

**KERAGAMAN DAN JARAK GENETIK PADA 20 GENOTIPE
TOMATILLO (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem)
BERDASARKAN KARAKTER MORFOLOGI**

**Oleh:
ERMILA WIDYAELINA**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2019

**KERAGAMAN DAN JARAK GENETIK PADA 20 GENOTIPE
TOMATILLO (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem) BERDASARKAN
KARAKTER MORFOLOGI**

Oleh:

**ERMILA WIDYAEELINA
155040201111075**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT BUDIDAYA PERTANIAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN
MALANG**

2019

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Juli 2019

(Ermila Widyaelina)



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : **Keragaman dan Jarak Genetik pada 20 Genotipe Tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem) Berdasarkan Karakter Morfologi.**

Nama : Ermila Widyaelina

NIM : 155040201111075

Program Studi : Agroekoteknologi

Minat : Budidaya Pertanian

Disetujui oleh:
Pembimbing Utama,

Dr. Budi Waluyo, SP., MP.
NIP. 19740525 199903 1 001

Diketahui,

Ketua Jurusan Budidaya Pertanian

Dr. Ir. Nurul Aini, MS
NIP. 19601012 198601 1 001

Tanggal persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Dr. Noer Rahmi Ardiarini, SP., M.Si
NIP. 19701118 1997022 001

Dr. Darmawan Saptadi, SP., MP.
NIP. 19710708 200012 1 002

Penguji III

Dr. Budi Waluyo, SP., MP.
NIP. 19740525 199903 1 001

Tanggal lulus:

RINGKASAN

Ermila Widyaelina. 155040201111075. Keragaman Karakter dan Jarak Genetik pada 20 Genotipe Tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem) Berdasarkan Karakter Morfologi. Pembimbing Dr. Budi Waluyo, SP., MP.

Physalis ixocarpa Brot. ex Hornem ialah salah satu spesies tanaman yang termasuk dalam keluarga solanaceae. *P. ixocarpa* Brot. ex Hornem atau pada umumnya disebut tomatillo berasal dari daerah Mesoamerika dan merupakan produk pertanian penting di negara Meksiko dan Amerika Tengah. Bagian yang umum dimanfaatkan dari tanaman tomatillo ialah buahnya. Buah Tomatillo yang telah masak dapat dimakan dalam bentuk buah segar, sebagai hiasan makanan, bahan untuk salad, bahan baku selai, jeli dan berpotensi digunakan sebagai sumber antioksidan dan antikanker. Tomatillo mengandung vitamin A dan Vitamin C yang tinggi sehingga potensial untuk dijadikan sumber alternatif asam askorbat. Kandungan nutrisi lain pada buah tomatillo yang bermanfaat bagi kesehatan ialah flavonoid, karotenoid, alkaloid dan terpena. Proses budidaya tomatillo tergolong mudah karena tidak memerlukan perawatan khusus. Buah tomatillo khususnya yang berwarna hijau umum digunakan oleh masyarakat Hispanic sebagai bahan utama pembuatan saus *salsa verde*. Di Indonesia buah tomatillo berpotensi untuk dijadikan sebagai substitusi dari tomat. Tomatillo merupakan tanaman introduksi yang relatif baru dikenal oleh masyarakat Indonesia. Berdasarkan potensi tanaman tomatillo, maka dapat dilakukan peningkatan kapasitas genetik tanaman melalui program pemuliaan tanaman untuk merakit varietas yang potensial. Keragaman dan jarak genetik tanaman tomatillo perlu diketahui untuk mempermudah program pemuliaan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keragaman karakter dan menghitung jarak genetik pada 20 genotipe *P. ixocarpa* Brot. berdasarkan karakter kualitatif dan kuantitatif. Penelitian dilakukan dengan dugaan terdapat keragaman dan jarak genetik yang bervariasi dari 20 genotipe tomatillo yang diuji.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2018 sampai April 2019 yang berlokasi di *Seed Bank Agro Techno Park* Universitas Brawijaya, Desa Jatikerto Kecamatan Kromengan Kabupaten Malang. Penelitian dilakukan berdasarkan metode eksperimental yang disusun berdasarkan rancangan acak kelompok diperluas (*augmented design*) dengan lima kali ulangan untuk tanaman cek. Penelitian terdiri dari 5 blok dan menggunakan 20 genotipe tomatillo. Pengamatan dilakukan pada karakter morfologi tanaman meliputi karakter kualitatif dan kuantitatif antara lain tinggi tanaman pada percabangan pertama, panjang ruas, panjang daun, lebar daun, panjang tangkai daun, diameter bunga, jumlah kepala sari, jumlah bunga pada setiap cabang, jumlah bunga per tanaman, panjang kelopak, diameter kelopak, panjang buah, diameter buah, rasio panjang/diameter, jumlah lokul predominan, panjang tangkai buah, waktu berbunga, waktu panen, waktu masak fisiologi, jumlah buah per tanaman, bobot buah segar dengan kelopak, bobot buah per tanaman, rata-rata bobot buah segar dengan kelopak, rata-rata bobot buah segar tanpa kelopak, padatan terlarut total, keasaman buah, pewarnaan antosianin pada hipokotil, tipe tumbuh, warna antosianin pada ruas, intensitas warna antosianin pada ruas, bulu ruas, bentuk daun, tepi daun, warna daun, intensitas warna hijau daun, posisi tangkai daun, posisi tangkai bunga, bentuk penampang membujur buah, bentuk penampang melintang buah, kedalaman tangkai buah,

bentuk ujung buah, warna utama buah pada saat panen, intensitas warna utama buah pada saat panen, warna utama buah pada saat masak fisiologi, intensitas warna buah pada saat masak fisiologis, warna daging buah, kelenturan kelopak, penutupan buah oleh kelopak, bulu pada kelopak, lekukan pada kelopak, pewarnaan antosianin pada kelopak, intensitas pewarnaan antosianin pada kelopak, ketebalan pangkal tangkai buah, ketegaran buah, ukuran buah, rasio berat/ volume buah, masa simpan, ukuran biji, dan warna biji.

Keragaman karakter kualitatif dan kuantitatif ditentukan berdasarkan *principal component analysis* (PCA) dengan tipe korelasi Pearson. Komponen utama yang berpengaruh pada keragaman total ditemukan dengan *eigenvalue* >1 . Karakter yang berkontribusi terhadap keragaman maksimum ditentukan berdasarkan *factor loading* $>0,6$. Pengelompokan dan jarak genetik dilakukan melalui analisis kluster *agglomerative hierarchical clustering* (AHC) berdasarkan kesamaan menggunakan ukuran korelasi Pearson dan metode aglomerasi *unweighted pair-group method using arithmetic average* (UPGMA).

