

**DIVERSITAS MORFOLOGI DAN FITOKIMIA SERTA INISIASI PROPAGASI
IN VITRO TANAMAN OBAT CABE JAWA (*Piper retrofractum* Vahl.) DI PULAU
MADURA**

TESIS

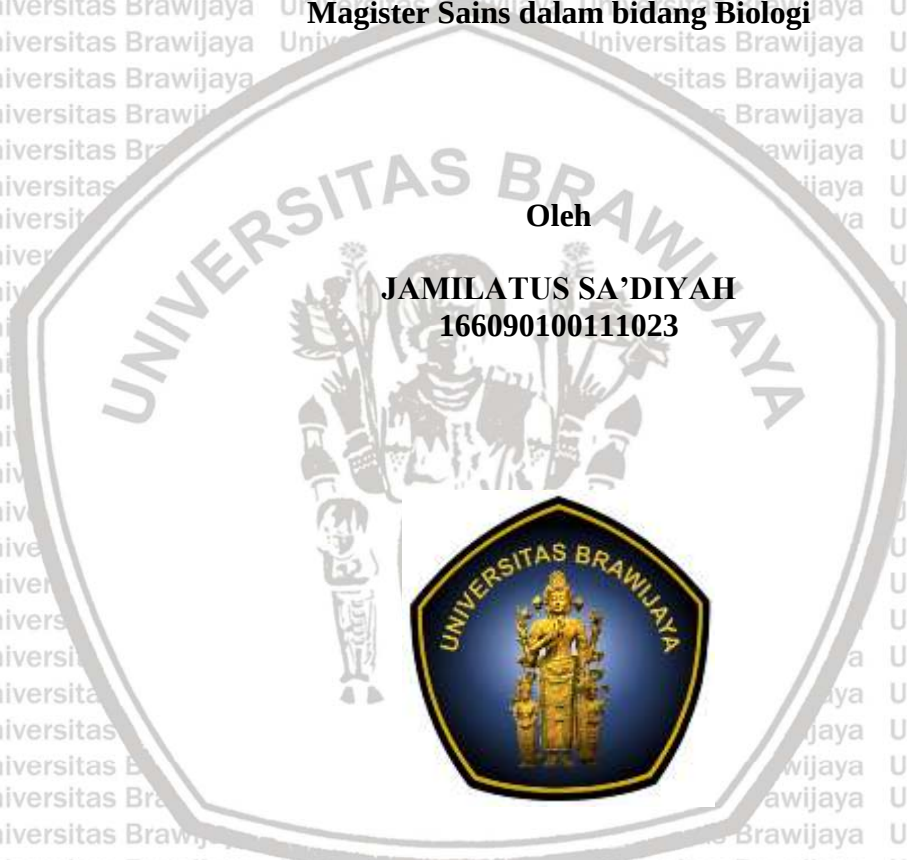
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Magister Sains dalam bidang Biologi

Oleh

JAMILATUS SA'DIYAH

166090100111023



PROGRAM MAGISTER BIOLOGI

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019

**DIVERSITAS MORFOLOGI DAN FITOKIMIA SERTA INISIASI PROPAGASI
IN VITRO TANAMAN OBAT CABE JAWA (*Piper retrofractum* Vahl.) DI PULAU
MADURA**

TESIS

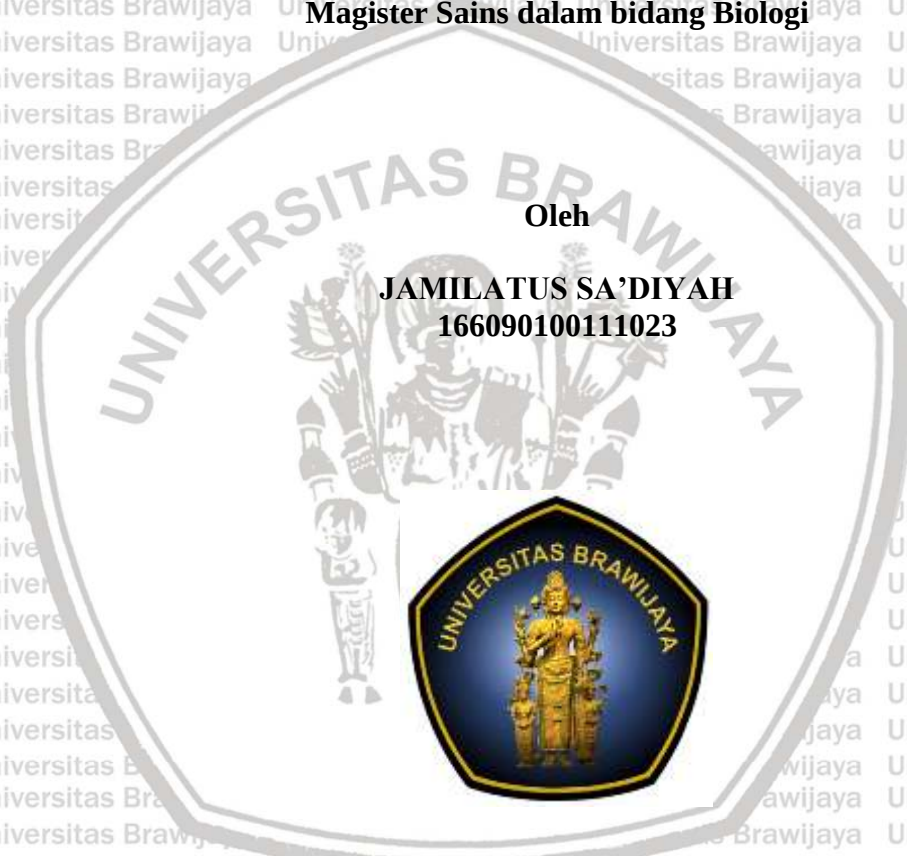
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Magister Sains dalam bidang Biologi

Oleh

JAMILATUS SA'DIYAH

166090100111023



PROGRAM MAGISTER BIOLOGI

JURUSAN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019

HALAMAN PENGESAHAN TESIS

DIVERSITAS MORFOLOGI DAN FITOKIMIA SERTA INISIASI PROPAGASI IN VITRO TANAMAN OBAT CABE JAWA (*Piper retrofractum* Vahl.) DI PULAU MADURA

JAMILATUS SA'DIYAH
106090100111023

Telah dipertahankan di depan Majelis Penguji pada tanggal 24 Juni 2019
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains dalam bidang Biologi

Menyetujui,

Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Retno Mastuti, M.Agr.Sc., D.Agr.Sc
NIP 19650509 199002 2 001

Rodiyati Azrianingsih, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP 19700128 199412 2 001

Mengetahui

Ketua Program Studi Magister Biologi
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Nia Kurniawan, S.Si., M.P., D.Sc
NIP 19781025 200312 1 002

SUSUNAN KOMISI PEMBIMBING DAN PENGUJI TESIS

Judul Tesis:

**DIVERSITAS MORFOLOGI DAN FITOKIMIA SERTA INISIASI PROPAGASI
IN VITRO TANAMAN OBAT CABE JAWA (*Piper retrofractum* Vahl.) DI PULAU
MADURA**

Nama : Jamilatus Sa'diyah

NIM : 166090100111023

KOMISI PEMBIMBING

Ketua : Ir. Retno Mastuti, M.Agr.Sc., D.Agr.Sc

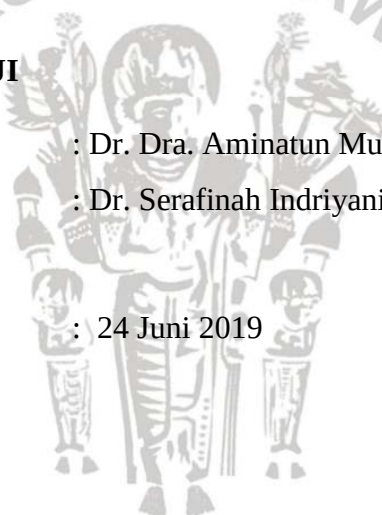
Anggota : Rodiyati Azrianingsih, S.Si., M.Si., Ph.D

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji I : Dr. Dra. Aminatun Munawarti, M.Si

Dosen Penguji II : Dr. Serafinah Indriyani, M.Si

Tanggal Ujian : 24 Juni 2019



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah Tesis 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 ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis di kutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

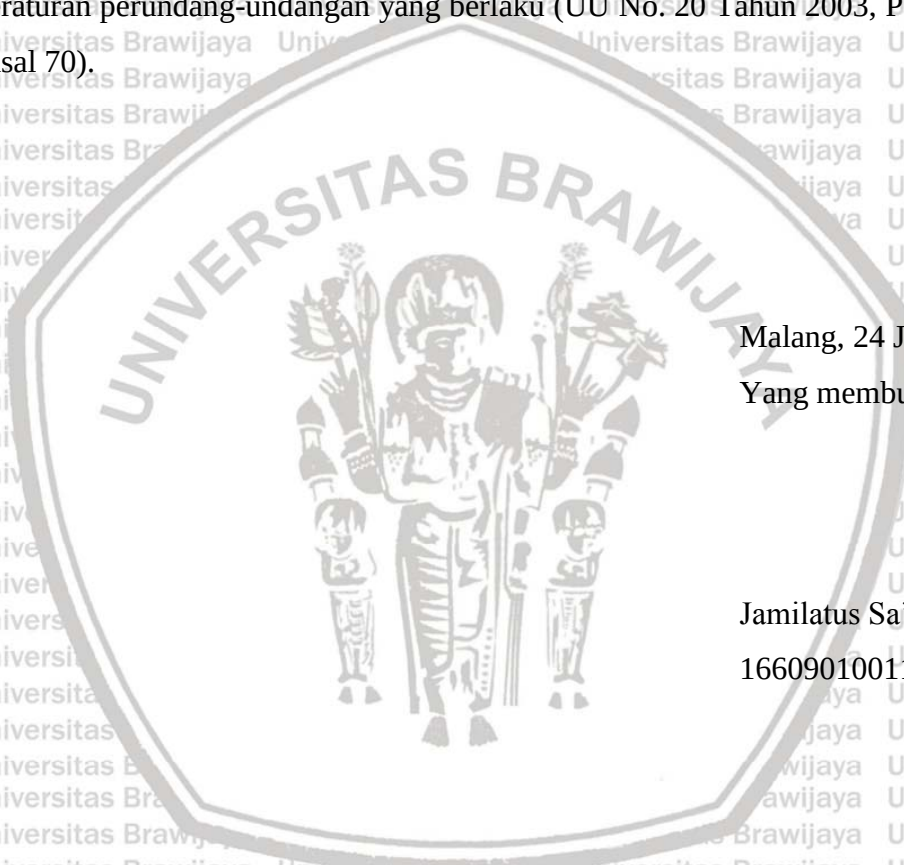
Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur Plagiasi, saya bersedia Tesis (MAGISTER) ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 Ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 24 Juni 2019

Yang membuat pernyataan

Jamilatus Sa'diyah

166090100111023



RIWAYAT HIDUP

Jamilatus Sa'diyah, lahir di Pamekasan pada tanggal 5 Februari 1992 adalah putri kelima dari tujuh bersaudara pasangan Bapak Abd. Shomad dan Ibu Baitiyah. Menempuh pendidikan dari usia dini di TK Nurul-Falah dan dilanjutkan ketingkat sekolah dasar di MI-Alfalah II, lulus tahun 2005. Kemudian melanjutkan sekolah di SMP AL-IBROHIMY Pamekasan dan lulus pada tahun 2008. Pendidikan menengah atas di tempuh di SMAN 1 Pamekasan dan lulus pada tahun 2011. Karena ketertarikannya pada sains penulis bertekad untuk terus melanjutkan belajar. Atas karunia Allah sehingga penulis berkesempatan memperoleh beasiswa DIKTI dan dapat melanjutkan pendidikan di jurusan Biologi Universitas Negeri Malang. Pengalaman kepenulisan terus dilatih dengan mengikuti berbagai lomba kepenulisan sehingga berkat rahmat Allah penulis memperoleh kesempatan untuk mempresentasikan salah satu tulisan dengan judul “Pelatihan Pemanfaatan Air Nira Lontar (*Borassus flabellifer* L.) Menjadi Nata de Nira Lontar sebagai Upaya Cerdas dalam memberdayakan dan Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat Desa Bangkes Kecamatan Kadur Kabupaten Pamekasan” pada Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional (PIMNAS) ke-27 di Universitas Diponegoro Semarang. Tulisan lain dengan judul “ENWEX *Programme*: Program *Enterpreuneurship* Berbasis *Work Experience* untuk Mengembangkan Jiwa Kewirausahaan Generasi muda” juga memperoleh penghargaan sebagai juara tiga pada lomba karya tulis ilmiah mahasiswa se Jawa-Bali tahun 2014. Pada tahun 2015 menyelesaikan studi strata satu di jurusan Biologi Universitas Negeri Malang. Penulis terus bertekad untuk memperdalam ilmu sehingga memperoleh ilmu yang bermanfaat dan barokah baik untuk dirinya ataupun lingkungan sekitarnya. Karenanya saran dan kritik yang membangun selalu dibutuhkan untuk memperbaiki diri. Penulis dapat di hubungi melalui e-mail: jamilatussa.diyah46@gmail.com.

Malang, 24 Juni 2019

Penulis

PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS

Tesis 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.



RINGKASAN

Diversitas Morfologi dan Fitokimia serta Inisiasi Propagasi *In Vitro* Tanaman Obat Cabe Jawa (*Piper Retrofractum* Vahl.) di Pulau Madura

Jamilatus Sa'diyah, Retno Mastuti, Rodiyati Azrianingsih

Program Magister Biologi, Jurusan Biologi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya

2019

Cabe Jawa (*Piper retrofractum* Vahl.) termasuk salah satu anggota famili *Piperaceae* yang memiliki nilai ekonomi cukup tinggi. Tanaman ini ditemui di sepanjang Pulau Madura mulai dari Kabupaten Bangkalan, Sampang, Pamekasan, dan Kabupaten Sumenep. Berbagai manfaat cabe Jawa berdasarkan fitokimia yang telah dikenal di berbagai belahan dunia membuat kebutuhan akan cabe Jawa saat ini mencapai 6 juta ton/tahun, sementara Indonesia hanya memenuhi sepertiga dari kebutuhan dunia tersebut. Produksi cabe Jawa selama ini masih dilakukan dengan stek secara tradisional sedangkan budidaya secara *in vitro* belum banyak dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis diversitas morfologi tanaman cabe Jawa dan korelasinya dengan faktor abiotik di beberapa daerah sentra penghasilnya di Pulau Madura. Selain itu, penelitian ini dilakukan juga untuk menentukan perbedaan kadar piperin, minyak atsiri dan korelasinya dengan faktor abiotik, mengevaluasi pengaruh media tanam terhadap induksi tunas cabe jawa secara *in vitro* dari eksplan nodus, petiole, dan lamina. Serta menganalisis korelasi antara faktor abiotik, diversitas morfologi, kadar piperin, dan minyak atsiri tanaman cabe Jawa. Kegiatan eksplorasi lapang pada 17 daerah sentra penghasil cabe jawa, pengukuran morfometri dan faktor abiotik, inisiasi propagasi *in vitro*, serta analisis fitokimia secara *in vivo* menggunakan G-C dan HPLC juga dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. Data yang telah dikumpulkan dianalisis menggunakan program PAST, selain itu juga dilakukan analisis ANOVA dan korelasi menggunakan SPSS versi 1.6. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa diversitas morfologi tanaman cabe jawa di antara 17 daerah sentra penghasil di Pulau Madura mengelompok menjadi dua *cluster* berdasarkan karakter daun. Namun, kedua *cluster* tersebut tidak berkorelasi signifikan dengan faktor abiotik. Tanaman cabe jawa di antara 17 daerah sentra penghasil di Pulau Madura menghasilkan kadar piperin dan minyak atsiri bervariasi yang mengelompok menjadi dua *cluster* berdasarkan organ penghasil metabolit sekundernya. Hal tersebut tidak berkorelasi signifikan dengan faktor abiotik. Tingkat keberhasilan sterilisasi dan inisiasi tunas cabe jawa secara *in vitro* masih sangat rendah. Diantara seluruh faktor abiotik, morfologi, dan fitokimia tidak terdapat korelasi yang signifikan.

Kata kunci: Cabe Jawa, diversitas morfologi, diversitas fitokimia, inisiasi propagasi *in vitro*

SUMMARY

Morphology and Phitochemistry Diversity and In Vitro Propagation Initiation of Medicinal Plants Long Pepper (*Piper Retrofractum* Vahl.) in Madura Island

Jamilatus Sa'diyah, Retno Mastuti, Rodiyati Azrianingsih
Master of Biology Program, Department of Biology
Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Brawijaya University
2019

Long pepper (*Piper retrofractum* Vahl.) is one of the members of the Piperaceae family which has a high economic value. This plant is found along Madura Island starting from Bangkalan, Sampang, Pamekasan, and Sumenep Regencies. Various benefits of long pepper based on its phytochemicals that have been known in various parts of the world make the need for long pepper currently reaching 6 million tons, while Indonesia only fulfill third of the world's needs. The long pepper production has been done traditionally by cuttings slip of plant, while in vitro cultivation has not been done much. This study was conducted to analyse the diversity of long pepper morphology and their correlation to abiotic factors in several producing centres in Madura Island. To determine the difference levels of piperin and essential oils in long pepper and its correlation to abiotic factors, evaluating the effect of media on long pepper in vitro shoots induction from nodes, petioles, and lamina explants. Than analysing the correlation of abiotic factors, morphology diversity, piperin and essential oils levels of long pepper. To achieve this goal, field exploration activities were carried out in 17 long pepper producing centers, measurements of morphology and abiotic factors, initiation of in vitro propagation using factorial randomized group design with media type and explant type as factors, in vivo phytochemical analysis using GC to find out the essential oil levels of limonene, terpinolene and alpha-pinene. HPLC analysis was also carried out to determine piperine levels in 17 long pepper producing centres in Madura Island. The collected data were analyzed using PAST program, ANOVA and correlation analysis using SPSS version 6.1 were also conducted. The results of this study indicate that the morphology diversity of long pepper plants among the 17 producing centres on Madura Island was grouped into two clusters based on leaf characters. However, those two clusters did not correlate significantly with abiotic factors. Piperin and essential oils produces levels of long pepper where vary and grouped into two clusters based on the organ that produce the secondary metabolites. This also does not significantly correlate with abiotic factors. The success rate of sterilization and initiation of in vitro shoots initiation are still very low. Among all abiotic, morphological, and phytochemical factors there was no significant correlation.

Keywords: Long pepper, morphology diversity, phytochemical diversity, in vitro propagation initiation

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur dipanjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulisan tesis dengan judul “Diversitas Morfologi dan Fitokimia serta Inisiasi Propagasi *In Vitro* Tanaman Obat Cabe Jawa (*Piper retrofractum* Vahl.) di Pulau Madura” sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains dalam bidang Biologi di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya Malang dapat diselesaikan.

Tesis ini dapat diselesaikan berkat bantuan, masukan, dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. **Ir. Retno Mastuti, M.Agr.Sc., D.Agr.Sc.**, selaku Pembimbing I selaku Dosen Pembimbing I yang telah mendampingi dan memberi pengarahan serta tambahan ilmu dan saran-saran yang berguna bagi penulis dalam penyusunan tesis.
2. **Rodiyati Azrianingsih, S.Si., M.Sc., Ph.D.**, selaku Pembimbing II yang telah memberi pengarahan serta tambahan ilmu dan saran-saran yang berguna bagi penulis dalam penyusunan tesis.
3. **Dr. Dra. Aminatun Munawarti, M.Si** dan **Dr. Serafinah Indriyani, M.Si** selaku Tim Dosen Penguji yang telah bersedia memberikan evaluasi dan memberi saran yang bermanfaat demi perbaikan penyusunan tesis.
4. **Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP)** yang telah memberikan beasiswa selama proses studi berlangsung.
5. **Dinas Pertanian** dan para **penyuluh lapang** di kabupaten Bangkalan, Sampang, Pamekasan, dan Sumenep yang telah banyak membantu selama pengumpulan sampel.
6. Orang tua penulis **K. Abd. Shamad** dan **Ny. Baitiyah** serta semua saudara penulis Muhammad Faizuddin, Esa Arif, Muhammad Faridi, Syaiful Rijal, Arinal Haqil Ghifari, dan Khafifatuz Zahrah atas segala doa, dukungan, dan motivasi yang selalu diberikan.
7. Rekan-rekan magister Biologi angkatan 2016 dan seluruh civitas akademika jurusan Biologi Fakultas MIPA yang senantiasa membantu dalam rangkaian penyelesaian tesis.

Akhirnya, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu biologi pada khususnya, serta berguna bagi masyarakat luas pada umumnya. Amin.

Malang, 24 Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN TESIS.....	ii
HALAMAN KOMISI PEMBIMBING DAN PENGUJI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS.....	iv
RIWAYAT HIDUP.....	v
PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS.....	vi
RINGKASAN.....	vii
SUMMARY.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Cabe Jawa Panjat.....	5
2.2 Keragaman Lingkungan Tumbuh dan Morfologi Cabe Jawa.....	6
2.3 Fitokimia Cabe Jawa.....	7
2.4 Perbanyakan Tanaman Cabe Jawa.....	9
2.5 Kerangka Konsep.....	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	13
3.2 Deskripsi Area Studi.....	13
3.3 Kerangka Operasional.....	14
3.4 Pengukuran Variasi Kondisi Lingkungan.....	16
3.5 Pengambilan Sampel dan Pengukuran Morfometri.....	16
3.6 Analisis Kandungan Fitokimia.....	17
3.7 Inisiasi Propagasi <i>In Vitro</i>	19
3.8 Analisis Data.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Diversitas Morfologi Tanaman Cabe Jawa (<i>P. retrofractum</i> Vahl.)	

dan Korelasinya dengan Faktor Abiotik.....	22
4.1.1 Kondisi lingkungan di berbagai daerah sentra penghasil cabe Jawa di Pulau Madura.....	22
4.1.2 Variasi karakter morfologi daun dan amentum dewasa cabe Jawa di berbagai sentra penghasil di Pulau Madura.....	24
4.1.3 Diversitas tanaman cabe Jawa di masing-masing daerah berdasarkan karakter morfologi.....	28
4.1.4 Korelasi antara diversitas tanaman cabe Jawa di masing- masing daerah berdasarkan karakter morfologi dengan faktor abiotik.....	30
4.2 Kada Piperin dan Minyak Atsiri Cabe Jawa dan Korelasinya dengan Faktor Abiotik.....	32
4.2.1 Kadar fitokimia daun dan amentum dewasa cabe Jawa.....	32
4.2.2 Diversitas tanaman cabe Jawa di masing-masing daerah berdasarkan kadar piperine dan minyak atsiri	34
4.2.3 Diversitas tanaman cabe Jawa di masing-masing daerah berdasarkan kadar piperine dan minyak atsiri dan korelasinya dengan faktor abiotik.....	35
4.2.4 Hubungan kadar fitokimia tertinggi dan karakter morfologi di daerah sentra penghasil cabe Jawa.....	36
4.3 Induksi Tunas Cabe Jawa secara <i>In Vitro</i>	37
4.3.1 Sterilisasi eksplan.....	37
4.3.2 Respon induksi tunas <i>in vitro</i>	39
4.4 Korelasi antara Diversitas Morfologi, Kadar Piperine dan Minyak Atsiri, serta Faktor Abiotik Tanaman Cabe Jawa.....	42
BAB V PENUTUP	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	52

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Daerah sentra penghasil cabe Jawa di Pulau Madura.....	14
2.	Variasi konsentrasi pemutih komersial dan lama sterilisasi beberapa eksplan <i>P. retrofractum</i>	20
3.	Rancangan percobaan inisiasi tunas <i>in vitro</i> cabe Jawa.....	21
4.	Pengkategorian karakter morfologi cabe Jawa.....	27
5.	Variasi ukuran karakter morfologi cabe Jawa.....	28
6.	Korelasi karakter morfologi dan faktor abiotik.....	31
7.	Hubungan kadar fitokimia tertinggi dan karakter morfologi Tanaman cabe Jawa pada daerah sentra penghasil cabe Jawa.....	37
8.	Respon pertumbuhan tunas cabe Jawa dari eksplan nodus.....	40
9.	Korelasi faktor abiotik, morfologi, dan kadar fitokimia cabe Jawa.....	43
LT1.	Senyawa atsiri pada <i>Piperaceae</i>	52
LT2.	Jenis minyak atsiri pada spesies <i>Piperaceae</i>	57
LT3.	Hasil analisis varian beberapa faktor abiotik.....	59
LT4.	Hasil analisis varian morfologi diameter amentum dewasa cabe Jawa...	60
LT5.	Hasil analisis varian morfologi indeks ukuran mentum dewasa cabe Jawa.....	61
LT6.	Hasil analisis varian morfologi panjang amentum muda cabe Jawa.....	62
LT7.	Hasil analisis varian indeks ukuran amentum muda cabe Jawa.....	63
LT8.	Hasil analisis varian diameter amentum muda cabe Jawa.....	64
LT9.	Hasil analisis varian lebar daun cabe Jawa.....	65
LT10.	Hasil analisis regresi faktor abiotik, terpinolen, dan alfa pinene daun cabe Jawa	68
LT11.	Hasil analisis regresi faktor abiotik dan terpinolen daun cabe Jawa.....	70
LT12.	Komposisi larutan stok medium MS	71
LT13.	Pengambilan zat pengatur tumbuh.....	71
LT14.	Respon pertumbuhan tunas pada berbagai jenis eksplan.....	72

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1.	Cabang produktif (plagiotrop) tanaman cabe Jawa panjat.....	6
2.	Struktur kimia minyak atsiri.....	9
3.	Kerangka konsep penelitian.....	12
4.	Daerah pengambilan sampel di Pulau Madura.....	13
5.	Kerangka operasional penelitian.....	15
6.	Tanaman cabe Jawa panjat.....	16
7.	Eksplan cabe Jawa pada medium induksi tunas.....	20
8.	Perbedaan faktor abiotik di 17 sentra penghasil cabe Jawa di Pulau Madura.....	22
9.	Karakter morfologi daun cabe Jawa di sentra penghasil di Pulau Madura.....	25
10.	Karakter morfologi amentum muda dan amentum dewasa cabe Jawa di sentra penghasil di Pulau Madura	26
11.	Analisis dendrogram cabe Jawa di berbagai daerah sentra penghasil di Pulau Madura berdasarkan karakter morfologi.....	29
12.	Analisis Biplot <i>Piper retrofractum</i> berdasarkan karakter morfologi dan faktor abiotik.....	30
13.	Perbedaan kadar fitomia pada masing-masing daerah sentra penghasil	33
14.	Analisis dendrogram cabe Jawa di berbagai daerah sentra penghasil di Pulau Madura berdasarkan kadar piperine dan minyak atsiri.....	35
15.	Analisis biplot <i>Piper retrofractum</i> berdasarkan karakter fitokimia dan faktor abiotik.....	36
16.	Tingkat sterilitas pada berbagai jenis eksplan.....	38
17.	Analisis biplot <i>Piper retrofractum</i> berdasarkan karakter morfologi, fitokimia, dan faktor abiotik.....	43
LG1.	Pengukuran morfometri.....	58
LG2.	Pengambilan sampel cabe Jawa	58
LG3.	Hasil kromatogram analisis GC daun dan amentum dewasa cabe Jawa	66
LG4.	Hasil kromatogram analisis HPLC daun dan amentum dewasa cabe Jawa.....	67
LG5.	Respon browning dan kontaminasi pada eksplan cabe Jawa.....	72

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor		Halaman
1.	Senyawa atsiri pada berbagai jenis <i>Piperacea</i>	52
2.	Jenis minyak atsiri pada berbagai spesies <i>Piperaceaea</i>	57
3.	Dokumentasi Pengukuran morfometri dan pengumpulan sampel dari beberapa daerah.....	58
4.	Hasil analisis varian beberapa faktor abiotik di daerah penghasil cabe Jawa.....	59
5.	Hasil analisis varian beberapa karakter morfologi cabe jawa.....	60
6.	Kromatogram hasil analisis fitokimia pada bagian daun dan amentum dewasa cabe Jawa.....	66
7.	Hasil analisis regresi beberapa faktor abiotik dan fitokimia cabe jawa...	68
8.	Komposisi Larutan stok MS dan pengambilan zat pengatur tumbuh.....	71
9.	Respon pertumbuhan tunas pada berbagai jenis eksplan dengan media berbeda.....	72
10.	Surat keterangan identifikasi tanaman cabe Jawa.....	73
11.	Sertifikat bebas plagiasi.....	74
12.	Artikel publikasi.....	75



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cabe Jawa (*Piper retrofractum* Vahl.) termasuk salah satu anggota famili *Piperaceae* yang memiliki nilai ekonomi tinggi karena potensinya sebagai tanaman obat asli Indonesia (Melati & Ismail, 2012; Zuchri, 2008). Menurut Badan POM RI (2012) buah cabe Jawa memiliki kandungan alkaloid piperin, kavisin, piperidin, saponin, polifenol, minyak atsiri, asam palmitat, asam tetrahidro, piperat, dan sesamin. Manfaat cabe Jawa yang telah dikenal di berbagai belahan dunia membuat kebutuhan cabe Jawa di pasar domestik ataupun pasar ekspor sangat besar hingga mencapai 6 juta ton per tahun (BPOM, 2012). Selama ini beberapa negara seperti Singapura, Malaysia, China, Timur tengah, Eropa, dan Amerika telah dikenal sebagai negara pengimpor cabe Jawa. Indonesia hanya memenuhi sepertiga dari kebutuhan dunia tersebut, bahkan sebagai salah satu sentra penghasil cabe Jawa Pulau Madura diketahui hanya mampu menghasilkan 5.138 ton/tahun (Kemala dkk., 2005).

Prospek pengembangan cabe Jawa cukup menjanjikan sehubungan dengan berbagai pengembangan industri obat herbal di Indonesia, bahkan saat ini disinyalir tercatat sebanyak 77 kemasan jamu tradisional yang diproduksi pabrik terkemuka menggunakan bahan baku buah cabe Jawa. Di Indonesia terdapat beberapa daerah penghasil cabe Jawa yang meliputi Jawa, Sumatera, Bali, Nusa Tenggara, dan Kalimantan. Salah satu sentra penghasil cabe Jawa di Jawa Timur adalah Pulau Madura (Haryudin & Oti, 2009) dengan 17 sentra penghasil cabe Jawa tertinggi. Pulau Madura memiliki panjang sekitar 160 km dan jarak terlebarnya 55 km dengan luas total area 5.304 km² yang terbagi dalam empat Kabupaten, yaitu Kabupaten Bangkalan, Sampang, Pamekasan, dan Kabupaten Sumenep. Kondisi lingkungan empat Kabupaten tersebut memiliki curah hujan, ketinggian, dan pH tanah berbeda (Haryani dkk., 2010).

Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh lingkungan tumbuhnya, sehingga setiap tanaman yang tumbuh pada lingkungan berbeda akan memiliki habitus dan karakter tersendiri (Zuchri, 2008). Terdapat dua jenis tanaman cabe Jawa yang tumbuh di Pulau Madura yaitu cabe Jawa panjat dan perdu (Melati, dkk. 2009). Karakteristik morfologi cabe Jawa panjat di antara sentra penghasil di Indonesia bervariasi dalam morfologi daun, amentum, batang, dan cabang (Haryudin & Oti, 2009). Tanaman cabe Jawa panjat

Bangkalan, Sampang, Pamekasan, dan Sumenep sangat bervariasi bila dilihat dari panjang daun, lebar daun, tebal daun, panjang tangkai daun dan jumlah daun percabang antar satu sampai dua sentra penghasil (Haryudin & Oti, 2009). Cabe Jawa panjat yang tumbuh di daerah Bangkalan memiliki bentuk daun yang lebih lonjong dan memanjang jika dibandingkan dengan tanaman yang dijumpai di daerah Sampang dan Sumenep yang berbentuk serupa bentuk hati (Zuchri, 2008). Sampai saat ini, identifikasi diversitas morfologi tanaman cabe Jawa masih dilakukan di daerah Bluto (Sumenep), Larangan (Pamekasan), Ketapang (Sampang), Banyawates (Sampang), dan Tanjung Bumi (Bangkalan). Sedangkan identifikasi diversitas cabe Jawa di seluruh sentra penghasilnya di Pulau Madura berdasarkan ciri morfometrik belum pernah dilaporkan.

