bromo, so ash and sand will cover the soil and vegetation in this area after the eruption process. Soil types

in BTSNP are regosol and litosol originating from intermedia volcanic ash and sand up to bases with very tight permeability properties and the top layer is very sensitive to erosion. Regosol soil types are usually found in different climate and heights, and contain plant nutrients (phosphate and potassium) [22]. The thing is that, the soil structure, climate, and altitude of an area will affect the growth of plants in that particular area. Moreover, *Anaphalis* growth is also influenced by climate, altitude, and soil structure. Increasing the height of an area will reduce the climate in the area so that the process of soil formation will slow down and plant roots will grow shallower. Soil differences will affect existing vegetation but are not limited by other factors such as climate and changes in seed dispersing animal communities. According to [23], there are two of the most important climatic variables that influence soil formation; they are soil temperature and humidity (soil moisture). The soil moisture depends on several factors, namely rainfall intensity, variability of seasonal rainfall, slope aspects (topography), organisms in the soil, and soil texture/permeability of parent material.

Vegetation habitat profile of *Anaphalis* spp. has a diverse vegetation composition but has similarities in general aspects of the soil. Different vegetation structures in each study area are thought to be due to different soil functions, rainfall intensity, fires in natural habitats, and the introduction of exotic plant species. The abundance of weeds in the study area is a natural disturbance condition of the *Anaphalis* habitat, but also found an abundance of exotic plant species in the *Anaphalis* habitat under study. The abundance of exotic plant species contributes to forest fires, one of which is caused by the dry leaves of these plants. Reference [24] recently found many exotic plant species and invasive species plants in mountainous areas. *Anaphalis* in the BTSNP area is thought to have been threatened, especially from fire. Forest fires usually occur together with the dry season and dry biomass of plants in certain areas. Dried plant biomass is one of the important elements of any forest fire incident, especially in the grasslands. Species that are usually found in grassland areas are *Imperata cylindrica, Pteridium* spp., and *Agrostis* spp., which belong to the group of flammable plants in the dry season period. *Anaphalis* spp. in BTSNP grows on volcanic soils with high plant pressure of invasive species. Cleaning of invasive species in *Anaphalis* habitat is highly recommended as a strategy to increase *Anaphalis* spp. as an endemic species with a limited population in BTSNP.

The results of vegetation analysis at each observation location found that many invasive and exotic plants grow and inhabit the vegetation of *Anaphalis* population indicated by high IVI values. The Importance Value Index (IVI) is the importance value of a plant species and its role in the community. Organisms with high IVI have an important role in a community that will form dominance among species. Plants with the highest IVI value are included as one of the factors that inhibit the growth of *Anaphalis* because they are thought to inhibit the absorption of nutrients from the soil for *Anaphalis* growth. The plants that were found to have the highest INP were grasses and weed types namely *Agrostis* spp., *Imperata cylindrica*, and *Pteridium* spp.

B. Genetic Diversity of Anaphalis spp. di TNBTS based on molecular markers (ITS, ETS, dan EST-SSR)

The DNA sequence of the ITS and ETS regions of the entire *Anaphalis* sample showed a high variation so that it could be used as an important character to establish (reconstruct) genetic relationships in phylogenetic trees. The phylogenetic tree reconstruction in this study used the maximum likelihood method which was analyzed by the MEGA6 program (Fig. 4 and Fig. 5).

Anaphalis genetic relationship analysis results in BTSNP based on ITS and ETS sequences using the maximum likelihood algorithm showed that *Anaphalis* phylogenetic trees belong to a monophyletic group and separated from *Helichrysum asperum*. *Anaphalis* spp. in the BTSNP found were thought to originate from the same ancestors and can be seen in the results of phylogenetic tree reconstruction including monophyletic groups. As described by [25], a monophyletic group is a group that consists of a common ancestor plus all the descendants of that ancestor. Relationship to the phylogenetic system is a novelty value from the same ancestors.

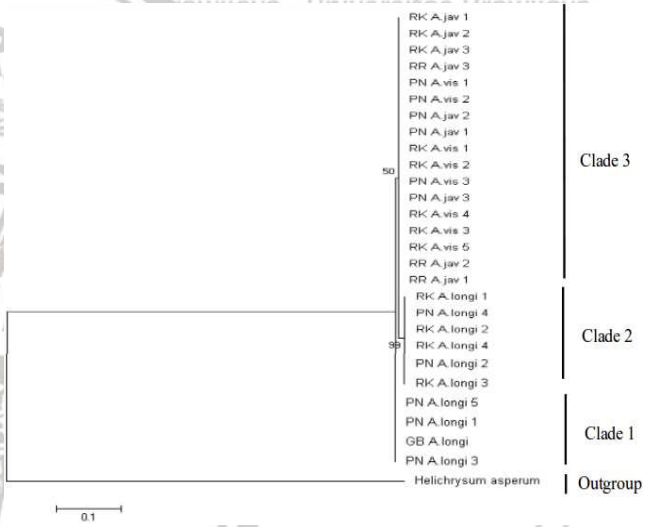


Fig. 4. Maximum Likelihood (ML) phylogenetic tree of *Anaphalis* at Bromo Tengger Semeru National Park based on ITS sequences. The value on the branch represent bootstrap value based on 1000 replicate.

Phylogenetic trees based on ITS and ETS sequences produce trees whose branches are separated into four clones (clusters) with the composition of one clad being outgroup and the other three being ingroup. Each clad gives an illustration of the speciation process that occurred during the evolution of the plant. In phylogenetic trees based on ITS sequences (Fig. 4), they produce three clade with *A. longifolia* separated in two clade. Clade one and clade two consist of *A. longifolia* from different locations. Meanwhile, the third clad consists of *A. javanica* and *A. viscida* (Fig. 4). The results of this phylogenetic tree topology showed that *A. longifolia* has similarity and closeness of sequences among individual samples of *A. longifolia* found at this study site, thus making this species more stable in phylogenetic tree groups, with a bootstraps value of 99%. The phylogeny tree topology produced based on the analysis used differed in the value of the bootstrap and the number of monophyletic groups that had clad

robustness or consistency. According to [26], monophyletic groups have one common ancestor and all of their descendants are from that ancestor. This causes members in the monophyletic group to be considered to have a very close relationship and are assumed to carry the same genetic and biochemical characteristics or patterns altogether.

The phylogenetic tree based on the ETS sequence also produced three clads consisting of in-group samples (Fig. 5). In this phylogenetic tree, *A. longifolia* was also found to be more stable in the phylogenetic tree group contained in the clad two, but not all types of *A. longifolia* samples were found here. Clade one and clade three were identified to be incongruent in *A. longifolia*, *A. javanica*, and *A. viscida* samples. Similar results (incongruence) were also found by [4] in phylogenetic trees where there are two species of the genus *Anaphalis* at the same branching.

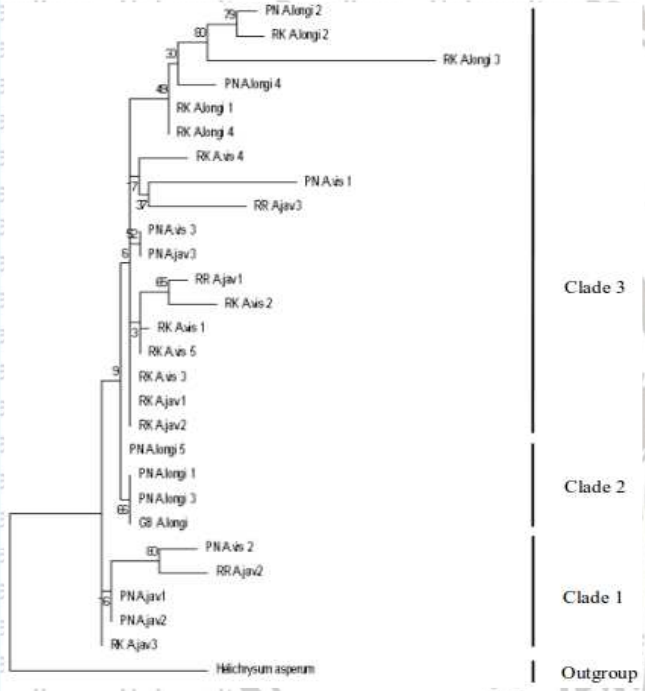


Fig. 5. Maximum Likelihood (ML) phylogenetic tree of *Anaphalis* at Bromo Tengger Semeru National Park based on ETS sequences. The value on the branch represent bootstrap value based on 1000 replicate.

Phylogenetic tree analysis can describe an evolutionary process that occurs in a sample being compared / examined. The process is called the speciation process which shows a group in branching phylogenetic trees that are more primitive or more advanced in the evolutionary process. In accordance with [27], phylogenetic trees consist of nodes and branches where each node describes the speciation process during evolution. The length of a branch means that more changes occur in the gene marker during the evolutionary process, resulting in the species in the branch can be said to be more advanced.