Analisis keragaman berdasarkan 59 karakter morfologi tanaman, didapatkan 19 komponen utama. 10 komponen utama pertama yang bernilai *eigenvalue* >1 menjelaskan keragaman antar karakter morfologi yang tinggi yaitu 90,62%. *Principal Component* (PC) pertama, yang merupakan komponen paling penting, menjelaskan 27,20% variasi total dan berhubungan dengan karakter jumlah bunga per tanaman, diameter kelopak, panjang buah, diameter buah, waktu panen, waktu masak fisiologis, bobot buah segar dengan kelopak, rata-rata bobot buah segar dengan kelopak, rata-rata bobot buah segar tanpa kelopak, intensitas warna antosianin pada ruas, warna utama buah pada saat panen, warna utama buah pada saat masak fisiologis, intensitas warna utama buah pada saat masak fisiologis, warna daging buah dan pewarnaan antosianin pada kelopak. PC2 menyumbang 18% dari total variasi dan karakter dengan nilai terbesar pada komponen ini adalah panjang tangkai daun, diameter kelopak, diameter buah, jumlah buah per tanaman, bobot buah per tanaman, dan masa simpan. PC3 menyumbang 9,56% dan terkait dengan karakter posisi tangkai daun dan ukuran biji. PC4 menyumbang 8,77% dari total keragaman dengan karakter yang berpengaruh yaitu waktu berbunga, tepi daun, dan lekukan pada kelopak. PC5 menyumbang 7,46% dari total keragaman. PC6 menyumbang 6,17% dari total keragaman dengan karakter yang berpengaruh yaitu keasaman buah. PC7 menyumbang 4,05% dari total keragaman terkait dengan karakter tinggi tanaman pada percabangan pertama, PC8 memberikan 3,38% dari total keragaman. PC9 memberikan 3,24% dari total keragaman, dan PC10 memberikan 2,45% dari total keragaman terkait dengan karakter ukuran buah. Seluruh genotipe memiliki kemiripan pada nilai 89,4% dan terbagi menjadi 3 kelompok pada nilai kemiripan 96,4%. Jarak genetik antar kelompok pertama dan kedua sebesar 0,026, antara kelompok kedua dan ketiga sebesar 0,032, dan antara kelompok pertama dan ketiga sebesar 0,081. Genotipe yang memiliki kemiripan paling tinggi atau jarak genetik paling dekat adalah Pixa[P14] dan Pixa[P22] serta Pixa[G35] dan Pixa[GY21]. Kedua pasang genotipe tersebut memiliki nilai kemiripan 99,5% atau jarak genetik sebesar 0,005. Genotipe yang memiliki jarak genetik terjauh yaitu Pixa[P35] dan Pixa[GY11] dengan nilai kemiripan sebesar 81,8% atau memiliki jarak genetik sebesar 0,182.

SUMMARY

Ermila Widyaelina. 155040201111075. Variability and Genetic Distance in 20 Tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem) Genotypes Based on Morphological Characters. Supervisor by Dr. Budi Waluyo, SP., MP.

Physalis ixocarpa Brot. ex Hornem is a species include in Solanaceae family. *P. ixocarpa* Brot. ex Hornem or generally called tomatillo originated from the Mesoamerican region and it is an important agricultural product in the countries of Mexico and Central America. Tomatillo's fruit is the most commonly consumed part of the tomatillo plant. Mature Tomatillo fruit can be eaten in fresh fruit, as a food decoration, ingredients for salads, jam, jelly and potentially used as a source of antioxidants and anticancer. Tomatillos contain high levels of vitamin A and Vitamin C so it's potential to be used as an alternative source of ascorbic acid. Other nutrients in tomatillo fruit that are beneficial to health are flavonoids, carotenoids, alkaloids and terpenes. Tomatillo cultivation is relatively easy because it does not require special nursery. Tomatillo fruits, especially green tomatillo, are commonly used by Hispanic people as the main ingredient in making salsa verde sauce. In Indonesia tomatillos have the potential to be used as substitutes for tomatoes. Tomatillo is newly introduction plant in Indonesia. Based on the potential of tomatillo plants, it possible to increase the genetic capacity of plants through plant breeding programs to assemble potential varieties. Variability and genetic distance of tomatillo plants need to be known to facilitate plant breeding programs. This study aims to determine the variability and genetic distances of 20 genotypes *P. ixocarpa* Brot. ex Hornem based on qualitative and quantitative characters. The study was carried out with the assumption that there were variability and genetic distances that varied from 20 tomatillo genotypes tested.

The research conducted from December 2018 to April 2019 which is located at Seed Bank Agro Techno Park Brawijaya University, Jatikerto Village, Kromengan District, Malang Regency. Research was conducted based on augmented design experimental method with five replications for check plants. Research consisted of 5 blocks and used 20 tomatillo genotypes. Observations were made on plant morphological characters including qualitative and quantitative characters which are plant height in the first branch, length of internodes, leaf length, leaf width, length of petioles, flower diameter, number of anthers, number of flowers on each branch, number of flowers in a plant, length of calyx, diameter of calyx, fruit length, fruit diameter, ratio of fruit length per diameter, predominant number of locule, length of peduncle, flowering time, time of harvest maturity, time of physiological maturity, number of fruits in a plant, fresh weight of fruit with calyx, weight of fruit in a plant, average of fruit fresh weight with calyx, average of fruit fresh weight without calyx, total dissolved solids (%Brix), fruit acidity (pH), anthocyanin coloration of hypocotyl, growth habit, anthocyanin coloration of internodes, intensity of anthocyanin coloration of internodes, pubescence of internodes, leaf shape, dentation of leaf margins, leaf color, intensity of leaf green color, attitude of petioles, attitude of pedicel, fruit shape in longitudinal section, fruit shape in cross section, depth of fruit stalk cavity, shape of fruit apex, fruit main color at harvest maturity, intensity of fruit main color at harvest maturity, fruit main color at physiological maturity, intensity of fruit color at physiological maturity,

flesh color of fruit, adherence of calyx , fruit closure of calyx, calyx pubescence, calyx ribbing, anthocyanin coloration of calyx , intensity of anthocyanin coloration of calyx, thickness of peduncle at the fruit end, fruit firmness, fruit size, ratio of fruit weight per volume, shelf life, seed size, and seed color.