Diversitas tanaman cabe Jawa pada dasarnya dapat diketahui dengan analisis secara molekuler dan morfologi. Analisis secara morfologi dapat dilakukan dengan metode morfometri. Morfometri merupakan metode untuk menilai variasi fenotip berdasarkan faktor biotik dan abiotik. Metode ini dilakukan dengan menggunakan ukuran dan rasio ukuran suatu organisme untuk mengukur variasi suatu spesimen biologis, dan membandingkan variasi genetik, lingkungan, dan fenotipnya (Paris dkk., 2016). Dengan metode ini dapat diperoleh informasi diversitas morfologi tanaman cabe Jawa di seluruh Pulau Madura dan dapat diketahui pula faktor-faktor abiotik yang mempengaruhi diversitas tersebut.

Kondisi lingkungan yang berbeda juga berpengaruh terhadap perbedaan produksi senyawa bioaktif tanaman (Nurcholis, 2008). Kandungan fitokimia cabe Jawa di Pulau Madura meliputi piperin, oleoresin, dan minyak atsiri dengan kadar yang berbeda-beda pada masing-masing daerah. Amentum cabe Jawa dari Kabupaten Pamekasan memiliki kandungan minyak atsiri sebesar 1,40%, sedangkan amentum cabe Jawa dari Kabupaten Sumenep memiliki kandungan minyak atsiri 1,56-1,66% (Rostiana dkk., 2003). Selama ini, bagian cabe Jawa panjat yang banyak dimanfaatkan adalah bagian amentumnya saja. Namun, selain bagian amentum, daun cabe Jawa juga memiliki kandungan senyawa anti bakteri dan minyak atsiri yang berpotensi sebagai obat tradisional untuk mengobati sakit perut dan pencuci mulut (Jamal dkk., 2013). Fakta tersebut menunjukkan peluang untuk pengembangan tanaman cabe Jawa masih sangat besar untuk menambah khazanah pengetahuan petani cabe Jawa dan pengembangan industri jamu herbal. Oleh karena itu, kandungan fitokimia cabe Jawa di seluruh sentra penghasil cabe Jawa di Madura perlu dianalisis.

Perbanyakan cabe Jawa selama ini dilakukan secara vegetatif dengan stek cabang panjang dan cabang tanah yang membutuhkan waktu tumbuh hingga sembilan bulan agar dapat memanen buah dengan resiko tanaman mengalami kelayuan dan kekeringan hingga tidak mampu berkembang (Januwati, 1992). Selain dengan stek, teknologi perbanyakan tanaman untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas suatu tanaman adalah dengan teknik kultur secara *in vitro*. Teknik kultur secara *in vitro* merupakan teknologi budidaya tanaman yang dilakukan secara aseptis menggunakan sebagian kecil dari bagian tumbuhan sehingga tidak membutuhkan sumber eksplan terlalu banyak untuk menghasilkan banyak tanaman dengan kualitas yang sejenis ataupun kualitas yang lebih baik (Zulkarnain, 2014).

Pengembangan Piperaceae secara *in vitro* juga telah dilakukan. Eksplan nodus *Piper nigrum* L yang ditumbuhkan pada medium MS + BAP 0,5 mg/l menghasilkan panjang tunas paling baik, sedangkan pada medium MS + IBA 1,5 mg/l menunjukkan respon regenerasi akar paling tinggi (Hussain dkk., 2011). Berdasarkan paparan di atas maka penelitian terkait analisis diversitas morfologi dan fitokimia serta inisiasi propagasi *in vitro* pada tanaman obat cabe Jawa (*P. retrofractum* Vahl.) di Pulau Madura perlu dilakukan sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk pemilihan daerah pertumbuhan tanaman cabe Jawa dengan karakter morfologi dan fitokimia terbaik.

1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana diversitas morfologi tanaman cabe Jawa (*P. retrofractum* Vahl.) dan korelasinya dengan faktor abiotik di beberapa daerah sentra penghasil di Pulau Madura?
2. Bagaimanakah kadar piperin dan minyak atsiri pada amentum dan daun obat cabe Jawa di setiap daerah penghasilnya di Pulau Madura dan korelasinya dengan faktor abiotik?
3. Bagaimanakah respon eksplan nodus, petiol, dan lamina serta pengaruh media tanam terhadap induksi tunas cabe Jawa secara *in vitro*?
4. Bagaimana korelasi diversitas morfologi, kadar piperin dan minyak atsiri tanaman cabe Jawa (*P. retrofractum* Vahl.), serta faktor abiotik di beberapa daerah sentra penghasil di Pulau Madura?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis diversitas morfologi tanaman cabe Jawa (*P. retrofractum* Vahl.) dan korelasinya dengan faktor abiotik di beberapa daerah sentra penghasilnya di Pulau Madura.
2. Menganalisis perbedaan kadar piperin dan minyak atsiri pada amentum dan daun obat cabe Jawa di antara daerah penghasilnya Pulau Madura dan korelasinya dengan faktor abiotik.
3. Mengevaluasi respon eksplan nodus, petiole, dan lamina serta pengaruh media tanam terhadap induksi tunas cabe Jawa secara *in vitro*.
4. Menganalisis korelasi diversitas morfologi, kadar piperin dan minyak atsiri tanaman cabe Jawa (*P. retrofractum* Vahl.) serta faktor abiotik di beberapa daerah sentra penghasilnya di Pulau Madura.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan rujukan dalam melakukan perbanyakan cabe Jawa di daerah yang memiliki karakter morfologi ataupun fitokimia terbaik untuk memenuhi kebutuhan nasional dan internasional akan bahan baku cabe Jawa.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Eksplorasi dilakukan pada tanaman cabe Jawa panjat (*P. retrofractum* Vahl.) yang berada pada empat kabupaten di Pulau Madura (Bangkalan, Sampang, Pamekasan, Sumenep).
2. Faktor abiotik yang diukur dalam penelitian ini meliputi suhu, kelembaban udara, ketinggian, curah hujan, dan pH tanah.
3. Analisis kandungan fitokimia dilakukan pada masing-masing satu sampel amentum dewasa dan daun dari 17 daerah penghasil cabe Jawa.
4. Perbanyakan secara *in vitro* dilakukan pada sampel tanaman dengan kuantitas kandungan senyawa piperin atau minyak atsiri paling baik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Cabe Jawa Panjat

Saat ini telah diketahui terdapat 2.000 anggota *Piperaceae* yang tersebar baik di daerah tropis maupun sub tropis di dunia (Kato & Furlan, 2007). Di Pulau Jawa terdapat setidaknya 23 spesies (Astuti dkk., 2011). Klasifikasi tanaman cabe Jawa adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Subdivisi : Angiospermae
Kelas : Magnoliopsida/Dicotyledonae
Ordo : Piperales
Famili/ Suku : *Piperaceae*
Genus/ Marga : *Piper*
Spesies : *Piper retrofractum* Vahl. (Hutapea, 1994)

Cabe Jawa merupakan tanaman asli Indonesia yang banyak terdapat di Sumatera Selatan, Jawa, utamanya Madura. Tanaman ini tumbuh di tempat-tempat berpasir seperti di dekat pantai dan di tanah yang tidak lembap, daerah datar sampai 600 meter di atas permukaan laut (mdpl). Tanaman cabe Jawa adalah tumbuhan menahun, tumbuh memanjat, batang dengan percabangan liar melilit dengan akar lekatnya, panjang mencapai 10 meter. Percabangan dimulai dari pangkalnya yang menyerupai kayu. Daun tunggal, berbentuk bulat telur sampai lonjong, ujung meruncing, pangkal membulat, tepi rata, permukaan atas licin, pertulangan menyirip, dengan daun berwarna hijau. Bunga berkelamin tunggal tersusun dalam bulir yang tumbuh sedikit merunduk atau tegak (Nuraini, 2003 dalam Moeloek dkk., 2009). Di Pulau Madura terdapat dua jenis tanaman cabe Jawa yaitu cabe Jawa panjat dan perdu (Melati, dkk. 2009).

Cabe Jawa panjat memiliki buah majemuk berupa bulir (amentum), bagian ujung agak mengecil, bentuk bulat panjang sampai silindris dengan permukaan tidak rata, bertonjolan teratur, bertangkai panjang, pada saat masih muda berwarna hijau, keras dan pedas, pada perkembangan amentum warnanya berturut-turut berubah menjadi mulai kuning gading hingga akhirnya menjadi merah, lunak dan manis (Gambar 1).



(Sumber: Zuchri, 2008)

Gambar 1. Cabang produktif (plagiotrop) tanaman cabe Jawa panjat

2.2 Keragaman Lingkungan Tumbuh dan Morfologi Cabe Jawa

Di Indonesia terdapat beberapa daerah penghasil cabe Jawa yang meliputi Jawa, Sumatera, Bali, Nusa Tenggara, dan Kalimantan (Haryudin & Oti, 2009). Daerah sentra penghasil cabe Jawa di Jawa meliputi seluruh Kabupaten di Pulau Madura dan Lamongan (Rostiana dkk., 2006). Cabe Jawa di Pulau Madura tumbuh di sepanjang Pulau Madura mulai dari Kabupaten Bangkalan, Sampang, Pamekasan, dan Sumenep dengan curah hujan, ketinggian, dan pH tanah berbeda (Haryani, 2010). Tanaman yang tumbuh pada lingkungan berbeda tersebut menyebabkan setiap tanaman memiliki habitus dan karakter berbeda (Zuchri, 2008). Tanaman cabe Jawa panjat dapat ditanam di pekarangan, ladang, ataupun tumbuh liar pada tanah yang tidak lembap atau tanah berpasir seperti di dekat pantai atau di hutan sampai ketinggian 600 mdpl. Tanaman dapat tumbuh memanjat pada pagar, pohon lain, tembok, ataupun rambatan yang dibuat khusus. Tanah yang paling cocok sebagai tempat tumbuh tanaman ini adalah tanah yang tidak lembap dan porus atau banyak mengandung pasir (BPOM RI, 2012).

Karakteristik morfologi dan produksi tanaman cabe Jawa bervariasi di berbagai lingkungan tumbuhnya. Produksi amentum di Tawangmangu Jawa Tengah cenderung lebih sedikit dari produksi daun, sebaliknya di Wonogiri produksi amentum justru cenderung lebih banyak dari produksi daun. Di Pulau Madura, tanaman ini membentuk amentum dewasa dengan ukuran yang lebih besar (Januwati, 1992). Madura dinyatakan tempat paling ideal bagi pertumbuhan cabe Jawa karena kondisi lingkungan, baik suhu maupun tanahnya (Purbani & Puspita, 2006). Hasil analisis *cluster* pada tanaman cabe Jawa di beberapa daerah sentra penghasil cabe Jawa di Indonesia menunjukkan tingkat similiaritas yang bervariasi (Haryudin & Oti, 2009). Analisis cluster tanaman cabe Jawa di empat kabupaten di Pulau Madura sebagai sentra penghasil belum pernah dilaporkan.

Genus *Piper* pada umumnya menunjukkan diversitas yang tinggi pada struktur daun dan batang (Jaramillo & Manos, 2001; Souza dkk., 2004). Ketika tanaman genus *Piper* mulai berbunga maka terjadi berbagai perubahan karakter morfologi baik dalam ukuran maupun bentuknya (Astuti, 2011). Perubahan morfologi pada tanaman diketahui sebagai heteroblastik (Burns & Dawson, 2006; Mundhra & Paria, 2009). Heteroblastik adalah adanya perubahan bentuk karakter morfologi daun yang sangat berbeda pada fase muda dan fase dewasa. Sifat heteroblastik yang tampak pada *Piperaceae* yaitu saat masih kecil/muda bentuk morfologi daunnya jantung, akan tetapi saat tanaman ini sudah besar/dewasa akan mempunyai percabangan yang menjuntai dengan daun yang berbeda bentuk dan ukurannya (Munawaroh dkk. 2009). Perubahan morfologi ini juga terjadi karena adanya mekanisme morfogenesis pada fase perkembangan tanaman (Burns, 2005).

2.3 Fitokimia Cabe Jawa

Senyawa fitokimia merupakan senyawa kimia yang secara alami terdapat dalam tanaman. Kajian fitokimia meliputi uraian mencakup aneka ragam metabolit sekunder yang dibentuk dan disimpan oleh organisme, yaitu struktur kimianya, biosintesisnya, dan perbandingan komposisi senyawa kimia dari bermacam-macam jenis tanaman (Harborne, 2006). Metabolit sekunder merupakan senyawa yang dihasilkan atau disintesa pada sel dan grup taksonomi tertentu pada tingkat pertumbuhan atau stress tertentu. Senyawa ini diproduksi hanya dalam jumlah sedikit tidak terus-menerus untuk mempertahankan diri dari habitatnya dan tidak berperan penting dalam proses metabolisme utama (primer). Senyawa metabolit sekunder memiliki beberapa fungsi, diantaranya sebagai atraktan (menarik serangga penyerbuk), melindungi dari stress lingkungan, pelindung dari serangan hama/penyakit (phytoaleksin), pelindung terhadap sinar ultra violet, sebagai zat pengatur tumbuh dan untuk bersaing dengan tanaman lain (alelopati). Senyawa metabolit sekunder memiliki struktur yang lebih kompleks dan sulit disintesa, jarang dijumpai di pasaran karena masih sedikit (15%) yang telah berhasil diisolasi sehingga memiliki nilai ekonomi tinggi (Mariska, 2013).

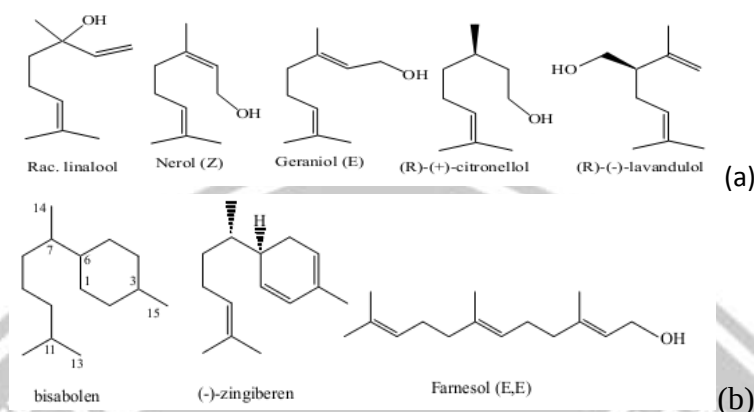
Famili *Piperaceae* diketahui banyak mengandung senyawa fitokimia yang bermanfaat sebagai obat. Bagian amentum dewasa cabe Jawa memiliki kandungan piperin, kavisin, piperitin, asarinin, pellitorin, saponin, polifenol, minyak atsiri (Piperonal, eugenol, kariofelen, bisabolen, pentadekana), asam palmitat, asam tetrahidro piperat, 1-undesilenil-3, dan sesamin (Mun'im & Hanani, 2011). Pada bagian daun famili *Piperaceae* pada

umumnya mengandung minyak volatile yang khas, beraroma menyengat seperti cadinene, chavibetal, chavicol, augenol, terpinyl, dan asetat. Selain itu, daun tanaman ini juga mengandung senyawa Piperine, alkaloid, piridin, sesamin, tanin, dan asam oksalat (Dyer dkk., 2004). Daun cabe Jawa juga mengandung senyawa anti bakteri dan minyak atsiri yang berpotensi sebagai obat tradisional untuk mengobati sakit perut dan pencuci mulut (Jamal dkk., 2013). Sedangkan pada bagian akar diketahui mengandung alkaloid amida meliputi retrofractamide A, B, C, dan D (Banerji dkk., 2002).

Senyawa utama dalam *Piperaceae* yaitu piperin memiliki berbagai aktivitas farmakologi antara lain, antioksidan, antiinflamatori, antidepresan, karminatif, analgesik, antitiroid, antihipertensi, antitumor, anti-astma, antikolesterol, antidiabetes, hepatoprotektif, antiartritik, anti-mikobakterial, dan meningkatkan fertilitas (Singh & Duggal, 2009). Piperin merupakan senyawa golongan alkaloid yang dapat menurunkan demam dengan daya antipiretik, memberikan efek antioksidan, mengurangi peradangan, mengurangi rasa sakit, dan juga telah teruji sebagai anti-tumor (Joy dkk., 2010). Senyawa piperin berkhasiat afrodisiak yang banyak dimanfaatkan terdapat di dalam amentum dewasa cabe Jawa (Moeloek, 2009). Kandungan piperin, oleoresin dan minyak atsiri aksesori cabe Jawa juga berhasil dikumpulkan dari beberapa sentra penghasil juga berbeda-beda (Haryudin & Oti, 2009).

Jenis minyak atsiri yang dapat diidentifikasi pada tanaman dalam famili *Piperaceae* sangat banyak. Beberapa famili *Piperaceae* yang meliputi; *Piper aduncum* L (Guerrini dkk., 2009; Oliveira dkk., 2014; Barros dkk., 2016; Pacheco dkk., 2016), *Piper cernuum* (Girola dkk., 2015; Gasparetto dkk., 2017), *Piper capense* (Matasyoh dkk., 2011), *Piper hispidinervum* (Andres dkk., 2017; Sauter dkk., 2011), *Piper glabratum* (Branquinho dkk., 2017), *Piper guineense* (Oyemitan dkk., 2015), *Piper dilatatum* (Andrade dkk., 2011), *Piper vicosanum* (Brait dkk., 2015), *Piper regnellii* (Santos dkk., 2014), *Piper bettle* L. (Prakash dkk., 2010), *Piper marginatum* (Autran dkk., 2009), *Piper sarmentosum* (Qin dkk., 2010), *Piper corcovadensis* (Silva dkk., 2016), *Piper angustifolium* (Bosquioli dkk., 2015), *Piper obliquum* Ruiz (Guerrini dkk., 2009), *Piper cubataonum* (Santos dkk., 2001) setidaknya memiliki 100 jenis senyawa atsiri (Lampiran 1, LT1). Dalam penelitian ini hanya dilakukan analisis minyak atsiri terpinolene, a-pinene, dan limonene karena senyawa-senyawa tersebut merupakan senyawa yang paling banyak ditemui dalam berbagai referensi terkait senyawa minyak atsiri pada *Piperaceae* (Lampiran 2, LT2).

Secara kimia minyak atsiri terpena dapat terdiri dari dua golongan, yaitu monoterpena dan seskuiterpena (Gambar 2). Pada minyak atsiri yang bagian utamanya terpenoid menyebabkan munculnya bau wangi atau bau khas pada berbagai tumbuhan sehingga seringkali digunakan sebagai bahan dasar wewangian, rempah-rempah, penambah cita rasa dalam industri makanan, dan juga sebagai obat (Harborne, 2006).



Gambar 2. Struktur kimia minyak atsiri, (a) monoterpen dan (b) seskuiterpena (Sumber: Harborne, 2006)

Kondisi lingkungan yang berbeda dapat berpengaruh terhadap perbedaan produksi senyawa bioaktif tanaman (Nurcholis, 2008). Kadar piperin tertinggi pada aksesori cabe Jawa asal Bali sebanyak 17,24%, sedangkan kadar minyak atsiri tertinggi dari aksesori asal Pamekasan hanya 1,4%. Cabe Jawa yang berasal dari Sumenep menunjukkan kadar oleoresin tertinggi yaitu 6,10% (Rostiana dkk. 2003). Kadar atsiri di seluruh daerah sentra penghasil cabe Jawa daerah Bangkalan, Sampang, dan Sumenep belum dianalisis. Analisis fitokimia merupakan salah satu cara untuk mengetahui kandungan metabolit sekunder pada suatu tanaman (Simorangkir, 2017). Analisis senyawa-senyawa atsiri dalam penelitian ini berdasarkan metode GC (*gas chromatography*) sedangkan senyawa piperin dianalisis dengan metode HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) (Santosh dkk., 2005; Shimadzu, 2000).

2.4 Perbanyakan Tanaman Cabe Jawa

Perbanyakan cabe Jawa (*P. retrofractum*) secara konvensional yang selama ini digunakan adalah dengan cara penanaman bagian sulur, stek, dan melalui biji. Tanaman cabe Jawa secara morfologi memiliki beberapa sulur seperti sulur air/tanah, sulur vertikal/panjat, dan sulur lateral/amentum dewasa. Umumnya yang digunakan sebagai bibit adalah dari sulur vertikal karena akar lekat langsung keluar dari bagian nodus sulur vertikal dan mudah terbentuk cabang. Stek tiga ruas umur satu bulan setelah tanam memiliki

pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan bibit dari stek satu ruas. Produksi cabe Jawa dengan stek membutuhkan waktu tumbuh hingga sembilan bulan agar amentum dewasa dapat dipanen dengan risiko tanaman mengalami kelayuan dan kekeringan hingga tidak mampu berkembang (Januwati, 1992). Dengan teknik-teknik konvensional tersebut belum dapat memenuhi kebutuhan cabe Jawa nasional dan internasional yang mencapai 6 juta ton pertahun (Kemala dkk., 2005). Oleh karena hal tersebut, maka diperlukan suatu teknologi perbanyakan untuk memperbaiki kualitas dan kuantitas cabe Jawa.

Teknik kultur secara *in vitro* merupakan teknologi perbanyakan yang dilakukan secara aseptis menggunakan sebagian kecil dari bagian tumbuhan sehingga tidak membutuhkan sumber eksplan terlalu banyak untuk menghasilkan banyak tanaman dengan kualitas yang sejenis ataupun kualitas yang lebih baik (Zulkarnain, 2014). Teknik kultur jaringan pada spesies *Piper nigrum* L menggunakan eksplan nodus dengan medium dasar Murashige dan Skoog (MS) serta penambahan zat pengatur tumbuh BAP dan IBA pada konsentrasi 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, dan 3 mg/l menunjukkan hasil pertumbuhan yang baik. Panjang tunas paling baik diperoleh pada konsentrasi BAP 0,5 mg/l dan respon regenerasi akar paling tinggi pada konsentrasi IBA 1,5 mg/l (Hussain dkk., 2011; Silva dkk., 2012).

Analisis produksi metabolit sekunder pada tanaman *in vitro* memiliki beberapa kelebihan dari pada analisis pada tanaman *ex vitro* (dari tanaman yang tumbuh alami di alam). Kelebihan tersebut meliputi: a) Produksi lebih dapat diprediksi, b) Isolasi fitokimia lebih cepat dan efisien, c) Senyawa yang mengganggu di lingkungan tumbuh alami dapat dihindari dalam lingkungan kultur *in vitro*, dan e) dapat dilakukan modifikasi untuk perbanyakan senyawa yang diinginkan dengan elisitasi (Karuppusamy, 2009).

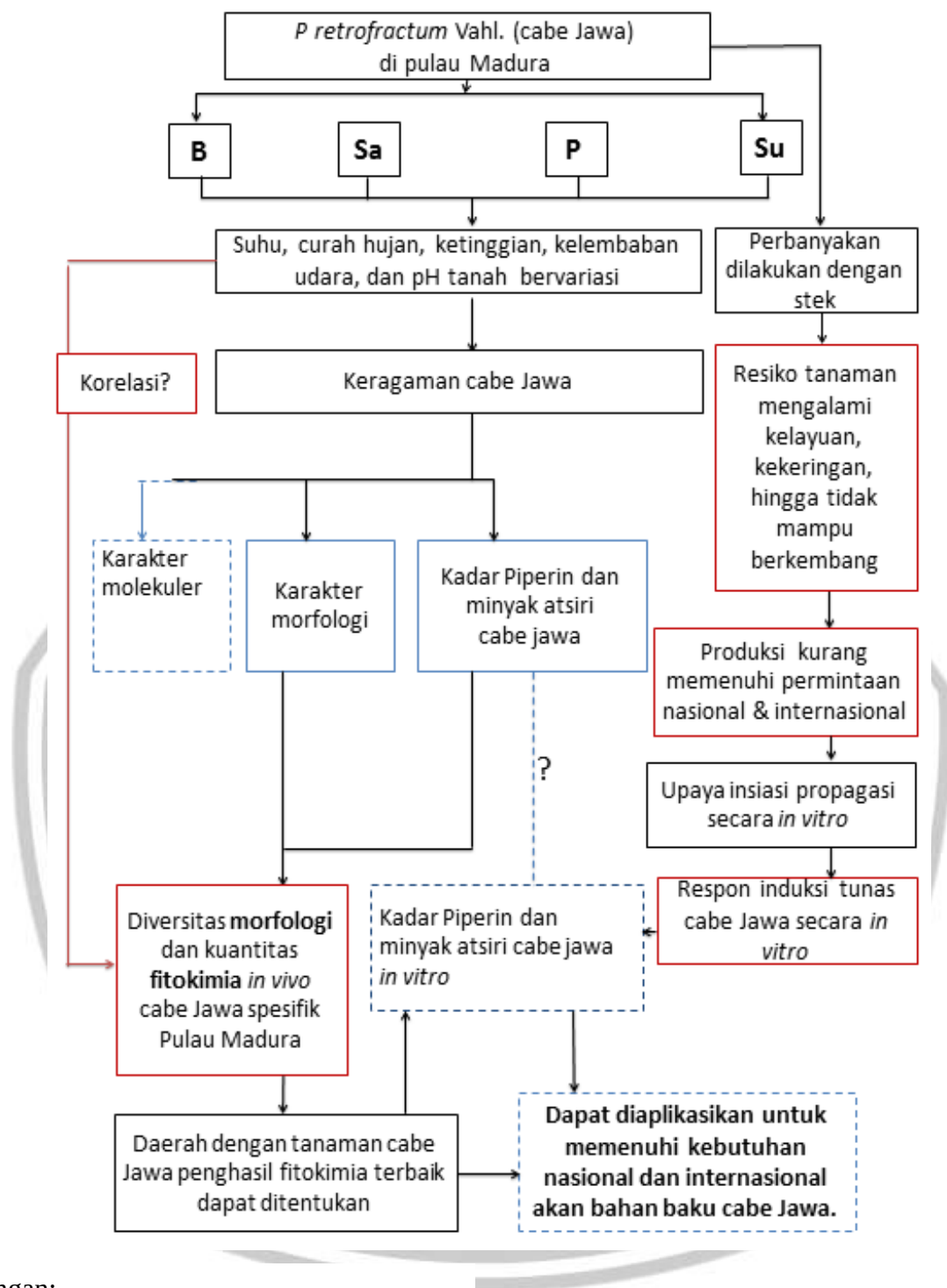
Berdasarkan fakta tersebut dapat diketahui bahwa metabolit sekunder pada tanaman *in vitro* dapat dihasilkan sepanjang tahun dan tidak dibatasi musim, dapat diprediksi, dan tidak tergantung pada cuaca sekitar. Setidaknya di beberapa kasus, hasil per gram berat basah dapat melebihi yang ditemukan di alam. Teknologi kultur jaringan menawarkan kesempatan melakukan teknik budidaya untuk menyesuaikan fitokimia yang diinginkan dengan memanipulasi lingkungan mikro kimia atau fisika dengan tujuan menghasilkan senyawa yang memberikan manfaat bagi manusia (Karuppusamy, 2009). Adanya kemungkinan untuk peningkatan penghasil metabolit sekunder pada induksi tunas hasil *in vitro* menjadi potensi yang dapat dikembangkan dalam penelitian selanjutnya.

2.5 Kerangka Konsep

Piper retrofractum tersebar pada daerah sentra penghasil cabe Jawa sepanjang Pulau Madura dari daerah Bangkalan (B), Sampang (Sa), Pamekasan (P), dan Sumenep (Su). Keempat daerah di Pulau Madura tersebut memiliki suhu, curah hujan, ketinggian, kelembaban udara, dan pH tanah yang bervariasi. Variasi kondisi lingkungan berpotensi memunculkan keragaman tanaman antar daerah tersebut. Keragaman cabe Jawa dapat diamati melalui karakter molekuler, karakter morfologi, dan kadar piperine dan minyak atsiri.

Berdasarkan karakter morfologi dan kadar fitokimia piperin dan minyak atsiri dapat diperoleh informasi terkait diversitas morfologi dan kuantitas fitokimia *ev vitro* cabe Jawa spesifik Pulau Madura. Selama ini variasi diversitas morfologi dan kuantitas fitokimia cabe Jawa spesifik Pulau Madura serta korelasinya dengan faktor abiotik belum diketahui. Informasi terkait hal tersebut diperlukan untuk digunakan sebagai acuan dalam menentukan daerah dengan tanaman cabe Jawa penghasil fitokimia terbaik.

Perbanyakan cabe Jawa selama ini masih dilakukan dengan stek secara tradisional dengan risiko tanaman mengalami kelayuan dan kekeringan hingga tidak mampu berkembang sehingga kurang efektif untuk memenuhi kebutuhan nasional dan internasional yang tinggi. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya inisiasi propagasi cabe Jawa dengan beberapa jenis eksplan untuk mengetahui respon induksi tunas cabe Jawa secara *in vitro*. Upaya ini dalam penelitian selanjutnya dapat dilengkapi dengan membandingkan kadar piperine dan minyak atsiri cabe Jawa yang tumbuh secara alami dan yang tumbuh secara *in vitro*. Berdasarkan temuan-temuan tersebut diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan rujukan pada penelitian lebih lanjut untuk perbanyakan cabe Jawa di daerah dengan tanaman cabe Jawa penghasil fitokimia terbaik untuk memenuhi kebutuhan nasional dan internasional akan bahan baku cabe Jawa (Gambar 3).