Phylogenetic trees produced based on ITS and ETS sequences appear incongruent in their branching, which is possible due to variations in DNA sequences in each sample, the polymorphism of the nrDNA sequences, and the distribution and fragmentation of *Anaphalis* growing habitats. According to [4], discrepancies arising in phylogenetic relationships in the genus can occur due to low sequence resolution, hybridization, and trans-specific nrDNA polymorphisms. Habitat fragmentation and heterogeneity can also be influenced by climate change (climatic change). In addition, the presence of varying distribution in different groups of organisms can also represent a general form in plant evolution [28].

The results of the analysis based on EST-SSR found some variations in the amplification band (allele). Variation of alleles indicates that there was genetic variation at the genome level. The results of the analysis of genetic diversity showed that there was genetic diversity in the population of Ranu Regulo, Penanjakan, Ranu Kumbolo, and Mt. Batok BTSNP. Analysis of genetic diversity was performed on each type of *Anaphalis* found in each population. The genetic diversity value of *Anaphalis* spp. BTSNP can be seen in Table III below.

TABLE III
THE RESULTS OF GENETIC DIVERSITY ANALYSIS OF *ANAPHALIS* SPP. IN BTSNP

Species	Population site	Amount of sample	N_a	N_e	*H*	*I*
A. javanica	Ranu Regulo	3	1.049	1.034	0.019	0.028
	Penanjakan	3	1.024	1.023	0.012	0.017
	Ranu Kumbolo	3	1.000	1.000	0.000	0.000
A. longifolia	Penanjakan	5	1.049	1.011	0.009	0.016
	Ranu Kumbolo	4	1.049	1.049	0.024	0.034
	Mt. Batok	1	1.000	1.000	0.000	0.000
A. viscida	Penanjakan	3	1.000	1.000	0.000	0.000
	Ranu Kumbolo	5	1.024	1.034	0.012	0.017

Notes: N_a: Average number of alleles observed; N_e: average number of effective alleles; *H*: Nei heterozygosity/genetic diversity; *I*: Shannon Index average

In general, the results of *Anaphalis* spp. BTSNP has low genetic diversity information. The highest value of genetic diversity was obtained in the population of *A. longifolia* in the Ranu Kumbolo area. While, the lowest value of genetic diversity was obtained in the population of *A. javanica* in the Ranu Kumbolo area, the population of *A. longifolia* in the Mt. Batok and population of *A. viscida* in the Penanjakan area. The value of genetic diversity is low because the number of samples found in this population was very small. This was also supported by the spatial distribution data of this study, that very few plant species were found at the geographical coordinates. In addition to spatial distribution, the presence of environmental variations also affected the adaptability of plants to grow well.

The low value of genetic diversity in *Anaphalis* in BTSNP indicates that *Anaphalis* does not have a high adaptation to environmental conditions, thus allowing

Anaphalis vulnerable to extinction in nature. The influence of environmental conditions for *Anaphalis* is thought to originate from several factors including climate (temperature), adequate sunlight for growth, soil conditions and nutrient content in the soil that affect plant reproduction, and geographical position. Soil temperature, availability of the element Nitrogen (N) can cause a species to differentiate. Reference [29] makes it clear that the high genetic diversity of an organism can indicate that the organism has a great opportunity in adapting to environmental changes, and vice versa.

Heterozygosity value of *Anaphalis* spp. BTSNP based on genetic diversity analysis can be seen in the following Table IV. Heterozygosity value of *Anaphalis* spp. TNBTS also has a low value. The highest total heterozygosity values were found in *A. longifolia* population and followed by *A. javanica* and *A. viscida*. The value of heterozygosity between populations (D_{ST}) in *A. longifolia* is higher than the value of heterozygosity in populations (H_S) indicating that the genetic variation of *A. longifolia* between populations is higher than the genetic variation in the population. This may be due to the relationship of geographic distances between *A. longifolia* populations so that the gene flow that occurs is also low. Genetic quality needs to be considered because it is related to the capacity to adapt to the growth environment.

TABLE IV
HETEROZYGOSITY AND GENE FLOW VALUES FROM THE ANALYSIS OF GENETIC DIVERSITY *ANAPHALIS* SPP. IN BTSNP

Spesies	Amount of sample	H_T	H_S	D_{ST}	G_{ST}	N_M
A. javanica	9	0.020	0.011	0.009	0.474	0.555
A. longifolia	10	0.024	0.011	0.013	0.538	0.428
A. viscida	8	0.008	0.006	0.002	0.288	1.236

Note: H_T: total population heterozygosity (H_S + D_{ST}) value; H_S: heterozygosity values in the population; D_{ST}: heterozygosity values between populations; G_{ST}: genetic differentiation between populations; N_M : gene flow

A high G_{ST} value of *A. longifolia* will result in a low gene flow rate. This is due to reproductive isolation and geographical isolation which are limiting factors between populations. Reference [30] stated that a high G_{ST} value among populations will indicate a low level of gene flow, and vice versa. The highest genetic distance was found in *A. longifolia* population in Penanjakan and Mt. Batok areas (0.040), while the lowest was in *A. viscida* in Penanjakan and Ranu Kumbolo areas (0.004).

The population of *A. longifolia* in the Ranu Kumbolo area has the highest value of genetic diversity which can be indicated as one of the *Anaphalis* diversity centers in BTSNP and requires serious protection and attention in its preservation. Efforts to conserve and protect and strengthen *Anaphalis* populations are based on the individuals in each population, and the genetic property conditions of each population.

IV. CONCLUSION

The genetic diversity of *Anaphalis* spp. in BTSNP has a fairly low value that occurs within and between populations of each *Anaphalis* species. These results illustrate that there is a need for a conservation strategy activity for *Anaphalis* populations in BTSNP. Moreover, further research is also needed to obtain a more complete picture of *Anaphalis* genetic diversity by using more molecular markers with population numbers and the number of individuals in more populations with various populations in other conservation areas in support of the *Anaphalis* conservation strategy program.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to acknowledge the ministry of research, technology, and higher education, Republic of Indonesia (KEMENRISTEKDIKTI) for the funding support of the research.

REFERENCES

[1] C. G. G. J. Van Steenis, A. Hamzah, and M. Toha, *The Mountain Flora of Java*, Second edition, Leiden: Brill Academic Publisher, 2006.

[2] D. Glenny, and S. Wagstaff, "Evolution and Biogeography of New Zealand Anaphalis (Asteraceae: Gnaphalieae) inferred from rDNA sequences," *New Zealand Journal of Botany*, vol. 35, pp. 441-449, 1997.

[3] D. Wahyudi. (2010) *Distribusi dan kerapatan Edelweiss (A. javanica) di Gunung Batok Taman Nasional Bromo Tengger Semeru*. [Online]. Avilable: ejournal.uin-malang.ac.id/index.php/bio/article/view/1694.

[4] Z. L. Nie, V. A. Funk, H. Sun, T. Deng, Y. Meng, and J. Wen, "Molecular phylogeny of *Anaphalis* (Asteraceae, Gnaphalieae) with biogeographic implications in the Northern Hemisphere," *J. Plant Res*, vol. 126, pp. 17-32, 2013.

[5] A. Taufiq, Syamsuardi, A. Arbain, T. Maideliza, Mansyurdin, and Nurainas, "Analisis Morfometri dan Biologi Reproduksi *Anaphalis javanica* dan *A. longifolia* (Asteraceae) di Sumatera Barat," *Floribunda*, vol. 4, pp. 161-168, 2013.

[6] H. Prakasa, A. Z. Akmal, W. A. Guci, and S. Edi, "Analisis Habitat (Anaphalis longifolia (Blume) Blume ex DC.) di Sumatera Utara," *Jurnal Biosains*, vol. 4, pp. 78, 2018.

[7] T. Whitten, R. E. Soeriaatmadja, and S. A. Afif, *Ekologi Jawa dan Bali. Seri Ekologi Indonesia Jilid II*, Terjemahan S.N. Kartikasari, T. B. Utami, and A. Widyantoro, Jakarta: Prenhallindo, 1999.

[8] L. H. Kurniawan, L. Hakim, and E. L. Arumingtyas, "Effectiveness of *trn*L (UAA) intron sequence for detecting genetic variation of *Anaphalis* spp. along Mount Semeru hiking track, Bromo Tengger Semeru National Park Indonesia," *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences (JBES)*, vol. 5, pp. 501-507, 2014.

[9] T. A. Rachmawati, D. Rahmawati, and Rachmansyah, "Disaster risk analysis of Mount Bromo eruption after the 2015 eruption in Sukapura District," M*ATEC Web of Conferences*, vol. 229, p. 01015, 2018.

[10] S. Sumarmi, "The Local Genius of Tengger People in Conserving Forest and Increasing Economic Benefits Using Agroforestry System," In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 145, 2018.