Variability is determined based on principal component analysis (PCA) with Pearson correlation. The main components that affects total variability are determined with *eigenvalue* >1. Characters that contribute to maximum variability are determined based on *factor loading* >0.6. Genetic distance and clustering analysis were carried out through agglomerative hierarchical clustering (AHC) based on similarities with Pearson correlation and unweighted pair-group method using arithmetic average (UPGMA).

Principal component analysis based on 59 morphological characters, obtained 19 main components. The first 10 main components which have *eigenvalue* >1 explain high variability between characters with similarity coefficient of 90.62%. The first principal component (PC), which most contribute to principal component, explained 27.20% of total variation. It is related to number of flowers in a plant, diameter of calyx, fruit length, fruit diameter, time of harvest maturity, time of physiological maturity, fresh weight of fruit with calyx, average of fruit fresh weight with calyx, average of fruit fresh weight without calyx, intensity of anthocyanin coloration of internodes, fruit main color at harvest maturity, fruit main color at physiological maturity, intensity of fruit color at physiological maturity, flesh color of fruit , and anthocyanin coloration of calyx. PC2 accounted for 18% of total variation. characters with the largest values in this main component are length of petioles, diameter of calyx, fruit diameter, number of fruits in a plant, fruit weight in a plant, and shelf life. PC3 accounted for 9.56% of variation and it is related with attitude of petiole and seed size. PC4 accounted for 8.77% of total variation. It is related with flowering time, dentation of leaf margin, and calyx ribbing. PC5 accounted for 7.46% of total variation. PC6 accounted for 6.17% of total variation related with fruit acidity. PC7 accounted for 4.05% of total variation related with plant height in the first branch. PC8 explained 3.38% of total variation. PC9 explained 3.24% of total variation, and PC10 explained 2.45% of total variation related with fruit size. 20 tomatillo genotypes are similar at 89,4% of similar coefficient and divided into 3 clusters at 96,4% of similar coefficient. Genetic distance between first and second group is 0,026. Genetic distance between second and third group is 0,032. Genetic distance between first and third group is 0,081. The most similar genotype are Pixo[P14] and Pixo[P22] also Pixo[G35] and Pixo[GY21]. Both genotype pairs have 99,5 of similar coefficient or 0,005 of genetic distance. The most different genotype pair is Pixo[P35] and Pixo[GY11] which have similar coefficient of 81,8% or 0,182 of genetic distance.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada nabi Muhammad SAW. skripsi ini berisikan tentang “Keragaman dan Jarak Genetik pada 20 Genotipe Tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem) Berdasarkan Karakter Morfologi”. Diharapkan skripsi ini dapat memberikan informasi dan menambah wawasan kepada kita semua.

Penulisan skripsi ini juga tak lepas dari doa, dukungan, dan bantuan berbagai pihak. Pada kesempatan ini pula penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Budi Waluyo, SP., MP selaku Dosen Pembimbing Skripsi, ibu Dr. Ir. Nurul Aini, MS selaku Ketua Jurusan Budiaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan moril maupun materil yang tiada henti, seluruh teman-teman seperjuangan di Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, serta semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini dari awal sampai akhir. Semoga Allah SWT senantiasa meridhai segala usaha kita. Semoga dengan ini dapat memberikan sumbangan bagi pengembangan ilmu dan pengetahuan tentang pemuliaan tanaman tomatillo di Indonesia.

Malang, Juli 2019

Ermila Widyaelina

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir pada tanggal 20 November 1996 di Sidoarjo dan merupakan anak keempat dari empat bersaudara, putri dari Kasiadi dan Sriatin. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SD Negeri Kemuning pada tahun 2003-2009. Kemudian pada tahun 2009-2012 menyelesaikan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Tarik dan menengah awal di SMA Negeri 2 Kota Mojokerto pada tahun 2012-2015. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi negeri melalui seleksi nasional masuk perguruan tinggi negeri (SNMPTN) pada tahun 2015 dan diterima di program studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Selama menempuh perkuliahan, penulis pernah mengikuti unit kegiatan mahasiswa yaitu Himpunan Mahasiswa Budidaya Pertanian (HIMADATA) sebagai ketua departemen keprofesian pada tahun 2017-2018. Selain itu kepanitiaan yang pernah diikuti adalah program kerja departemen keprofesian Himpunan Mahasiswa Budidaya Pertanian yaitu Pengabdian masyarakat Kampus Tani sebagai *Steering Committee* dan program pelatihan *Agronomy Class* sebagai koordinator divisi logistik. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah dasar budidaya tanaman dan genetika tanaman pada tahun 2016 bioteknologi tanaman pada tahun 2017 dan pemuliaan tanaman pada tahun 2018. Selain organisasi internal kampus, penulis pernah mengikuti kegiatan ekstra kampus seperti perlombaan International Innovation and Invention Competition di Taiwan dan mendapatkan gold medal pada tahun 2017.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
1. PENDAHULUAN.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Tujuan.....	Error! Bookmark not defined.
1.3 Hipotesis.....	Error! Bookmark not defined.
2. TINJAUAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
2.1 Taksonomi dan Morfologi Tomatillo	Error! Bookmark not defined.
2.2 Keragaman Genetik Tomatillo	Error! Bookmark not defined.
2.3 Jarak Genetik	Error! Bookmark not defined.
3. BAHAN DAN METODE	Error! Bookmark not defined.
3.1 Tempat dan Waktu	Error! Bookmark not defined.
3.2 Alat dan Bahan	Error! Bookmark not defined.
3.3 Metode Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.4 Pelaksanaan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5 Pengamatan	Error! Bookmark not defined.
3.6 Analisa Data	Error! Bookmark not defined.
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
4.1 Hasil.....	Error! Bookmark not defined.
4.2 Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
5. KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Intensitas pewarnaan antosianin pada ruas tomatillo	Error! Bookmark not defined.
2.	Warna utama buah tomatillo pada saat masak fisiologis	Error! Bookmark not defined.
3.	Warna utama buah tomatillo pada saat panen yaitu	Error! Bookmark not defined.
4.	Warna daging buah tomatillo	Error! Bookmark not defined.
5.	Pewarnaan antosianin pada kelopak buah tomatillo	Error! Bookmark not defined.
6.	Posisi tangkai daun tomatillo	Error! Bookmark not defined.
7.	Ukuran biji tomatillo	Error! Bookmark not defined.
8.	Tepi daun tomatillo.	Error! Bookmark not defined.
9.	Lekukan kelopak tanaman tomatillo	Error! Bookmark not defined.
10.	Ukuran buah tomatillo.....	Error! Bookmark not defined.
11.	Dendrogram 20 genotipe tomatillo	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Genotipe tomatillo (<i>P. ixocarpa</i> Brot. ex Hornem).	Error! Bookmark not defined.
2.	Variabel Kuantitatif dan Pelaksanaan Pengamatan.....	Error! Bookmark not defined.
3.	Variabel Kualitatif dan Pelaksanaan Pengamatan.....	Error! Bookmark not defined.
4.	<i>Eigenvalue</i> , Keragaman, keragaman kumulatif, dan <i>factor loading</i> 20 genotipe tomatillo berdasarkan karakter morfologi.	Error! Bookmark not defined.