Keterangan;

Ba = Bangkalan

Sa = Sampang

P = Pamekasan

Su = Sumenep

□ = Permasalahan

□ = Dilakukan dalam penelitian

□ = Tidak dilakukan dalam penelitian

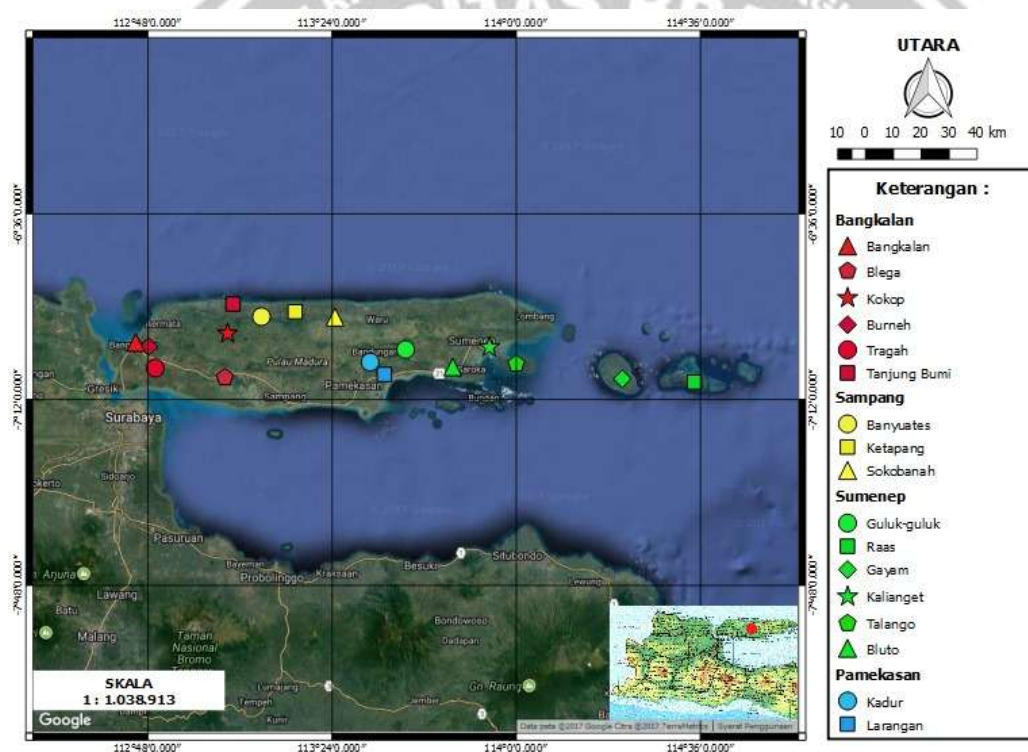
Gambar 3. Kerangka konsep penelitian

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada April 2017 sampai Juni 2019. Sampel tanaman diperoleh dari 17 daerah sentra penghasil cabe Jawa di Pulau Madura (Gambar 4). Identifikasi dan analisis karakter morfologi dilakukan di Laboratorium Taksonomi, Struktur dan Perkembangan Tumbuhan Jurusan Biologi Universitas Brawijaya, analisis kandungan fitokimia dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Muhammadiyah Malang. Inisiasi propagasi *in vitro* tanaman cabe Jawa dilakukan di Laboratorium Fisiologi Tumbuhan, Kultur Jaringan, dan Mikroteknik Jurusan Biologi Universitas Brawijaya.



Gambar 4. Daerah pengambilan sampel di Pulau Madura

3.2 Deskripsi Area Studi

Pulau Madura terletak di sebelah timur laut Pulau Jawa, tepatnya pada 7° Lintang Selatan dan 113°-14° Bujur Timur. Pulau Madura memiliki panjang sekitar 160 km dan jarak terlebarnya 55 km dengan luas total area 5.304 km². Daerah Madura tergolong dataran rendah dengan ketinggian 200 - 500 mdpl, curah hujan di daerah ini berkisar 1.328 mm/tahun. Temperatur daerahnya secara umum berkisar 28 - 35 °C dengan dominasi tanah kering dengan kelembapan udara berkisar 80% (Haryani dkk., 2010).

Pemilihan 17 daerah tersebut didasarkan pada data sekunder yang dilaporkan Judhaswati (2016) terkait sentra penghasil cabe Jawa di Pulau Madura berdasarkan nilai *Location Quotient* (LQ) yang menunjukkan bahwa daerah Madura memiliki 17 daerah sentra penghasil cabe Jawa (Tabel 1). Nilai LQ yang lebih dari 1 menunjukkan bahwa komoditas cabe Jawa di suatu daerah merupakan sektor sentra yang berarti komoditas cabe Jawa di daerah tersebut memiliki keunggulan komparatif (Judhaswati, 2016).

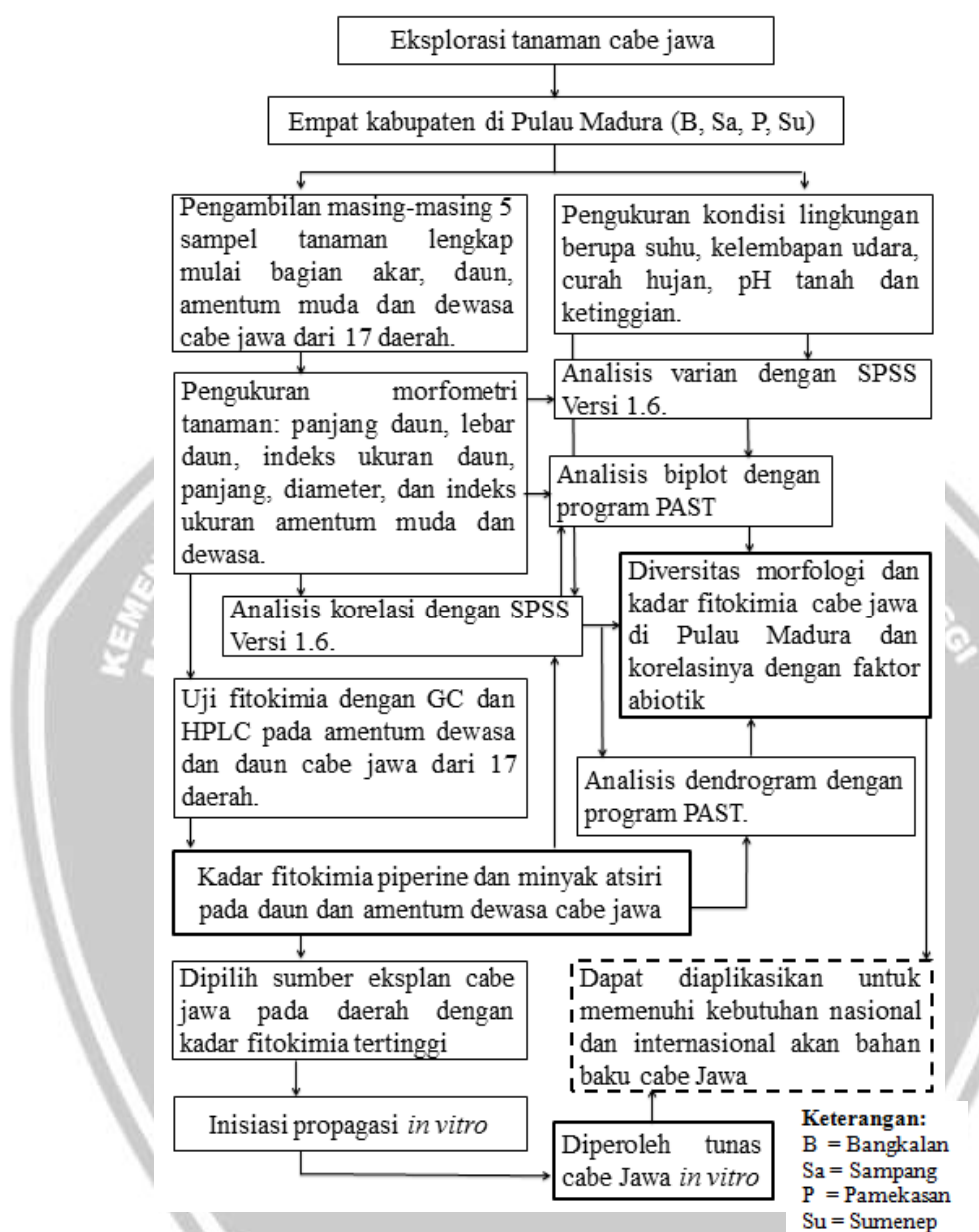
Tabel 1. Daerah sentra penghasil cabe Jawa di Pulau Madura

No	Kabupaten	Daerah (Kecamatan)	Nilai <i>Location Quotient</i> (LQ)
1	Bangkalan	1) Blega	1) 4,5
		2) Tanjung Bumi	2) 3,4
		3) Burneh	3) 2,4
		4) Tragah	4) 2,2
		5) Bangkalan	5) 1,3
		6) Kokop	6) 1,0
2	Sampang	7) Banyuates	7) 2,37
		8) Ketapang	8) 2,18
		9) Sokobanah	9) 1,22
3	Pamekasan	10) Larangan	10) 6,89
		11) Kadur	11) 2,67
4	Sumenep	12) Bluto	12) 5,07
		13) Talango	13) 4,07
		14) Kalianget	14) 3,02
		15) Gayam	15) 3,00
		16) Raas	16) 2,50
		17) Guluk-guluk	17) 2,26

3.3 Kerangka Operasional

Penelitian ini bersifat deskriptif eksploratif dan eksperimental dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif dimulai dengan eksplorasi lapang untuk identifikasi spesies *P. retrofractum* beserta variasi kondisi lingkungannya di Pulau Madura (Gambar 5). Masing-masing 5 sampel tanaman dari 17 daerah sentra penghasil cabe Jawa diambil yang berumur 5 tahun dan memiliki bagian lengkap mulai dari akar, daun, amentum muda, serta amentum dewasanya pada tegakan tanaman yang berbeda-beda berjarak kurang lebih tiga meter. Selanjutnya morfometri diukur pada bagian daun dewasa, amentum muda, dan amentum dewasa sampel yang telah diambil tersebut. Karakter yang diukur meliputi panjang daun, lebar daun, indeks ukuran daun, panjang amentum muda, diameter amentum muda, indeks ukuran amentum muda, panjang amentum dewasa, diameter amentum dewasa, dan indeks ukuran amentum dewasa. Variasi kondisi lingkungan yang diukur meliputi suhu, pH tanah, ketinggian, kelembapan udara, curah hujan. Data kondisi lingkungan dianalisis varian dengan SPSS Versi 1.6. Data hasil pengukuran morfometri

juga dianalisis varian dengan SPSS versi 1.6 dilanjutkan dengan analisis dendrogram dengan program PAST sehingga diperoleh informasi terkait perbedaan faktor abiotik dan karakter morfologi serta diversitas morfologi tanaman cabe Jawa.



Gambar 5. Kerangka operasional penelitian

Sampel daun dan amentum dewasa cabe Jawa yang telah diukur morfometrinya selanjutnya diuji fitokimia dengan GC (*Gas Chromatography*) dan HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*). Analisis GC dilakukan untuk mengetahui kadar minyak atsiri (Limonene, terpinolene, dan alfa pinene), analisis HPLC dilakukan untuk mengetahui kadar piperine cabe Jawa. Selanjutnya data kadar fitokimia piperine dan minyak atsiri pada daun dan amentum dewasa cabe Jawa, data karakter morfologi, dan

faktor abiotik dianalisis biplot dengan program PAST serta dianalisis korelasi dengan SPSS Versi 1.6. sehingga diperoleh informasi terkait diversitas morfologi dan kadar fitokimia cabe Jawa di Pulau Madura serta korelasinya dengan faktor abiotik

Setelah informasi terkait kadar fitokimia *P. retrofractum* secara *ex vitro* diperoleh maka selanjutnya dilakukan pemilihan sampel daun dengan kombinasi kadar fitokimia tertinggi dari masing-masing daerah untuk selanjutnya dijadikan sumber eksplan kultur secara *in vitro*. Inisiasi propagasi secara *in vitro* dilakukan dengan eksperimen rancangan acak kelompok hingga diperoleh tunas cabe Jawa *in vitro*. Berdasarkan rangkaian kegiatan tersebut diharapkan hasil penelitian ini dapat diaplikasikan pada penelitian lebih lanjut untuk memperbanyak cabe Jawa di daerah dengan tanaman cabe Jawa penghasil fitokimia terbaik untuk memenuhi kebutuhan nasional dan internasional akan bahan baku cabe Jawa.

3.4 Pengukuran Variasi Kondisi Lingkungan

Pengukuran variasi lingkungan dilakukan di daerah pengambilan sampel (Tabel 1). Faktor abiotik yang diidentifikasi meliputi pH tanah menggunakan soil tester, ketinggian tempat dengan altimeter, GPS untuk mengetahui koordinat daerah penelitian. Suhu udara, kelembaban udara, dan curah hujan menggunakan data sekunder dari BMKG daerah setempat.

3.5 Pengambilan Sampel dan Pengukuran Morfometri

Tanaman *P. retrofractum* yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman berumur minimal 5 tahun dengan kondisi bagian tanaman lengkap mulai dari akar, daun, dan amentum dewasa pada tegakan tanaman yang berbeda-beda berjarak kurang lebih tiga meter (Gambar 6, LG2). Tanaman di setiap sentra penghasil (Tabel 1) diambil 5 bagian tanaman lengkap sehingga jumlah total 85 sampel tanaman selanjutnya diukur data morfometri (LG1).



Gambar 6. Tanaman Cabe Jawa panjang. A). Habitus cabe Jawa panjang, B). Tanaman cabe Jawa 1) Amentum muda cabe Jawa panjang, 2) Amentum dewasa cabe Jawa panjang, 3) Daun cabe Jawa panjang (Dokumentasi pribadi).

Karakter morfologi sampel segar daun, amentum dewasa, dan amentum muda yang telah dikumpulkan pada setiap daerah diukur menggunakan mistar (Lampiran 3). Karakter morfologi yang diukur sebanyak 9 karakter meliputi panjang daun (PD), lebar daun (LD), indeks ukuran daun ($PD \times LD/100$), panjang amentum muda (PAM), diameter amentum muda (DAM), indeks ukuran amentum muda ($IAM \times DAM/100$), panjang amentum dewasa (PAD), diameter amentum dewasa (DAD), dan indeks ukuran amentum dewasa ($PAD \times DAD/100$) (Ravindran dkk., 1997). Tanaman yang telah diukur morfologinya selanjutnya ditanam dalam polibag dengan stek cabang panjat dan stek cabang tanah (Lampiran 3) untuk selanjutnya digunakan untuk analisis fitokimia dan sumber eksplan propagasi secara *in vitro*.

3.6 Analisis Kandungan Fitokimia

1) Pembuatan serbuk simplisia

Daun dan amentum dewasa cabe Jawa segar yang telah dikumpulkan dari masing-masing daerah sentra produksi ditimbang secara terpisah sebanyak 300 gram kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C selama 24 jam sampai kering kemudian ditumbuk dengan mortar dan pestel. Serbuk daun dan amentum cabe Jawa yang telah halus kemudian disimpan pada plastik klip pada suhu ruang (Santosh dkk., 2005; Shimadzu, 2000).

2) Analisis HPLC untuk pengukuran kadar piperine.

a. Persiapan sampel

Standar piperin disiapkan dengan membuat larutan standard dengan konsentrasi $1000\text{ }\mu\text{g/ml}$ dengan cara melarutkan 100 mg piperine kedalam 100 ml etanol absolut. Kemudian dari larutan standard pokok dibuat seri konsentrasi ($\mu\text{g/ml}$) 0, 1, 5, 10, 25, 50 dengan metode pengenceran dengan pelarut etanol absolut. Sampel yang sudah berupa serbuk halus dibuat larutan dengan konsentrasi 1% dengan menggunakan pelarut etanol absolut. Serbuk simplisia sebanyak 1 g dilarutkan dengan etanol absolut sampai volume 100 ml, larutan diaduk dan dikocok hingga homogen, kemudian didiamkan selama 18 jam. Larutan kemudian disaring untuk diambil filtratnya. Filtrat yang diperoleh kemudian disentrifuge dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit, untuk diambil supernatan. Larutan siap digunakan untuk analisis HPLC. Sampel amentum dewasa yang sudah dihaluskan sebanyak 0,5 g dilarutkan dengan etanol absolut sampai volume 50 ml, larutan diaduk dan dikocok hingga homogen, kemudian didiamkan selama 18 jam. Larutan kemudian disaring untuk diambil filtratnya. Filtrat yang diperoleh

kemudian disentrifuge dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit, untuk diambil supernatan. Larutan siap digunakan untuk analisis HPLC (Santosh *dkk.*, 2005).

b. Analisis kadar piperine

Pelaksanaan analisis dilakukan dengan mengisi botol larutan fase gerak dengan larutan fase gerak metanol dan air (3:1) sebanyak 500 ml pada perangkat Shimadzu LC solution dengan memilih modul: system controller, pump A, pump V, Oven, SPD M20-A Photo Diode Array. Setelah hasil HPLC diperoleh kemudian dilanjutkan tahapan *post run* dan mengkonfersi file hasil analisis ke dalam bentuk pdf (Santosh *dkk.*, 2005).

3) Analis GC untuk pengukuran kadar limonene, terpinolene, dan alfa pinene.

a. Persiapan sampel

Sampel ditimbang sebanyak 0,2 g. Sampel dimaserasi dengan cara melarutkan dengan 10 ml heksana aduk dan kocok hingga homogen kemudian didiamkan selama 24 jam. Saring larutan dengan erlenmeyer vaccum filter, sehingga didapatkan filtrat dan ampas, ampas diambil dan lakukan kembali langkah remaserasi sebanyak 3 kali, filtrat yang diperoleh kemudian digabungkan dan dimasukkan ke dalam corong pisah, untuk memisahkan fraksi heksana (bagian atas) dan fraksi non heksana (bagian bawah). Fraksi heksana (atas) diambil dan digabungkan, sedangkan fraksi non heksana dilarutkan dengan heksana sebanyak 25 ml. Evaporasi dilakukan dengan evaporator putar untuk memisahkan pelarut heksana, sehingga didapatkan ekstrak semi kental (larutan yang didapatkan setengah dari volum larutan sebelumnya). Larutan ekstrak diencerkan sampai pengenceran 1000. Larutan ekstrak hasil pengenceran kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm selama 20 menit untuk diambil supernatan. Supernatan yang diperoleh masuk ke tahap selanjutnya (Shimadzu, 2000).

b. Persiapan standard dan gas

Standar yang digunakan adalah alfa pinene, limonene, dan terpinolene. Standar dibuat dengan membuat konsentrasi pokok 50 µg/ml dengan cara melarutkan standar sebanyak 50 µl dengan pelarut heksana sampai 1 ml. Kemudian dari standar pokok dilakukan pengenceran untuk membuat seri konsentrasi standar (µg/ml): 0; 0,1; 0,5; 1; 2,5; 5. Tabung gas hydrogen disiapkan sebagai “*carier gas*” (Shimadzu, 2000).

c. Pengkondisian GC (Program komputer: GC solution; GC Real time analysis)

Pengkondisian GC menggunakan program komputer GC dengan cara mengatur: Column, pada bagian ini isi parameter temperature: 40 °C to 200 °C, Equilibration time:

2 min, Rate: 40 °C /min, Detector, FID, pada bagian ini temperature: 260 °C, General, pada bagian ini diatur, flow rate: 1,18 ml/min, run time: 10 min, injection volume: 1 µl. GC selanjutnya dijalankan pada menu *single run/sample login* hingga data selesai diproses. Setelah data diproses selanjutnya dilakukan *post run* data dengan membuka program “GC postrun”. Hasil *post run* selanjutnya dikonversi dalam file pdf (Shimadzu, 2000).

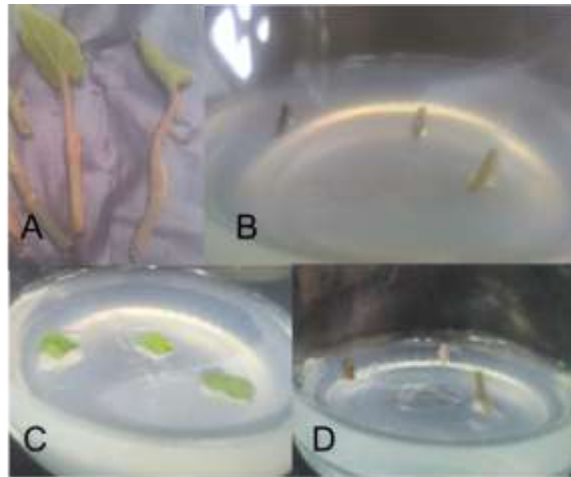
3.7 Inisiasi Propagasi *In vitro*

1) Pembuatan medium induksi tunas 1 liter

Larutan stok media dasar Murashige & Skoog (MS) A, B, C, D, E, F, G, vitamin, dan myoinositol, gula, BAP dengan konsentrasi 0, 1, 1,5 ppm, dan NAA 0, 0,05, 0,1 ppm diambil sesuai volume yang akan dibuat (Lampiran 8, LT12), selanjutnya pH medium diukur hingga 5,8. Agar (10 g/L) dan aquades ditambahkan sampai volume 1 Liter. Media dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* sampai mendidih kemudian dituang ke dalam botol kultur $\pm$ 10 ml. Media disterilkan dengan autoklaf 121°C, tekanan 1,5 atm, selama 15 menit. Setelah disterilkan dengan autoklaf kemudian medium digunakan sebagai media kultur.

2) Pemilihan sumber eksplan dan sterilisasi eksplan

Sumber eksplan berupa tanaman cabe Jawa dari daerah Larangan, Blega, dan Banyuates yang telah ditanam di polibag dengan kondisi vigoritas baik diambil bagian tunas kedua (Gambar 7). Dalam penelitian ini dilakukan uji pendahuluan menggunakan eksplan nodus dari daerah Larangan, Blega, dan Banyuates pada media MS + BAP 0, 1 ppm dan NAA 0, 0,05 ppm. Pada uji pendahuluan tersebut hanya eksplan dari daerah Blega yang menunjukkan respon muncul tunas, sehingga hanya cabe Jawa dari Blega yang digunakan sebagai sumber eksplan. Bagian nodus, lamina, dan petiole tanaman cabe Jawa dibersihkan dengan sabun cuci kemudian dengan air mengalir selama 30 menit. Selanjutnya eksplan tersebut disterilkan dengan berbagai perlakuan sterilisasi (Tabel 2). Bagian nodus, lamina, dan petiole tanaman cabe Jawa yang telah disterilisasi selanjutnya dipotong kurang lebih 0,5 cm dan ditanam dalam media kultur, setiap botol kultur berisi masing-masing 3 eksplan (Gambar 7).



Gambar 7. Eksplan Cabe Jawa pada medium induksi tunas. A). Nodus kedua cabe Jawa, B). Eksplan Nodus, C). Eksplan lamina, D) Eksplan petiole

Tabel 2. Variasi konsentrasi pemutih komersial dan lama sterilisasi beberapa eksplan *P. retrofractum*

No	Jenis Eksplan	Pemutih komersial (%, v/v)	Durasi (menit)	Durasi aquades (menit)
1	Lamina (L) Petiole (P) Nodus (N)	5	15	5
2			6	5
3			10	5
4		10	3	5
5			5	5
6			6	5

Keterangan: Pemutih komersial yang digunakan mengandung natrium hipoklorit 5,25%.

Tingkat keberhasilan sterilisasi diamati setiap minggu sejak penanaman eksplan hingga satu bulan (4 minggu) setelah kultur. Presentase keberhasilan sterilisasi dihitung dengan rumus berikut;

$$\text{Keberhasilan sterilisasi (\%)} = \frac{\text{Eksplan yang terkontaminasi tiap perlakuan}}{\text{Total eksplan tiap perlakuan}} \times 100\% \quad (1)$$

4) Inisiasi propagasi in vitro

Inisiasi propagasi secara in vitro dalam penelitian ini dilakukan dengan eksperimen Rancangan acak kelompok faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah jenis media dengan tujuh taraf, sedangkan faktor kedua adalah jenis eksplan dengan tiga taraf. Setiap kombinasi perlakuan terdapat lima ulangan sebagai kelompok perlakuan (Tabel 3).

Tabel 3. Rancangan percobaan inisiasi tunas *in vitro* cabe Jawa

Faktor perlakuan		
(Faktor 1) Jenis Media $A_{1-7} = 7$ taraf	(Faktor 2) Jenis Eksplan	Kombinasi perlakuan
MS + ZPT 0 ppm (A1)	Lamina (L) Petiole (P) Nodus (N)	A_1N A_1L $A1P$
MS + BAP 0 + NAA 0.05 (A2)		A_2N A_2L $A2P$
MS + BAP 1 + NAA 0 (A3)		A_3N A_3L $A3P$
MS + BAP 1 + NAA 0,05 (A4)		A_4N A_4L $A4P$
MS + BAP 1 + NAA 0.1 (A5)		A_5N A_5L $A5P$
MS + BAP 1.5 + NAA 0.05 (A6)		A_6N A_6L $A6P$
MS + BAP 1.5 + NAA 0.1(A7)		A_7N A_7L $A7P$

Pengamatan dilakukan setiap minggu sejak penanaman eksplan hingga enam bulan setelah penanaman. Parameter yang diamati adalah morfologi tunas yang muncul dan jumlah tunas yang muncul pada setiap perlakuan.

3.8 Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis *Principle Component Analysis* (PCA). PCA digunakan untuk melihat karakter morfologi yang memiliki relevansi dengan karakter lain. Berdasarkan analisis program PCA, diperoleh komponen utama yang mampu mempertahankan sebagian besar informasi yang diukur menggunakan *total diversity* dengan menggunakan sedikit komponen utama saja (Ariawan, 2013). Data hasil pengukuran morfometri dan variasi lingkungan dimasukkan ke dalam program PAST sehingga diperoleh gambaran biplot dan dendrogram yang menginformasikan diversitas morfologi *P. retrofractum* di Pulau Madura.

Analisis Varians (ANOVA) digunakan untuk mencari perbedaan morfologi dan fitokimia antar aksesori cabe Jawa di Pulau Madura dengan menggunakan program SPSS Versi 1.6. Apabila ada perbedaan yang signifikan antar kelompok maka analisis dilanjutkan dengan Tukey HSD taraf kepercayaan 95%. Setiap karakter morfologi yang telah diuji beda juga ditentukan kategorinya berdasarkan nilai rentang dengan rumus berikut;

$$R = x_{max} - x_{min} \quad (2)$$

Dengan R adalah nilai rentang, X_{max} nilai data paling besar, dan X_{min} nilai data paling kecil. Analisis korelasi digunakan untuk mencari korelasi diantara berbagai faktor yang diamati menggunakan program SPSS Versi 1.6.

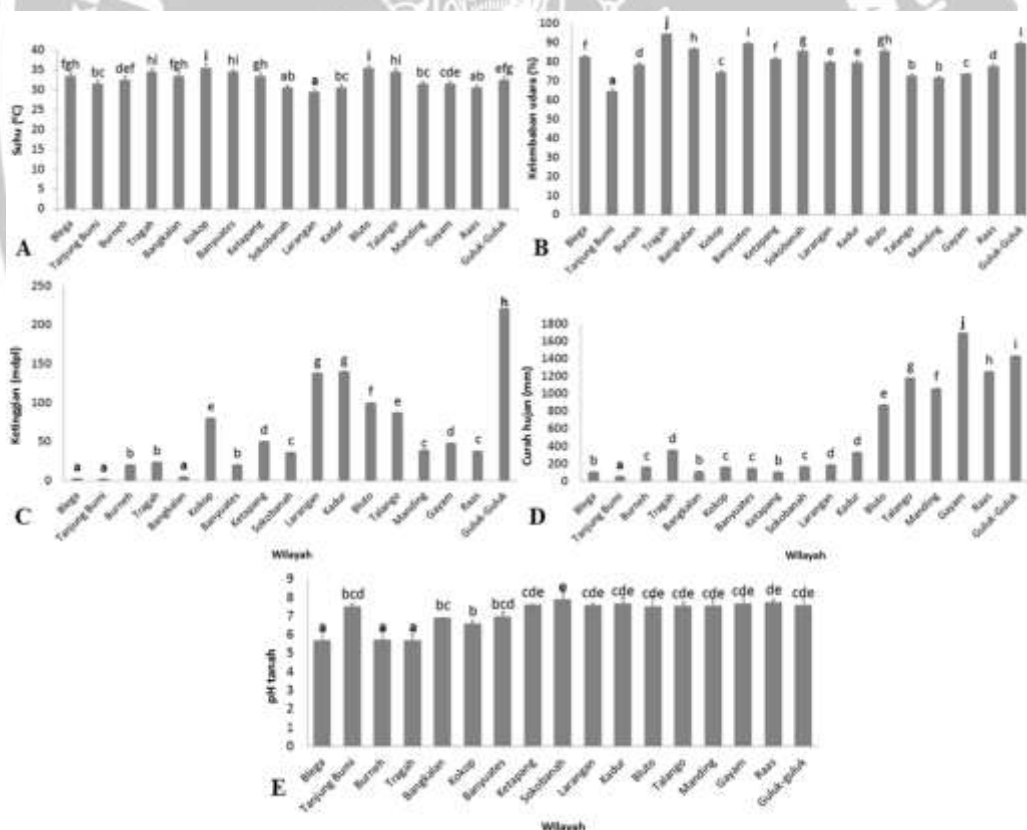
BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Diversitas Morfologi Tanaman Cabe Jawa (*P. retrofractum* Vahl.) dan korelasinya dengan faktor abiotik

4.1.1 Kondisi lingkungan di berbagai daerah sentra penghasil cabe Jawa di Pulau Madura

Berdasarkan hasil analisis varian (ANOVA) (Lampiran 4, LT3) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada masing-masing faktor abiotik di berbagai daerah di Pulau Madura. Suhu di 17 daerah penghasil cabe Jawa berkisar antara 30 °C - 35 °C. Suhu terendah di daerah Larangan (30 °C) berbeda signifikan dengan suhu di daerah Kokop (35°C) dan Bluto (35 °C). Setiap daerah di empat Kabupaten Pulau Madura memiliki rentangan suhu yang berbeda-beda, Kabupaten Bangkalan memiliki rentangan suhu 31 °C - 35 °C, Kabupaten Sampang 30 °C – 34 °C, Kabupaten Pamekasan 30 °C – 31 °C, dan Kabupaten Sumenep 30 °C – 35 °C (Gambar 8 A).



Gambar 8. Perbedaan faktor abiotik di 17 sentra penghasil cabe Jawa di Pulau Madura, A) Suhu, B) Kelembaban udara, C) Ketinggian, D) Curah hujan, E) pH tanah. Huruf yang sama pada daerah berbeda menunjukkan tidak berbeda secara signifikan dalam uji ANOVA dan uji lanjut ($\alpha = 0,05$).

Kelembaban udara di 17 daerah sentra penghasil cabe Jawa berkisar antara 65 – 95%. Kelembaban udara terendah di daerah Tanjung Bumi sebesar 65%, sedangkan kelembaban udara tertinggi di daerah Tragah sebesar 95%. Daerah penghasil cabe Jawa di Kabupaten Bangkalan memiliki rentangan kelembaban udara 65% - 95%, Kabupaten Sampang 82% - 90%, kabupaten Pamekasan 79% - 80%, dan Kabupaten Sumenep 71% - 90% (Gambar 8 B). Di antara daerah sentra penghasil cabe Jawa juga memiliki ketinggian berbeda-beda, dengan rentangan ketinggian 2 mdpl sampai 200 mdpl (dataran rendah). Daerah terendah di Tanjung Bumi (2 mdpl), sedangkan daerah paling tinggi Guluk-guluk (200 mdpl). Kabupaten Bangkalan memiliki rentangan ketinggian berkisar 2 mdpl – 80 mdpl, Kabupaten Sampang 20 – 50 mdpl, Kabupaten Pamekasan 138 – 140 mdpl, dan Kabupaten Sumenep 38 – 200 mdpl (Gambar 8 C).

Curah hujan diantara 17 daerah penghasil cabe Jawa berbeda secara signifikan dengan rentangan sekitar 57 - 1600 mm/tahun. Tanjung Bumi Bangkalan adalah daerah dengan curah hujan terendah (57 mm/tahun), sedangkan daerah Gayam Sumenep merupakan daerah dengan curah hujan tertinggi (1600 mm/th) (Gambar 8 D). Daerah dengan tingkat keasaman (pH) tanah rendah/asam antara lain Blega (pH 5), Burneh (pH 5,7), dan Tragah (pH 5,7). Daerah dengan pH tanah tinggi/asam meliputi daerah Bluto, Manding, Talango, Larangan, Guluk-guluk, Ketapang, Gayam, Kadur, Raas, dan Sokobanah dengan pH 8 (Gambar 8 E).

Suhu dan kelembaban udara dalam penelitian ini sesuai dengan temuan Diratpaghgar (dalam Zuchri, 2008) yang menyatakan bahwa tanaman cabe Jawa dapat tumbuh pada kondisi lingkungan suhu udara 20 °C – 30 °C dan kelembaban udara 40 - 80%. Suhu mempengaruhi banyak aspek dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta pada distribusi spesies tanaman. Stres terhadap suhu mempengaruhi berbagai proses seperti ekspresi gen, fungsi enzim, fungsi dan integritas membran, pembelahan sel, fotosintesis, respirasi, translokasi dan perkembangan reproduksi tanaman.