[11] A. Purnomo, I. N. Ruja, and L. Y. Irawan, "Typology of Tourist Bromo Tengger Semeru National Park as a Basic Planning Integrated Tourism Design," In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 145, 2018.

[12] D. Gutiérrez-Larruscain, T. M. Ferreras, M. M. Martínez-Ortega, E. Rico, and S. Andrés-Sánchez, "SSR markers for Filago subg. Filago (Gnaphalieae: Asteraceae) and cross-amplification in three other subgenera," *Applications in Plant Sciences*, 6, 2018.

[13] M. Jemelková, M. Kitner, E. Křístková, I. Doležalová, and A.Lebeda, "Genetic variability and distance between Lactuca serriola L. populations from Sweden and Slovenia assessed by SSR and AFLP markers," *Acta Bot. Croat*, vol. 77, pp. 172–180, 2018.

[14] S. Ghanbari, B. A. Fakheri, M. R. Naghavi, and N. Mahdinezhad, "Evaluating phylogenetic relationships in the Lilium family using the ITS marker," *J Plant Biotechnol*, vol. 45, pp. 236–241, 2018.
[15] I. Suliansyah, Yusniwati, I. Dwipa, "Genetic Diversity and Association amongst West Sumatra Brown Rice Genotype Based on Morphological and Molecular Markers," *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, vol. 8, pp. 610-615, 2018.
[16] U. Sholikhah, Parjanto, T. Handoyo, A. Yunus, "Genetic Diversity of Black and Aromatic Rice Cultivar (Oryza sativa L.) from Various Regions in Indonesia using Random Amplified Polymorphic DNA Markers (RAPD)," *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, vol. 9, pp. 1046-1051, 2019.
[17] Y. Yang, S. Huang, Y. Wang, L. Gui, Y. Liu, X. Huang, G. Chen, F. Tan, and J. Wang, "Development of EST-SSR markers for Pluchea indica (Asteraceae) and cross-amplification in related species," *Applications in Plant Sciences*, vol. 6, 2018.
[18] S. Stojnic, E. V. Avramidou, B. Fussi, M. Westergren, S. Orlović, B. Matović, B. Trudić, M. Kraigher, F. A. Aravanopoulos, and M. Konnert, "Assessment of Genetic Diversity and Population Genetic Structure of Norway Spruce (Picea abies (L.) Karsten) at Its Southern Lineage in Europe. Implications for Conservation of Forest Genetic Resources," *Forests*, vol. 10, pp. 258, 2019.
[19] A. Mohamad, A. N. Alhasnawi, A. A. Kadhimi, A. Isahak, W. M. W. Yusoff, C. M. Z. C. Radziah, "DNA Isolation and Optimization of ISSR-PCR Reaction System in Oryza sativa L," *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, vol. 7, pp. 2264-2272, 2017.
[20] D. M. Czarnecki, R. M. Nageswara, J. G. Norcini, F. G. Gmitter, and Z. Deng, "Genetic Diversity and Differentiation among Natural, Production, and Introduced Populations of the Narrowly Endemic Species Coreopsis leavenworthii (Asteraceae)," *Journal of the American Society for Horticultural Science*, vol. 13, pp. 234–241, 2019.
[21] Y. Zhao, B. Pan, and M. Zhang M, "Phylogeography and conservation genetics of the endangered Tugarinovia mongolica (Asteraceae) from Inner Mongolia, Northwest China," *PLoS ONE*, vol. 14, pp. E0211696, 2019.
[22] S. Hardjowigeno. Klasifikasi *Tanah dan Pedogenesis*. Edisi Revisi. Cetakan ke-2. Akademika Pressindo, 2016.
[23] M. L. Rayes, *Morfologi Dan Klasifikasi Tanah*, Malang: Universitas Brawijaya Press, 2017.
[24] L. Hakim, B. Rahardi, and A. Rachmansyah, "Checklist of flora along tourist trail to Mt. Lamongan, East Java (Indonesia): misconception of restoration and ecotourism programs in mountain region?," *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, vol. 5, pp. 1299. 2018.
[25] M. G. Simpson, *Plant Systematics*, Second edition, USA: Academic Press, Elsevier, 2010.
[26] D. A. Rahayu, and E.D. *Nugroho*, *Biologi molekuler dalam perspektif konservasi*, Yogyakarta: Plantaxia, 2015.
[27] J. W. Ochieng, A.W Muigai, and G.N. Ude, "Phylogenetic in plant biotechnology: principles, obstacles, and opportunities for the resource poor," *Afr J Biotechnol*, vol. 6, pp. 639-649, 2007.
[28] Z. L. Nie, V. A. Funk, Y. Meng, T. Deng, H. Sun, and J. Wen, "Recent assembly of the global herbaceous flora: evidence from the paper daisies (Asteraceae: Gnapalieae)," *New Phytologist*, vol. 209, pp. 1795-1806, 2016.
[29] R. Rambey, A. Susilowati, and N. Anna, "Genetic diversity of mindi (Melia azedarach) from community forest in Deli Serdang, North Sumatera, Indonesia revealed by microsatellite marker," *Biodiversitas*, vol. 201, pp. 1708-1712, 2019.
[30] R. Frankham, J. D. Ballou, and D. A. Briscoe, D. A. 2002. *Introduction to conservation genetics*, Cambridge University Press, UK, 2002

repository.ub.ac.id

JURNAL PEMBANGUNAN DAN ALAM LESTARI
Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development
http://jpal.ub.ac.id | ISSN: 2087-3522 | e-ISSN: 2338-1671

Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development

Welcome to Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development or Jurnal Pembangunan dan Alam Lestari

Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development is an interdisciplinary journal with scope aspects of environmental impacts (biophysical and socio-economic) a result of development. The journal also examines the phenomenon of a complex interaction between development and the environment, with the aim of looking for alternative solutions in realizing sustainability of all aspects of human activity development related.

Since December 18, 2018 J-PAL is **Accredited** by Ministry of Research, Technology and Higher Education, Republic of Indonesia (**No: 34/E/KPT/2018**) for the **5 years.**

Focus and Scope

1. Synergistic interactions among communities, development and the environment and their implications for the sustainability of development
2. Technical, economic, ethical, and philosophical aspects of sustainable development
3. Obstacles and ways to overcome them in realizing sustainable development
4. Local and national development sustainability initiatives, their practical implementation
5. Development and implementation of environmental sustainability indicators
6. Development, verification, implementation and monitoring of sustainable development policies
7. Aspects of sustainability in the management of land resources, water, energy, and hayari, towards sustainable development
8. Impacts of agricultural and forestry activities on the conservation of soil and aquatic ecosystems as well as the preservation of soil and aquatic ecosystems and the preservation of biodiversity
9. The impact of global energy use and climate change on sustainable development
10. The impact of population growth and human activities on the resilience of pangandan natural resources for sustainable development
11. The role of national and international agencies, as well as international arrangements in realizing sustainable development
12. The social and cultural context of sustainable development
13. The role of education and public awareness in realizing sustainable development
14. The role of political and economic Instruments in sustainable development
15. Alternative realize sustainable development efforts
16. Other topics that are still relevant to the development and environmental sustainability

Announcements

Call For Paper JPAL 2019

Call for Paper JPAL

We invite all Researchers, Scientists, Students and professionals to consider submitting an article for possible publication. Authors should follow the guidelines prescribed by the Journal for preparing their submissions. If you would like to contribute an article or review, or would like any more information, please get in touch with editors via email: jurnal.ppsub@gmail.com

Posted: 2018-09-26 More...

More Announcements...