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
1.	Denah Percobaan.....	Error! Bookmark not defined.
2.	Denah Populasi Tanaman dalam Satu Satuan Percobaan.	Error! Bookmark not defined.
3.	Cara pengamatan Karakter Morfologi Tomatillo	Error! Bookmark not defined.
4.	Hama dan Penyakit yang Menyerang Selama Penelitian	Error! Bookmark not defined.





1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem) ialah tanaman dari keluarga Solanaceae yang berasal dari daerah Mesoamerika dan banyak dibudidayakan di berbagai negara. Tomatillo merupakan produk pertanian penting di negara Meksiko dan Amerika Tengah (Kindscher *et al.*, 2012). Bagian yang bisa dikonsumsi dari tanaman tomatillo ialah buahnya. Buah tomatillo dapat dimakan dalam bentuk buah segar, sebagai hiasan makanan, bahan untuk salad, bahan baku selai dan jeli. Spesies-spesies tanaman hortikultura yang memiliki ukuran buah kecil pada umumnya memiliki senyawa fenolik, flavonoid, dan antosianin yang tinggi. Tomatillo termasuk salah satunya karena mengandung β -karoten, tinggi kandungan padatan terlarut, flavonoid, karotenoid, alkaloid dan terpena yang bermanfaat bagi kesehatan (Silva *et al.*, 2016). Budidaya tomatillo tidak memerlukan perawatan khusus. Tomatillo berpotensi dikembangkan secara industri sebagai sumber antioksidan dan antikanker karena kandungan vitamin A dan Vitamin C yang tinggi (Singh *et al.*, 2014). Buah tomatillo yang berwarna hijau umum digunakan oleh masyarakat Hispanik sebagai bahan utama pembuatan saus *salsa verde* menggantikan fungsi dari buah tomat karena memiliki rasa manis dan aroma yang khas atau *acid sweet* (Robledo-Torres *et al.*, 2011).

Tomatillo baru diintroduksi ke Indonesia sehingga belum dikembangkan secara masif (Zanetta dan Waluyo, 2018). Masyarakat belum banyak yang mengetahui dan mengenal tanaman tomatillo. Beberapa lapisan masyarakat yang memiliki hobi bercocok tanam mulai menanam tomatillo sebagai tanaman eksotis di pekarangan rumah. Salah satu kendala dalam pengembangan tomatillo di Indonesia ialah minimnya ketersediaan genotipe lokal dan belum adanya varietas tomatillo yang berasal dari Indonesia. Benih tomatillo yang ditanam di Indonesia diimpor dari berbagai negara terutama Meksiko.

Berdasarkan kandungan nutrisi dan potensi lain yang dimiliki tanaman tomatillo, menunjukkan bahwa tomatillo memiliki prospek yang baik untuk dikembangkan di Indonesia. Perakitan varietas tomatillo yang dapat beradaptasi di

Indonesia perlu dilakukan. Tahap awal yang dapat dilakukan dalam merakit varietas tomatillo adalah dengan melakukan peningkatan kapasitas genetik melalui program pemuliaan tanaman. Peningkatan kapasitas genetik dapat lebih mudah dilakukan dengan mengetahui keragaman dan jarak genetik dari koleksi genotipe tomatillo yang dimiliki. Keragaman karakter ialah variasi genetik yang terdapat di dalam satu spesies dalam suatu populasi. Jarak genetik ialah selisih genetik yang terdapat pada populasi yang masih satu spesies atau antar spesies.

Analisis keragaman karakter tanaman dapat dilakukan melalui berbagai jenis marka, salah satunya dapat dilakukan melalui pengamatan karakter morfologi tanaman yang meliputi karakter kuantitatif dan kualitatif tanaman. Keragaman karakter tanaman selanjutnya dapat digunakan sebagai dasar pengelompokan genetik untuk mengetahui jarak genetik dari genotipe-genotipe yang diamati. Keragaman dan jarak genetik diperlukan dalam program pemuliaan tanaman tomatillo karena dapat digunakan sebagai dasar seleksi dan peningkatan kapasitas genetik untuk perakitan varietas unggul baru.

1.2 Tujuan

1. Mengidentifikasi keragaman antar karakter morfologi pada 20 genotipe tomatillo.
2. Mengidentifikasi keragaman antar genotipe pada 20 genotipe tomatillo berdasarkan nilai jarak genetik.

1.3 Hipotesis

1. Karakter morfologi dari 20 genotipe tomatillo memiliki nilai keragaman yang tinggi.
2. Jarak genetik dari 20 genotipe tomatillo berdasarkan karakter morfologi bervariasi.



TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Taksonomi dan Morfologi Tomatillo

Tanaman Tomatillo diklasifikasikan dalam dunia tumbuh-tumbuhan sebagai berikut, Kingdom Plantae, Subkingdom Tracheobionta, Superdivisi spermatophyta, Divisi Magnoliophyta, Kelas Magnoliopsida, Subkelas Asteridae, Ordo Solanales, Family Solanaceae, Subfamily Solanoideae, Genus *Physalis*, Spesies *Ixocarpa* Brot ex. Hornem (Sharma *et al.*, 2015).

Tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem) tergolong tanaman herbaceous semusim yang dapat tumbuh dengan kisaran tinggi antara 90-120 cm (Sharma *et al.*, 2015). *P. ixocarpa* Brot. ex Hornem termasuk jenis tanaman hari menengah yang membutuhkan penyinaran cahaya matahari selama kurang lebih 12 jam untuk mampu berkembang (Singh *et al.*, 2013). Memiliki ukuran percabangan dan daun yang kecil, tidak berbulu. Ukuran diameter bunga tomatillo pada saat mekar sempurna sekitar 1,9 cm atau lebih dengan tepi bunga berwarna kuning dan bagian tengah bunga berwarna kecoklatan. Siklus hidup *P. ixocarpa* Brot. ex Hornem berkisar antara 4-5 bulan (Singh *et al.*, 2013).