Dalam penelitian ini juga tampak adanya perbedaan rentangan curah hujan, ketinggian, dan pH tanah ideal untuk pertumbuhan cabe jawa. Diratpaghgar (2008 dalam Zuchri, 2008) menyatakan bahwa curah hujan ideal untuk pertumbuhan cabe jawa berkisar 1.200 - 3000 mm/tahun, dengan ketinggian 1 - 600 mdpl, dan pH tanah 5,5 - 7,0. Sementara beberapa daerah di Pulau Madura dalam penelitian ini curah hujan hanya sekitar 15 - 1600 mm/tahun, dengan ketinggian 2 - 200 mdpl, dan pH tanah mulai dari 5 hingga 8. Hal tersebut menunjukkan bahwa curah hujan dan ketinggian yang diukur dalam penelitian

cenderung lebih rendah dari kondisi ideal untuk pertumbuhan cabe jawa, sementara tingkat keasaman (pH) tanah cenderung lebih tinggi dari kondisi idealnya.

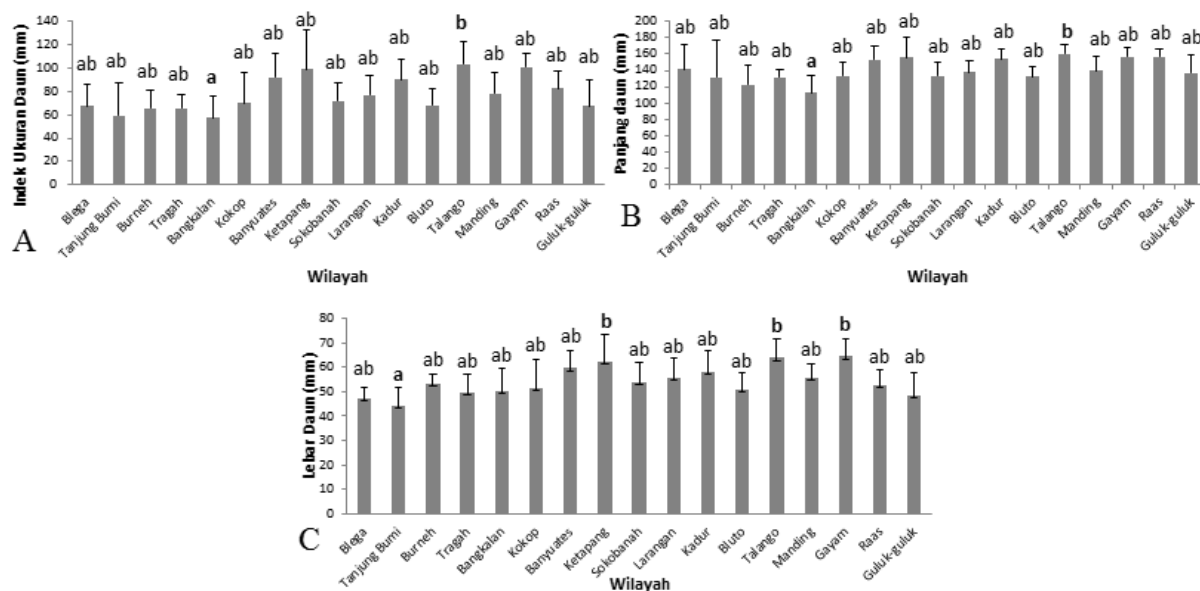
Cabe Jawa di daerah Ketapang, Larangan, Kadur, Bluto, Talango, Manding, Gayam, Raas, Guluk-guluk, dan Sokobanah memiliki pH tanah > 7 lebih tinggi dari daerah dari tujuh daerah lainnya (Gambar 8). Tanah dengan kisaran pH sedang (6 - 7) memiliki keadaan yang paling baik secara biologis. Keadaan semua unsur hara pada pH tersebut paling sesuai, tidak ekstrim, dan fosfor tersedia dengan maksimum. Jika pH tanah naik diatas 7, unsur hara fosfat juga terganggu (Mulyani, 2002). Nitrogen yang berpengaruh sangat besar terhadap perkembangan jaringan meristem juga tersedia pada pH optimal 6 – 7. Tanah tempat tumbuh Cabe jawa di daerah Tanjung Bumi, Bangkalan, Kokop, dan Banyuates (pada rentangan pH tanah 6 - 7) memiliki pH yang paling optimal, yang artinya cabe Jawa dapat tumbuh normal dan tidak tercekam.

4.1.2 Variasi karakter morfologi daun dan amentum dewasa cabe Jawa di berbagai daerah sentra penghasil di Pulau Madura

Berdasarkan hasil analisis anova dan uji lanjut dengan Tukey HSD (lampiran 5) tampak adanya perbedaan yang signifikan pada masing-masing karakter daun dan amentum dewasa cabe Jawa di antara daerah sentra penghasil cabe Jawa di Pulau Madura. Pada organ daun tampak adanya karakter indeks ukuran daun (Gambar 9 A) dan panjang daun (Gambar 9 B) cabe Jawa daerah Bangkalan yang berbeda nyata dengan daerah Talango. Cabe Jawa dari daerah Bangkalan memiliki karakter indeks ukuran daun dan panjang daun terendah, dengan indeks ukuran daun rata-rata 120 mm dan panjang daun rata-rata 50 mm. Sedangkan daerah Talango memiliki karakter indeks ukuran daun dan panjang daun tertinggi dengan indeks ukuran daun rata-rata 160 mm dan panjang daun rata-rata 100 mm.

Karakter lebar daun pada cabe Jawa daerah Tanjung Bumi berbeda nyata dengan cabe Jawa pada daerah Ketapang, Talango, dan Gayam (LT9). Cabe Jawa daerah Tanjung Bumi memiliki lebar daun terendah dengan rata-rata 40 mm, sedangkan daerah Ketapang, Talango, dan Gayam memiliki lebar daun tertinggi dengan rata-rata 60 mm (Gambar 9 C). Penelitian Haryudin & Oti (2009) menunjukkan bahwa panjang daun dari daerah Bluto justru memiliki panjang daun tertinggi (142,2 mm), dan lebar daun tertinggi (56,7 mm). Cabe Jawa dari daerah Larangan memiliki panjang dan lebar daun masing-masing 118,9 mm dan 30,8 mm. Cabe Jawa dari Ketapang memiliki panjang daun 105 mm, dan lebar daun 43,5 mm. Cabe Jawa Banyuates memiliki panjang dan lebar daun masing-masing

88,5 mm, dan 47,5 mm. Hasil penelitian Haryudin & Oti (2009) tersebut berbeda dengan hasil pengukuran morfometri dalam penelitian ini. Berdasarkan perbedaan data pengukuran karakter morfologi daun tersebut terlihat bahwa daun cabe Jawa dapat memiliki rentangan panjang daun mulai 50 – 142,2 mm, dan lebar daun mulai 30,8 – 60 mm.

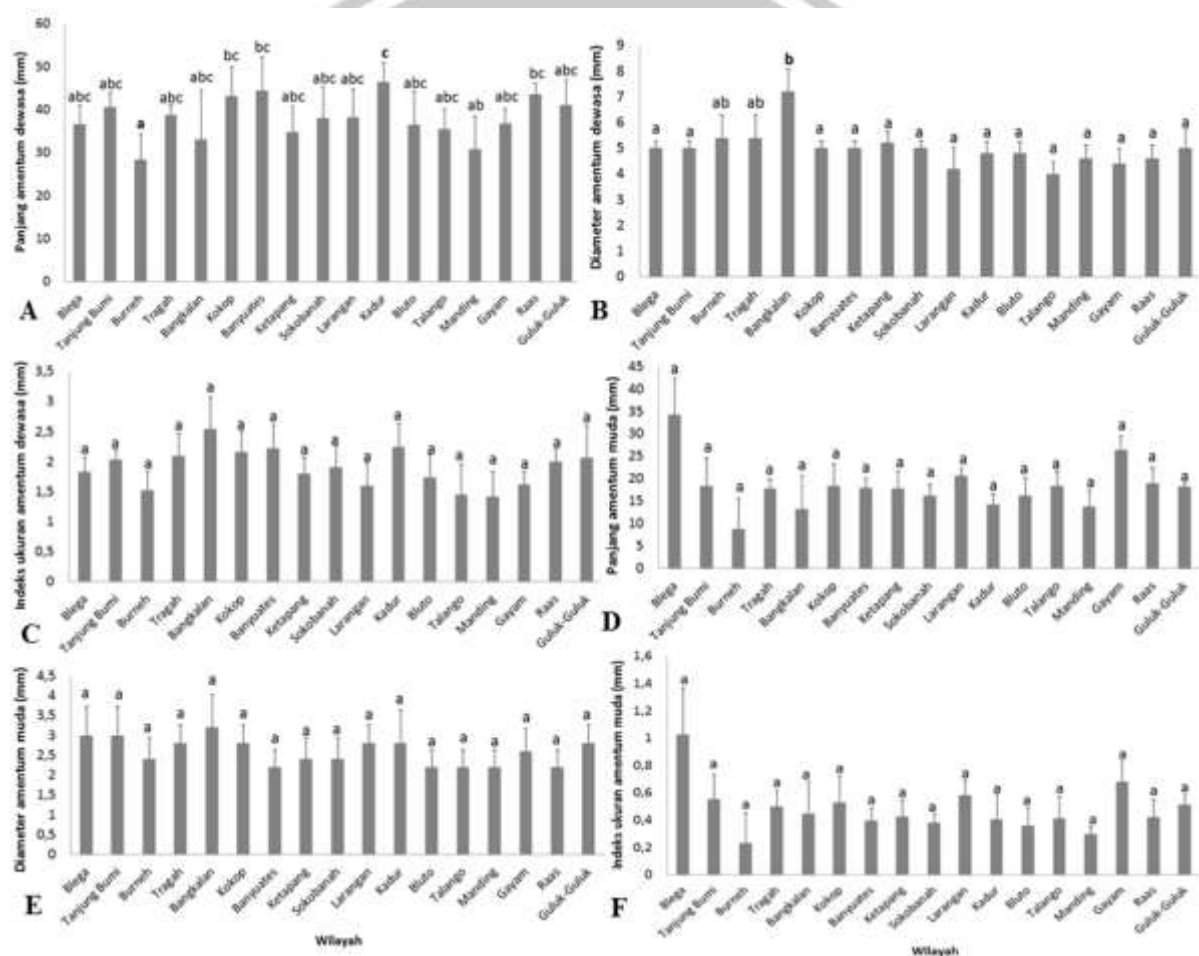


Gambar 9. Karakter morfologi daun cabe Jawa di sentra penghasil di Pulau Madura. A. Indeks ukuran daun, B. Panjang daun, C. Lebar daun. Huruf yang sama pada daerah berbeda menunjukkan tidak berbeda secara signifikan dalam uji ANOVA dan uji lanjut ($\alpha = 0,05$)

Pada organ amentum dewasa tampak adanya panjang amentum dewasa pada cabe Jawa daerah Burneh berbeda nyata dengan daerah Kadur. Cabe Jawa daerah Burneh memiliki panjang amentum dewasa terendah (25 mm), sedangkan cabe Jawa daerah Kadur memiliki panjang amentum dewasa tertinggi (45 mm) (Gambar 10 A). Karakter diameter amentum dewasa pada daerah Bangkalan berbeda nyata dengan 16 daerah lainnya. Cabe Jawa daerah Bangkalan memiliki diameter amentum dewasa tertinggi (8 mm) dibandingkan daerah lainnya yang hanya 5-6 mm (Gambar 10 B, LT4).

Hasil penelitian ini juga menunjukkan perbedaan ukuran panjang amentum dewasa serta kesesuaian ukuran diameter amentum dewasa dengan penelitian Haryudin & Oti (2009). Penelitian Haryudin & Oti (2009) menunjukkan bahwa panjang amentum dewasa cabe Jawa pada rentang antara 22 - 82,4 mm, dengan buah terpanjang (82,4 cm) berasal dari Bluto Sumenep. Sedangkan cabe Jawa Tanjung bumi Bangkalan memiliki panjang amentum dewasa 132,8 mm, dan diameter amentum dewasa 5,5 mm. Cabe Jawa daerah Larangan memiliki panjang amentum 36,4 mm, dan diameter amentum dewasa 7,5 mm.

Berdasarkan data tersebut tampak bahwa cabe Jawa Madura dapat memiliki ukuran panjang amentum dewasa 22- 82,4 mm, dan diameter 5- 8 mm. Adanya perbedaan pada pengukuran data penelitian ini dengan penelitian Haryudin & Oti (2009) dapat disebabkan karena pengambilan data pada bulan berbeda, pengambilan data penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus (akhir musim kemarau), sementara penelitian Haryudin & Oti (2009) dilakukan pada bulan Juli (pertengahan musim kemarau). Kesesuaian pengukuran terlihat karena beberapa sumber sampel yang digunakan berasal dari daerah yang sama yaitu daerah Bluto (Sumenep), Larangan (Pamekasan), Ketapang (Sampang), Banyantes (Sampang), dan Tanjung Bumi (Bangkalan).



Gambar 10. Karakter morfologi amentum muda dan amentum dewasa cabe Jawa di sentra penghasil di Pulau Madura. A. Panjang amentum dewasa B. Diameter amentum dewasa C. Indeks ukuran amentum dewasa, D. Panjang amentum muda, E. Indeks ukuran amentum muda, F. Diameter amentum muda. Huruf yang sama pada daerah berbeda menunjukkan tidak berbeda secara signifikan dalam uji ANOVA dan uji lanjut ($\alpha = 0,05$)

Cabe Jawa di 17 daerah pengamatan tidak menunjukkan adanya perbedaan signifikan diantara masing-masing karakter indeks ukuran amentum dewasa (LT5),

panjang amentum muda (LT6), diameter amentum muda (LT8), dan indeks ukuran amentum muda (LT7). Indeks ukuran amentum dewasa cabe Jawa di seluruh daerah sekitar 1,5 - 2,5 mm, panjang amentum muda sekitar 10 - 30 mm, diameter amentum muda sekitar 2 - 3 mm, dan indeks ukuran amentum muda sekitar 0,5 mm (Gambar 10 C, D, E dan F). Berdasarkan nilainya maka setiap karakter morfologi dikelompokkan menjadi tiga, yaitu rendah, sedang dan tinggi (Tabel 4).

Tabel 4. Pengkategorian karakter morfologi cabe Jawa

Karakter morfologi		Nilai rentang setiap karakter		
		T (Tinggi)	S (Sedang)	R (Rendah)
Daun (mm)	Panjang	144-160	127-143	110-126
	Lebar	58-64	51-57	44-51
	Indeks ukuran	89-104	73-88	57-72
Amentum muda (mm)	Panjang	26-34	17-25	8-16
	Diameter	3-3,3	2,6-2,9	2,2-2,5
	Indeks ukuran	0,8-1	0,5-0,7	0,2-0,4
Amentum dewasa (mm)	Panjang	42-48	35-41	28-34
	Diameter	7-8	6-7	4-5
	Indeks ukuran	2,4-2,7	1,9-2,3	1,4-1,8

Berdasarkan pengelompokan nilai karakter morfologi cabe Jawa di daerah Banyuates, Kadur, dan Gayam yang masing-masing menunjukkan empat karakter yang termasuk kelompok bernilai tinggi. Cabe Jawa di daerah Banyuates dan Kadur memiliki kelompok nilai tinggi pada karakter panjang (P) daun, lebar (L) daun, indeks ukuran (IU) daun, dan panjang (P) amentum dewasa, sedangkan cabe Jawa di daerah Gayam memiliki kelompok nilai tinggi pada karakter panjang (P) daun, lebar (L) daun, indeks ukuran (IU) daun, dan panjang (P) amentum muda (Tabel 5). Berdasarkan data tersebut daerah Banyuates, Kadur, dan Gayam dapat direkomendasikan untuk pengembangan budidaya cabe Jawa—karena menghasilkan pertumbuhan yang baik yang diindikasikan dari nilai karakter morfologi yang tinggi.

Perbedaan karakter morfologi pada daun dan amentum dewasa dalam penelitian ini bersesuaian dengan pernyataan Jaramillo & Manos (2001) serta Souza dkk., (2004) yang menyatakan bahwa Genus *Piper* pada umumnya menunjukkan diversitas yang besar pada struktur daun. Lebih lanjut Astuti (2011) menjelaskan bahwa berbagai perubahan karakter morfologi baik dalam ukuran atau bentuknya terjadi ketika tanaman genus *piper* mulai berbunga. Perubahan morfologi pada tanaman diketahui sebagai heteroblastik (Burns & Dawson, 2006; Mundhra & Paria, 2009). Heteroblastik adalah adanya perubahan bentuk karakter morfologi daun yang sangat berbeda pada fase muda dan fase dewasa, perubahan morfologi ini terjadi karena adanya mekanisme morfogenesis pada fase perkembangan

tanaman (Burns, 2005). Respon perubahan morfologi daun juga dapat dipengaruhi oleh adanya perubahan lingkungan dan faktor genetis tanaman (Burns, 2005).

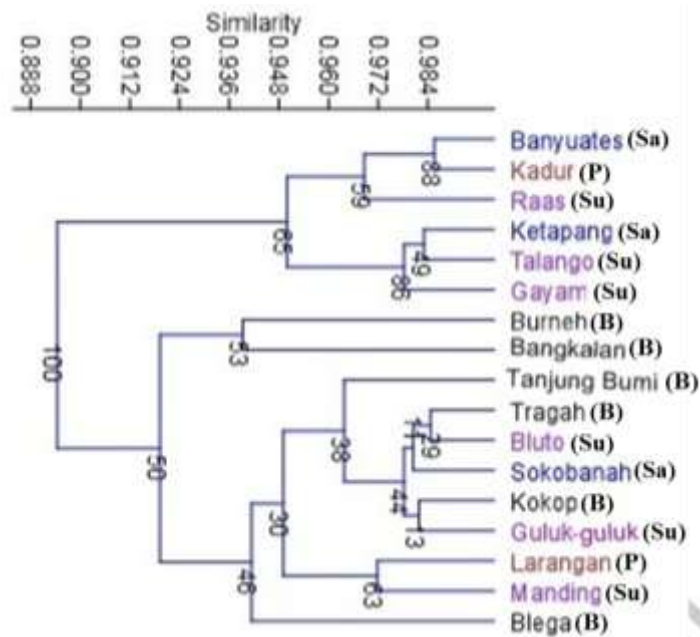
Tabel 5. Variasi ukuran karakter morfologi cabe Jawa

		Karakter Morfologi								
Daerah		Daun (mm)			Amentum muda (mm)			Amentum dewasa (mm)		
Kabupaten	Daerah	P	L	IU	P	D	IU	P	D	IU
Bangkalan	Blega	S	R	R	T	T	T	S	R	R
	Tanjung Bumi	S	R	R	S	T	S	S	R	S
	Burneh	R	S	R	R	R	R	R	S	R
	Tragah	S	R	R	S	S	S	S	S	S
	Bangkalan	R	R	R	R	T	R	R	T	T
	Kokop	S	S	R	S	S	S	T	R	T
Sampang	Banyuates	T	T	T	S	R	R	T	R	S
	Ketapang	T	T	T	S	R	R	R	S	R
	Sokobanah	S	S	R	R	R	R	S	R	S
Pamekasan	Larangan	S	S	S	S	S	S	S	R	R
	Kadur	T	T	T	R	S	R	T	R	S
Sumenep	Bluto	S	S	R	R	R	R	S	R	R
	Talango	T	T	T	S	R	R	S	R	R
	Manding	S	S	S	R	R	R	R	R	R
	Gayam	T	T	T	T	S	S	S	R	R
	Raas	T	S	S	S	R	R	T	R	S
	Guluk-guluk	S	R	R	T	T	T	S	R	R

Keterangan: P (Panjang), L (Lebar), IU (Indeks ukuran), D (Diameter), T (Tinggi), S (Sedang), R (Rendah).

4.1.3 Diversitas tanaman cabe Jawa di masing-masing daerah berdasarkan karakter morfologi

Hasil analisis dendrogram berdasarkan karakter morfologi yang meliputi panjang daun, lebar daun, dan Indeks ukuran daun menunjukkan bahwa populasi cabe Jawa di seluruh daerah sentra penghasil cabe Jawa di Pulau Madura mengelompok menjadi dua *Cluster* (Gambar 11). *Cluster* I terdiri dari Cabe Jawa dari Banyuates, Kadur, Raas, Ketapang, Talango, dan Gayam dengan indeks similiaritas 65%. *Cluster* II terdiri dari Burneh, Bangkalan, Tanjung Bumi, Tragah, Bluto, Sokobanah, Kokop, Guluk-guluk, Larangan, Manding, dan Blega dengan indeks similiaritas 50%. Cabe Jawa pada *cluster* I cenderung memiliki karakter morfologi daun yang termasuk kelompok rentang tinggi dengan panjang daun sekitar 144-160 mm, lebar daun sekitar 58-64 mm, serta indeks ukuran daun 89-104 mm, sedangkan cabe Jawa pada *cluster* II memiliki karakter panjang daun, lebar daun, dan indeks ukuran daun yang termasuk kelompok rentang rendah dan sedang (Tabel 4).



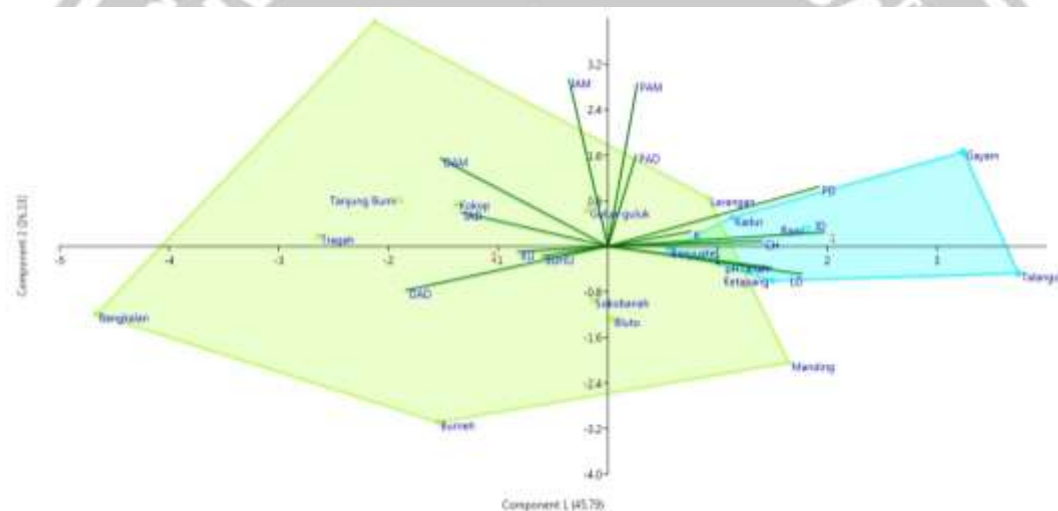
Gambar 11. Analisis dendrogram cabe Jawa di berbagai daerah sentra penghasil di Pulau Madura berdasarkan karakter morfologi, (B) Kabupaten Bangkalan, (Sa) Kabupaten Sampang, (P) Kabupaten Pamekasan, (Su) Kabupaten Sumenep

Kondisi lingkungan dengan curah hujan, ketinggian, dan pH yang berbeda pada empat kabupaten di Pulau Madura dapat menjadi salah satu faktor penyebab munculnya perbedaan morfologi cabe Jawa (Zuchri, 2008). Sebagaimana penelitian sebelumnya di Tawangmangu Jawa Tengah, cabe Jawa cenderung menghasilkan daun dibandingkan amentum dewasa sedangkan di Wonogiri justru cenderung menghasilkan amentum dewasa dan daun yang kecil, sebaliknya, di Madura Jawa Timur tanaman ini membentuk amentum dewasa dengan ukuran yang lebih besar.

Dalam penelitian ini cabe Jawa pada daerah yang memiliki faktor abiotik berbeda tersebut memiliki indeks similaritas 50% dan 65% yang berarti diversitasnya cenderung rendah. Hal tersebut dapat dikarenakan tidak adanya penghalang/*barier* berat yang dapat berupa gunung di antara daerah yang diamati sehingga cabe Jawa dari satu daerah ke daerah lain mudah dipindahkan dan memungkinkan terjadinya persilangan antar akses. Diversitas yang cenderung rendah tersebut juga mungkin disebabkan tanaman cabe Jawa di Pulau Madura berasal dari nenek moyang yang sama. Variasi yang muncul di antara tanaman cabe Jawa dapat muncul melalui proses domestikasi. Mekanisme ini dikenal sebagai faktor utama yang berpengaruh terhadap variasi genus *Piperaceae* (Ravindran dkk., 1997).

4.1.4 Korelasi antara diversitas tanaman cabe Jawa di masing-masing daerah berdasarkan karakter morfologi dengan faktor abiotik.

Populasi cabe Jawa pada setiap daerah sentra penghasilnya di Pulau Madura memiliki karakter morfologi ataupun faktor abiotik yang berbeda yang mengelompok dalam dua *cloud* (Gambar 12). Cabe Jawa dari daerah Banyuates, Kadur, Raas, Ketapang, dan Talango cenderung memiliki ukuran tinggi pada karakter morfologi panjang daun, indeks ukuran daun, dan lebar daun yang. Sedangkan faktor abiotik di daerah tersebut yaitu curah hujan dan pH tanah juga cenderung tinggi. Karakter abiotik tersebut tidak memberikan kontribusi yang besar terhadap tingginya karakter morfologi daun di daerah-daerah tersebut (Tabel 6). Sebagaimana temuan Raharjeng (2015) bahwa curah hujan yang tinggi (>1.500 mm/th) di daerah sampel mengakibatkan semakin tingginya rerata kelembaban udara tetapi hanya memberikan pengaruh yang kecil terhadap panjang dan lebar daun tanaman.



Gambar 12. Analisis Biplot *Piper retrofractum* berdasarkan karakter morfologi dan faktor abiotik.

Cabe Jawa dari daerah Burneh, Bangkalan, Blega, Tanjung bumi, Tragah, Bluto, Sokobanah, Kokop, Guluk-guluk, Larangan, Manding, dan Blega memiliki ukuran tinggi pada panjang amentum muda, diameter amentum muda, indeks ukuran amentum muda, panjang amentum dewasa, diameter amentum dewasa, dan indeks ukuran amentum dewasa. Faktor abiotik pada daerah-daerah tersebut meliputi kelembaban udara, suhu, dan ketinggian cenderung lebih rendah dari daerah pada *cloud* 1. Dalam penelitian ini, kondisi suhu, kelembaban udara, dan ketinggian yang rendah juga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tingginya ukuran amentum pada cabe jawa (Tabel 6).

Tabel 6. Korelasi karakter morfologi dan faktor abiotik

Karakter Morfologi	R Square	Sig. t faktor abiotik					Sig.
		Curah hujan	Kelembaban udara	Suhu	Ketinggian	PH tanah	
Panjang daun	0,292	0,338	0,887	0,917	0,658	0,305	>0,005
Lebar daun	0,248	0,613	0,999	0,535	0,599	0,193	>0,005
Indeks ukuran daun	0,309	0,442	0,869	0,557	0,629	0,192	>0,005
Panjang bulir	0,095	0,348	0,996	0,776	0,689	0,761	>0,005
Diameter bulir	0,268	0,350	0,376	0,619	0,759	0,320	>0,005
Indeks ukuran bulir	0,247	0,898	0,907	0,706	0,870	0,158	>0,005
Panjang buah	0,125	0,576	0,568	0,908	0,949	0,376	>0,005
Diameter buah	0,364	0,204	0,392	0,773	0,855	0,517	>0,005
Indeks ukuran buah	0,086	0,725	0,635	0,591	0,766	0,724	>0,005

Cabe Jawa merupakan tanaman tropis yang dapat tumbuh di berbagai tipe lahan. Tanaman cabe Jawa dikenal mempunyai daya adaptasi yang tinggi, yaitu dapat ditanam pada tanah dengan rentang pH asam sampai basa, tanah yang kurang subur, berbatu, dan iklim yang kering (Evizal, 2013). Akan tetapi berdasarkan analisis korelasi dalam penelitian tidak menunjukkan adanya pengaruh signifikan faktor abiotik terhadap karakter morfologi dengan nilai sig. > 0,05 pada semua faktor yang diukur (Tabel 6). Hal ini dapat disebabkan tidak terukurnya komponen abiotik penting lainnya, yaitu unsur hara tanah yang memungkinkan berkorelasi kuat dengan perbedaan karakter morfologi cabe Jawa Madura. Salah satu unsur hara yang tidak terukur misalnya Nitrogen (N) yang merupakan salah satu unsur hara makro yang dibutuhkan oleh tanaman. Unsur N berpengaruh sangat besar terhadap perkembangan jaringan meristem, sehingga sangat menentukan pertumbuhan tanaman. Peranan N sangat menonjol terhadap bagian vegetatif tanaman (daun dan pucuk), sehingga pupuk N sering disebut sebagai pupuk daun (Hanafiah, 2005).

Tanaman cabe Jawa merupakan tanaman yang memiliki famili yang sama dengan tanaman lada. Di India, Sivaraman dkk. (1999) melaporkan bahwa tanaman lada untuk tumbuh normal dan sehat harus mempunyai kandungan hara minimal dalam jaringan daun sebanyak 3,10% N, 0,16% P, 3,40% K, 1,66% Ca dan 0,44% Mg. Apabila kandungan unsur hara tersebut lebih rendah dari nilai (batas) kritis, maka status hara akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman, serta produksi. Berdasarkan hal-hal tersebut tampak bahwa analisis tanah perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh faktor abiotik terhadap karakter morfologi cabe Jawa.

Berdasarkan hasil pengukuran faktor kondisi lingkungan di berbagai daerah sentra penghasil cabe Jawa sebagai tempat pengambilan sampel dalam penelitian ini memiliki suhu sekitar 30 °C - 35 °C, kelembaban udara 65 – 95%, ketinggian 2 – 200 mdpl. Kondisi tersebut telah sesuai sebagai habitat yang tepat untuk perkembangan cabe Jawa sebagaimana pernyataan Kemala dkk., (2005) bahwa cabe Jawa dapat tumbuh dengan temperatur 20 - 30 °C. Pada musim kemarau yang panjang seluruh daunnya akan gugur dan tumbuh kembali di musim hujan. Kelembapan udara untuk cabe jamu antara 40 - 80%, jenis tanah yang sesuai Andosol, Latosol, Grumosol, Regosol, dan Podsolik, tekstur tanah yang dikehendaki adalah liat yang mengandung pasir, porus, drai-nase yang baik dengan reaksi tanah (pH) antara 5,5-7,0.