Open Journal Systems

Indexed by

Visitor

Journal Help

User

Username fade

Password ••••••••

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

awij awij awij awijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya

repository.ub.ac.id

Vol 10, No 2 (2019)
IN PRESS

Table of Contents

Articles

- Land Use Analysis with Odonata Diversity and Composition using the ArcGIS in Malang and Batu, East Java
  Albert Ulul Albab, Amin Setyo Leksono, Bagyo Yanuwiadi PDF
- Domestic Wastewater Contribution to Water Quality of Brantas River at Dinoyo Urban Village, Malang City
  Sonia Prilly Ismi Arum, Donny Harisuseno, Soemarno Soemarno PDF
- Evaluation and Assessment of Water Quality Index: A Case Study in Kalitidu River, Bojonegoro
  Nindy Callista Elvania, Aminudin Afandhi, Mufidah Afiyanti PDF
- The Difference of Arthropods Diversity in Semi-Organic and Conventional Citrus Orchard in Dau, Malang
  Galih El Fikri, Bagyo Yanuwiadi, Aminudin Affandi PDF
- Perception of Vocational High School on the Existence of Probolinggo Municipality Mangrove Forest
  Arief Yudi Andhika, Abdul Hakim, Harsuko Riniwati
- Priority Analysis of The Integrated Pest Management (IPM) Implementation on Vegetable Cropping in Bumiaji Subdistrict, Batu City, East Java
  Anes Putri Octasari, Aminudin Afandhi, Soemarno Soemarno
- Fishing Gears Assessment Based on Code of Conduct for Responsible Fisheries (CCRF) at Probolinggo
  Ade Hanafi, Harsuko Riniwati, Aminudin Afandhi
- Assessing The Effectiveness of Biological, Chemical and Physics Treatment for Reducing Formalin in Sea Water
  Mutia Nur Hayati, Diana Arfiati, Bagyo Yanuwiadi
- Development Planning for Reclamation of Godbless Park Beach as A Public Space in Manado City
  Patriani Wilma Eunike Supit, Soesilo Zauhar, Siswidiyanto Siswidiyanto
- Habitat Anaphalis spp. in Tourism Area in Bromo Tengger Semeru National Park, East Java
  Filza Yulina Ade, Luchman Hakim, Estri Laras Arumingtyas, Rodiyati Azrianingsih
- The Analysis of the Heavy Metal Iron (Fe), Cadmium (Cd), Copper (Cu) Content In Crystal Guava (Psidium Guajava L.) and Soil at Bumiaji Village, Batu
  Hidayati Karamina

Remember me
Login

Notifications
- View
- Subscribe

Journal Content
Search
Search Scope All
Search
Browse
- By Issue
- By Author
- By Title

Information
- For Readers
- For Authors
- For Librarians

CC BY
STAT COUNTER

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya

repository.ub.ac.id

JURNAL PEMBANGUNAN DAN ALAM LESTARI
Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development
http://jpal.ub.ac.id | ISSN: 2087-3522 | e-ISSN: 2338-1671

Habitat Anaphalis spp. in Tourism Area in Bromo Tengger Semeru National Park, East Java

Filza Yulina Ade, Luchman Hakim, Estri Laras Arumingtyas, Rodiyati Azrianingsih

Abstract

The conservation of *Anaphalis* in moutian area in Bromo Tengger Semeru National park require basic understanding of habitat profiles. The aims of the research is to describes the habitat profile of *Anaphalis* spp population in mountain area in Bromo Tengger Semeru National Park. This research confirm that three Anaphalis were identified, namely *Anaphalis javanica*, *Anaphalis viscida* and *Anaphalis longifolia*. These species found at Penanjakan, Mt. Batok, and Ranu Kumbolo. The habitat of *Anaphalis* in study area were influenced by volcanic activities. Anaphalis grows in silty loam, loam, sandy-silt loam and sandy loam soils. *Anaphalis* grows in high competition with weeds and exotic plant species. Exotic-invasise species such as *Agrostis* sp., *Imperata cylindrical*, *Pteridium* sp., *Alchemilla* sp. *Eupatorium* sp. and *Leucaena* sp. plays an important role as a competitor among *Anaphalis* spp population in wild area. The conservation of *Anaphalis* in natural habitat require significant action to minimize invasive plant species in Anaphalis's habitat.

Keywords: Edelweiss, Mountain biodiversity

Refbacks

- There are currently no refbacks.

Open Journal Systems

Indexed by

DOAJ DIRECTORY OF OPEN ACCES JOURNALS
INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL
sinta Science and Technology Index
IPI

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya

repository.ub.ac.id

Habitat *Anaphalis* spp. in Tourism Area in Bromo Tengger Semeru National Park, East Java

Filza Yulina Ade[1]*, Luchman Hakim[2], Estri Laras Arumingtyas[2], Rodiyati Azrianingsih[2]

[1*]Biology Education Study Programme, Faculty of Teacher Training and Education, University of Pasir Pengaraian, Rokan Hulu Regency, Riau, Indonesia
[2]Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Brawijaya, Malang, Indonesia

Abstract

The conservation of *Anaphalis* in mountain area in Bromo Tengger Semeru National Park require basic understanding of habitat profiles. The aim of the research is to describes the habitat profile of *Anaphalis* spp. population in mountain area in Bromo Tengger Semeru National Park. This research confirm that three *Anaphalis* were identified, namely *Anaphalis javanica*, *Anaphalis viscida,* and *Anaphalis longifolia*. These species were found at Penanjakan, Mt. Batok, and Ranu Kumbolo. The habitat of *Anaphalis* in study area were influenced by volcanic activities. *Anaphalis* grows in silty loam, loam, sandy-silt loam and sandy loam soils. *Anaphalis* grows in high competition with weeds and exotic plant species. Exotic-invasive species such as *Agrostis* sp., *Imperata cylindrica*, *Pteridium* sp., *Alchemilla* sp., *Eupatorium* sp., and *Leucaena* sp. plays an important role as a competitor among *Anaphalis* spp. population in wild area. The conservation of *Anaphalis* in natural habitat require significant action to minimize invasive plant species in *Anaphalis's* habitat.

Keywords: Edelweiss, mountain biodiversity

INTRODUCTION

Anaphalis is one of the endangered taxa in mountain regions in East Java. There are three species of *Anaphalis* recognized from Java mountain regions, namely *Anaphalis javanica*, *Anaphalis viscida,* and *Anaphalis longifolia* [1]. *Anaphalis* contributes significant role in ecological process and socio-cultural benefit. Naturally, *Anaphalis* is one of the component of natural vegetation in mountain area and is found in volcanic soils. The population of *Anaphalis* has been considered as pioneer species in mountain ecosystem process. Such population can colonize open area in volcanic soil in mountain region, in which many plant species unable to grows in such soils [2-4]. *Anaphalis* produce beautiful flower and it is become the crucial compoenne to build the beauty scenic of mountain landscapes. [5], report some pollinator insect interact with the flower of Anaphalis, indicated the important of ecological role of *Anaphalis* in wild habitat. Among these species, *Anaphalis javanica* has received considerable attention as an attractive flora among nature lovers. Since the uniqueness and attractiveness of the flower, the flower of *Anaphalis javanica* is often illegally collected by tourist [6]. Culturally, *Anaphalis longifolia* is important species among Tenggerese in Tenggger Highland, in which this species is used as one of the offering materials in cultural and spiritual ceremonial [7]. While *Anaphalis* has vital role in mountain ecosystem, the natural population of the species are recently under serious threats.

Recent studies have indicated that the present-day habitat disturbance of *Anaphalis* increase significantly. Declines of population in the wild commonly result from several aspect, including illegal harvesting, and forest fire. Illegal harvesting are associated with the uncontrolled tourist vandalism to illegally pick up flower of edelweiss [6; 2]. Fire in natural habitat have a

Correspondence address:
Filza Yulina Ade
Email : filza.yulina@gmail.com
Address : Biology Education Study Programme, University of Pasir Pengaraian, Jl. Kumu Desa Rambah, Rokan Hulu Regency, Riau, Indonesia

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

special role. Apart from its ecological benefits, fire also provides significant negative iapct to wild population in the wild [8]. Decline of population in the wild also associated with the increase of exotic plant species in *Anaphalis* habitat. Pressure of the *Anaphalis* population has been documented in Ranupani area, in which *Anaphalis* population grows under dense population of *Euphatorium inulifolium* [3].

Decrease of *Anaphalis* population in the wild led to the decrease of aesthetic value of the sites. Ecologically, it is also decrease natural vegetation succession processes in mountain ecosystem. To date, there has been little works and discussion on the recent habitat of *Anaphalis* in mountain area in Java Island, especially in Bromo Tengger Semeru area. The conservation effort of Edelweis in Bromo Tengger Semeru area is important. Significantly, it is also related to the effort to conserve *Anaphalis* as natural resources attraction in ecotourism program [9; 10]. In Bromo-Tengger Semeru area, lack of incomplete *Anaphalis* habitat may make it impossible to design the proper conservation strategy of *Anaphalis* population. Effort to sustain the wild *Anaphalis* population in natural habitat may require the basic data regarding habitat characteristics, especially soil and its vegetation structure. The aims of the research is the describes the recent habitat of quality for the purposes of *Anaphalis* conservation in Bromo Tengger Semeru.

MATERIAL AND METHOD

Study area

The study was set up at highland area of Bromo Tengger Semeru National Park, East Java. The forest area comprise of three ecosystem, namely lower mountain forest, upper mountain forest and sub-alpine ecosystem [11; 12]. Biologically, the biodiversity level of the area very high and many habitat has been considered as crucial habitat for particular species population sustainability. The park has been known as hot spot area for orchids, in which many of them endemic to the park area [13; 11]. The park is habitat for many rare species, including *Dacrycarpus imbricatus* [14]. The park provides ideal habitat for numerous fauna, ranging from invertebrates to vertebrates.