Buah tomatillo pada umumnya memiliki ukuran diameter buah yang bervariasi berkisar antara 1-4.5 cm. Ukuran buah yang besar mendesak kelopak tomatillo sehingga kelopak terlihat sesak atau terbuka. Ketika matang kulit buah tomatillo berwarna hijau, kuning, ungu, atau yang lebih langka berwarna kemerahan. Daging buah tomatillo berwarna kuning pucat sampai keunguan, bertekstur renyah dan memiliki rasa manis yang sedikit asam. Secara umum karakter morfologi buah tomatillo menyerupai buah tomat yang berukuran kecil (Morton dan Russell, 1953). Bunga tanaman tomatillo memiliki ovarium yang terletak di atas dasar bunga atau berovarium superior. Ovarium tanaman Tomatillo tergolong sincarpus yaitu terbentuk dari penggabungan dua atau tiga daun buah (carpela) pada bagian lateral tanaman. Beberapa *P. ixocarpa* Brot. ex Hornem memiliki semburat warna ungu gelap yang tampak pada bagian buah yang tidak tertutup oleh kelopak (Kindscher *et al.*, 2012).

2.2 Keragaman Genetik Tomatillo

Keragaman genetik ialah variasi genetik yang terdapat di dalam satu spesies dalam suatu populasi yang dapat digunakan sebagai langkah pertama dalam program pemuliaan tanaman (Kumar *et al.*, 2017). Variasi genetik pada suatu spesies ada karena setiap individu memiliki bentuk-bentuk gen yang khas. Variasi genetik penting bagi individu, populasi atau spesies dalam berbagai hal, salah satunya keragaman dapat menentukan tingkat adaptasi suatu spesies terhadap perubahan lingkungan (Zamora-Tavares *et al.*, 2014). Semakin rendah keragaman maka semakin rentan suatu spesies untuk menjadi punah (Kumar *et al.*, 2017).

P. ixocarpa Brot. ex Hornem memiliki keragaman pada karakter ukuran buah, warna buah dan rasa buah (Hernando Bermejo J.E dan León J., 1994). Karakter lain yang beragam adalah berat buah total, jumlah buah, dan rata-rata berat buah tanaman (Freyre *et al.*, 2000). Karakter morfologi yang penting dalam diferensiasi aksesori tomatillo adalah tinggi tanaman, kandungan klorofil total, dan panjang akar serta luas daun (Khan *et al.*, 2019). Buah tomatillo memiliki warna yang beragam diantaranya berwarna hijau, kuning, oranye, ungu, atau merah. Ukuran buah tomatillo memiliki ukuran yang bervariasi antara 2,5 - 5 cm (Weeks, 2019).

Tomatillo memiliki waktu berbunga dan berbuah yang berbeda secara signifikan. Waktu muncul kuncup bunga maksimum yang diamati adalah 29,33 hari dan minimum 21,00 hari. Waktu maksimum yang dibutuhkan untuk bunga mekar adalah 37,67 hari, sedangkan minimum 28,67 hari. Jumlah bunga dominan maksimum ialah sejumlah 26,67, sementara itu jumlah bunga dominan minimum adalah 20,00. Panjang buah maksimum tercatat 35,10 mm dan minimum tercatat 22,71 mm. Lebar buah maksimum 38,49 mm dan minimum 25,62 mm. Waktu terbentuknya buah tercatat maksimum 66,00 hari, sedangkan minimum dicatat 46,00 hari. Panjang kelopak buah maksimum 29,67 mm dan minimum 18,38 mm. Panjang tangkai buah maksimum 17,19 mm, namun panjang buah minimum 12,98 mm. Jumlah buah per tanaman maksimum sejumlah 260,67, sedangkan minimum sejumlah 183,33. Waktu masak panen maksimum adalah 75,00 hari setelah tanam, sedangkan waktu masak panen minimum adalah 60 hari setelah tanam. Hasil buah per tanaman tertinggi adalah 9,69 kg, sedangkan hasil buah terendah adalah 3,52 kg (Singh *et al.*, 2013).

2.3 Jarak Genetik

Jarak genetik ialah selisih genetik yang terdapat pada populasi yang masih satu spesies atau antar spesies (Nei, 1972). Jarak genetik pada suatu spesies dapat diukur menggunakan berbagai parameter, salah satunya menggunakan parameter morfologi tanaman yang meliputi karakter kualitatif dan kuantitatif tanaman (Camussi, 1985). Jarak genetik yang semakin kecil menunjukkan hubungan genetik yang dekat dan semakin jauh jarak genetik menunjukkan hubungan genetik yang jauh (Yu *et al.*, 2005). Jarak genetik berfungsi untuk membandingkan persamaan genetik antar spesies yang berbeda dan dalam spesies. Jarak genetik juga dapat digunakan untuk mengukur selisih genetik pada tingkat subspecies (Dogan dan Dogan, 2016). Jarak genetik dapat digunakan untuk mengamati perbedaan antar genotipe tanaman berdasarkan karakter yang tampak (Arunachalam, 1981).

Jarak genetik dapat dianalisis menggunakan *Principal component analysis* (PCA) dan *Aglomeratif Hierarchical Clustering* (AHC). PCA digunakan untuk pengelompokan genotipe atau kelompok tanaman berdasarkan keragaman karakter yang dimiliki dengan *eigenvalue* >1. *Eigenvalue* ialah nilai yang menunjukkan besarnya pengaruh suatu variabel terhadap pembentukan karakter matriks. *Aglomeratif Hierarchical Clustering* (AHC) digunakan dalam pengelompokan berdasarkan nilai kemiripan suatu karakter (Tresniawati dan Randriani, 2008). Dalam mempelajari populasi tanaman dapat dilakukan dengan mengelompokkan individu-individu yang memiliki kemiripan karakter. Kemiripan karakter tersebut berguna dalam pemuliaan tanaman terutama dalam kegiatan perakitan varietas unggul baru. Jarak genetik berguna untuk membantu pemuliaan tanaman dalam mengelola plasma nutfah, meningkatkan efisiensi genotipe yang diteliti serta menunjukkan kombinasi tetua dalam persilangan tanaman. Jarak genetik yang semakin kecil menunjukan tingkat kekerabatannya semakin dekat, sedangkan semakin jauh jarak genetik maka semakin jauh kekerabatan suatu genotipe (Higgs dan Derrida, 1992).