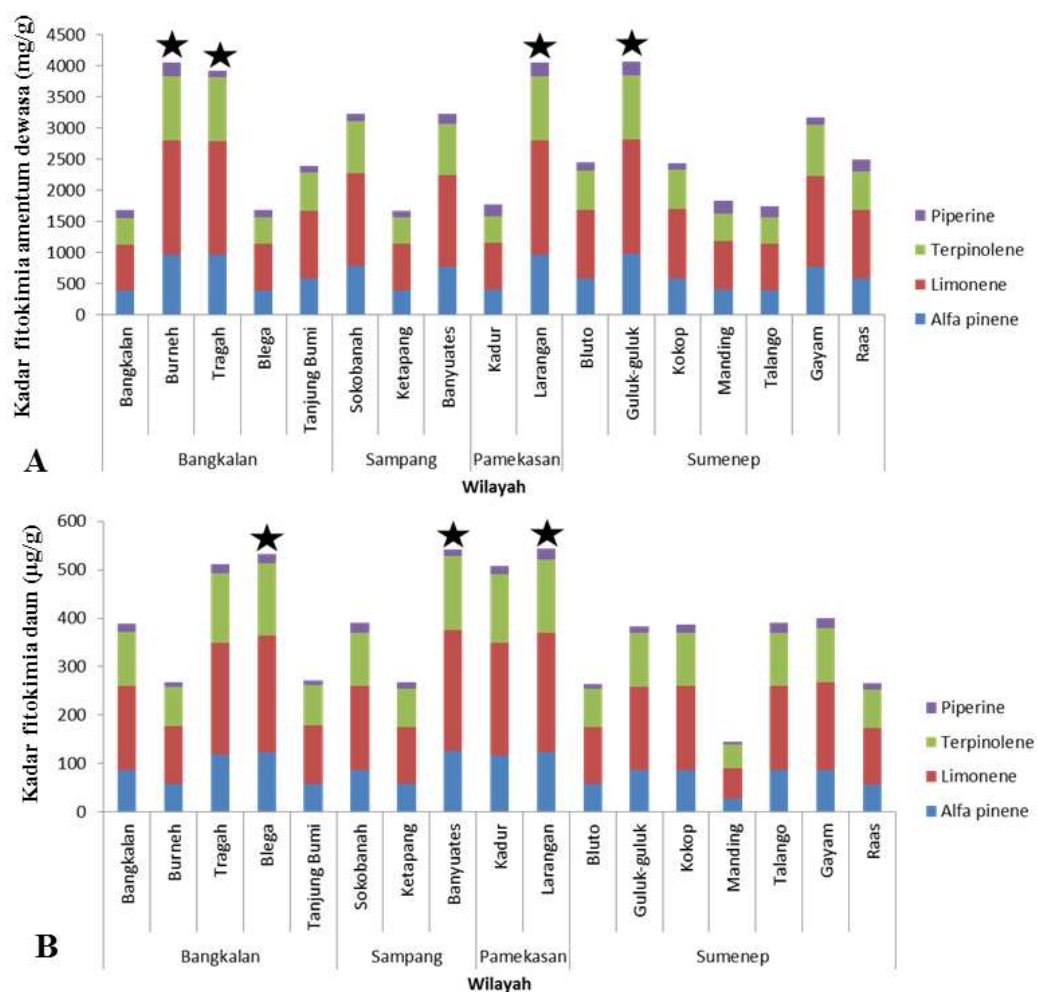
Cabe Jawa di Pulau Madura yang diamati dalam penelitian ini berkembang pada kondisi tanah dengan pH sekitar 5-8. Tingkat keasaman (pH) tanah menunjukkan keseimbangan antara konsentrasi H^+ dan OH^- dalam larutan tanah, pH tanah sangat menentukan pertumbuhan dan produksi daun. Tingkat keasaman (pH) tanah yang optimal bagi pertumbuhan kebanyakan tanaman adalah antara 5.6 – 6 (Raharjeng, 2015).

4.2 Kadar Piperin dan Minyak Atsiri Cabe Jawa dan Korelasinya dengan Faktor Abiotik

4.2.1 Kadar fitokimia daun dan amentum dewasa cabe Jawa

Hasil analisis fitokimia menunjukkan adanya perbedaan kadar piperin dan minyak atsiri di masing-masing daerah sentra penghasil cabe Jawa di Pulau Madura (Lampiran 6, LG3, dan LG4). Dalam analisis ini juga diketahui bahwa bagian daun cabe Jawa memiliki kandungan fitokimia piperine dan minyak atsiri (Terpinolene, limonene, dan alfa pinene) yang sama dengan amentum dewasa. Adanya kandungan fitokimia daun yang sama dengan amentum dewasa menunjukkan bahwa daun juga berpotensi digunakan sebagai bahan/materi obat herbal.

Berdasarkan hasil analisis HPLC dan GC diketahui bahwa kadar piperine dan minyak atsiri pada bagian amentum dewasa sepuluh kali lipat lebih tinggi daripada bagian daun. Kadar fitokimia tertinggi pada amentum dewasa terdapat pada daerah Burneh, Tragah, Larangan, dan Guluk-guluk dengan kadar fitokimia total lebih dari 3.500 mg/g (Gambar 13 A). Sedangkan kadar fitokimia tertinggi pada daun terdapat pada daerah Blega, Banyuates, dan Larangan dengan kadar fitokimia total lebih dari 530 μ /g (Gambar 13 B).



Gambar 13. Perbedaan kadar fitokimia pada masing-masing daerah sentra penghasil. A. Kadar fitokimia amentum dewasa, B. Kadar fitokimia daun, ★Kadar fitokimia tertinggi.

Perbedaan kadar fitokimia pada bagian daun dan amentum dewasa cabe Jawa dikarenakan adanya lokasi biosintesis, tempat penimbunan hasil biosintesis, dan distribusi fitokimia yang berbeda-beda pada organ tanaman. Buah *P. nigrum* memiliki konsentrasi piperine paling tinggi, diikuti batang, akar, dan kemudian daun (Broadhurst, 2002). Kandungan piperin daun kering, daun segar, batang kering, dan buah-buahan kering pada *P. guineense* dilaporkan masing-masing adalah $0,0054 \pm 0,00009\%$ b/b, $0,0437 \pm 0,000816\%$ b/b, $0,115 \pm 0,00228\%$ b/b, dan $3,345 \pm 0,0339\%$ b/b (Adosraku dkk., 2013). Piperine ($C_{17}H_{19}NO_3$) disintesis oleh adanya ikatan piperoil klorida pada piperidin ($(CH_2)_5NH$) (Vasavirama & Mahesh, 2014). Sedangkan minyak atsiri umumnya disintesis di struktur sekresi khusus utamanya trikoma kelenjar, saluran resin, rongga sekretori, dan idioblas (Rupa, 2015).

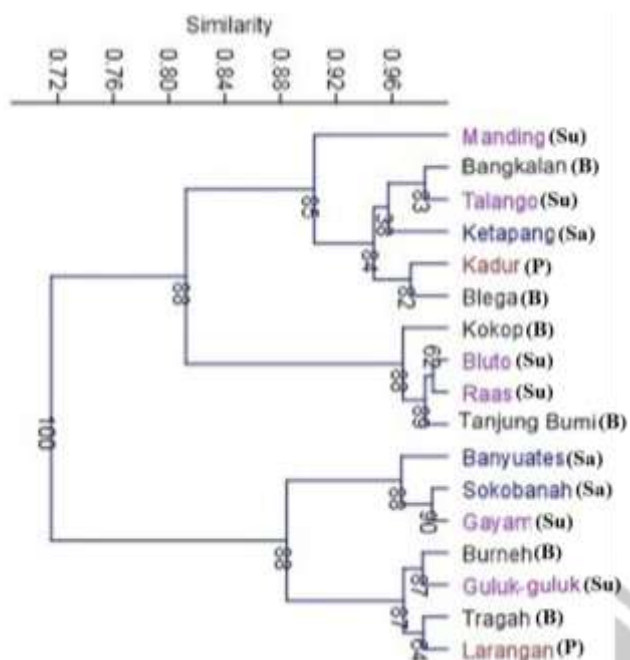
Menurut Pessarakli (1999) berbagai macam cekaman lingkungan menyebabkan akumulasi metabolit tertentu, semakin tercekam lingkungan tumbuh suatu tanaman maka

semakin tinggi metabolit sekunder yang dihasilkan sebagai bentuk upaya pertahanan tanaman tersebut, demikian juga sebaliknya. Rendahnya curah hujan yang diukur dalam penelitian ini (15 -1600 mm/tahun) juga memungkinkan menimbulkan kekeringan yang menyebabkan cekaman tertentu pada tanaman. Joern (2005) menyatakan bahwa cekaman oleh kemarau atau kekeringan mengakibatkan perubahan pada karbon dan nutrisi, yang mengganggu fungsi transportasi tanaman, dan menyebabkan konsentrasi metabolit sekunder bervariasi karena konsentrasi air sebagai pelarut yang bervariasi dalam daun. Selain hal-hal tersebut, genotipe (kultivar atau varietas) adalah penentu utama komposisi metabolit sekunder tanaman (Salim dkk. 2016). Tanaman yang tumbuh pada lingkungan alami dapat menghadapi berbagai macam cekaman, seperti cekaman terhadap air, cekaman terhadap suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah selama masa pertumbuhan atau perkembangannya. Tanaman tidak dapat berpindah untuk menghindari cekaman tersebut, oleh karena itu tanaman harus memiliki mekanisme untuk beradaptasi terhadap cekaman tersebut untuk mampu bertahan terhadap setiap perubahan lingkungan (Salim dkk. 2016).

4.2.2 Diversitas tanaman cabe Jawa di masing-masing daerah berdasarkan kadar piperine dan minyak atsiri

Hasil analisis dendrogram berdasarkan karakter fitokimia menunjukkan bahwa populasi cabe Jawa di seluruh daerah sentra pengasil cabe Jawa mengelompok menjadi dua *Cluster* (Gambar 14). *Cluster* I terdiri dari Cabe Jawa dari Manding, Bangkalan, Talango, Ketapang, Kadur, Blega, Kokop, Bluto, Raas, dan Tanjung Bumi dengan indeks similiaritas 88%. *Cluster* II terdiri dari Banyuates, Sokobanah, Gayam, Burneh, Guluk-guluk, Tragah, dan Larangan dengan indeks similiaritas 88%. Cabe Jawa pada *cluster* I cenderung memiliki karakter total fitokimia amentum dewasa lebih rendah (< 2500 mg/g), sedangkan pada *cluster* II memiliki karakter total fitokimia amentum dewasa lebih tinggi (>2500 mg/g) (Gambar 13).

Adanya dua *cluster* cabe Jawa berdasarkan kadar piperine dan minyak atsiri secara *ex vitro* menunjukkan bahwa kadar fitokimia di berbagai daerah dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Salim dkk. (2016) menyatakan bahwa metabolit sekunder merupakan senyawa yang dihasilkan atau disintesis pada sel dan grup taksonomi tertentu pada tingkat pertumbuhan atau stress tertentu. Komposisi metabolit sekunder tanaman berbeda di antara tanaman dan di dalam jaringan tanaman yang dapat ditentukan oleh genotipe tanaman yang berbeda pula.



Gambar 14. Analisis dendrogram cabe Jawa di berbagai daerah sentra penghasil di Pulau Madura berdasarkan kadar piperine dan minyak atsiri, (B) Kabupaten Bangkalan, (Sa) Kabupaten Sampang, (P) Kabupaten Pamekasan, (Su) Kabupaten Sumenep.

4.2.3 Diversitas tanaman cabe Jawa di masing-masing daerah berdasarkan kadar piperine dan minyak atsiri dan korelasinya dengan faktor abiotik.

Populasi cabe Jawa di Pulau Madura memiliki perbedaan karakter fitokimia dan faktor abiotik yang mengelompok dalam dua *cloud* (Gambar 15). Cabe Jawa dari daerah Manding, Raas, Bluto, Tanjung Bumi, Ketapang, Talango, Kadur, Kokop, Bangkalan, dan Blega memiliki kadar fitokimia yang cenderung rendah, dengan pH tanah dan curah hujan di daerah-daerah tersebut cenderung tinggi. Cabe Jawa daerah Banyuates, Sokobanah, Gayam, Burneh, Guluk-guluk, Tragah, dan Larangan memiliki kadar piperine, terpinolene, limonene, dan alfa pinene pada amentum dewasa dan daun yang cenderung tinggi, dengan suhu, ketinggian, dan kelembaban udara yang juga cenderung tinggi.

Nurcholis (2008) menyatakan bahwa kondisi lingkungan yang berbeda berpengaruh terhadap perbedaan produksi fitokimia tanaman. Akan tetapi berdasarkan analisis korelasi (Lampiran 7, LT10, LT 11) dalam penelitian tidak menunjukkan adanya pengaruh signifikan faktor abiotik terhadap karakter fitokimia dengan nilai sig. > 0,05 pada semua faktor yang diukur. Hal tersebut dapat dikarenakan kondisi lingkungan yang berbeda-beda pada daerah yang diukur juga berhubungan dengan kemampuan jaringan tanaman dalam mensintesis metabolit sekunder yang berbeda-beda, sehingga senyawa metabolit sekunder

4.2.4 Hubungan kadar fitokimia tertinggi dan karakter morfologi di daerah sentra penghasil cabe Jawa

36

Tabel 7. Hubungan kadar fitokimia tertinggi dan karakter morfologi Tanaman cabe Jawa pada daerah sentra penghasil cabe Jawa

Kadar fitokimia tertinggi pada-	Daerah	Karakter morfologi					
		Daun (mm)			Amentum dewasa (mm)		
		P	L	IU	P	D	IU
Daun	Larangan	S	S	S	S	R	R
	Banyuates	T	T	T	T	R	S
	Blega	S	R	R	S	R	R
Amentum dewasa	Guluk-guluk	S	R	R	S	R	S
	Larangan	S	S	S	S	R	R
	Burneh	R	S	R	R	S	R
	Tragah	S	R	R	S	S	S

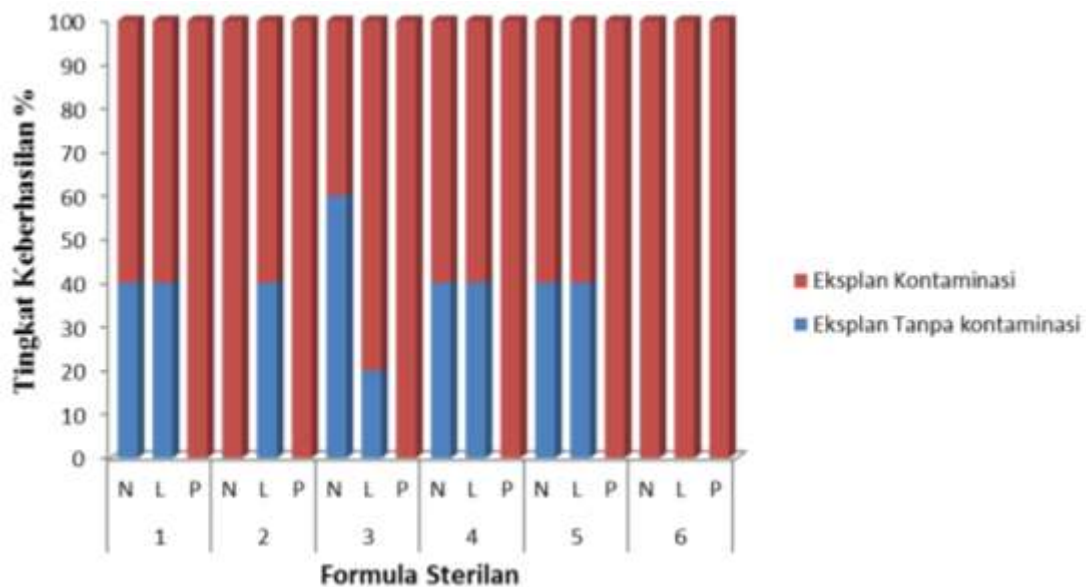
Keterangan: P (Panjang), L (Lebar), IU (indeks ukuran), D (Diameter), T (Tinggi), S (Sedang), R (Rendah).

4.3 Induksi Tunas Cabe Jawa secara *in vitro*

4.3.1 Sterilisasi eksplan

Beberapa metode sterilisasi yang diujikan pada berbagai jenis eksplan, yaitu lamina, petiole, dan nodus masih menunjukkan tingkat kontaminasi yang tinggi (> 60%) (Gambar 16). Satu minggu setelah kultur eksplan nodus dan lamina yang disterilasi pemberian pemutih komersial 5% selama 15 menit mengalami kontaminasi 60%, eksplan petiole mengalami kontaminasi 100%. Pada pemberian pemutih komersial 10% selama 6 menit eksplan lamina mengalami kontaminasi 60% sedangkan eksplan nodus dan petiole mengalami kontaminasi 100%. Eksplan nodus menunjukkan kontaminasi 40%, lamina 80%, dan petiole 100% pada pemberian pemutih komersial 10 % selama 10 menit.

Eksplan nodus dan lamina mengalami kontaminasi 60%, petiole 100% pada perlakuan sterilisasi pemutih komersial 15% selama 3 menit. Sementara sterilisasi dengan konsentrasi pemutih komersial yg sama selama 5 menit menunjukkan respon kontaminasi yang sama. Semua jenis eksplan mengalami kontaminasi 100% pada perlakuan sterilisasi pemberian pemutih komersial 15% selama 6 menit. Semakin tingginya konsentrasi pemutih komersial (mengandung natrium hipoklorit 5,25%) dan penambahan durasi sterilisasi menyebabkan semakin tinggi pula tingkat kontaminasi eksplan. Hal tersebut menunjukkan bahwa formula sterilan yang diuji cobakan untuk menghilangkan sumber kontaminan yang berupa bakteri, dan jamur pada eksplan yang berasal dari tanaman cabe jawa *ex vitro* belum efektif.



Gambar 16. Tingkat sterilitas pada berbagai jenis eksplan. Keterangan: Formula sterilan 1-6 (Tabel 2). Jenis eksplan meliputi, N (Nodus), L(Lamina), P (Petiol)

Pada medium MS kontrol (tanpa ZPT) semua eksplan mengalami kontaminasi, pada medium MS + NAA 0,05 ppm eksplan nodus mengalami kontaminasi, sementara eksplan lamina dan petiole mengalami *browning*. Pada medium MS + BAP 1 + NAA 0,05 ppm eksplan nodus menunjukkan respon tunas yang mengalami kontaminasi setelah 9 bulan kultur (Tabel 8), eksplan lamina mengalami *browning*, dan petiole mengalami kontaminasi. Pada medium MS + BAP 1 semua eksplan mengalami kontaminasi, semua eksplan pada medium MS + BAP 1, 1,5 + NAA 0,1, 0,05 ppm mengalami *browning* dan kontaminasi (Lampiran 9, LT14, dan LG5). Terjadinya *browning* pada eksplan dalam penelitian ini dapat disebabkan adanya kandungan fenol yang tinggi pada eksplan cabe jawa, sebagaimana yang dijelaskan George dkk., (2008) bahwa beberapa macam tanaman khususnya tanaman tropika mempunyai kandungan senyawa fenol tinggi yang teroksidasi ketika sel dilukai atau terjadi senesens, akibatnya jaringan yang diisolasi menjadi coklat atau kehitaman dan gagal tumbuh. Pencoklatan jaringan terjadi karena aktivitas enzim oksidase yang mengandung tembaga seperti polifenol oksidase dan tirosinase. Menurut penelitian Mulia dkk. (2016) tanaman cabe Jawa asal Pamekasan memiliki total fenolik sebesar 24.559 mg GAE/g. Artinya didalam setiap gram ekstrak cabe jawa setara dengan 24.559 mg asam galat. Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya kemungkinan eksplan cabe Jawa dalam penelitian ini juga mengandung fenol. Untuk menghitung total kadar fenol pada tanaman cabe Jawa di Pulau Madura perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Sterilisasi merupakan bagian penting yang menentukan keberhasilan kultur. Tahapan ini merupakan upaya untuk menghilangkan berbagai jenis kontaminan. Bahan sterilisasi yang dapat digunakan untuk sterilisasi tanaman sudah banyak tersedia, salah satunya adalah larutan hipoklorit (Natrium, sodium, ataupun kalsium) telah terbukti efektif pada kebanyakan bahan tanaman. Collin & Edwards (1998) menyatakan bahwa sodium hipklorit 5 – 20% selama 5 – 10 menit dapat digunakan untuk menghlangkan kontaminasi pada permukaan eksplan. Selain itu, perlakuan Na-hipoklorit 0,3 – 0,6% selama 15-30 menit terbukti efektif untuk sterilisasi sebagian besar bahan tanaman (Bhojwani & Razdan, 1983 dalam Zulkarnain, 2014). Akan tetapi, formula sterilan menggunakan pemutih komersial dengan kandungan natrium hipoklorit 5,25% yang diuji cobakan dalam penelitian ini juga belum efektif untuk menghilangkan sumber kontaminan pada eksplan yang berasal dari tanaman cabe jawa *ex vitro*. Pada dasarnya beberapa sumber kontaminasi mikroorganisme pada kultur jaringan meliputi; 1) Medium sebagai akibat proses sterilisasi yang tidak sempurna, 2) Sumber eksplan dapat membawa kontaminan secara internal di dalam jaringan atau secara eksternal kontaminan berada di permukaan eksplan, 3) Dari serangga atau hewan kecil yang berhasil masuk ke dalam botol kultur setelah diletakkan di dalam ruang kultur ataupun ruang stok (Zulkarnain, 2014). Dalam penelitian ini tidak ditemukan adanya kontaminasi pada medium ataupun kemungkinan masuknya kontaminan dari serangga atau hewan kecil, akan tetapi hampir keseluruhan kontaminasi berasal dari sumber eksplan baik secara eksternal ataupun secara internal.

Faktor lain yang mempengaruhi keberhasilan sterilisasi eksplan adalah ukuran eksplan yang digunakan. George dkk., (2008) menyatakan bahwa semakin kecil ukuran eksplan, akan semakin kecil pula kemungkinan terjadinya kontaminasi. Sebaliknya, semakin besar ukuran eksplan, akan semakin besar pula kemungkinan untuk terjadinya kontaminasi mikroorganisme. Dalam penelitian ini eksplan dari tunas kedua yang masih muda dengan ukuran 0,5 cm digunakan sebagai eksplan kultur belum mampu menghilangkan pengaruh kontaminan (kontaminasi masih > 60%).

4.3.2 Respon induksi tunas in vitro

Berdasarkan seluruh rancangan percobaan yang telah dilakukan, hanya eksplan nodus yang menunjukkan respon muncul tunas tanpa kontaminan pada satu perlakuan A₄N (eksplan nodus dengan media tanam BAP 1 + NAA 0,05 ppm) (Lampiran 8). Eksplan nodus cabe Jawa yang menunjukkan respon induksi tunas hanya yang berasal dari daerah Blega yang merupakan salah satu daerah dengan kadar fitokimia tertinggi pada bagian

daunnya. Pada 3 bulan setelah kultur tunas berwarna hijau tampak tumbuh pada dua dari tiga eksplan nodus yang dikultur. Pada empat bulan setelah kultur salah satu tunas telah berkembang menjadi daun berwarna hijau sedangkan tunas lainnya pertumbuhannya lebih lambat. Lima bulan setelah kultur tampak satu tunas baru pada salah satu eksplan nodus sehingga terdapat tiga tunas berwarna hijau. Enam bulan setelah kultur tiga daun semakin membesar. Akan tetapi, sembilan bulan setelah kultur muncul kontaminasi bakteri pada jaringan bagian pangkal tangkai daun (Tabel 8). Dalam penelitian ini ditambahkan zat pengatur tumbuh NAA dan BAP dengan variasi konsentrasi 0, 0,05, 0,1 ppm dan BAP 0, 1, 1,5 ppm (Lampiran 8, LT13). Akan tetapi karena munculnya kontaminasi sehingga pengaruh dari masing-masing zat pengatur tumbuh (ZPT) belum dapat terlihat pada respon yang ditunjukkan eksplan cabe Jawa.

Tabel 8. Respon pertumbuhan tunas cabe Jawa dari eksplan nodus

Media dan sterilan	Bulan ke-	Gambar	Keterangan
BAP 1 + NAA 0,05 ppm (Alkohol 95% 1 menit, baycelan 10% 10 menit, aquades @5menit).	3		Muncul dua tunas berwarna hijau
	4		Muncul daun pada kedua tunas
	5		Muncul tiga tunas, dua tunas muncul dari eksplan ke-1, satu tunas dari eksplan ke-2. Daun pada tunas ke-1 semakin besar.
	6		Muncul tiga daun yang semakin besar. Dua daun dari tunas ke-1, dan satu daun dari tunas ke-2.
	9		Muncul kontaminasi bakteri pada bagian jaringan bagian pangkal tangkai daun.

Menurut Zulkarnain (2014) keberhasilan teknik kultur jaringan untuk memperbanyak tanaman sangat tergantung pada variabel utama yang meliputi, seleksi bahan tanaman, teknik sterilisasi eksplan, komposisi medium dasar, keterlibatan zat pengatur tumbuh terutama auksin dan sitokinin, serta faktor-faktor lingkungan dimana kultur ditempatkan. Seleksi bahan tanaman sebaiknya dipilih dari eksplan jaringan muda dengan titik tumbuh mempunyai peluang membentuk tanaman lengkap lebih besar dibandingkan dari jaringan tua, karena jaringan muda bersifat meristematis dan aktif membelah, pada lingkungan tumbuh yang cocok akan terjadi proliferasi dan organogenesis (BB Biogen, 2012). Dalam penelitian ini digunakan eksplan dari tunas kedua yang masih muda dan medium MS sebagai medium dasar, hal tersebut telah memenuhi syarat sebagai variabel seleksi bahan dan komposisi medium yang tepat. Akan tetapi terkait variabel sterilisasi eksplan dan keterlibatan zat pengatur tumbuh perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menghasilkan respon induksi tunas in vitro yang lebih baik.

Zat pengatur tumbuh merupakan produk yang dihasilkan oleh tanaman, di dalam sel/jaringan disebut dengan zat pengatur tumbuh (ZPT) endogen. ZPT sintetis seperti *Benzyl Adenin*, *thidiazuron*, IBA dll, disintesis untuk memacu pertumbuhan tanaman baik pada tanaman budidaya maupun tanaman yang diinduksi dalam kultur in vitro. Di dalam kultur in vitro untuk memacu proliferasi sel atau kumpulan sel agar terjadi dediferensiasi dan organogenesis ZPT ditambahkan dalam konsentrasi sangat rendah. Tidak semua sel di dalam jaringan tanaman memberikan respon terhadap ZPT yang diberikan, suatu sel hanya memberikan respon pada stadia tertentu dalam siklus pertumbuhan tanaman. Dengan demikian selain genotipe tanaman, kondisi fisiologi eksplan seperti kemampuan meristematis, juga stadia pertumbuhan dari sel atau jaringan juga sangat menentukan keberhasilan regenerasi tunas. Hal ini terkait dengan metabolisme sel, ketersediaan ZPT endogen serta aktifitas gen-gen yang mengendalikan proses pertumbuhan dan perkembangan (BB Biogen, 2012).

Munculnya respon tunas pada eksplan nodus dengan media tanam BAP 1 + NAA 0,05 ppm dalam penelitian ini sesuai dengan penelitian Silva dkk. (2012) pada *Piper aduncum* dengan eksplan nodus menggunakan medium MS serta penambahan ZPT BAP 1 + NAA 0,05 ppm menunjukkan respon tinggi tunas dan jumlah tunas yang baik berturut-turut 4,8% dan rata-rata 0,5 cm. Hal ini sesuai dengan pernyataan Seyyedyousefi dkk. (2013) bahwa penambahan *benzyladenin* (BAP) yang merupakan sitokinin ke dalam medium kultur jaringan tumbuhan penting untuk menginduksi perkembangan dan pertumbuhan eksplan, senyawa tersebut dapat meningkatkan pembelahan sel, proliferasi

pucuk, dan morphogenesis pucuk. *Naphthalenacetic acid* (NAA) yang ditambahkan pada medium dalam penelitian ini merupakan hormon auksin yang berperan untuk pemanjangan sel, pembelahan sel, dan pembentukan akar adventif. Konsentrasi auksin (NAA) yang rendah akan meningkatkan pembentukan akar adventif, sedangkan auksin konsentrasi tinggi akan merangsang pembentukan kalus dan menekan morfogenesis (Zulkarnain, 2014). Tipe morfogenesis pada kultur in vitro tergantung pada rasio serta kondisi auksin dan sitokinin. Hossain dkk., (2016) menyatakan bahwa rasio antara auksin dan sitokinin yang tinggi akan menginisiasi akar, embriogenesis, dan induksi pembentukan kalus, sedangkan rasio yang rendah menginduksi proliferasi pucuk adventif dan pucuk aksilar.

Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian (Hussain dkk., 2011; Silva dkk., 2012) pada spesies *Piper nigrum* L menggunakan eksplan nodus dengan medium MS serta penambahan zat pengatur tumbuh BAP dan IBA pada konsentrasi 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, dan 3 mg/l menunjukkan panjang tunas paling baik justru diperoleh pada konsentrasi BAP 0,5 mg/l dan respon regenerasi akar paling tinggi pada konsentrasi IBA 1,5 mg/l. Perbedaan respon tersebut muncul karena pada dasarnya secara genotip setiap eksplan dari masing-masing spesies tanaman dapat memberikan respon berbeda pada kombinasi ZPT yang berbeda. Respon yang dihasilkan tersebut merupakan interaksi antara hormon tanaman dengan faktor lain, baik faktor internal ataupun eksternal (Zulkarnain, 2014).

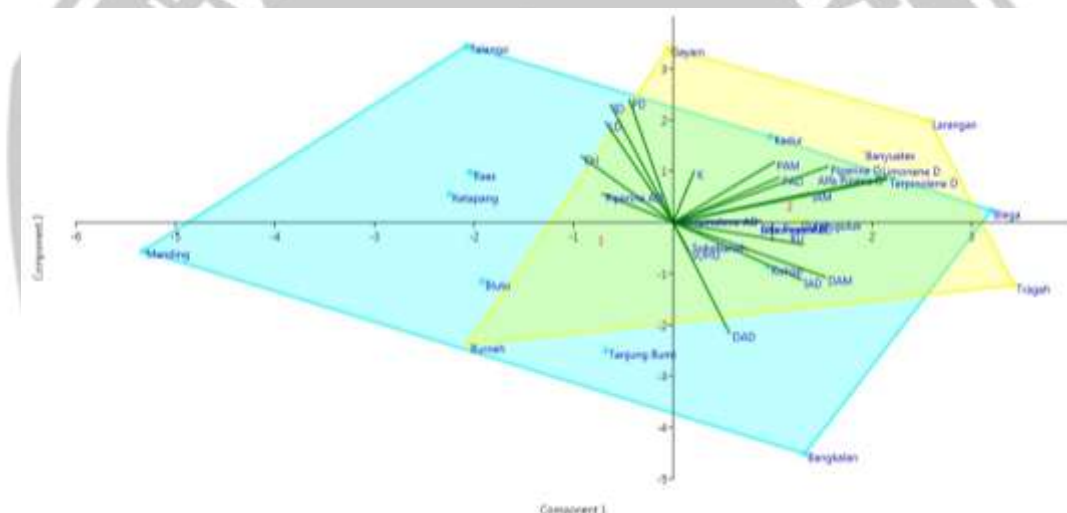
Munculnya kontaminasi setelah 9 bulan kultur menunjukkan bahwa sumber eksplan masih mengandung mikroba endofit yang belum dapat dihilangkan melalui metode sterilisasi yang diujikan. Mikroba endofit merupakan bakteri yang terdapat di dalam jaringan tanaman (Wulandari dkk., 2012). Karena induksi tunas in vitro belum berhasil maka analisis senyawa sekunder tanaman cabe jawa in vitro belum dapat dilakukan.

4.4 Korelasi antara Diversitas Morfologi, Kadar *Piperin* dan Minyak Atsiri, serta Faktor Abiotik Tanaman Cabe Jawa

Populasi cabe Jawa di Pulau Madura memiliki perbedaan karakter morfologi, fitokimia, ataupun faktor abiotik pada masing-masing sentra penghasil cabe Jawa yang mengelompok dalam dua *cloud* (Gambar 17). Cabe Jawa dari daerah Gayam, Larangan, Tragah, Burneh mengelompok dalam *cloud* 2 memiliki karakter morfologi meliputi panjang daun, lebar daun, indeks ukuran daun, panjang amentum muda, diameter amentum muda, indeks ukuran amentum muda, dan amentum dewasa yang cenderung tinggi. Kadar limonene, terpinolene, alfa pinene, dan piperine bagian daun serta amentum dewasa cabe

Jawa di daerah tersebut juga cenderung tinggi. Karakter abiotik yang meliputi ketinggian, suhu, kelembaban udara, dan curah hujan di daerah tersebut juga cenderung tinggi. Berdasarkan hasil analisis tersebut tampak bahwa tingginya nilai faktor abiotik dapat berpengaruh terhadap tingginya nilai karakter morfologi dan kadar fitokimia cabe Jawa.