The park is the favorites tourist destination in Indonesia, in which it is visited by international and domestic tourist. Mass tourism reported occurs in Penanjakan point with the interested object was the outstanding landscape of Mt. Bromo and Tengger caldera with Mt. Semeru as background. Some famous nature-based tourism point in the park area are including Penanjakan, Bukit Kingkong, Bukit Cinta, Caldera Tengger, two lakes in Ranupani area (Ranupani and Ranu Regulo Lakes), Lake Regulo and Mt. Semeru [6; 10]. Two villages located inside the park, namely Ngadas and Ranupani Villages. These villages inhabited by local called Tenggerese. In Tenggerese ritual, *Anaphalis* is one of the crucial material for offering, in which it is often collected from natural habitat. Almost indigenous people are farmer.

Methods

Field study was set up at three sites in BTSNP, namely Penajakan, Mt. Batok and Ranu Kumbolo. In order to generate the physical and chemical characteristics of soil, soil was sampled from Penanjangan (6 sites), Mt. Batok (1 site), and Ranu Kumbolo (3 sites). The soil surface with 10cm in depth was collected using stainless steel spoons. Collected sample soil were air-dried, then sifted with 2 mm sifter for analyses of soil texture. Soils texture were evaluated on the contents of sand, ash, silt composition. Vegetation survey was conducted at 11 sites through the establishment of 1x1 quadrates. Plant species grows inside quadrates were identified based on morphological characters. In each quadrate, plant cover, density and frequency were assessed.

RESULT AND DISCUSSION

Natural Distribution

In the spatial context, the observed sites are located at volcanic zones of the park. Mt. Bromo has been identified as one of the most active volcanoes in

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

the recent decades, with the last eruption in the early 2016 destroy vegetation and disturbs tourism industry in the area. Impact of the active eruption of Mt. Bromo contributes to the soils charateritics of the area, especially in Penanjakan and Mt. Batok (Table 1). Penanjakan and Mt. Batok located at the giant Tengger caldera and in the case of Mt. Bromo eruption these area received significant volcanic material from the eruption process. After eruption, ash and sand often cover soils and vegetation. The thickness of ash are significant to vegetation survival. In Mt. Batok and Penanjakan, the low organic carbon contribute to the limiting number of plant to grows.

Table 1. Soil characteristics of *Anaphalis* habitat

No	Sampling sites	Percent of			Commons names of soils
		Sand	Silt	Clay	
1	Penanjakan1	32	60	8	Silty loam
2	Penanjakan2	46	46	8	Loam
3	Penanjakan3	8	50	42	Sandy-silt loam
4	Penanjakan4	35	58	7	Silty loam
5	Penanjakan5	37	54	9	Silty loam
7	Penanjakan6	43	47	10	Loam
8	Mt. Batok	48	52	0	Silty loam
9	Ranu Kumbolo1	63	31	6	Sandy loam
10	Ranu Kumbolo2	65	21	14	Sandy loam
11	Ranu Kumbolo3	59	27	14	Sandy loam

Soil is one of the vital component in plant population conservation. There are aso relationship between plant community and soil [15]. The soil structure has significant impact to the *Anaphalis* sp population in natural habitat. Volcanic activity of Mt Bromo is considered the significant real contributor to the recent soil composition in Penanjakan and Mt. Batok. These lead to soil composition dominated by sand and dust. Recent soil physical characteristics in Ranu Kumbolo reflect the past geological process of the area, especially the active eruption of Mt. Semeru. Eruption frequency has an important influence on the physical and chemical characteristics. These can be shown by dominant eruption materials in area that area affected by eruption. Few species able to grows in volcanic soil which area influenced by volcanic ash. *Anaphalis* is one of the pioneer species which is able to colonize volcanic desert land [16], and in many case it is one of the important pioneer species in volcanic ecosystem [17; 18; 11].

Table 2. Chemical aspect of soils of *Anaphalis* habitat

No	Sites	pH	C organic	N Total	C/N	K	Na	Ca	Mg
1	Penanjakan1	4.5	1.75	0.17	10	0.07	0.21	5.20	1.10
2	Penanjakan2	4.6	0.16	0.03	5	1.02	1.31	7.40	1.42
3	Penanjakan3	4.6	0.40	0.13	5	1.80	1.43	5.04	2.52
4	Penanjakan4	4.5	1.99	0.17	12	0.03	0.32	4.88	1.73
5	Penanjakan5	4.5	1.83	0.17	11	0.08	0.33	4.41	1.25
7	Penanjakan6	5.4	0.08	0.04	2	1.39	2.00	7.09	5.20
8	Mt. Batok	4.5	0.26	0.04	6	0.16	0.15	1.59	0.21
9	Ranu Kumbolo1	5.4	1.03	0.08	13	0.05	0.18	2.76	0.05
10	Ranu Kumbolo2	5.5	1.73	0.19	9	0.07	0.31	6.50	1.06
11	Ranu Kumbolo3	5.1	2.25	2.25	10	0.12	0.22	4.54	1.06

Vegetation profiles of *Anaphalis* habitat

Although there are differences in vegetation composition, there are strong similarities in general aspect of soils. Difference vegetation structure in sampled area is a function of soil, rainfall intensity, fires in natural habitat and introduction to exotic plant species. Weeds abundance in study area, represent the natural condition of heavy habitat disturbance of *Anaphalis* (Table 3). Exotic plant species abundance in examined habitat of *Anaphalis*. *Agrostis* is known as cosmopolitan genus which are able to grows in many area. *Agrotis* has been considered as noxious species in Africa, in which it is able to grows in numerous habitat, including grassland, forest and wetaland. The spesies considered as pioneer species in degraded lands, tolerant to drought and fire. This situation is, ecologically, unfavorable for *Anaphalis* population conservation in the wild. The abundance of exotic plant species also contribute to the forest fire. The dry leaf of *Imperata cylindrica* and *Pteridium* sp. contribute the forest fire. Exotic and invasive plant species in mountain area recently found in mountain area [19 - 21].

Recent treats to *Anaphalis* in Bromo Tengger Semeru area come primarily from fire. Forest fire is often coupled with dry seasons and dried plant biomass in particular area. Dried plant biomass are important element of any forest fire incidents, especially in grassland area. Among the important species in grassland fire, *Imperata cylidrica* is important species [22]. Vegetation of Tengger caldera is predominantly formed from shrubs and herbs which are easily burned in dry periods.

Table. 3. Five species with highest important value index (IVI) in study area

Sampling sites	Species with high IVI	IVI value in %	Notes
Penanjakan	*Agrostis* sp.	51.87	*Agrostis* is perennial grass, abundance in Penanjakan.
	Anaphalis javanica	24.05	Native species to study sites
	Diplycosia sp.	16.44	
	Anaphalis longifolia	16.16	Native species to study sites
	Anaphalis viscida	14.26	Native species to study sites
	Solanaceae	11.19	
	Vaccinium sp.	10.73	Native species to mountain area
Mt. Batok	*Imperata cylindrica*	84.96	Serious weeds
	Pteridium sp.	67.80	Serious weeds
	Anaphalis longifolia	40.60	Native species to study sites
Ranu Kumbolo	*Agrostis sp.*	66.11	Serious weeds
	Pteridium sp.	32.87	Serious weeds
	Anaphalis longifolia	26.75	Native species to study sites
	Anaphalis javanica	22.49	Native species to study sites
	Anaphalis viscida	16.32	Native species to study sites
	Imperata cylidrica	13.99	Serious weeds
Ranu Regulo	*Alchemilla* sp.	43.53	*Alchemilla* sp. is the herbaceous perennial plant
	Imperata cylindrica	37.58	weeds
	Anaphalis javanica	30.05	Native species to study sites
	Pteridium aquilinum	18.95	Serious weeds
	Eupatorium sp.	10.18	Invasive weed.

Conclusion

Recent survey of *Anaphalis* in Bromo Tengger Semeru area found *Anaphalis* grows in Penanjakan, Mt. Batok, and Ranu Kumbolo. The population of *Anaphalis* spp. grows in volcanic soil with high pressure of invasive species. Invasive species clearing in *Anaphalis* habitat is required as a strategy to enhance the population of *Anaphalis* spp. as endemic species with limited population number in Bromo Tengger Semeru.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to acknowledge to ministry of research, technology, and higher education, Republic of Indonesia (KEMENRISTEKDIKTI) for the funding support of the research.

REFERENCES

[1]. Backer, C. A., and Bakhuizen, V. D. B. 1965. Flora of Java (Spermatophytes only). Vol. 2. Angiospermae, families 111-160.

[2]. Wahyudi, D. 2010. Distribusi dan Kerapatan Edelweis (*Anaphalis javanica*) Di Gunung Batok Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. Undergraduate Thesis. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang.

[3]. Hakim, L., and Miyakawa, H. 2013. Plant trees species for restoration program in Ranupani, Bromo Tengger Semeru National Park Indonesia. *Biodiversity Journal*. 4. 3:387-394.