Jarak genetik yang luas dan penampilan karakter hasil dan kualitas buah dapat dijadikan pedoman dalam kegiatan seleksi tetua (Yoo dan Shahlaei, 2018). Penampilan hibrida hasil persilangan dari masing-masing calon tetua dapat diduga melalui jarak genetik. Jarak genetik digunakan untuk membantu menetapkan galur

murni dalam mengidentifikasi hibrida yang berpotensi hasil tinggi (Shlens, 2014). Estimasi jarak genetik berdasarkan data morfologi tanaman dapat menentukan kemampuan adaptasi suatu genotipe akibat proses seleksi alam yang mempengaruhi kenampakan suatu karakter morfologi tersebut (Lomelí *et al.*, 2004). Pendekatan Korelasi Pearson ialah pendekatan yang digunakan untuk memprediksi ketepatan suatu genom yang dapat berpasangan (Ilin dan Raiko, 2010).

Pengelompokkan genotipe tanaman dapat dilakukan secara *hierarchial* dan *non hierarchial*. Pengelompokkan ini digunakan untuk mengukur jarak genetik setiap individu. Analisis yang sering digunakan pada pengelompokkan tanaman berdasarkan jarak genetik yaitu analisis *clustering hierarchial* atau biasa disebut *agglomerative hierarchial*. Pada metode tersebut setiap individu digabungkan dalam suatu kelompok secara berurutan. Sedangkan pada *non hierarchial* pengelompokkan individu tidak ditampilkan dalam bentuk dendrogram.





BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2018 sampai April 2019 yang bertempat di dalam *Green House Seed Bank Agro Techno Park* Universitas Brawijaya, Desa Jatikerto Kecamatan Kromengan Kabupaten Malang. Ketinggian tempat *Seed Bank Agro Techno Park* Universitas Brawijaya adalah 303 meter diatas permukaan laut, dengan suhu minimum 13°C dan maksimum 31°C. Rata-rata curah hujan tahunan pada lokasi penelitian sebesar 1600 sampai dengan 5000 mm per tahun (Satriatama, 2016).

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu cangkul sebagai alat untuk mengolah tanah, gunting, alat tulis untuk mencatat hasil pengamatan, timbangan analitik sebagai alat pengukur berat, jangka sorong untuk mengukur diameter, refraktometer untuk mengetahui jumlah padatan terlarut dari buah Tomatillo, meteran ukur, penggaris untuk mengukur panjang bagian tanaman, sprayer sebagai alat untuk aplikasi pestisida, tali gawar, ajir bambu untuk menegakkan tanaman, deskriptor *illustrated guidelines for the description of husk tomato (Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem) *varieties* (Lomeli *et al.*, 2011) untuk mengamati keragaman karakter tanaman dan kamera digital untuk dokumentasi.

Bahan tanam yang digunakan dalam penelitian yaitu dua puluh genotipe Tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem). Tanaman berasal dari hasil seleksi galur murni. Tiga genotipe tomatillo dari dua puluh genotipe yang diamati digunakan sebagai tanaman pembanding atau cek. Genotipe pembanding yang digunakan yaitu Pixo[P15] sebagai genotipe pembanding pertama dengan karakter buah berwarna ungu, Pixo[G35] sebagai genotipe pembanding kedua dengan karakter buah berwarna hijau, dan Pixo[GY15] sebagai genotipe pembanding yang ketiga dengan karakter buah berwarna hijau kekuningan. Bahan lain yang digunakan dalam penelitian yaitu air, pupuk kandang untuk campuran media semai, pupuk NPK (16-16-16), kotak semai sebagai tempat penyemaian benih tomatillo, kertas label, dan pestisida.

Genotipe tomatillo yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Genotipe Tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem) yang diuji dan genotipe tanaman pembanding.

No.	Genotipe	Asal	Keterangan
1	Pixo [GRT1]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
2	Pixo [GRT2-2]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
3	Pixo [GRT5]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
4	Pixo [P13]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
5	Pixo [P14]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
6	Pixo [P15]	Seleksi galur murni	Genotipe cek pertama
7	Pixo [P22]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
8	Pixo [P32]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
9	Pixo [P34]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
10	Pixo [P35]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
11	Pixo [G15]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
12	Pixo [G23]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
13	Pixo [G25]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
14	Pixo [G35]	Seleksi galur murni	Genotipe cek kedua
15	Pixo [GY11]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
16	Pixo [GY14]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
17	Pixo [GY15]	Seleksi galur murni	Genotipe cek ketiga
18	Pixo [GY21]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
19	Pixo [GY33]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji
20	Pixo [GY35]	Seleksi galur murni	Genotipe yang diuji

3.3 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan berdasarkan metode eksperimental yang disusun berdasarkan rancangan acak kelompok diperluas (*augmented design*) (Jambormias *et al.*, 2013) dengan lima kali ulangan untuk tanaman pembanding. Penelitian terdiri dari lima blok dan menggunakan dua puluh genotipe tomatillo. Jumlah tanaman yang ditanam dari setiap genotipe berjumlah lima tanaman.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

a. Penyemaian Benih Tomatillo

Benih tanaman tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem) disemai dalam media yang terdiri dari campuran tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1. Benih disemai dalam kotak semai. Ditanam 8 benih untuk setiap genotipe. Penyiraman dilakukan satu kali sehari untuk menjaga kelembaban media semai sehingga sesuai untuk perkecambahan benih tomatillo. Perawatan dilakukan hingga bibit siap untuk dipindah tanam di rumah kaca. Bibit yang siap untuk dipindah

tanam ialah bibit yang telah membentuk daun ketiga atau sekitar 14 hari setelah semai.

b. Pengolahan Lahan

Lahan yang akan digunakan untuk menanam tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem) dibersihkan dari gulma dan sisa penanaman sebelumnya. Pengolahan lahan dilakukan dengan menggunakan cangkul. Tanah yang telah dibersihkan dari gulma dan telah digemburkan kemudian dibuat plot dengan ukuran 200 cm x 160 cm.

c. Penanaman

Bibit tanaman tomatillo yang telah disemai sebelumnya, dipindah tanamkan ke lahan setelah tumbuh daun ketiga atau sekitar 14 hari setelah semai (Muniz *et al.*, 2014). Bibit ditanam dengan jarak tanam 40 cm antar tanaman dalam satu genotipe dan 160 cm untuk antar tanaman pada genotipe yang berbeda. Penanaman dilakukan pada sore hari untuk mengurangi cekaman akibat evapotranspirasi pada tanaman dan meningkatkan kemampuan adaptasi bibit tomatillo. Bibit yang ditanam ialah bibit yang dalam keadaan baik dan bebas dari hama penyakit. Jumlah bibit yang ditanam ialah satu bibit per lubang tanam. Setelah dipindah tanam, bibit disiram air secukupnya untuk mengkondisikan tanah agar kadar air tanah tidak kurang dari kapasitas lapang.