Cabe Jawa dari daerah Bangkalan, Ketapang, Kadur, Blega, Tanjung Bumi, Kokop, Bluto, Raas, Talango, dan Manding memiliki karakter yang cenderung lebih rendah dari kelompok cabe Jawa dari daerah di *cloud 2*. Berdasarkan analisis korelasi dalam penelitian tidak menunjukkan adanya pengaruh signifikan faktor abiotik terhadap karakter fitokimia dan morfologi dengan nilai sig. > 0,05 pada semua faktor (Tabel 9). Tidak adanya pengaruh yang signifikan tersebut dapat disebabkan tidak terukurnya komponen abiotik penting lainnya, yaitu unsur hara tanah yang memungkinkan berkorelasi kuat dengan perbedaan karakter morfologi dan fitokimia cabe Jawa Madura, oleh karenanya analisis tanah disarankan untuk dilakukan dalam penelitian lebih lanjut.



Gambar 17. Analisis biplot *Piper retrofractum* berdasarkan karakter morfologi, fitokimia, dan faktor abiotik.

Tabel 9. Korelasi faktor abiotik, morfologi, dan kadar fitokimia cabe Jawa

Faktor Abiotik	Sig. t karakter morfologi									Sig. t kadar fitokimia								Sig.
	Daun (mm)			Amentum muda (mm)			Amentum dewasa (mm)			Daun				Amentum dewasa				
	P	L	IU	P	D	IU	P	D	IU	AP	Ter	lim	Pip	AP	Ter	lim	Pip	
Suhu	0,5	0,7	0,8	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,7	0,7	0,3	0,3	0,9	0,3	0,4	>0,05
Ketinggian	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	0,2	0,2	0,9	0,9	0,2	0,8	0,7	>0,05
Kelembaban udara	0,4	0,4	0,4	0,6	0,2	0,9	0,9	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	0,6	0,8	>0,05
Curah hujan	0,6	0,7	0,6	0,7	0,8	0,6	0,9	0,6	0,5	0,5	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,5	0,8	>0,05
PH tanah	0,9	0,9	0,9	0,6	0,5	0,8	0,2	0,9	0,9	0,5	0,3	0,3	0,5	0,7	0,1	0,7	0,9	>0,05

Keterangan: P (Panjang), L (Lebar), D (Diameter), IU (Indeks ukuran), AP (Alfa pinene), Ter (Terpinolene), Lim (Limonene), Pip (Piperine).

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Diversitas morfologi tanaman cabe Jawa di 17 daerah sentra penghasil di Pulau Madura mengelompok menjadi dua *cluster* berdasarkan karakter morfologi daun. *Cluster* 1 terdiri dari cabe Jawa dari daerah Banyuates, Kadur, Raas, Ketapang, Talango, dan Gayam. Sedangkan *cluster* 2 terdiri dari cabe Jawa dari daerah Burneh, Bangkalan, Tanjung Bumi, Tragah, Bluto, Sokobanah, Kokop, Guluk-guluk, larangan, Manding, dan Blega. Karakter morfologi daun (Panjang daun, lebar daun, dan indeks ukuran daun) pada cabe Jawa di *cluster* 1 lebih tinggi dari pada *cluster* 2. Kedua *cluster* tersebut tidak berkorelasi signifikan dengan faktor abiotik.

Tanaman cabe Jawa di 17 daerah sentra penghasil di Pulau Madura menghasilkan kadar piperin dan minyak atsiri bervariasi yang mengelompok menjadi dua *cluster* berdasarkan organ penghasil metabolit sekundernya. *Cluster* 1 terdiri dari cabe Jawa dari daerah Manding, Bangkalan, Talango, Ketapang, Kadur, Blega, Kokop, Bluto, Raas, dan Tanjung Bumi. Sedangkan *cluster* 2 terdiri dari cabe Jawa dari daerah Banyuates, Sokobanah, Gayam, Burneh, Guluk-guluk, Tragah, dan larangan. Kadar metabolit sekunder pada amentum dewasa sepuluh kali lipat lebih banyak dari pada daun. Karakter morfologi, kadar piperin, dan minyak atsiri cabe Jawa yang dihasilkan tidak memiliki korelasi yang signifikan dengan faktor abiotik.

Tingkat keberhasilan sterilisasi eksplan yang berasal tanaman cabe Jawa *ex vitro* masih sangat rendah. Eksplan nodus adalah satu-satunya jenis eksplan yang mampu menginduksi tunas dan daun pada medium MS + BAP 1 + NAA 0,05 ppm walaupun regenerasi tunas yang dihasilkan tidak dapat bertahan tumbuh. Hal ini diduga disebabkan sumber kontaminan endogen yang terdapat pada jaringan eksplan.

5.2. Saran

Perlu dilakukan analisis kandungan hara tanah untuk melihat korelasi antara faktor abiotik, karakter morfologi, dan kadar fitokimia. Penyediaan eksplan steril (*in vitro*) perlu dilakukan sebelum propagasi induksi tunas dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adosraku, R.K. James O.K., & Isaac Y.A. 2013. Characterization and HPLC Quantification of Piperine Isolated from *Piper guineense* (Fam. *Piperaceae*). *Int J Pharm Pharm Sci*, 5(1):252-256.
- Andrade, H.E., Claudio N. A., Elsie F. G., Maria L. M. C., & Guilherme J. S. M. 2011. Variability in essential oil composition of *Piper dilatatum* L.C. Rich. *Biochemical Systematics and Ecology*, 39(4):669–675.
- Andres, M.F., Rossa G.E., Cassel E., Vargas R.M.F., Santana C.E., Díaz A., & Coloma G. 2017. Biocidal effects of *Piper hispidinervum* (*Piperaceae*) essential oil and synergism among its main components. *Food and Chemical Toxicology* 109(2):1086-1092.
- Ariawan, I.M.A.A., Kencana, I.P.E.N., & Suciptawari N.L.P. 2013. Komparasi Analisis Gerombol (*Cluster*) Dan Biplot Dalam Pengelompokan. *E-Jurnal Matematika*., 2(4):34-40.
- Astuti, I.P., Munawaroh E., Rahayu E.M.D., Aprilianti P, & Sumanto. 2011. Heteroblastic Development in Six Species of Wild Piper: *Piper baccatum* Blume, *Piper firmum* Blume, *Piper majusculum*, *Piper miniatum* Blume, *Piper crocatum* Ruiz & Pav. and *Piper retrofractum* Vahl. *Berita Biologi*. 10(5):57-59.
- Autran, E.S., I.A. Neves, C.S.B. Silva D., G.K.N. Santos, Câmara C.A.G., & Navarro D.M.A.F. 2009. Chemical composition, oviposition deterrent and larvicidal activities against *Aedes aegypti* of essential oils from *Piper marginatum* Jacq. (*Piperaceae*). *Bioresource Technology*.100(7):2284–2288.
- Branquinho, Lidiane S., Joyce A.S., Claudia A., Lima C., Jonas da S.M., Ubirajara L. J., Cândida A.L.K., & Arielle C.A. 2017. Anti-inflammatory and toxicological evaluation of essential oil from *Piper glabratum* leaves. *Journal of Ethnopharmacology*:372–378.
- Banerji, Avijit, Manjusha S., Ratna D., Piyali S., & Koshy A. 2002. Amides from *Piper brachystachyum* and *Piper retrofractum*. *Phytochemistry*. 198:897–901.
- Barros, F. J., Raíra J.O.C., Francisco R.A., Santana C., Lindaiane B.R., José G.M. da C., Henrique D.M.C., Hericka B.F.G., Irwin R., & Alencar de M. 2016. Activity of essential oils of *Piper aduncum* and *Cinnamomum zeylanicum* by evaluating osmotic and morphologic fragility of erythrocytes. *European Journal of Integrative Medicine*. 8(4):505–512.
- BB Biogen. 2012. Regenerasi Tanaman secara In Vitro dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi. Berita Institusi. <http://biogen.litbang.pertanian.go.id>.
- Brait, D.R.H., Marcia S.M.V., Jucicleia da S. A., Luciana N.B. de C., Flavio H.S.de A., Juliana M.V., Jonas da S.M., Claudia A.L.C., Rodrigo J.O., Fabio J.N., Candida A.L.K., & Arielle C.A. 2015. Toxicological analysis and anti-inflammatory effects of essential oil from *Piper vicosanum* leaves *Regulatory Toxicology and Pharmacology*.

73(3):689-1018.

- Bosquioli, Lauriane S.S., Daniel P. D., Yasmin S. R., Marillin C.C., Maria C.S. Marques, Maria de F.C., Mônica C.T.K., Carlos A.C, & Carla C.P.A. 2015. In vitro anti-Leishmania infantum activity of essential oil from *Piper angustifolium*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*.25(2):124–128.
- BPOM RI. (2012). **Info Pengawasan Obat dan Makanan**, 13 (02) BADANPOMRI: Jakarta.
- Burns, KC & JW Dawson. 2006. A morphological comparison of leaf heteroblasty between New Caledonia and New Zealand. *New Zealand Journal of Botany*. 44:387–396.
- Burns, KC. 2005. Plastic heteroblasty in Beach Groundsel (*Senecio laulus*). *New Zealand Journal of Botany*. 43:665 – 672.
- Collin, H.A., Edwards, S. 1998. **Plant Cell Culture**. BIOS Scientific Publisher. United Kingdom.
- Dyer, L.A., Richards J., & Dodson C.D. 2004. Isolation, Synthesis, and Evolutionary Ecology of Piper amides. in *Piper: A model Genus for Studies of Evolution, Chemical Ecology, and Trophic Interactions*. hal. 117-139 Edited by L.A Dyer & A.N. Palmer. Kluwer Academic Publisher, Boston.
- Evizal, R. 2013. Status Fitofarmaka dan Perkembangan Agroteknologi Cabe Jawa (*Piper retrofractum* Vahl.). *Jurnal Agrotropika*. 18(1):34-40.
- Gasparetto, A., Alexandre B.C., Theodoro M.W., Tiago J.B., Rogerio C., & Angela M. 2017. Seasonal variation in the chemical composition, antimicrobial and mutagenic potential of essential oils from *Piper cernuum*. *Industrial Crops and Products*. 95:256–263.
- George, E., Hall M. A., & Klerk G. D. 2008. **Plant Propagation by Tissue Culture 3rd Edition**. Netherland: Springer.
- Girola, N., Carlos R. Figueiredo, Camyla F. Farias, Ricardo A. Azevedo, Adilson K. Ferreira, Sarah F. Teixeira, Tabata M. Capello, Euder G.A. Martins, Alisson L. Matsuo, Luiz R. Travassos, Joao H.G. Lago. 2015. Camphene isolated from essential oil of *Piper cernuum* (*Piperaceaea*) induces intrinsic apoptosis in melanoma cells and displays antitumor activity in vivo. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 467(4):928-34.
- Guerrini, A., Gianni S., Damiano R., Guglielmo P., Mariavittoria M., Elisa A., Massimiliano T., Maria E.M., & Renato B. 2009. Bioactivities of *Piper aduncum* L. and *Piper obliquum* Ruiz & Pavon (*Piperaceaea*) essential oils from Eastern Ecuador *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 27:39–48.

Hanafiah, K.A. 2005. **Dasar-dasar Ilmu Tanah**. Raja Grafindo Persada. Jakarta.

Harborne, J. B. 2006. **Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis**

Tumbuhan Terbitan Kedua, Ganesa. Bandung.

- Haryani, Nanik S.K., Rokhis K., & Parwali. 2010. Perubahan Kerusakan Lahan Pulau Madura Menggunakan Data Penginderaan Jauh dan SIG. Peneliti Pusbangja, LAPAN. *Jurnal Penginderaan Jauli* 3(1):98-107.
- Haryudin, W., & Oti R. 2009. Karakteristik Morfologi Tanaman Cabe Jawa (*Piper retrofractum* Vahl.) di beberapa sentra Penghasil. *Buletin Littro*. 209(1):1-10.
- Hossain, A., Mehede H.R., Khondoker M. Nasiruddin, & Fatematuz Z.E. 2016. Influence of BAP and NAA on in vitro plantlet regeneration of local and exotic banana cultivars. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*. 6(2):553-564 (online). <http://www.journalbinet.com>.
- Hussain, A., Shamma N., Hummera N., & Zabta K.S. 2011. Tissue Culture of Black Pepper (*Piper Nigrum* L.) in Pakistan. *Pak. J. Bot.* 43(2):1069-1078.
- Hutapea, J. R. 1991. **Inventaris Tanaman Obat Indonesia**. Jakarta: Departemen Kesehatan RI.
- Istiqomah, 2013. *Perbandingan Metode Ekstraksi Meserasi dan Sokletasi terhadap Kadar Piperin Amentum dewasa Cabe Jawa*. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta. (online). repository.uinjkt.ac.id. diakses 20 April 2017.
- Jamal, Y., Pipit I., Ahmad F., & Andria A. 2013. Chemical Constituents And Antibacterial Effect Of Essential Oil Of Javaneese Pepper Leaves (*Piper retrofractum* Vahl.). *Media Litbangkes* 23(2):65-72.
- Januwati, Dedi S., & Effendi. 1992. Perbanyak Vegetatif Tanaman Cabe Jawa (*Piper retrofractum*) dan Teknik Penanamannya. *Warta Tumbuhan obat Indonesia*, 1(3):45-47.
- Jaramillo, M.A., & P.S. Manos. 2001. Phylogeny and patterns of floral diversity in the Genus Piper (*Piperaceaea*). *American Journal of Botany*. 88:706-716.
- Joern, A. 2005. *Environmental Factor That Affect Plant Quality*. (online). http://wwwsidney.ars.usda.gov/grasshopper/Handbook/pdfs/Pop_IV/IV5.pdf
- Joy, B., Sandhya C. P., & Ramitha K.R. 2010. Comparison and Bioevaluation of *Piper longum* Fruit Extract. *JOCPR*. 7(3):325-327.
- Judhaswati, R.D. 2016. Potensi Cabe Jamudi Beberapa Kabupaten di Madura sebagai Bahan Jamu. Badan Penelitian dan Pengembangan Provinsi Jawa Timur. *Seminar Nasional Gender & Budaya Madura: Perempuan, Budaya & Perubahan*. (online) lppm.trunojoyo.ac.id. Diakses 15 April 2017.
- Karuppusamy, S. 2009. A review on trends in production of secondary metabolites from higher plants by in vitro tissue, organ and cell cultures. *Journal of Medicinal Plants Research*. 3:1222-1239.

- Kato, J.M. & M. Furlan. 2007. Chemistry and evolution of the *Piperaceaea*. *Pure Appl. Chem.* 79:529 – 538.
- Kemala, Djauhariyah E., & Rosman R. 2005. *Status Teknologi tanaman cabe jamu (Piper retrofractum Vahl.)*. (online). balittro.litbang.pertanian.go.id. diakses 18 April 2017.
- Mariska, I., 2013. Metabolit Sekunder: Jalur pembentukan dan kegunaannya. *BB Biogen*. (online) <http://biogen.litbang.pertanian.go.id>.
- Matasyoh, J., Euty M. Wathuta, Samuel T. Kariuki, & Regina C. 2011. Chemical composition and larvicidal activity of *Piper capense* essential oil against the malaria vector, *Anopheles gambiae*. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 14(1):26–28.
- Melati, M., Sandra A.A., & Munif G. 2009. *Studi Cabe Jawa Biasa (Piper retrofractum Vahl.) dan Cabe Jawa Perdu dari Tiga Sentra Penghasil dengan Keragaman Intensitas Cahaya dan Pemupukan*. Makalah hibah bersaing. (online). <http://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream>.
- Melati, M., & Ismail S. 2012. Pertumbuhan Cabe Jawa (*Piper retroractum Vahl.*) Perdu dengan Berbagai Teknik Pemupukan. *J. Agrivigor*:195-201.
- Moeloe, N., Silvia W.L., Yurnadi, & Bambang W.V.M. 2009. *Uji Klinik Ekstrak Cabe Jawa (Piper retrofractum Vahl) sebagai Fitofarmaka Androgenik Pada Pria Hipogonad*. Departemen Biologi Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.
- Mulia, K., Akhmad E.Z.H., & Suryani. 2016. Total Phenolic, Anticancer and Antioxidant Activity of Ethanol Extract of *Piper retrofractum Vahl* from Pamekasan and Karang Asem. *Current Biochemistry*. 3(2):80-90.
- Mulyani, M.S. 2002. **Pupuk dan cara pemupukan**. Rineka Cipta. Jakarta.
- Munawaroh, E., Astuti I.P., & Sumanto. 2009. Penggalan Potensi Piper Sp Dari Suakaalam Maninjau Utara-selatan dan Batang Pangean II sebagai Tanaman Hias dan Obat. *Seminar Nasional : Peran Biosistimatika; Purwokerto*. (Online) <http://krbogor.lipi.go.id>
- Mundhra, A., & Paria N.D.. 2009. Heteroblastic expression in leaf of *Phyllanthus uranaria* Linn. *Researcher*. 1(2):14 –16.
- Mun'im, A., & Hanani E. 2011. **Fitoterapi Dasar**. Dian Rakyat. Jakarta.
- Nurazizah, L., Tri A., Ade H.M., 2006. *Uji Aktivitas Antibakteri dan Analisis Kadar Piperin Ekstrak Amentum dewasa Cabe Jawa (Piper retrofractum Vahl)*. (online). <http://perpustakaan.fmipa.unpak.ac.id>. diakses 15 Juli 2017.
- Nurcholis, W. 2008. Profil Senyawa Penciri dan Bioaktivitas Tanaman Temulawak pada Agrobiofisik berbeda. *Tesis Pascasarjana Institut Pertanian Bogor*. (online). www.core.ac.uk. Diakses 17 Maret 2017.

- Oliveira, G.L., Thallyta M.V., Vanessa F.N., Munic de O.R., Eduardo Robson Duarted, Davyson de L.M., Maria A.C.K., & Ernane R.M. 2014. Chemical composition and efficacy in the egg-hatching inhibition of essential oil of *Piper aduncum* against *Haemonchus contortus* from sheep *Revista Brasileira de Farmacognosia*.24:288-292.
- Oyemitan, Idris A., Omotola A.O., Akeeb A., Luqman A.A., Christianah A.E., Adebola O.O., & Moses A.A. 2015. Psychoneuropharmacological activities and chemical composition of essential oil of fresh fruits of *Piper guineense* (*Piperaceaea*) in mice. *Journal of Ethnopharmacology*. 166:240–249.
- Pacheco, Fernanda V., Rafaella de P.A., Ivan C.A.A., Suzan K.V.B., Amauri A.de A., José & Eduardo B.P.P. 2016. Essential oil of monkey-pepper (*Piper aduncum* L.) cultivated under different light environment. *Industrial Crops and Products*. 85:251–257.
- Paris, T., Sandra A.A., David G.H., Matthew G.H., Gabriella H., Philip & A.S. 2016. Host plant affects morphometric variation of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liv iidae). *PeerJ*:26-63. (online). <https://peerj.com/articles/2663/>. Diakses tanggal 2 November 2016.
- Pessarakli, M. 1999. **Handbook of plant and crop stress**. Marcel Dekker Inc. New York.
- Prakash, B., Ravindra S., Priyanka S., Ashok K., Prashant K.M., & Nawal K.D. 2010. Efficacy of chemically characterized *Piper betle* L. essential oil against fungal and aflatoxin contamination of some edible commodities and its antioxidant activity. *International Journal of Food Microbiology*. 142(1-2):114–11.
- Purbani, E., & Puspita, I.D. 2008. *Cabe Jawa afrodisiak alami*. (online).www.tabloidagrina.net.id. Diakses 3 April 2017.
- Qin, W., Shanchun H., Chaoxu L., Siting C., & Zhengqiang P. 2010. Biological activity of the essential oil from the leaves of *Piper sarmentosum* Roxb. (*Piperaceaea*) and its chemical constituents on *Brontispa longissima* (Gestro) (Coleoptera: Hispidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 96:132–139.
- Raharjeng, A.R.P. 2015. Pengaruh Faktor Abiotik Terhadap Hubungan Kekerabatan Tanaman *Sansevieria trifasciata* L. *Jurnal Biota* 1(1):33.
- Ravindran, Balakrishnan, & Nirmal B. 1997. Morfhometrical studies on black pepper (*Piper nigrum* L.). I. Cluster analysis of black pepper cultivars. *Journal of Spices and Aromatic Crops* 6(1):9-20.
- Rostiana, O., S.M.D., Rosita H., Muhamad, Hernani S. F., Syahid D., Surachman, & Nasrun. 2003. *Eksplorasi potensi purwoceng dan cabe Jawa serta perbaikan potensi genetik menunjang industri obat tradisional afrodisiak*. Laporan Akhir Tahun, Balitro Bogor.
- Rostiana, O., Haryudin W., B. Martono, & S. Aisyah. 2006. Karakterisasi dan evaluasi plasma nutfah cabe Jawa. *Laporan Teknis Penelitian Tanaman Obat. Balai Penelitian Tanaman Rempat dan Obat*. 20(1):90 – 102.

- Rupa, D. 2015. *Identifikasifikasi Struktur Sekreteri dan Analisis Histokimia serta Fitokimia Tumbuhan Obat Anti-Infeksi di Kawasan Taman Nasional Bukit Dua belas Jambi*. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Salim, M.Y., Hotnida S., Tanwirotun N., & Marini. 2016. Hubungan Kandungan Hara Tanah dengan Produksi Senyawa Metabolit Sekunder pada Tanaman Duku (*Lansium domesticum* Corr var Duku) dan Potensinya sebagai Larvasida. *Jurnal Vektor Penyakit*, 10(1):11– 18.
- Santosh, M. K., Shaila, Rajyalakshmi, & Sanjeeva R. 2005. RP - HPLC Method for Determination of Piperine from *Piper longum* Linn. and *Piper nigrum* Linn, *E-Journal of Chemistry* 2(2):131 -135.
- Santos, T.G, Karina F., Massuo J.K, Adilson S., Marta C.T. D., Ana L.T.G. Ruiz J.E. de C., Fabio A., Francisco A.M, Beatriz H.L.N. & Sales M. 2014. Characterization of the essential oils of two species of *Piperaceaea* by one- and two-dimensional chromatographic techniques with quadrupole mass spectrometric detection. *Microchemical Journal*. 115:113–120.
- Santoso, U., & Fatimah N. 2006. **Kultur Jaringan Tanaman**. Universitas Muhammadiyah Malang Press. Malang.
- Santosa, P.R.D., Davyson de L.M., Elsie F.G., & Maria A.C.K. 2001. Essential oil analysis of 10 *Piperaceaea* species from the Brazilian Atlantic forest. *Phytochemistry*. 58(4):547–55.
- Sauter, I.P., Guilherme E.R., Aline M.L., Samuel P.C., Paulo M.R., Luiz A.A.da S., Marilise B.R., Rubem M.F.V., Eduardo C., & Gilsane L.P. 2011. Chemical composition and amoebicidal activity of *Piper hispidinervum* (*Piperaceaea*) essential oil *Industrial Crops and Products*, 40:292–295.
- Seyyedyousefi, S.R., Behzad K., & Naghi P.D. 2013. The effect of different concentrations of NAA and BAP on micropropagation of *Alstroemeria*. *European Journal of Experimental Biology*. 3(5):133-136. (online). <http://www.imedpub.com/articles/the-effect-of-different>.
- Shimadzu, 2000. **GC-2010 Gas Chromatograph Instruction Manual**, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan.
- Silva, Da A.L., Talita A.B., & Jonny E.S.P. 2012. A rapid in vitro protocol for propagation of *Piper aduncum* and *Piper hispidinervum*, two species from Amazon region with multipurpose uses. *African Journal of Biotechnology* 11:15539-15546.
- Silva, Da M.F.R., Patrícia C.B.S., Camila S. de L., Bheatriz N. de L.A., Afonso C.A.N., Emmanuel V.P., Jefferson R.M., Patrícia M.G.P., & Daniela M. do A. F.N. 2016. Composition and biological activities of the essential oil of *Piper corcovadensis* (Miq.) C. DC (*Piperaceaea*). *Experimental Parasitology*. 165:64-70.

- Simorangkir, M. 2017. Analisis Fitokimia Metabolit Sekunder Ekstrak Daun dan Buah *Solanum blumei* Nees ex Blume lokal. *Jurnal Pendidikan Kimia (JPKim)* 9(1):244-248. (online) <https://doi.org/10.24114/jpkim.v9i1.6186>.
- Singh, A. & Duggal S. 2009. Piperinreview of Advances In Pharmacology. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Nanotechnology*. 2(3):615-620.
- Sivaraman, K. Sadanandan A K, & Abraham J. 1999. Effect of NPK on nutrient availability and yield response of *Black pepper* in an ultisol (Abstract). *National Seminar on Recent Advances in Soil Research, Pune*, hal. 46.
- Souza, L.A, I.S. Moscheta, & J.H.G. Oliveira. 2004. Comparative morphology and anatomy of the leaf and stem of *Peperomia dahlstedtii* C.DC., *Ottonia martiana* Miq., and *Piper diospyrifolium* Kunth (*Piperaceaea*). *Gayana Bot.* 61:6–17.
- Vasavirama, K., & Mahesh U. 2014. Piperine: A Valuable Alkaloid From Piper Species. *Int J Pharm Pharm Sci*, 6(4):34-38
- Wulandari, H., Zakiatulyaqin, & Supriyanto. 2012. Isolasi dan Pengujian Bakteri Endofit dari Tanaman Lada (*Piper Nigrum* L.) sebagai Antagonis Terhadap Patogen Hawar Beludru (*Septobasidium* Sp.) Isolation And Antagonistic Test Of Endophytic Bacteria From Pepper (*Piper Nigrum* L.) Againt Velvet Blight Pathogen (*Septobasidium* Sp.). *J. Perkebunan & Lahan Tropika*, 2:4-7.
- Zuchri, A. 2008. Habitus dan Pencirian Tanaman Cabe Jamu (*Piper retrofractum* Vahl.). *Agrovisor*. 1(1):39-44.
- Zulkarnain. 2014. **Solusi perbanyakn Tanaman Budi Daya Kultur Jaringan** Tanaman. Bumi Aksara: Jakarta.

Lampiran 1. Senyawa atsiri pada berbagai jenis *Piperaceae*

LT1. Senyawa atsiri pada *Piperaceae*

No	Senyawa Atsiri	Referensi																				Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	a-pinene	✓	✓			✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	15
2	Limonene	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓			✓		✓	✓	15
3	Terpinolene	✓		✓			✓	✓		✓	✓	✓			✓		✓		✓			10
4	b-Elementene				✓									✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	8
5	(Z)-β-cimene								✓		✓			✓	✓		✓	✓	✓		✓	8
6	β-pinene		✓						✓		✓		✓	✓	✓		✓		✓			8
7	Mycrene									✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓			✓	8
8	d-cadinene	✓			✓						✓	✓		✓		✓			✓			7
9	d-cadinene	✓			✓						✓	✓		✓		✓			✓			7
10	d-cadinene	✓			✓						✓	✓		✓		✓			✓			7
11	Germacone D				✓				✓		✓				✓			✓	✓		✓	7
12	Linalool					✓				✓		✓			✓	✓	✓		✓			7
13	Camphene									✓			✓		✓		✓	✓	✓			7
14	α-Humulene										✓			✓	✓	✓		✓		✓	✓	7
15	g-Murolene													✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	7
16	α-Copaene										✓	✓			✓	✓	✓					6
17	trans-caryophyllene	✓			✓				✓						✓				✓		✓	6
18	E-nerolidol		✓		✓				✓							✓			✓	✓		6
19	(E)-Caryophyllene				✓									✓	✓		✓	✓	✓			6
20	γ-elementene						✓	✓	✓					✓					✓	✓		6
21	sphatulenol		✓											✓	✓	✓						5
22	Safole			✓							✓	✓			✓	✓	✓					5

No	Senyawa Atsiri	Referensi																				Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
23	g-Cadinene													✓	✓	✓	✓		✓		✓	5
24	α-phellandrene								✓						✓		✓					4
25	p-cymene								✓	✓					✓					✓		4
26	α-Terpinene									✓			✓		✓		✓					4
27	b-Selinene													✓	✓	✓			✓			4
28	a-Cubebene													✓	✓		✓		✓			4
29	b-Cubebene													✓	✓	✓	✓					4
30	g-Gurjunene													✓			✓		✓			3
31	Aromadendrene													✓		✓				✓		3
32	Alloaromadendrene													✓	✓	✓						3
33	a-Caryophyllene				✓										✓	✓		✓				3
34	α-Thujene												✓		✓		✓					3
35	Z-β-bisabolene					✓			✓						✓							3
36	bicyclogermacrene								✓										✓			3
37	β-Phellandrene									✓			✓		✓							3
38	Caryophyllene oxide																		✓	✓	✓	3
39	Sylvestrene																✓		✓			2
40	Methyl Eugenol										✓										✓	2
41	Trans-β-ocimene								✓									✓				2
42	α-cadinol								✓			✓										2
43	Elemicin										✓								✓			2
44	Bicycloelemene										✓				✓							2
45	β-Borbonene											✓			✓							2
46	(E,E)-a-Farnesene				✓										✓							2
47	α-eudesmol								✓							✓						2

No	Senyawa Atsiri	Referensi																				Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
48	1,8-Cineole											✓					✓					2
49	Isolodene													✓					✓			2
50	Sabinene														✓		✓					2
51	Dilapiolle														✓	✓						2
52	Chavicol																	✓			✓	2
53	Carvacrol								✓													1
54	Tymol								✓													1
55	α-alaskene						✓															1
56	Curzerene								✓													1
57	1-butyl-3,4- methylenedioxybenzene	✓																				1
58	β-sesquiphellandrene					✓																1
59	Methyl 3-phenylpropionate										✓											1
60	n-Tridecane										✓											1
61	Andrographolide												✓									1
62	Vatirenene												✓									1
63	Nonadecane												✓									1
64	Phytol												✓									1
65	selin-11-en-4α-ol		✓																			1
67	β-damascenon																✓					1
68	Sibirene																✓					1
69	α-cadrene																✓					1
70	Phenyl acetylaldehyde																		✓			1
71	Linalyl acetate																		✓			1
72	b-Guainene											✓										1
73	Estragole															✓						1

No	Senyawa Atsiri	Referensi																				Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
74	Elemicin															✓						1
75	a-Farnesene													✓								1
76	Shyobunol														✓							1
77	Dihydro-AR-turnerone																		✓			1
78	cis-Isolongifolanone																		✓			1
79	(Z)-Asarone																		✓			1
80	Patchouli alcohol																		✓			1
81	cis-verbenol																			✓		1
82	Cryptone																			✓		1
83	Cuminaldehyde																			✓		1
84	p-cymen-7-ol																			✓		1
85	Longifolene																			✓		1
86	cis-calamenene																			✓		1
87	Isospathulenol																			✓		1
88	Viridiflorol																			✓		1
89	trans-Cadina-1,3-diene	✓																				1
90	Decanal																	✓				1
91	Patchouli alcohol																		✓			1
92	cis-verbenol																			✓		1
93	Cryptone																			✓		1
94	cuminaldehyde																			✓		1
95	p-cymen-7-ol																			✓		1
96	Longifolene																			✓		1
97	cis-calamenene																			✓		1
98	Isospathulenol																			✓		1

No	Senyawa Atsiri	Referensi																			Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
99	Viridiflorol																			√	1
100	trans-Cadina-1,4-diene	√																			1

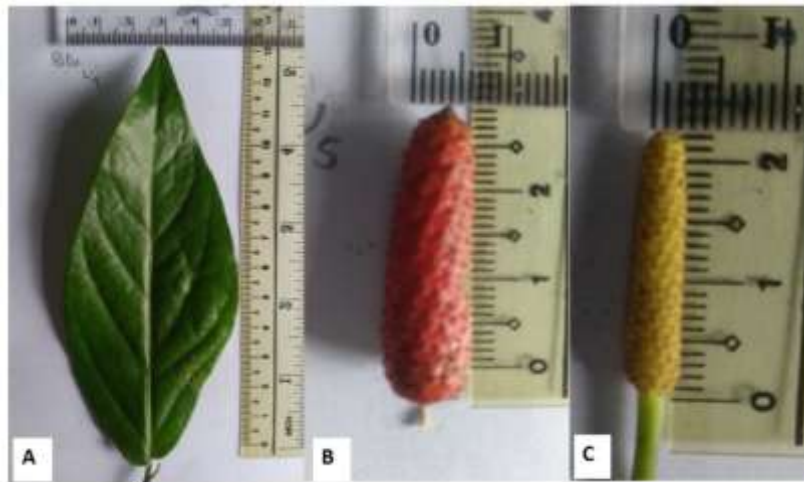
Sumber; 1). Silva dkk., 2016, 2). Santos dkk. (2014), 3). Andres dkk. (2017), 4). Santos dkk. (2001), 5). Oyemitan dkk. (2015), 6). Brait dkk. (2015), 7). Oliveira dkk. (2014), 8). Andrade dkk.(2011), 9). Girola dkk. (2015), 10). Gasparetto dkk. (2017), 11). Qin dkk. (2010), 12). Guerrini dkk. (2009), 13). Barros dkk. (2016), 14). Matasyoh dkk. (2011), 15). Sauter dkk. (2011), 16). Branquenho dkk. (2017), 17). Gakuubi dkk. (2016), 18). Autran dkk. (2009), 19). Bosquiroli dkk. (2015), 20). Prakash dkk. (2010).