[4]. Sutomo, S. 2018. Species Composition and Role Of Exotic Invasive Pioneers in Vegetation Establishment on Mount Merapi Volcanic Deposits in Java, Indonesia. *Tropical Drylands*. 2. 2:59-64.

[5]. Hidayat, P. A., Pratiknyo, H., and Basuki, E. 2016. Keragaman Serangga Polinator Pada Tumbuhan Edelweiss Jawa (Anaphalis javanica) Di Gunung Slamet Jawa Tengah. Prosiding SNPBS (Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek) Ke-1. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

[6]. Cochrane, J. 2000. The role of the community in relation to the tourism industry: A case study from Mount Bromo, East Java, Indonesia. In Godde PM, Price MF, Zimmermann FM. *Tourism and development in mountain regions*. 199-220.

[7]. Utomo, A. B. S., and Heddy, S. 2017. Etnobotani Edelweis (Anaphalis spp.) di Desa Ngadas, Taman Nasional Bromo Tengger Semeru. *Jurnal Produksi Tanaman*. 6. 8:1648-1654.

[8]. Parsons, D. J. 1976. The role of fire in natural communities: an example from the southern Sierra Nevada, California. *Environmental Conservation.* 3. 2:91-99.

[9]. Walpole, M. J., and Leader-Williams, N. 2002. Tourism and flagship species in conservation. *Biodiversity & Conservation*. 11. 3:543-547.

[10]. Hakim, L., and Soemarno, M. 2017. Biodiversity conservation, community development and geotourism development in bromo-tengger-semeru-arjuno biosphere reserve. *Geojournal of Tourism and Geosites.* 20. 2:220-230.

[11]. Whitten, A. J., Soeriaatmadja, R. E., and Afif, S. A. 1996. Ecology of Java & Bali (Vol. 2). Oxford University Press.

[12]. Hakim, L. 2011. Cultural Landscapes of the Tengger Highland, East Java. In Landscape Ecology in Asian Cultures (pp. 69-82). Springer, Tokyo.

[13]. Comber, J. B. 1990. Orchids of java Kew: Bentham-Moxon Trust, Royal Botanic Gardens, Kew 407p.-col. illus.. ISBN, 947643214.

[14]. Rahadiantoro, A., Hakim, L., and Arumingtyas, E. L. 2013. Genetic variation of *Dacrycarpus imbricatus* in Bromo Tengger Semeru National Park, East Java Based on trnL (UAA) Intron Region. *Journal of Tropical Life Science*. 3. 2:127-131.

[15]. Sutomo, S., and Fardila, D. 2012. Plant Community and Soil Relationship Following Wildfires From Nuees Ardentes on Mt. Merapi. *Biotropia.* 19. 1:1-9.

[16]. Del, Moral R., and Eckert, A. J. 2005. Colonization of volcanic deserts from productive patches. *American Journal of Botany.* 92. 1:27-36.

[17]. Van Steenis, J. C. G. G., Hamzah, A., and Toha, M. 1972. *Mountain flora of Java*. Brill.

[18]. Tsuyuzaki, S., and Del Moral, R. 1995. Species attributes in early primary succession on volcanoes. *Journal of Vegetation Science*. 6. 4:517-522.

[19]. Sutarno, S., Setyawan, A. D., Irianto, S., and Kusumaningrum, A. 2001. Plants Biodiversity of Jobolarangan Forest Mount Lawu: 2. Spermatophyta. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2. 2:156-162.

[20]. Hapsari, L., Basith, A., and Novitasiah, H. R. 2014. Inventory of Invasive Plant Species Along the Corridor of Kawah Ijen Nature Tourism Park, Banyuwangi, East Java.

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Journal of Indonesian Tourism and Development Studies. 2. 1:1-9.
[21]. Hakim, L., Rahardi, B., & Rachmansyah, A. 2018. Checklist of flora along tourist trails to Mt. Lamongan, East Java (Indonesia): misconception of restoration and ecotourism programs in mountain region?. *Journal of Degraded and Mining Lands* Management. 5. 3:1299.
[22]. MacDonald, G. E. 2004. Cogongrass (*Imperata cylindrica*)—biology, ecology, and management. *Critical Reviews in Plant Sciences.* 23. 5:367-380.

repository.ub.ac.id

Journal of Tropical
Life Science
International Journal of Theoritical, Experimental, and Applied Life Science

Journal of Tropical Life Science Journal of Tropical Life Science Journal of Tropical Life Science Journal of Tropical Life Science Journal of Tropical

LETTER OF ACCEPTANCE

December 6, 2019

Dear Filza Yulina Ade,

We would like to congratulate you on the acceptance of your manuscript "**Conservation Strategy of *Anaphalis* spp. In Bromo Tengger Semeru National Park, East Java**" in Journal of Tropical Life Science Vol. 10 (2020). If you have difficulty to all of the process, please feel free to contact JTLS through email: jtls@ub.ac.id.

Thank you very much for your attentions and we are looking forward to hearing a respond from you.

Sincerely,
Journal of Tropical Life Science

Journal of Tropical
LifeScience
http://jtrolife.ub.ac.id, email: jtls@ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya Universitas Brawijaya

Conservation strategy of *Anaphalis* spp. in Bromo Tengger Semeru National Park, East Java

Filza Yulina Ade
Biology Education Study Programme, Faculty of Teacher Training and Education
University of Pasir Pengaraian
Jl. Kumu Desa Rambah, Rokan Hulu Regency, Riau, Indonesia

Luchman Hakim
Departement of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Brawijaya University
Jl. Veteran, Malang, East Java, Indonesia

Estri Laras Arumingtyas
Departement of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Brawijaya University
Jl. Veteran, Malang, East Java, Indonesia

Rodiyati Azrianingsih
Departement of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Brawijaya University
Jl. Veteran, Malang, East Java, Indonesia

*Corresponding author:
Luchman Hakim
Departement of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Brawijaya University
Jl. Veteran, Malang, East Java, Indonesia
luchman@ub.ac.id

Keywords: SWOT-conservation, Edelweiss population, ecotourism

ABSTRACT

The objective of the paper were to identify factors related to conservation strategy of *Anaphalis* in BTSNP. This study found internal factor related to strength includes the existence of species and value of *Anaphalis* spp., while the weaknesses include increase of habitat degradation and disturbance caused by tourism activities. The opportunities for conservation includes support of policy in biodiversity conservation and increase of ecotourism movement, while the threats aspect include less control of land uses changes and increase of mass tourism. The SWOT analyses recommends some significant strategy which are derived from combination of enhancing strength to optimizing opportunities, reducing weaknesses and optimizing opportunities, Enhancing strength to reduce threats and managing weaknesses to manage risk.

Background

Indonesia is home to numerous biodiversity, in which it has been known contributes to global and regional ecosystem. Many biodiversity has been known as species with high economical value. Scholars point out that biodiversity is also important to cultural aspect of many local community in Indonesia. Biodiversity has been viewed as a crucial resources for national and local development, and therefore it is important to promote biodiversity conservation [1; 2].

Threats to biodiversity has been identified numerous, ranging from low community appreciation to biodiversity to rapid ecosystem degradation in both terrestrial and aquatic. Decrease of forest has been intensively studied and conclude that it is contribute to biodiversity decrease [3]. Numerous planning and action has been proposed to minimize and reduce potential threats. The scientific information from individual genetic to its habitat and ecosystem in landscape context has been studied. Approach for endemic species conservation has been proposed through the ecosystem management challenges. From numerous case studies, however, general strategy which are generated from SWOT analysis to support environmental management and biodiversity conservation has been widely proposed and implemented [4; 5]. This strategy has been formulated based on the internal and external aspect related to the conservation target [6]. This proposal has been reported useful and success in implementation. In Indonesia, however, few studies related to SWOT analysis has been conducted to support conservation program.

In Bromo Tengger Semeru National Park (BTSNP) in East Java, *Anaphalis* spp. is one of the important species among Tenggerese community who lives in Tengger Highland. The species was used as an important material in cultural events, especially plans as offering. According to local belief, *Anaphalis* has specific meaning, in which it should be appear in offering. Local community collect wild *Anaphalis* in some amount of leaf and flower and maintain population sustainability for the next usage. Among young domestic tourist and nature lover, *Anaphalis* spp. was collected and take home as dried flower [7-10].

Anaphalis spp. ecologically grows in poor volcanic soils and reported as crucial pioneer species in volcanic ecosystem. Previous studies report that [11]. The sustainability of *Anaphalis* wild population not only important in the succession process in upper and sub-alpine mountain area, but it is also important to preserve local culture. As far, many wild population of *Anaphalis* was under threats. Strategy to support *Anaphalis* population sustainability in the wild population therefore important. The aims of the research were to identify factors related to conservation strategy of *Anaphalis* in BTSNP.