d. Pengairan

Pemberian air untuk tanaman dilakukan melalui irigasi tetes untuk memudahkan dan menghemat waktu perawatan. Pengairan dilakukan setiap hari yaitu pada waktu pagi hari. Sistem irigasi diaktifkan selama dua jam setiap harinya pada pukul 06.00-08.00.

e. Pemupukan

Pemupukan tanaman tomatillo dilakukan sebanyak dua kali selama satu musim tanam. Pemupukan pertama dilakukan pada 7 hari setelah tanam. Pemupukan kedua dilakukan pada saat 28 hari setelah tanam. Pupuk yang digunakan adalah pupuk NPK Mutiara (16-16-16). Pemupukan dilakukan dengan dosis 89,6 kg.ha⁻¹ P, 168 kg.ha⁻¹ N dan 168 kg.ha⁻¹ K (Smith dan Jimenez, 1999). Pemupukan dilakukan dengan cara dibenamkan ke dalam tanah sedalam 5 cm dibawah permukaan tanah dengan jarak 5-10 cm dari batang tanaman.

f. Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan tanaman meliputi penyulaman, pembumbunan dan pemasangan ajir. Penyulaman dilakukan pada tujuh hari setelah tanam, bertujuan agar tidak ada perbedaan umur tanam yang terlalu jauh. Pembumbunan dilakukan pada waktu tanaman berusia 15 dan 35 hari setelah tanam dengan mencangkul tanah disamping kiri dan kanan tanaman untuk dibuat alur sedalam 22-25 cm. Pemasangan ajir dilakukan pada tiga hari setelah pindah tanam agar tanaman tomatillo tidak roboh dan tidak merusak perakaran yang sedang berkembang.

g. Pengendalian organisme pengganggu tanaman

Pengendalian organisme pengganggu tanaman dilakukan setiap hari secara mekanis. Pengendalian secara mekanis dilakukan untuk mencegah perkembangan dan peningkatan serangan organisme pengganggu tanaman. Aplikasi pestisida dilakukan apabila serangan organisme pengganggu tanaman telah mencapai ambang ekonomi atau tidak mampu dikendalikan secara mekanis.

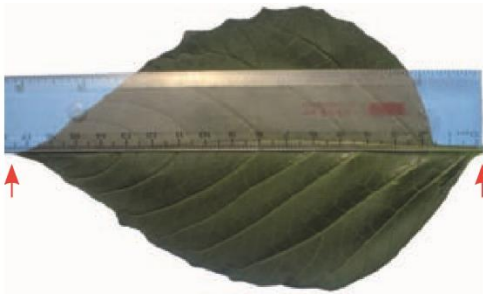
h. Panen

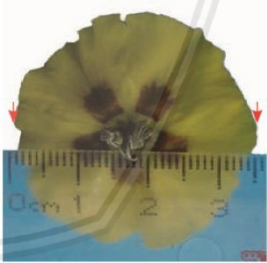
Pemanenan buah tomatillo dilakukan pada saat buah menunjukkan ciri-ciri masak fisiologis atau pada saat buah berada pada akhir fase *ripening* yaitu pada saat kelopak buah sudah terbuka dan kelopak telah berubah warna atau sekitar 60-100 hari setelah tanam untuk tomatillo hijau, 70 hari setelah tanam untuk tomatillo ungu dan 60-75 hari setelah tanam untuk tomatillo hijau kekuningan. Panen dapat dimulai sekitar 35-45 hari setelah anthesis (Weeks, 2019).

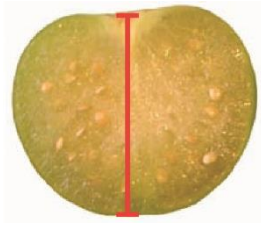
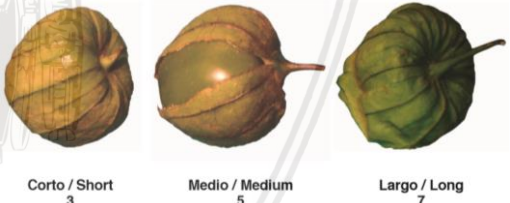
3.5 Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada karakter morfologi yang meliputi karakter kualitatif dan kuantitatif pada 125 tanaman dari 20 genotipe tomatillo baik pada fase vegetatif maupun generatif. Pengamatan dilakukan berdasarkan deskriptor *illustrated guidelines for the description of husk tomato (P. ixocarpa Brot. ex Hornem) varieties*:

Tabel 2. Variabel kuantitatif dan pelaksanaan pengamatan morfologi tanaman tomatillo (*P. ixocarpa* Brot ex. Hornem).

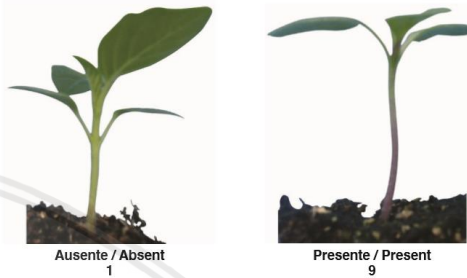
No	Karakteristik	Pengamatan
1.	Tinggi tanaman pada percabangan pertama (cm)	Diamati pada saat akhir fase generatif tanaman. 
2.	Panjang ruas (cm)	Diukur pada saat akhir fase vegetatif tanaman, pada ruas setelah percabangan pertama. 
3.	Panjang daun (cm)	pengukuran dilakukan dari ujung hingga pangkal daun pada daun kelima dari titik tumbuh daun. 

No	Karakteristik	Pengamatan
4.	Lebar daun (cm)	pengukuran dilakukan di bagian daun yang paling lebar pada daun kelima dari titik tumbuh daun. 
5.	Panjang tangkai daun (cm)	pengukuran dilakukan pada ujung hingga pangkal tangkai daun, pada daun kelima dari titik tumbuh daun. 
6.	Diameter bunga (cm)	Diukur pada bagian bunga yang paling lebar. 
7.	Jumlah bunga per tanaman (buah)	Dihitung dari awal tanaman berbunga hingga akhir masa generatif tanaman.
8.	Panjang kelopak (cm)	Diukur dari ujung hingga pangkal kelopak buah.
9.	Diameter kelopak (cm)	Diukur pada bagian kelopak buah yang paling lebar.