Lampiran 2. Jenis minyak atsiri pada berbagai spesies *Piperaceae*LT2. Jenis minyak atsiri pada spesies *Piperaceae*

No	Senyawa minyak atsiri	Jumlah temuan hasil identifikasi
1	Limonene	15
2	α -pinene	15
3	Terpinolene	10
4	β -pinene	8
5	(Z)- β -ocimene	8
6	Mycrene	8
7	β -Elemene	8
8	Linalool	7
9	g-Murolene	7
10	d-cadinene	7
11	α -Humulene	7
12	Germacrene D	7
13	Camphene	7
14	γ -elemene	6
15	α -Copaene	6
16	(E)-Caryophyllene	6
17	E-nerolidol	6

Lampiran 3. Dokumentasi Pengukuran morfometri dan pengumpulan sampel dari beberapa daerah



LG1. Pengukuran morfometri. A) Daun, B) Amentum dewasa, dan C) Amentum muda



LG2. Pengambilan sampel cabe Jawa. A) Proses pengambilan sampel, B) Tanaman di tanam dalam polibag.

Lampiran 4. Hasil analisis varian beberapa faktor abiotik di daerah penghasil cabe Jawa

LT3. Hasil analisis varian beberapa faktor abiotik

Descriptives

SUHU	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Blega	12	33.5000	.90453	.26112	32.9253	34.0747	31.00	34.00
Tanjung Bumi	12	31.5000	.90453	.26112	30.9253	32.0747	30.00	32.00
Burneh	12	32.5000	.90453	.26112	31.9253	33.0747	30.00	33.00
Tragah	12	34.5000	.79772	.23028	33.9932	35.0068	33.00	35.00
Bangkalan	12	33.5000	.67420	.19462	33.0716	33.9284	32.00	34.00
Kokop	12	35.5000	.67420	.19462	35.0716	35.9284	34.00	36.00
Banyuates	12	34.5000	.67420	.19462	34.0716	34.9284	33.00	35.00
Ketapang	12	33.5833	.68566	.19300	33.1586	34.0081	32.00	34.00
Sokobanah	12	30.5000	.67420	.19462	30.0716	30.9284	29.00	31.00
Larangan	12	29.5833	.68566	.19300	29.1586	30.0081	28.00	30.00
Kadur	12	30.6667	.49237	.14213	30.3538	30.9795	30.00	31.00
Bluto	12	35.5000	.67420	.19462	35.0716	35.9284	34.00	36.00
Talango	12	34.5000	.79772	.23028	33.9932	35.0068	33.00	35.00
Manding	12	31.5000	.67420	.19462	31.0716	31.9284	30.00	32.00
Gayam	12	31.5833	.68566	.19300	31.1586	32.0081	30.00	32.00
Raas	12	30.5000	.79772	.23028	29.9932	31.0068	29.00	31.00
Guluk-Guluk	12	32.5833	.68566	.19300	32.1586	33.0081	31.00	33.00
Total	204	32.7059	1.93789	.13568	32.4384	32.9734	28.00	36.00

Test of Homogeneity of Variances

SUHU	df1	df2	Sig.
Levene Statistic	4.35	16	.971

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	462.020	16	41.376	77.116	.000
Within Groups	100.333	187	.537		
Total	762.353	203			

Descriptives

KU	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Blega	12	82.5000	.67420	.19462	82.0716	82.9284	81.00	83.00
Tanjung Bumi	12	64.5000	.67420	.19462	64.0716	64.9284	63.00	65.00
Burneh	12	78.5000	.79772	.23028	77.9932	79.0068	77.00	79.00
Tragah	12	94.5000	.79772	.23028	93.9932	95.0068	93.00	95.00
Bangkalan	12	86.6667	.49237	.14213	86.3538	86.9795	86.00	87.00
Kokop	12	74.5000	.67420	.19462	74.0716	74.9284	73.00	75.00
Banyuates	12	89.5000	.90453	.26112	88.9253	90.0747	87.00	90.00
Ketapang	12	81.5000	.67420	.19462	81.0716	81.9284	80.00	82.00
Sokobanah	12	85.5000	.79772	.23028	84.9932	86.0068	84.00	86.00
Larangan	12	79.6667	.65134	.18803	79.2528	80.0805	78.00	80.00
Kadur	12	79.5833	.68566	.19300	79.1586	80.0081	78.00	80.00
Bluto	12	85.6667	.65134	.18803	85.2528	86.0805	84.00	86.00
Talango	12	72.5833	.68566	.19300	72.1586	73.0081	71.00	73.00
Manding	12	71.5833	.68566	.19300	71.1586	72.0081	70.00	72.00
Gayam	12	73.6667	.65134	.18803	73.2528	74.0805	72.00	74.00
Raas	12	77.5833	.51493	.14885	77.2562	77.9105	77.00	78.00
Guluk-Guluk	12	89.5000	.79772	.23028	88.9932	90.0068	88.00	90.00
Total	204	80.4412	7.51429	.52611	79.4038	81.4785	63.00	95.00

Test of Homogeneity of Variances

KU	df1	df2	Sig.
Levene Statistic	.519	16	.935

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11370.961	16	710.685	1.455E3	.000
Within Groups	91.333	187	.488		
Total	11462.294	203			

SUHU

Tukev-HSD	N	Subset for alpha = 0.05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Wilayah	12	29.5833							
Larangan	12	30.5000	30.5000						
Sokobanah	12	30.5000	30.5000						
Raas	12	30.5000	30.5000						
Kadur	12	30.6667	30.6667						
Tanjung Bumi	12	31.5000	31.5000						
Manding	12	31.5000	31.5000						
Gayam	12	31.5833	31.5833						
Burneh	12	32.5000	32.5000	31.5833					
Guluk-Guluk	12	32.5833	32.5833	32.5000	32.5833				
Blega	12	33.5000	33.5000	33.5000	33.5000	33.5833			
Bangkalan	12	33.5000	33.5000	33.5000	33.5000	33.5833	33.5833		
Ketapang	12	33.5000	33.5000	33.5833	33.5833	33.5833	33.5833	33.5833	
Tragah	12	34.5000	34.5000	34.5000	34.5000	34.5000	34.5000	34.5000	34.5000
Banyuates	12	34.5000	34.5000	34.5000	34.5000	34.5000	34.5000	34.5000	34.5000
Talango	12	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000
Kokop	12	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000
Bluto	12	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000	35.5000
Sig.	12	.167	.081	.167	.081	.081	.081	.081	.081

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

KU

Tukev-HSD	N	Subset for alpha = 0.05							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Wilayah	12	64.5000							
Tanjung Bumi	12	64.5000	71.5833						
Manding	12	71.5833	72.5833						
Talango	12	73.6667	73.6667						
Gayam	12	74.5000	74.5000						
Kokop	12	77.5833	77.5833						
Raas	12	78.5000	78.5000						
Burneh	12	79.5833	79.5833						
Kadur	12	79.6667	79.6667						
Larangan	12	81.5000	81.5000						
Ketapang	12	82.5000	82.5000						
Blega	12	85.5000	85.5000						
Sokobanah	12	85.6667	85.6667						
Bluto	12	86.6667	86.6667						
Bangkalan	12	88.5000	88.5000						
Banyuates	12	89.5000	89.5000						
Guluk-Guluk	12	91.5000	91.5000						
Tragah	12	94.5000	94.5000						
Sig.	12	1.000	.050	.233	.115	1.000	.050	1.000	.050

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 5. Hasil Analisis varian beberapa karakter morfologi cabe jawa

LT 4. Hasil analisis varian morfologi diameter amentum dewasa cabe Jawa

Descriptives

DB	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Blega	5	5.0000	.00000	.00000	5.0000	5.0000	5.00	5.00
Tanjung Bumi	5	5.0000	.00000	.00000	5.0000	5.0000	5.00	5.00
Burneh	5	5.4000	.89443	.40000	4.2694	6.5106	5.00	7.00
Tragah	5	5.4000	.89443	.40000	4.2694	6.5106	5.00	7.00
Bangkalan	5	7.2000	2.88328	1.20000	3.8883	10.5317	5.00	11.00
Kokop	5	5.0000	.00000	.00000	5.0000	5.0000	5.00	5.00
Banyuates	5	5.0000	.00000	.00000	5.0000	5.0000	5.00	5.00
Ketapang	5	5.2000	.44721	.20000	4.6447	5.7553	5.00	6.00
Sokobanah	5	5.0000	.00000	.00000	5.0000	5.0000	5.00	5.00
Larangan	5	4.2000	.83866	.37417	3.1811	5.2389	3.00	5.00
Kadur	5	4.8000	.44721	.20000	4.2447	5.3553	4.00	5.00
Bluto	5	4.8000	.44721	.20000	4.2447	5.3553	4.00	5.00
Talango	5	4.0000	1.00000	.44721	2.7583	5.2417	3.00	5.00
Manding	5	4.6000	.54772	.24495	3.9199	5.2801	4.00	5.00
Gayam	5	4.4000	.54772	.24495	3.7199	5.0801	4.00	5.00
Raas	5	4.6000	.54772	.24495	3.9199	5.2801	4.00	5.00
Guluk-Guluk	5	5.0000	.70711	.31623	4.1220	5.8780	4.00	6.00
Total	85	4.9765	1.02326	.11099	4.7558	5.1972	3.00	11.00

Test of Homogeneity of Variances

DB	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
	9.787	16	68	.000

ANOVA

DB	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	37.953	16	2.372	3.226	.000
Within Groups	80.000	68	.735		
Total	87.953	84			

Homogeneous Subsets

Tukey HSD	DB		
	N	1	2
Wilayah			
Talango	5	4.0000	
Larangan	5	4.2000	
Gayam	5	4.4000	
Manding	5	4.6000	
Raas	5	4.6000	
Kadur	5	4.8000	
Bluto	5	4.8000	
Blega	5	5.0000	
Tanjung Bumi	5	5.0000	
Kokop	5	5.0000	
Banyuates	5	5.0000	
Sokobanah	5	5.0000	
Guluk-Guluk	5	5.0000	
Ketapang	5	5.2000	5.4000
Burneh	5	5.4000	5.4000
Tragah	5	5.4000	5.4000
Bangkalan	5		7.2000
Sig.		.455	.103
Means for groups in homogeneous subsets are displayed.			

LT 5. Hasil analisis varian morfologi indeks ukuran mentum dewasa cabe Jawa

Descriptives

IB	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
Blega	5	1.8300	.23076	.10320	Lower Bound	Upper Bound	1.55	2.10
Tanjung Bumi	5	2.0300	.16432	.07348	1.8260	2.2340	1.85	2.30
Burneh	5	1.5200	.31145	.13928	1.1333	1.9067	1.25	1.95
Tragah	5	2.0960	.37058	.16573	1.6359	2.5561	1.75	2.73
Banghalan	5	2.5400	1.56421	.69954	.5978	4.4822	1.00	4.50
Kokop	5	2.1600	.33429	.14950	1.7449	2.5751	1.75	2.50
Banyuates	5	2.2200	.38665	.17292	1.7399	2.7001	1.85	2.75
Ketapang	5	1.8000	.27613	.12349	1.4571	2.1429	1.50	2.25
Sokobanah	5	1.9000	.36228	.16202	1.4502	2.3498	1.35	2.25
Larangan	5	1.5940	.38740	.17325	1.1130	2.0750	1.24	2.20
Kadur	5	2.2420	.39474	.17653	1.7519	2.7321	1.56	2.50
Bluto	5	1.7380	.37877	.16939	1.2677	2.2083	1.45	2.40
Talango	5	1.4460	.51476	.23021	.8068	2.0852	.90	2.10
Manding	5	1.4200	.40150	.17956	.9215	1.9185	.92	2.00
Gayam	5	1.6160	.21571	.09647	1.3482	1.8838	1.28	1.85
Raas	5	2.0000	.21107	.09439	1.7379	2.2621	1.76	2.30
Guluk-Guluk	5	2.0640	.53803	.24062	1.3959	2.7321	1.70	3.00
Total	85	1.8951	.55494	.06019	1.7754	2.0148	.90	4.50

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	16	df1	df2	Sig.
6.570	16	68	84	.000

ANOVA

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	37.493	16	2.343	3.226	.000
Within Groups	50.000	68	.735		
Total	87.493	84			

Homogeneous Subsets

Tukey HSD	IB		
	N	Subset for alpha = 0.05	
Wilayah			
Manding	5	1.4200	
Talango	5	1.4460	
Burneh	5	1.5200	
Larangan	5	1.5940	
Gayam	5	1.6160	
Bluto	5	1.7380	
Ketapang	5	1.8000	
Blega	5	1.8300	
Sokobanah	5	1.9000	
Raas	5	2.0000	
Tanjung Bumi	5	2.0300	
Guluk-Guluk	5	2.0640	
Tragah	5	2.0960	
Kokop	5	2.1600	
Banyuates	5	2.2200	
Kadur	5	2.2420	
Banghalan	5	2.5400	
Sig.		.074	

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

LT 6. Hasil analisis varian morfologi panjang amentum muda cabe Jawa

Descriptives

PBu	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Blega	5	34.2000	48.01771	21.47417	-25.4219	93.8219	10.00	120.00
Tanjung Bumi	5	18.4000	6.06630	2.71293	5.450	25.9323	13.00	25.00
Burneh	5	8.8000	6.64831	2.97321	5450	17.0950	3.00	20.00
Tragah	5	17.6000	2.16795	.98954	15.1081	20.4919	15.00	20.00
Bangkalan	5	13.2000	7.49667	3.35261	3.8917	22.5083	5.00	25.00
Kokop	5	18.4000	5.02991	2.24044	12.1545	24.6455	12.00	25.00
Banyuates	5	18.0000	2.12132	.94868	15.3660	20.6340	15.00	20.00
Ketapang	5	17.8000	3.70135	1.85529	13.2042	22.3958	13.00	22.00
Sokobanah	5	16.2000	2.38747	1.06771	13.2356	19.1644	14.00	20.00
Larangan	5	20.6000	1.51658	.67823	18.7169	22.4831	19.00	23.00
Kadur	5	14.2000	2.38747	1.06771	11.2356	17.1644	12.00	18.00
Bluto	5	16.2000	4.02482	1.80000	11.2024	21.1976	12.00	22.00
Talango	5	18.4000	3.20936	1.43527	14.4151	22.3849	15.00	23.00
Manding	5	13.8000	3.42053	1.52971	9.5529	18.0471	10.00	19.00
Gayam	5	26.4000	3.04959	1.36382	22.6134	30.1866	22.00	30.00
Raas	5	19.0000	3.39116	1.51658	14.7893	23.2107	15.00	23.00
Guluk-Guluk	5	18.2000	.44721	.20000	17.6447	18.7553	18.00	19.00
Total	85	18.2118	12.29120	1.33317	15.5806	20.8629	3.00	120.00

Test of Homogeneity of Variances

PBu	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
	5.711	16	68	.000

ANOVA

PBu	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2434.188	16	152.137	1.009	.459
Within Groups	10256.000	68	150.824		
Total	12690.188	84			

Homogeneous Subsets

PBu			
Tukey HSD ^a	N	Subset for alpha = 0.05	
Wilayah	5	1	
Burneh	5	8.8000	
Bangkalan	5	13.2000	
Manding	5	13.8000	
Kadur	5	14.2000	
Sokobanah	5	16.2000	
Bluto	5	16.2000	
Tragah	5	17.8000	
Ketapang	5	17.8000	
Banyuates	5	18.0000	
Guluk-Guluk	5	18.2000	
Tanjung Bumi	5	18.4000	
Kokop	5	18.4000	
Talango	5	18.4000	
Raas	5	19.0000	
Larangan	5	20.6000	
Gayam	5	26.4000	
Blega	5	34.2000	
Sig.		.116	

LT 7. Hasil analisis varian indeks ukuran amentum muda cabe Jawa

Descriptives

IBu	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Blega	5	1.0260	1.44053	.64423	-.7627	2.8147	.30	3.60
Tanjung Bumi	5	.5620	.16199	.08139	.3260	.7780	.39	.75
Burneh	5	.2340	.21927	.09806	-.0383	.5063	.06	.60
Tragah	5	.5000	.10977	.04909	.3637	.6363	.34	.60
Bangkalan	5	.4440	.33456	.14962	.0266	.8594	.15	1.00
Kokop	5	.5280	.19200	.08622	.2886	.7674	.24	.75
Banyuates	5	.3960	.09099	.04069	.2830	.5090	.30	.54
Ketapang	5	.4260	.12321	.05510	.2730	.5790	.26	.60
Sokobanah	5	.3820	.06099	.02728	.3063	.4577	.30	.45
Larangan	5	.5900	.11789	.05263	.4339	.7261	.38	.69
Bluto	5	.4060	.16270	.08171	.1791	.6329	.26	.72
Bluto	5	.3600	.12728	.05692	.2020	.5180	.24	.54
Talango	5	.4140	.15900	.07111	.2166	.6114	.30	.69
Manding	5	.2960	.05367	.02400	.2294	.3626	.24	.38
Gayam	5	.6820	.14805	.06621	.4982	.8658	.54	.90
Raas	5	.4220	.13274	.05936	.2572	.5868	.30	.63
Guluk-Guluk	5	.5100	.06485	.03795	.4046	.6154	.36	.57
Total	85	.4799	.38475	.04173	.3959	.5629	.06	3.60

Test of Homogeneity of Variances

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5.017	16	68	.000

ANOVA

IBu	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.503	16	.156	1.071	.399
Within Groups	9.932	68	.146		
Total	12.435	84			

Homogeneous Subsets

Tukey HSD	IBu	
	N	Subset for alpha = 0.05
Willawah	5	1
Burneh	5	.2340
Manding	5	.2960
Bluto	5	.3600
Sokobanah	5	.3820
Banyuates	5	.3960
Kadur	5	.4060
Talango	5	.4140
Raas	5	.4220
Ketapang	5	.4260
Bangkalan	5	.4440
Tragah	5	.5000
Guluk-Guluk	5	.5100
Kokop	5	.5280
Tanjung Bumi	5	.5520
Larangan	5	.5800
Gayam	5	.6820
Blega	5	1.0260
Sig.		.114

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

LT 8. Hasil analisis varian diameter amentum muda cabe Jawa

64

Descriptives

DBu	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
Blega	5	3.0000	.00000	.00000	3.0000	3.0000	3.00	3.00
Tanjung Bumi	5	3.0000	.00000	.00000	3.0000	3.0000	3.00	3.00
Burneh	5	2.4000	.54772	.24495	1.7199	3.0801	2.00	3.00
Tragah	5	2.8000	.44721	.20000	2.2447	3.3553	2.00	3.00
Bangkalan	5	3.2000	.83666	.37417	2.1611	4.2389	2.00	4.00
Kokop	5	2.8000	.44721	.20000	2.2447	3.3553	2.00	3.00
Banyuates	5	2.2000	.44721	.20000	1.6447	2.7553	2.00	3.00
Ketapang	5	2.4000	.54772	.24495	1.7199	3.0801	2.00	3.00
Sokobanah	5	2.4000	.54772	.24495	1.7199	3.0801	2.00	3.00
Larangan	5	2.8000	.44721	.20000	2.2447	3.3553	2.00	3.00
Kadur	5	2.8000	.83666	.37417	1.7611	3.8389	2.00	4.00
Bluto	5	2.2000	.44721	.20000	1.6447	2.7553	2.00	3.00
Talango	5	2.2000	.44721	.20000	1.6447	2.7553	2.00	3.00
Manding	5	2.2000	.44721	.20000	1.6447	2.7553	2.00	3.00
Gayam	5	2.6000	.54772	.24495	1.9199	3.2801	2.00	3.00
Raas	5	2.2000	.44721	.20000	1.6447	2.7553	2.00	3.00
Guluk-Guluk	5	2.8000	.44721	.20000	2.2447	3.3553	2.00	3.00
Total	85	2.5982	.56261	.06102	2.4669	2.7096	2.00	4.00

Test of Homogeneity of Variances

DBu	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
	2.418	16	68	.006

ANOVA

DBu	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.988	16	.562	2.170	.014
Within Groups	17.600	68	.259		
Total	26.588	84			

Homogeneous Subsets

DBu

Tukey HSD	N	Subset for alpha = 0.05
Willawah	5	1
Banyuates	5	2.2000
Bluto	5	2.2000
Talango	5	2.2000
Manding	5	2.2000
Raas	5	2.2000
Burneh	5	2.4000
Ketapang	5	2.4000
Sokobanah	5	2.4000
Gayam	5	2.6000
Tragah	5	2.8000
Kokop	5	2.8000
Larangan	5	2.8000
Kadur	5	2.8000
Guluk-Guluk	5	2.8000
Blega	5	3.0000
Tanjung Bumi	5	3.0000
Bangkalan	5	3.2000
Sig.		.169

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

LT 9. Hasil analisis varian lebar daun cabe Jawa

LD	Descriptives							
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
Blega	5	47.0000	4.47214	2.00000	Lower Bound	Upper Bound	40.00	50.00
Tanjung Bumi	5	44.0000	7.84219	3.50714	34.2626	52.5529	32.00	52.00
Burneh	5	53.2000	4.02492	1.80000	49.2024	58.1976	46.00	55.00
Tragah	5	49.6000	7.56968	3.38526	40.2010	58.9990	42.00	60.00
Bangkalan	5	50.0000	9.48683	4.24264	38.2205	61.7795	37.00	59.00
Kokop	5	51.6000	11.41490	5.10490	37.4265	65.7735	40.00	70.00
Banyuates	5	59.6000	7.16240	3.20312	50.7067	68.4933	52.00	67.00
Ketapang	5	62.4000	11.21606	5.01597	48.4734	76.3266	53.00	80.00
Sokobanah	5	53.6000	8.20366	3.66879	43.4138	63.7862	40.00	60.00
Larangan	5	55.8000	8.04363	3.59722	45.8125	65.7875	45.00	63.00
Kadur	5	58.2000	8.31865	3.72022	47.8710	68.5290	45.00	65.00
Bluto	5	50.8000	6.83374	3.05614	42.3148	59.2852	43.00	58.00
Talango	5	63.8000	7.46324	3.33766	54.5332	73.0668	56.00	75.00
Manding	5	55.6000	5.85662	2.61916	48.3280	62.8720	50.00	63.00
Gayam	5	64.4000	6.98570	3.12410	55.7261	73.0739	60.00	76.00
Raas	5	52.8000	6.22896	2.78568	44.8657	60.3343	45.00	60.00
Guluk-guluk	5	48.6000	9.23580	4.13038	37.1322	60.0678	40.00	63.00
Total	85	54.1647	9.16755	89436	52.1873	56.1421	32.00	80.00

Test of Homogeneity of Variances

LD	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
	.715	16	68	.769

ANOVA

LD	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2606.694	16	175.431	2.805	.002
Within Groups	4252.600	68	62.541		
Total	7059.694	84			

Homogeneous

LD

Tukey HSD	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Wilayah			
Tanjung Bumi	5	44.0000	47.0000
Blega	5	47.0000	48.6000
Guluk-guluk	5	48.6000	49.6000
Tragah	5	49.6000	50.0000
Bangkalan	5	50.0000	50.8000
Bluto	5	50.8000	51.6000
Kokop	5	51.6000	52.6000
Raas	5	52.6000	53.2000
Burneh	5	53.2000	53.6000
Sokobanah	5	53.6000	55.6000
Manding	5	55.6000	55.8000
Larangan	5	55.8000	58.2000
Kadur	5	58.2000	59.6000
Banyuates	5	59.6000	62.4000
Ketapang	5		63.8000
Talango	5		64.4000
Gayam	5		
Sig.		.165	.068

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 6. Kromatogram hasil analisis fitokimia pada bagian daun dan amentum dewasa cabe Jawa

GC Chromatogram Result, Sample ID: Raas daun

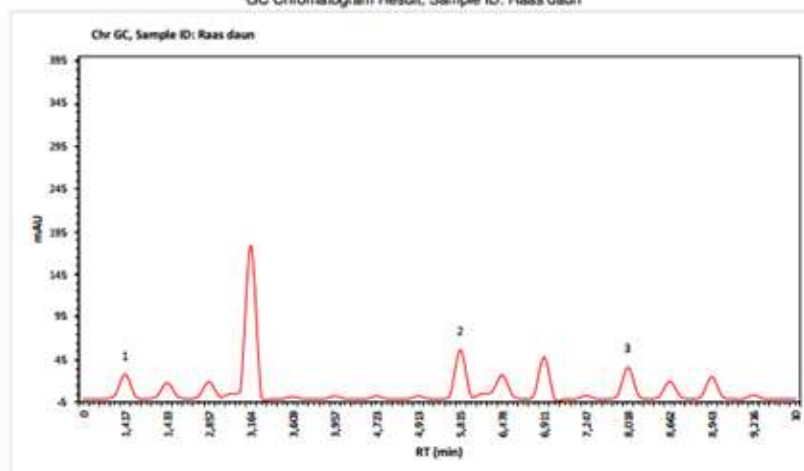


Table GC Chromatogram Result

Sample ID	Sample weight (g)	RT (min)	Sample curve area	Result (µg/g)	Compound	Peak number
Raas daun	0,208	1,417	28,62838	56,83438	α Pinene	1
	0,208	5,815	57,25676	115,90666	Limonene	2

A

GC Chromatogram Result, Sample ID: Bluto buah

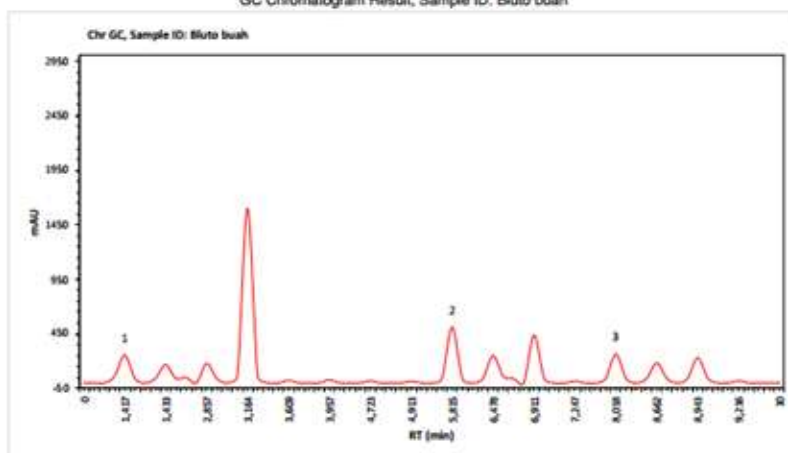


Table GC Chromatogram Result

Sample ID	Sample weight (g)	RT (min)	Sample curve area	Result (µg/g)	Compound	Peak number
Bluto buah	0,206	1,417	254,81771	578,19415	α Pinene	1
	0,206	5,815	509,63542	1104,17043	Limonene	2
	0,206	8,018	262,93894	623,87704	α Terpinolene	3

B

LG3. Hasil kromatogram analisis GC daun dan amentum dewasa cabe Jawa. A) Hasil GC sampel daun Raas, B) Hasil GC sampel amentum dewasa Bluto

HPLC Chromatogram Result, Sample ID: Bangkalan daun

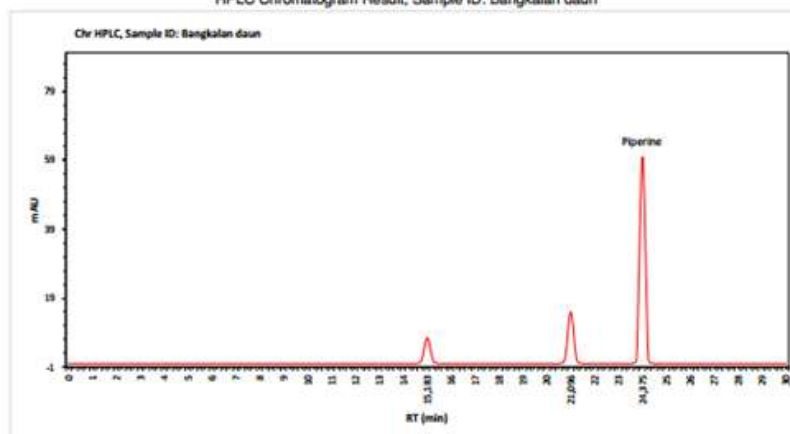


Table HPLC Chromatogram Result

A

Sample ID	Sample weight (g)	RT (min)	Sample curve area	Result (mg/g)	Compound
Bangkalan daun	1,003	24,375	59,86485	17,47876	Piperine

HPLC Chromatogram Result, Sample ID: Bluto buah

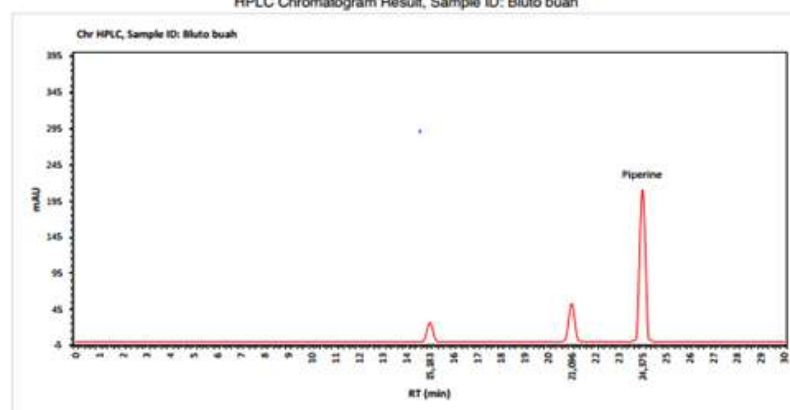


Table HPLC Chromatogram Result

B

Sample ID	Sample weight (g)	RT (min)	Sample curve area	Result (mg/g)	Compound
Bluto buah	0,506	24,375	210,57013	138,01544	Piperine