Methods

Field survey was conducted at Bromo Tengger Semeru National Park. The park is one of the home to numerous mountain biodiversity. Numerous outstanding landscapes was found in the park, support the geotourism development in

BTSNP [7; 9; 10]. Four location in BTSNP in which population grows were visited to examine the recent condition of population. Field survey and literature study was conducted mainly to collect data related to strength, weaknesses, opportunities and threats related to *Anaphalis* spp. conservation strategy. We focus to identify factor related to the strength and weaknesses of wild population through direct observation and literature survey. An interview with national park ranger, local community and tourist were implemented to generate additional data related to the sthrenght and weaknesses of wild population [6].

In determining aspects related to strength-weaknesses aspects, focus of the aspect was covers all of the internal conditions from individual to ecosystem quality in Bromo Tengger Semeru National Park. In determining aspect related to opportunities and threats, focus of the survey were includes external aspects which are potentially related to the success of *Anaphalis* spp. conservation programs. Mainly, it is ranging from conservation policy and other issues related which are contributes to *Anaphalis* spp. conservation. In order to identify aspect related to threats, external aspect which area contribute to the decrease of *Anaphalis* population in BTSNP were identified through field observation and document studies.

Result and Discussion

There are some documents which are crucial to describes the strategy for biodiversity in BTSNP. It was ranging from official document related to management aspect of national park to research report which was conducted at national park.

General feature of recent *Anaphalis* habitat

In BTSNP, *Anaphalis* spp. grows in upper mountain to sub-alpine ecosystem. All of the recent habitat of *Anaphalis* is open space area. In Mt. Batok, *Anaphalis* grows in the slope of mountain, distribute in caldera surface. The caldera Tengger are mainy covered by shrubs and grass, with main vegetation includes *Imperata cylindrica, Foeniculum vulgare*. The population of *Anaphalis* grows in volcanic soil, with poor organic matters in some area such as in the slope of Mt. Batok. Most of the habitat *Anaphalis* in this survey has been used as recreation sites, lead the high risk of tourism activity in wild population.

Internal factors related to conservation strategy

Internal aspects which are related to the conservation strategy include strengths and weaknesses. Strength become positive aspect to support conservation success, while weaknesses become barriers and limitation to the conservation program success. The conservation program ideally should be able to optimizing strength to minimize weaknesses [6]. Through field survey and document analisys, some aspect related to the strength and weaknesses were drawn below.

Aspects related to strengths

Some factors has been identified as a strengths factor for *Anaphalis* conservation. First, Three species of *Anaphalis*, namely *A. viscida*, *A. javanica* and *A. longifolia* found in BTNSP. This study confirm that three species of *Anaphalis* still exist in BTSNP, as reported previously by [11]. Second, most of the population of *Anaphalis* grows in core zone of park. This means, in the contex of management most of the population of *Anaphalis* located at area with high control and protection, especially from human disturbance. Zoning is one of the significant tools in park management, and it is mainly addressed to protect biodiversity from numerous potential disturbance, especially from human activity [12].

Local community and tourist perception to *Anaphalis* was high. From interviews and literature studies, local community use *Anaphalis* as important part of the traditional ceremony offerings [8]. The relationship of plant and indigenous community in socio-cultural relationship has been widely explored by scholars in ethnobotanical studies. Species with high socio-economical value often received special attention, and in many case there are evidence of community participation in conserving particular species with high socio-cultural value. This is often practiced by cultivate specific plant in home garden. In case of *Anaphalis* conservation by community active participation, there are opportunities to cultivate *Anaphalis* in homegardens environment in

Tenggerese Village. In Tenggerese Village, it is especially important to integrate with rural tourism program and implementation [13].

Aspects related to weaknesses

From document and literature reviews, it is cler that conservation effort of biodiversity in BTNSP facing serious problem related to habitat degradation.

Recent survey confirm that habitat of *Anaphalis* population in BTSNP distribute patchy in upper mountain forest area, especially in area dominated by shrubs and grasses. The open habitat seems contributes to the grows of *Anaphalis* population. In Penanjakan, *Agrostis* sp. becoming important species in *Anaphalis* habitat, as shown by the highest important value index of the species. *Anaphalis* exist under high competition, i.e. *Anaphalis javanica* (IVI = 24.05), *Anaphalis longifolia* (IVI = 16.16), *Anaphalis viscida* (IVI = 14.26). In Mt. Batok, *Anaphalis* habitat was invaded by *Imperata cylindrica* and *Pteridium* sp. These species has been identified noxious weeds. In this area, *Anaphalis longifolia* (IVI=40.60) grows under high completion with *Imperata cylindrica* and *Pteridium* sp. Similar situation was found in Ranu Kumbolo, in which *Anaphalis longifolia*, *Anaphalis javanica* and *Anaphalis viscida* grows under high pressure of *Agrostis sp.* and *Pteridium* sp. There also potential invasion of *Imperata cylindrica* in this area. In Ranu Regulo, *Anaphalis javanica* grows under pressure of *Alchemilla* sp. and *Imperata cylindrica* (Table 1). Exotic plant species widely reported contributes to the native population, and therefore dangerous for the sustainability of native plant and animlas population in the wild [14]. The Congograss *Imperata cylindrica* is one of the important species in many endemic species decline [15]. *Agrostis* is also important invader, especially in endemic-rich area [16]. The abundance of exotic plant species with high potential massive invasion should be viewed as crucial weaknesses to *Anaphalis* conservation in BTNSP. It has been confirmed that *Anaphalis* population has low genetic diversity. As shown by our previous report, the diversity ranges from 0.012 – 0.024. Genetic diversity is important for future population survival [17].

Table. 1. Dominant and co-dominant species found in wild habitat of *Anaphalis* spp. in BTSNP [18]

Sampling sites	Altitudes (m asl)	Species with highest IVI	IVI value (%)
Penanjakan	2656	*Agrostis* sp.	51.87
		Anaphalis javanica	24.05
Mt. Batok	2168	*Imperata cylindrica*	84.96
		Pteridium sp.	67.80
Ranu Kumbolo	2407	*Agrostis* sp.	66.11
		Pteridium sp.	32.87
Ranu Regulo	2113	*Alchemilla* sp.	43.53
		Imperata cylindrica	37.58

Forest fire also contribute to the weaknesses of *Anaphalis* conservation strategy. Fact that habitat of *Anaphalis* spp. in BTSNP occupied by numerous shrubs lead to the high risk of forest fire. Scholar point out that dried biomass of shrubs and grass in savanna ecosystem contribute to forest fire, especially in dry periods [19; 20].

Most of the *Anaphalis* habitat located in area with easy access, lead to direct contact of human and *Anaphalis*, or locally called Edelweiss flower. Penanjakan is the sighseeing sun rise and one of the most visited area. Penajakan receive a lot of visitation which are potentially disturb biodiversity in Penanjakan area. Ranu Regulo as camping area, recently visited and used as camping area. Few human-*Anaphalis* interaction found in Mt. Batok and Ranu Regulo, but with the increase of tourist visitation in this area there are potential contribution of tourism activities to wild population of *Anaphalis* in Mt. Batok and Ranu Regulo [10]. These situation lead to the high possibility and opportunities of *Anaphalis* disturbance by illegal collection. Impact of tourist to natural vegetation has been widely reported, in which many of them are negative [21].

From the above explanation, the summary of internal aspects which are contributes to the success on *Anaphalis* spp. conservation were given in Table 2.

Table 2. Internal aspect of the conservation strategy of *Anaphalis* in BTSNP

Strengths	Weaknesses
✓ Three species grows with high species diversity in BTSNP ✓ *Anaphalis* has been considered as endemic and unique flora in mountain ecosystem	✓ Habitat degradation, low genetic diversity, invaded by exotic plant species and intensive forest fire ✓ Habitat easy accessible by tourist, lead the vandalism and illegal collection of plant

External factors related to conservation strategy

Aspects related to opportunities

Policy to conserve biodiversity provides opportunities for threatened species conservation, including *Anaphalis* spp. Indonesian government argues that biodiversity is important resources for the development, and therefore attention to biodiversity should be priority of national, regional and local development [2].

Increase of tourist awareness to environment issues grows significantly, and it is become the important opportunities to support *Anaphalis* conservation in BTSNP. It is especially relevant with the increase of tourist number in BTSNP [10].

Recent movement in responsible travels has become the opportunities to support conservation program. Schoalr point out that ecotourism has potentiality to support ecotourism development, especially in area with abundance natural resources and outstandaing landscapes [9; 22; 23].

Aspect related to threats

From filed survey and numerous literature studies, it is clear that there are two aspect related to the threats of *Anaphalis* population in natural habitat in BTSNP. It is include (1) Less control land uses changes, and (2) increase of human pressure through mass tourism activity in BTSNP (Table 3). Land uses changes is one of the factor widely discussed as mechanism to habitat decrease. In national park, changes habitat often caused by illegal activity of people to open farm lands, clearing vegetation and make building and facility to support tourism needs. It is especially related to the next crucial problem in park, the increase of human pressure through mass tourism [10].