LG4. Hasil kromatogram analisis HPLC daun dan amentum dewasa cabe Jawa. A) Hasil HPLC sampel daun Bangkalan, B) Hasil HPLC sampel amentum dewasa Bluto

Lampiran 7. Hasil analisis regresi beberapa faktor abiotik dan fitokimia cabe jawa

LT 10. Hasil analisis regresi faktor abiotik dan terpinolen daun cabe Jawa

➔ Regression

[DataSet1] E:\REGRESI\ALL.sav

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	PHlanah ^a		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

Model Summary^a

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.268 ^a	.072	.010	30.58094

a. Predictors: (Constant), PHlanah

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

ANOVA^a

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression Residual Total	1086.208 14027.910 15114.118	1 15 16	1086.208 935.194	1.161

a. Predictors: (Constant), PHlanah

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients	t	Sig.
1	(Constant) PHlanah			
	186.297 -10.915		72.486 10.128	2.570 -1.078

a. Dependent Variable: TerpinoleneD

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	SUHU ^a		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

Model Summary^a

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.268 ^a	.082	.021	30.41585

a. Predictors: (Constant), SUHU

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

ANOVA^a

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression Residual Total	1237.260 13876.857 15114.118	1 15 16	1237.260 925.124	1.337

a. Predictors: (Constant), SUHU

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients	Standardized Coefficients	t	Sig.
1	(Constant) SUHU			
	-60.928 5.065		146.768 4.379	.684 .266

a. Dependent Variable: TerpinoleneD

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	CH ^a	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

Model Summary^a

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.325 ^a	.106	.046	30.01851

a. Predictors: (Constant), CH

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

ANOVA^a

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	1597.454	1	1597.454	1.773	.203 ^a
	13516.664	15	901.111		
Total	15114.118	16			

a. Predictors: (Constant), CH

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

Coefficients^a

Model	(Constant)	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.
		B	Std. Error	Beta			
1	CH	117.711	9.997			11.774	.000
		-.017	.013	-.325		-1.331	.203

a. Dependent Variable: TerpinoleneD

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	KU ^a	.	Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

Model Summary^a

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.480 ^a	.231	.179	27.84442

a. Predictors: (Constant), KU

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

ANOVA^a

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	3484.445	1	3484.445	4.494	.051 ^a
	11629.672	15	775.311		
Total	15114.118	16			

a. Predictors: (Constant), KU

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

Coefficients^a

Model	(Constant)	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.
		B	Std. Error	Beta			
1	KU	-46.334	73.389			-.631	.537
		1.915	.904	.480		2.120	.051

a. Dependent Variable: TerpinoleneD

LT 11. Hasil analisis regresi faktor abiotik, terpinolen, dan alfa pinene daun cabe Jawa

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Ke ^a		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

Model Summary^a

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.041 ^a	.002	-.065	31.71667

a. Predictors: (Constant), Ke

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

ANOVA^a

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	24.914	1	24.914	.025	.877 ^a
	15089.204	15	1005.947		
Total	15114.118	16			

a. Predictors: (Constant), Ke

b. Dependent Variable: TerpinoleneD

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.
	B	Std. Error	Beta			
1	107.261	11.416			9.396	.000
(Constant)	.021	.135			.157	.877

a. Dependent Variable: TerpinoleneD

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Ke ^a		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: AlfaPineneD

Model Summary^a

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.043 ^a	.002	-.065	30.18098

a. Predictors: (Constant), Ke

b. Dependent Variable: AlfaPineneD

ANOVA^a

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	24.745	1	24.745	.027	.871 ^a
	13663.373	15	910.892		
Total	13688.118	16			

a. Predictors: (Constant), Ke

b. Dependent Variable: AlfaPineneD

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.
	B	Std. Error	Beta			
1	83.265	10.863			7.665	.000
(Constant)	.021	.128			.165	.871

a. Dependent Variable: AlfaPineneD

Lampiran 8. Komposisi Larutan stok MS dan pengambilan zat pengatur tumbuh

LT12. Komposisi larutan stok MS

Larutan Stok	Nama Bahan	Berat untuk stok 100 ml (g)	Pengambilan untuk 1 L media (ml)	Pengambilan untuk 150 ml media
A	NH ₄ NO ₃	8.25	20	3
B	KNO ₃	9.5	20	3
C	CaCl ₂ .2H ₂ O	4.4	10	1,5
D	MgSO ₄ .7H ₂ O KH ₂ PO ₄	3.7 1.7	10	1,5
E	FeSO ₄ .7H ₂ O Na ₂ EDTA.2H ₂ O	0.56 0.75	5	0,75 (75 µl)
F	H ₃ BO ₃ MnSO ₄ .4H ₂ O ZnSO ₄ .7H ₂ O	0.12 0.446 0.17	5	0,75 (75 µl)
G	KI Na ₂ SO ₄ .2H ₂ O CuCl ₂ .6H ₂ O CoSO ₄ .7H ₂ O	0.2 0.05 0.005 0.005	0.5	0,075 (7,5 µl)
Vitamin MS	Nicotinic acid Pyridoxine HCl Thiamine HCl Glycine	0.05 0.05 0.01 0.2	1	0,15 (15 µl)
Myo-Inositol	Myo-Inositol	1	10	1,5

LT13. Pengambilan zat pengatur tumbuh

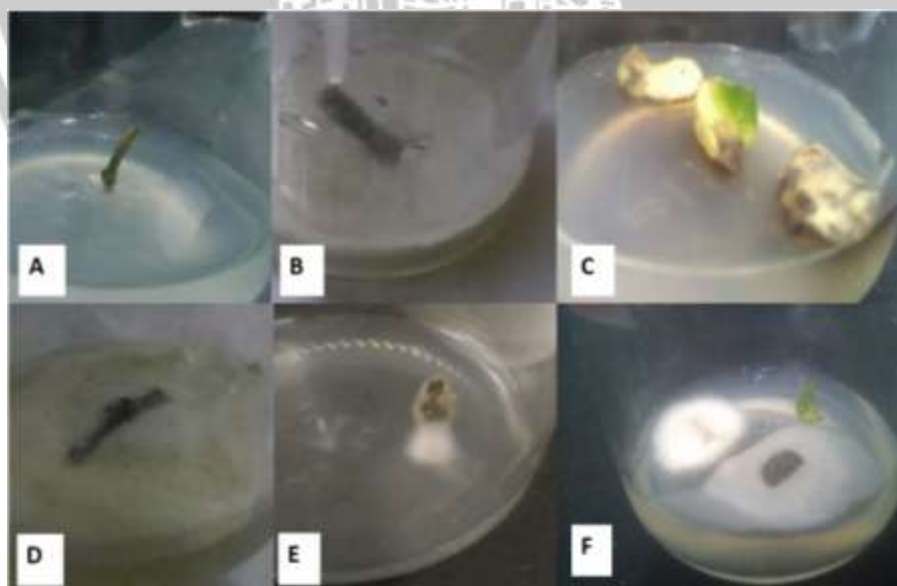
Jenis ZPT	Konsentrasi (ppm)	Pengambilan untuk 1 L media (ml)	Pengambilan untuk 150 ml media (µl)
BAP	1	1	150
	1,5	1,5	225
NAA	0,05	0,05	7,5
	0,1	0,1	15

Lampiran 9. Respon pertumbuhan tunas pada berbagai jenis eksplan dengan media berbeda

LT14. Respon pertumbuhan tunas pada berbagai jenis eksplan

Media	Eksplan	Browning	Kontaminasi	Respon Tunas
Kontrol (MS)	Nodus	+	+	-
	Lamina	+	+	-
	Petiole	-	+	-
MS + NAA 0,05 ppm	Nodus	-	+	-
	Lamina	+	-	-
	Petiole	+	+	-
MS + BAP 1 + NAA 0,05 ppm	Nodus	-	-	+
	Lamina	+	-	-
	Petiole	-	+	-
MS + BAP 1 + NAA 0 ppm	Nodus	+	+	-
	Lamina	+	+	-
	Petiole	-	+	-
MS + BAP 1 + NAA 0,1ppm	Nodus	+	+	-
	Lamina	+	+	-
	Petiole	-	+	-
MS + BAP 1,5 + NAA 0,05 ppm	Nodus	+	+	-
	Lamina	+	+	-
	Petiole	-	+	-
MS + BAP 1,5 + NAA 0,1 ppm	Nodus	+	+	-
	Lamina	+	+	-
	Petiole	-	+	-

Keterangan: + = Ada, - = Tidak ada



LG5. Respon browning dan kontaminasi pada eksplan cabe Jawa. A) Nodus browning, B) Petiole browning, C) Lamina browning, D) Nodus kontam, E) petiole kontam, F) Lamina kontam

Lampiran 10. Surat keterangan identifikasi tanaman cabe Jawa



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS MIPA
JURUSAN BIOLOGI
Jl. Veteran, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia, Telp-fax : +62-341-575841
<http://biologi.ub.ac.id>

SURAT KETERANGAN IDENTIFIKASI

No. 0210/UN10.F09.42/03/2017

Kepala Laboratorium Taksonomi, Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, menerangkan bahwa spesimen yang dibawa oleh:

Nama : Jamilatus Sa'diah (NIM 166090100111023)

Instansi : Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Brawijaya

Berdasarkan deskripsi karakter dan kunci identifikasi pada Flora of Java (Backer dan Van den Brink, 1968), volume II, halaman 172, diidentifikasi sebagai:

Familia : Piperaceae
Genus : *Piper*
Species : *Piper retrofractum* Vahl.
Nama lokal : Lombok Jawa

Demikian surat keterangan identifikasi ini dibuat untuk digunakan seperlunya.

Malang, 21 Juli 2017

Kepala Laboratorium

Dr. Jati Batoro, M.Si
NIP. 19570425.198601.1.001

Lampiran 11. Sertifikat bebas plagiasi



MORPHOMETRIC ANALYSIS OF LONG PEPPER (*Piper retrofractum* Vahl.) IN MADURA ISLAND AND ITS POTENSIAL AS HERBAL MEDICINE

¹JAMILATUS SA'DIYAH, ²RETNO MASTUTI, ³RODIYATI AZRIYANINGSIH

^{1,2,3}Biology Department Faculty of Mathematics and Natural Science, Brawijaya University, Malang, Indonesia E-mail:

¹jamilatussa.diyah45@gmail.com, ²tettysuprodjo@gmail.com, ³rodiyati@ub.ac.id

Abstract - Long Pepper (*Piper retrofractum* Vahl.) is a medicinal plant from tropical regions which is an indigenous plant of Indonesia. This plant has economic values related to its benefits as herbal medicine. Madura Island has been established as one of the development area of long pepper in east Java. Ironically, the morphometric analysis of this plant in various regions and its potential as herbal medicine are not yet widely known. The aims of this study are to analyze the morphological aspects of long pepper in Madura Island and explain its potential as herbal medicine. This study was conducted on 17 long pepper production centers throughout Madura Island, while observation were made on five year old plants in each region. The data obtained are analyzed using PAST program. The results show there are two cluster of long pepper based on its morphometric proximity, i.e. long pepper cluster I is Banyuwates, Kadur, Raas, Ketapang, Talango, and Gayam, while cluster II are Burneh, Bangkalan, Tanjung Bumi, Tragah, Kokop, Sokobanah, Bluto, Guluk-guluk, Larangan, Manding, and Blega. All dried fruit in these regions were used as the main ingredients of "Jamu Madura" for many kinds of mild and severe diseases

Keywords - Herbal medicine, Madura, Morphometric analysis, *Piper retrofractum*.

I. INTRODUCTION

Long pepper (*Piper retrofractum* Vahl.) is Piperaceae family and belongs to a native Indonesian medicinal plant that is potential to be developed in herbal medicine industries (Melati and Ismail, 2012; Zuchri, 2008). This plant also distributed mainly in the tropical region including Philippine, Vietnam, and Thailand (Jadid, 2018). In Indonesia there are several areas of long pepper producing areas which include Java, Sumatra, Bali, Nusa Tenggara, and Kalimantan. One of the production centers of long pepper in East Java is Madura Island (Haryudin and Rostiana, 2009). Madura Island has 5.304 km² total area with 160 km length which is divided into four districts with 17 centers of long pepper. This plant is found along from Bangkalan, Sampang, Pamekasan, to Sumenep district. Morphological characteristics of long pepper among Indonesian production centers vary in leaves, fruit, stems, and branches morphology. Morphological analysis could be done by morphometric analysis. Morphometry is a method for assessing phenotypic variations based on biotic and abiotic factors. This method use size and size ratio of an organism to measure the variation of biological specimen, comparing its genetic, environmental, and phenotypic variations (Paris et al., 2016). With this method can be obtained information about long pepper diversity and similarity throughout the Madura Island.

Based on national food and drug agency (2012) report that the need of long pepper in domestic market or export market is very large. Some countries such as Singapore, Malaysia, Europe, Middle East, America, and China have been known as long pepper importing

country. The Potential development of *P. retrofractum* as herbal medicine is very bright with the development of various herbal medicine industries in Indonesia.

Many kind of herbal medicine knowledge in Indonesia was known from one generation to the next through daily rituals and oral tradition. The use of medicinal herbs for maintaining health also extends from one area to another. In Indian and Chinese civilization even developed traditional medicine systems where herbal remedies are used therapeutically in a systematic and structured way (Ministry of trade, 2009). The use of herbal medicine as traditional medicine in Indonesia in a part of national cultivation and has begun from centuries ago which achieving that Indonesia is the mega-center of herbal medicines in the world, one of Indonesian traditional herbal medicines is Jamu which are based inheritance and empirical approach. Because of that fact *P. retrofractum* also known locally in Indonesia as cabesolak (in Madura), cabia (in Sulawesi), cabepuyang (in Banyuwangi) and cabejamu (in Java) all these local name reflect its medicinal use (Nurwenig, 2016).

In Madura Island this dried fruit was used as medicine stomach ache, headache, and reproductive remedies that make it have economic values (Haryudin and Rostiana, 2009). Vinay (2012) also stated that the dried food of long pepper was used mixed with another various herbs as stimulant and maternal care. Utilization of this fruit as medicinal material in Madura related to bioactive compounds in the fruit (Jamal et al. 2013). The identification of long pepper morphology diversity in all production centers in Madura Island has not been reported and its potential as herbal medicine not yet widely known.

Based on these facts this study conducted to analyze morphological aspect and explain long pepper potential as herbal medicine.

II. RESEACRH METHODOLOGY

2.1. Time and Place

This study was conducted from August to December 2018. Plant samples were obtained from 17 areas of

Madura Island include Blega, TanjungBumi, Burneh, Tragah, Bangkalan, Kokop, Banyuates, Ketapang, Sokobanah, Larangan, Kadur, Bluto, Talango, Kalianget, Gayam, Raas, and Guluk-gulukas in **Fig.1**, identification of morphological characters was performed at Plant Taxonomy Laboratory Brawijaya University.

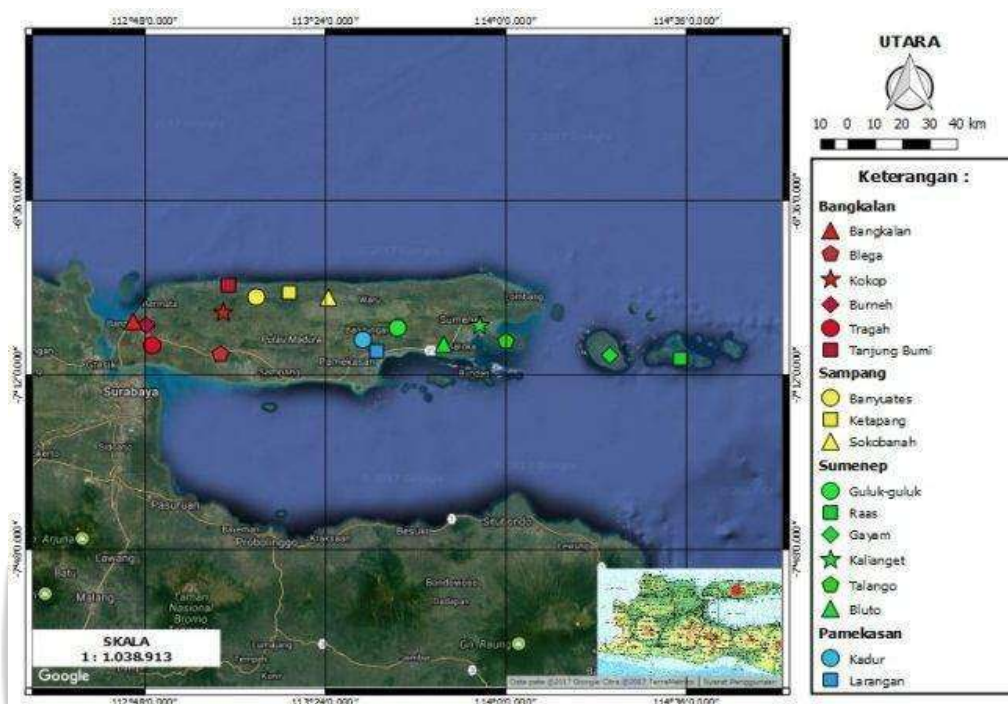


Fig.1. Sampling area on Madura Island

2.2. Material and Procedure

Measurements were conducted on five plants from each sub-district with total 85 plants at least five years old. The morphometric character was measured from long pepper leaf and fruit in fig.2. Characters morphometric measurement includes, Leaf Length (LL), Leaf Width (LW), Leaf Size Index ($LL \times LW/100$), Leaf Thick (LT), Grain Length (GL), Grain Diameter (GD), Grain Size Index ($GL \times GD / 100$), Grain Stem Length (GSL), Leaf Shape (LS), Leaf Base Form (LBF), Leaf Edges (LE), Leaf Tip (LT), Fruit Shape (FS), Fruit Length (FL), Fruit Diameter (FD), Young Leaves Color (FLC), Adult Leaf Color (ALC), Young FruitColor (YFC), Ripe FruitColor (RFC) (Modified from Ravindran et.al 1997).



Fig.2. The successively change of *P. retrofractum* fruit

2.3. Data analysis

Long Pepper leaf and fruit morphometric measurement results were tabulated and compiled using Microsoft Excel. Furthermore, the data used to determine the kinship long pepper by using software PAST 3 with Principal Component Analysis (PCA) includes the analysis with dendrogram and Biplot analysis. PCA analysis with dendrogram Bray-Curtis similarity scale can determine kinship, while Biplot analysis to determine the character that supports the grouping of long pepper. Its potential as herbal medicine was explain with descriptive method based on some research on it.

III. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Morphometric Analysis

Morphometric characters in this study was determined by Principal Component Analysis (PCA) to see morphometric characters that have relevance to other characters. Based on the analysis of the PCA program, obtained a major component that is able to retain most of the information which was measured using the total diversity by using a bit of the main components only (Ariawan, 2013). In this study, the

PCA method is done by using dendrogram analysis and biplot analysis. Based on the dendrogram analysis obtained measurement results morphometric (*P. retrofractum*) were get from different regions in **Fig.3**, which showed that with similarity Bray Curtis index, there are two clusters with similarity of 95% where cluster I consists of Long Pepper from Banyuwates, Kadur, Raas, Ketapang, Talango, and Gayam. Cluster II with 93% similarity consist Burneh, Bangkalan, TanjungBumi, Tragah, Kokop, Sokobanah, Bluto, Guluk-guluk, Larangan, Manding, and Blega.

Based on **Fig.3** it's also seen that there are two sub-cluster in cluster I between Raas, Kadur, Banyuwates with 97% similarity, and Ketapang, Talango, Gayam similarity about 98%. These area has different abiotic factor, but it has high similarity because there isn't heavy barrier between these location which make long pepper from one location to another location easy to move. In the cluster II there are also two sub-clusters with one side five sub-clusters with Bluto and Sokobanah as the highest similarity cluster about 98%.

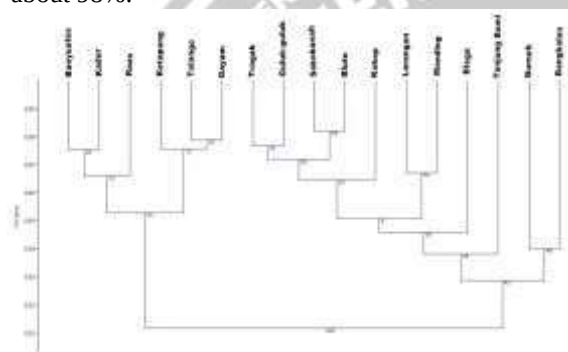


Fig.3 Dendrogram Analysis of *P. retrofractum*

Based on biplot analysis in this study showed variations of different groups of Long Pepper in various areas studied in **Fig.4**.

Based on **Fig.4** it could see character population between populations in Madura Island. Grain length (GL) and fruit length (FL) have strong correlation with Grain length has higher variation. Leaf length (LL), leaf size index (LSI), and leaf width (LW) also have strong correlation with leaf size index (LSI) character highest variation. While the other character that was measured have weak correlation. Long pepper from Banyuwates, Kadur, Raas, Ketapang, Talango, and Gayam (from cluster I) were characterized by LL, LW and LSI that contrast with long pepper from Burneh, Bangkalan, TanjungBumi,

Tragah, Kokop, Sokobanah, Bluto, Guluk-guluk, Manding, Larangan and Blega (from cluster II). Biplot analysis shown that long pepper from Larangan characterized by GL and FL. The differences between long pepper character in the cluster I and II could be influenced by the difference environmental conditions of four districts on the Madura Island such as rainfall, altitude, and soil pH (Haryani et al., 2010).

3.2. Long Pepper Potential as Herbal Medicine

The long Pepper dried fruit was mix with various other traditional herbal medicine as bacterial treatment infections, asthma, stomach cramps, and weak orgasm (Jamal et al., 2013). Long Pepper also has a lot of effects, aphrodisiac, diaphoretic, carminative, sedative, hemanitic, antioxidant, anti-malarial, anti-microbial, anti-cancer, anti-obesity, and also androgenic effects (Evizal, 2013).

Various benefits of long pepper cannot be separated from the content of phytochemicals long Pepper. In the Piperaceae family leaf generally contain a typical volatile oil, flavorful sting like cadinene, chavibetal, chavicol, augenol, terpinyl, and acetate. In addition, the leaves of this plant also contain Piperine compounds, alkaloids, pyridine, sesamin, tannins, and oxalic acid (Dyer et al., 2004). Long pepper leaves also contain anti-bacterial compounds and essential oils that have potential as traditional medicine to treat stomach aches and desserts (Jamal et al. 2013). The fruit contains Piperin, kavisin, Piperitin, asarinin, pellitorin, saponins, polyphenols, essential oils (Piperonal, eugenol, kariofelen, bisabolen, pentadekana), palmitic acid, tetrahydroPiperate, 1-undesilenyl-3, and sesamin (Mun'im, 2011). At the root of the known alkaloid amide include retrofractamide A, B, C, and D (Banerji et al., 2002)

The content of phytochemical long pepper on Madura Island includes Piperin, oleoresin, and volatile oils with varying levels in each region (Rostiana et al., 2003). Nowadays long pepper in Madura island still used as traditional herbal medicine called "Jamu Madura" was well known and enthused around Indonesia. Long Pepper leaves also contain anti-bacterial compound and essential oils which is also used in traditional medicine to treat stomach pain and dessert (Jamal et al., 2013). The facts show that the opportunity for the development of long Pepper still very large to increase the knowledge of long Pepper farmers and herbal medicine industry development.

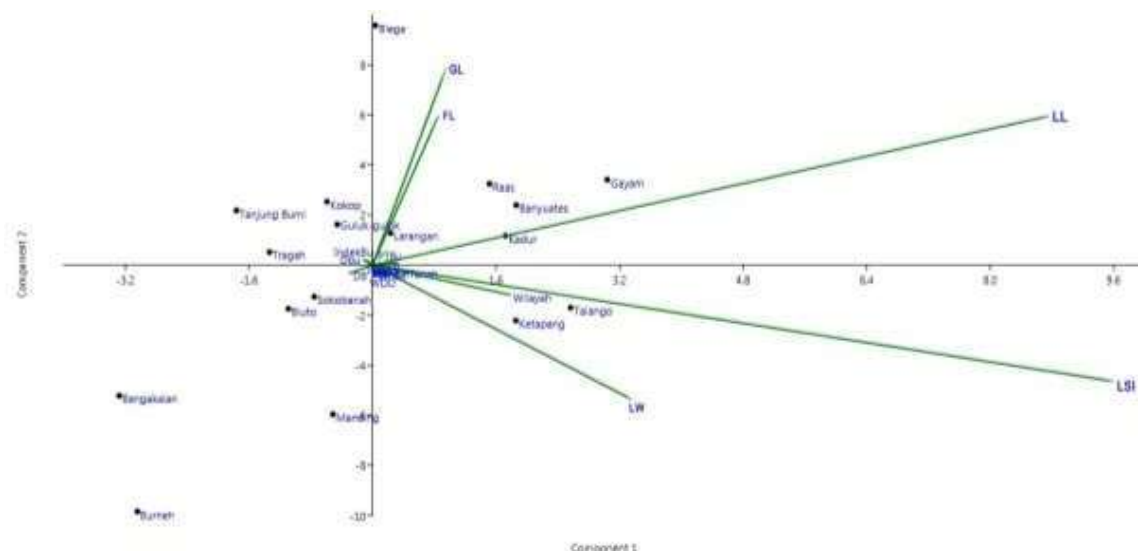


Fig.4 Biplot Analysis of *P. retrofractum*

CONCLUSIONS

The conclusions of morphometric analyze of long pepper and its potential as herbal medicine is

- 1) There are two cluster of long pepper based on morphometric proximity, i.e. long pepper cluster I are Banyuates, Kadur, Raas, Ketapang, Talango, and Gayam with similarity of 95%. Cluster II are Burneh, Bangkalan, Tanjung Bumi, Tragah, Kokop, Sokobanah, Bluto, Guluk-guluk, Larangan, Manding, and Blegaw with 93% similarity.
- 2) Long pepper has potential to be developed as herbal medicine to cure asthma, stomach cramps, and it also has a lot of effects, aphrodisiac, diaphoretic, carminative, sedative, hemanitic, antioxidant, anti-malarial, anti-microbial, anti-cancer, anti-obesity, and also give androgenic effects.

ACKNOWLEDGMENTS

To complete this article there is many parties that give support, spirit, and help researcher. Great appreciation was given to Indonesian Endowment fund for Education which was sponsored and support researcher to arrange this article and give chance to join international conference, beside that researcher also appreciate all the agricultural extension from Bangkalan, Sampang, Pamekasan, and Sumanep who was accompanied researcher during sample data collection.

REFERENCES

- [1] Ariawan, I Made Anom Ariawan, I Putu Eka Nila Kencana, Dan Ni Luh Putu Suciptawati. "Komparasi Analisis Gerombol (Cluster) Dan Biplot Dalam Pengelompokan. *E-Jurnal Matematika* Vol. 2, No. 4." 2013.
- [2] Banerji Avijit, Manjusha Sarkara, Ratna Datta, Piyali Sengupta, Koshy Abraham, "Amides from Piper

- brachystachyum and Piper retrofractum. *Phytochemistry* 59 (2002) 897–901 "2002.
- [3] Dyer, L. A., J. Richards & C.D. Dodson. "Isolation, Synthesis, and Evolutionary Ecology of Piper amides. in *Piper: A model Genus for Studies of Evolution, Chemical Ecology, and Trophic Interactions*. Pp 117-139 Edited by L.A Dyer & A.N. Palmer. Kluwer Academic Publisher, Boston" 2004.
- [4] Evizal Rusdi. 2013 Status Fitofarmakadan Perkembangan Agroteknologi Cabe Jawa (Piper retrofractum Vahl.). *Jurnal Agrotropika* 18(1):34-40.
- [5] Haryani Nanik Suryo, Kustiyo, Rokhishkomaruddin, Parwali. "Perubahan Kerusakan Lahan Pulau Madura Menggunakan Data Penginderaan Jauh dan SIG. *Peneliti Pusbangja, LAPAN. Jurnal Penginderaan Jauh* Vol. 3 No. 1 98-107" 2010.
- [6] Haryudin Wawan, dan Oti Rostiana. "Karakteristik Morfologi Tanaman Cabe Jawa (Piper retrofractum Vahl.) di beberapa sentra produksi. *Buletin Litro*. Vol. 20, No. 1" 2009.
- [7] Jamal, Yuliasri, Pipit Irawati, Ahmad Fathoni, Andria Agusta. "Chemical Constituents And Antibacterial Effect Of Essential Oil Of Javanese Pepper Leaves (Piper Retrofractum Vahl.) Mekanisme Kimiawi Dan Efek Antibakteri Minyak Atsiri Daun Cabe Jawa. *Media Litbangkes* Vol. 23 No. 2, Juni 2013: 65-72" 2013.
- [8] Melatimaya, dan Ismail Shaleh. "Pertumbuhan Cabe Jawa (Piper Retrofractum Vahl.) Perbandingan Berbagai Teknik Pemupukan. *J. Agrivigor* 11(2):195-201, ISSN 1412-2286" 2012.
- [9] Ministry of trade RI. "Indonesian herbal the traditional therapy. www.kemendag.go.id" 2009.
- [10] Mun'im, Abdul, Hanani Endang. "Fitoterapi Dasar. Dian Rakyat: Jakarta" 2011.
- [11] National food and drug agency. "Info Pengawasan Obat dan Makanan, 13 (02) BADAN POM RI: Jakarta" 2012.
- [12] Jadid Nurul, Byan Arasyi Arraniry, Dewi Hidayati, Kristanti Indah Purwani, Wiwi Wikanta, Sylviana Rosyda Hartanti, Rizka Yuanita Rachman. "Proximate composition, nutritional values and phytochemical screening of Piper retrofractum vahl. Fruits. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2018; 8(1): 37-43" 2018.
- [13] Nurwening Etishalekhah. "Indonesian medicinal plants as sources of secondary metabolites for pharmaceutical industry. *J Med Sci*, Volume 48, No. 4, 2016 October: 226-239 "2016.
- [14] Paris, Thomson, Sandra A. Allan, Dav id G. Hall, Matthew G. Hentz, Gabriella Hetes, Philip A. Stansly. "Host plant affects morphometric variation of Diaphorinacitri (Hemiptera: Liviidae). *PeerJ* e2663; DO 10.7717/peerj.26

63. (online). <https://peerj.com/articles/2663/>." November 2016.
- [15] Ravindran, Balakrishnan, Nirmal Babu. "Morphometrical studies on black pepper (*Piper nigrum* L.). I. Cluster analysis of black pepper cultivars. *Journal of Spices and Aromatic Crops* 6(1): 9-20" 1997.
- [16] Rostiana, O., SMD. Rosita, H. Muhamad, Hernani, S. F. Syahid, D. Surachman, dan Nasrun. "*Eksplorasi potensi purwoceng dan cabe/awasetar* perbaikan potensi genetika untuk industri obat tradisional afrodisiak. *Laporan Akhir Tahun*. Balitro Bogor." 2003.
- [17] Vinay Sharma, Kalyani Renuka, Vyas Palak, C.R Harisha, Prajapati P.K. "Pharmacognostical and phytochemical study of *Piper longum* L. and *Piper Retrofractum* Vahl. *Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation*." 2003.
- [18] Zuchri Amin. "Habitat dan Pencirian Tanaman Cabe Jamu (*Piper retrofractum* Vahl.) *Agrovigor* Volume 1, No.1. ISSN 1979-5777" 2008.