Increase of mass tourism was triggering by accessibility improvement and nature-based tourist activity.

Table 3. External aspect of the conservation strategy of *Anaphalis* in BTSNP

Opportunities	Threats
✓ Policy in biodiversity conservation ✓ Increase of ecotourism	✓ Less control land uses changes ✓ Increase of mass tourism

Synthesis of conservation strategy

Synthesis of conservation strategy was established from the combination of internal-external aspect. Therefore, there are potential combination of strategies which are derived from four combination of: (1) Enhancing strength to optimizing opportunities, (2) Reducing weaknesses and optimizing opportunities, (3) Enhancing strength to reduce threats, and (4) Managing weaknesses to manage risk. The potential program and actions can be described below.

Enhancing strength to optimizing opportunities

Strategy enhancing strength to optimizing opportunities includes some important action, including: (1) Using *Anaphalis* species diversity to enhance conservation issues of biodiversity in park, and (2) Promoting and linking *Anaphalis* as flagship species for ecotourism and conservation program. This strategy put issues flagship species conservation as main issue. The major limitation with this approach, however, is few scientific research on *Anaphalis* biology and ecology available. Therefore, comprehensive

study related to *Anaphalis* spp. population in BTSN was needed.

Reducing weaknesses and optimizing opportunities

Established strategy based on reducing weaknesses and optimizing opportunities were includes: (1) Reducing habitat disturbance threats using conservation issues as apolitical and management instrument, (2) Increasing responsible tourism activity through increasing interpretation to enhance tourist knowledge, awareness and participation in conservation. Recent global movement to support conservation program is one of the significant issues, and in many case it has been followed by funding and technical assistance support. There are also movement of sustainable tourism, in which is it has significant impact to support biodiversity conservation and environmental protection. This opportunities become significant point to reduce the weaknesses of conservation program.

Enhancing strength to reduce threats

Developed strategy which were derived from attempt to enhance strengths aspects to reduce threats includes: (1) Controlling land uses changes to ensure the sustainability of population and its genetic diversity, and (2) Introducing and promoting *Anaphalis* as protected species and enhancing responsible travel activity to enhance *Anaphalis* conservation program. Landscape ecological concept argues that land uses changes contribute to the habitat quality and biodiversity population sustainability. In the context of national park, land uses changes often related to the park zoning policy. In the situation where zoning implementation were poor controlled, and number of human disturbance to lands in park area increase, the improper zoning system is the crucial aspect lead to habitat degradation.

Managing weaknesses to manage risk

Managing weaknesses to manage risk includes: (1) Increasing management capacity and stakeholders support to minimize potential spatial disturbance of *Anaphalis* habitat in BTSNP, and (2) Managing mass tourism in BTSNP. A mass tourism usually refers to the tourism activity with high number of tourist in limited space and resources without ecological principles consideration. Economic is the main motives behind mass tourism. Mass tourism potentially occurs in area with poor tourism control, and therefore it is become crucial factor lead to environmental decrease and biodiversity extinction. It is crucial for BTSN to increase the capacity of tourism planning and management with the objective id optimizing tourism benefits to support conservation program [9].

Conclusion

In conclusion, the strategy to conserve *Anaphalis* in BTSNP can be established through the integration and combination of external and internal aspect. Strategy enhancing strength to optimizing opportunities includes using *Anaphalis* species diversity to enhance conservation issues of biodiversity in park and linking *Anaphalis* as flagship species for ecotourism and conservation program. Strategy based on reducing weaknesses and optimizing opportunities were reducing habitat disturbance threats using conservation issues as apolitical and management instrument, and increasing responsible tourism activity through increasing interpretation to enhance tourist knowledge, awareness and participation in conservation. Strategy which were derived from enhancing strengths aspects to reduce threats includes controlling land uses changes to ensure the sustainability of population and its genetic diversity, and introducing and promoting *Anaphalis* as protected species and enhancing responsible travel activity to enhance *Anaphalis* conservation program. Managing weaknesses to manage risk includes increasing management capacity and stakeholders support to minimize potential spatial disturbance of *Anaphalis* habitat in BTSNP, and managing mass tourism.

Acknowledgement

The authors would like to acknowledge to ministry of research, technology, and higher education, Republic of Indonesia (KEMENRISTEKDIKTI) for the funding support of the research.

References

1. von Rintelen K, Arida E, Häuser C (2017) A review of biodiversity-related

issues and challenges in megadiverse Indonesia and other Southeast Asian countries. Research Ideas and Outcomes 3:e20860.
2. Murniningtyas E, Darajati W, Sumardja ES (2016) Indonesia Biodiversity and Strategy and Action Plan (IBSAP) 2015-2020. Kementrian Perencanaan Pembangunan Nasional/BAPPENAS - Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
3. Margono BA, Potapov PV, Turubanova S, Stolle F, Hansen MC (2014) Primary forest cover loss in Indonesia over 2000–2012. Nature climate change 4(8):730.
4. Scolozzi R, Schirpke U, Morri E, D'Amato D, Santolini R (2014) Ecosystem services-based SWOT analysis of protected areas for conservation strategies. Journal of environmental management 146:543-551.
5. Braun R, Amorim A (2015) Rapid 'SWOT' diagnosis method for conservation areas. Scottish Geographical Journal 131(1):17-35.
6. Bull JW, Jobstvogt N, Böhnke-Henrichs A, Mascarenhas A, Sitas N, Baulcomb C, Carter-Silk E (2016) Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats: A SWOT analysis of the ecosystem services framework. Ecosystem services 17:99-111.
7. Hakim L (2011) Cultural Landscapes of the Tengger Highland, East Java. In: Landscape Ecology in Asian Cultures. Tokyo, Springer. 69-82.
8. Pramita NH, Indriyani S, Hakim L (2013) Etnobotani Upacara Kasada Masyarakat Tengger, di Desa Ngadas, Kecamatan Malang, Poncokusumo, Kabupaten Malang. Journal of Indonesian Tourism and Development Studies 1(2):52-61.
9. Hakim L, Soemarno M (2017) Biodiversity conservation, community development and geotourism development in bromo-tengger-semeru-arjuno biosphere reserve. Geojournal of Tourism and Geosites 20(2):220-230.
10. BTSNP (2018) Bromo Tengger Semeru National Park Annual Report. Ministry of Environment and Forestry, Jakarta.
11. van Steenis CGGJ, Hamzah A, Toha M (1972) Mountain flora of Java. Leiden, Brill Academic Publisher.
12. Day JC (2002) Zoning—lessons from the Great Barrier Reef marine park. Ocean & coastal management 45(2-3):139-156.
13. Hakim L (2014) Etnobotani dan manajemen kebun-pekarangan rumah: ketahanan pangan, kesehatan, dan agrowisata. Malang. Selaras.
14. Pejchar L, Mooney HA (2009) Invasive species, ecosystem services and human well-being. Trends in ecology & evolution 24(9):497-504.
15. Brewer S (2008) Declines in plant species richness and endemic plant species in longleaf pine savannas invaded by *Imperata cylindrica*. Biological Invasions 10(8):1257-1264.
16. Zedler PH, Black C (2004) Exotic plant invasions in an endemic- rich habitat: The spread of an introduced Australian grass, Agrostis avenacea JF Gmel., in California vernal pools. Austral ecology 29(5):537-546.
17. Booy G, Hendriks RJJ, Smulders MJM, Van Groenendael JM, Vosman B (2000). Genetic diversity and the survival of populations. Plant Biology 2(04):379-395.
18. Ade FY, Hakim L, Arumingtyas EL, Azrianingsih R (2019) Habitat *Anaphalis* spp. in Tourism Area in Bromo Tengger Semeru National Park, East Java. Indonesian Journal of Environment and Sustainable Development 10(2)
19. D'Antonio CM, Vitousek PM (1992) Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. Annual review of ecology and systematics 23(1):63-87.
20. Gorgone-Barbosa E, Pivello VR, Bautista S, Zupo T, Rissi MN, Fidelis A

(2015) How can an invasive grass affect fire behavior in a tropical savanna? A community and individual plant level approach. Biological Invasions 17(1):423-431.
21. Hernández-Cordero AI, Hernández-Calvento L, Espino EPC (2017) Vegetation changes as an indicator of impact from tourist development in an arid transgressive coastal dune field. Land Use Policy 64:479-491.
22. Bookbinder MP, Dinerstein E, Rijal A, Cauley H, Rajouria A (1998) Ecotourism's support of biodiversity conservation. Conservation Biology 12(6):1399-1404.
23. Salum LA (2009) Ecotourism and biodiversity conservation in Jozani–Chwaka Bay National Park, Zanzibar. African Journal of Ecology 47:166-170.