No	Karakteristik	Pengamatan
10.	Panjang buah (cm)	Diukur dari ujung hingga pangkal buah 
11.	Diameter buah (cm)	Diukur pada bagian buah yang paling lebar. 
12.	Rasio berat/volume buah (gram/ml ³)	Dihitung dengan membagi hasil berat buah dengan volume buah.
13.	Panjang tangkai buah (buah)	Diukur dari ujung hingga pangkal tangkai buah. 
14.	Waktu berbunga (HST)	Dihitung sejak waktu pindah tanam sampai pada saat bunga pertama anthesis.
15.	Waktu panen (HST)	Dihitung dari waktu pindah tanam sampai pada saat buah pertama terbentuk sempurna atau memenuhi kelopak buah, dicirikan dengan kelopak yang terbuka.
16.	Waktu masak fisiologi (HST)	Dihitung dari waktu pindah tanam sampai terjadi perubahan warna pada

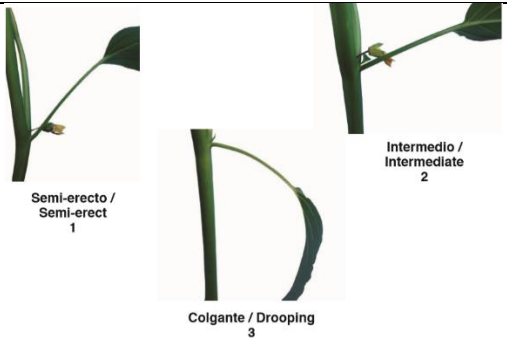
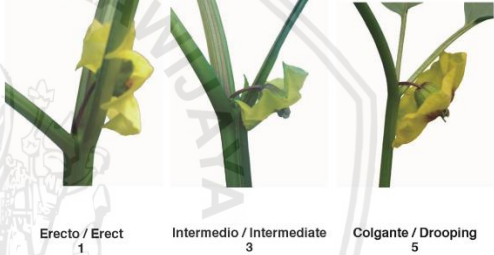
No	Karakteristik	Pengamatan
		kelopak setelah buah terbentuk sempurna.
17.	Masa simpan (hari)	Dihitung sejak buah dipanen hingga terjadi perubahan fisik (kerutan, lunak dan busuk) pada buah.
18.	Jumlah buah per tanaman (buah)	Dihitung pada seluruh buah dalam satu tanaman pada awal hingga akhir masa panen.
19.	Bobot buah segar dengan kelopak (gram)	Diukur dengan menimbang seluruh bobot buah beserta kelopaknya dari satu tanaman.
20.	Bobot buah per tanaman (gram)	Diukur dengan menimbang seluruh bobot buah tanpa kelopaknya dari satu tanaman.
21.	Rata-rata bobot buah segar dengan kelopak (gram)	Dihitung dengan membagi hasil bobot buah segar dengan kelopak dengan jumlah seluruh buah dari satu tanaman.
22.	Rata-rata bobot buah segar tanpa kelopak (gram)	Dihitung dengan membagi hasil bobot buah segar tanpa kelopak dengan jumlah seluruh buah dari satu tanaman.
23.	Padatan terlarut total (% Brix)	Pengukuran dilakukan menggunakan hand refaktometer pada buah yang telah masak secara fisiologis.
24.	Keasaman buah (pH)	Diukur pada saat tanaman telah masak secara fisiologis menggunakan pH meter.

Tabel 3. Variabel kualitatif dan pelaksanaan pengamatan morfologi tanaman tomatillo (*P. ixocarpa* Brot ex. Hornem).

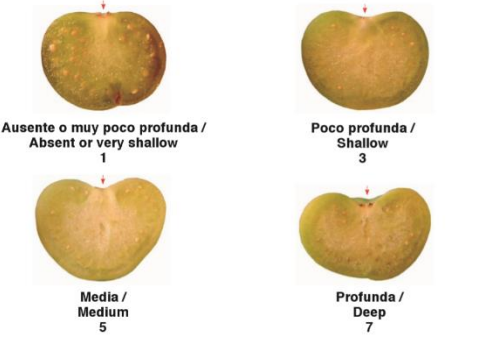
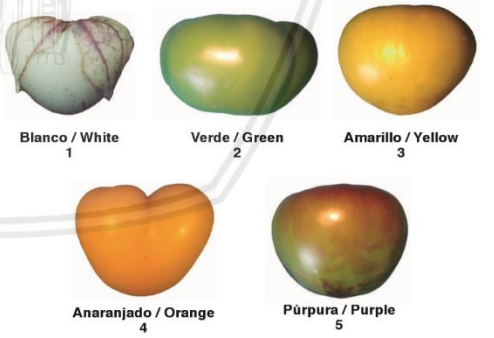
No.	Karakteristik	Pengamatan
1.	Pewarnaan antosianin pada hipokotil.	Diamati secara visual sebelum daun daun ketiga terbentuk. 
2.	Tipe tumbuh	Diamati secara visual pada akhir fase vegetatif tanaman 
3.	Pewarnaan antosianin pada ruas	Diamati secara visual pada ruas saat tanaman berada pada fase generatif. 
4.	Intensitas warna antosianin pada ruas.	Diamati secara visual pada ruas saat tanaman berada pada fase generatif.

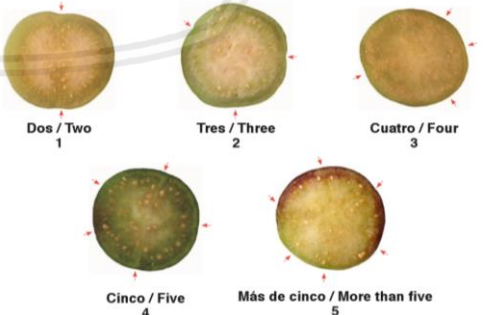
No.	Karakteristik	Pengamatan
		 Débil / Weak 3 Media / Medium 5 Fuerte / Strong 7
5.	Bulu Ruas	Diamati secara visual pada ruas saat tanaman berada pada fase generatif.  Ausente / Absent 1 Presente / Present 9
6.	Bentuk daun	Diamati secara visual pada daun saat tanaman berada pada fase vegetatif pada daun kelima dari titik tumbuh.  Elíptica Estrecha / Narrow Elliptic 3 Elíptica Media / Medium Elliptic 5 Elíptica Ancha / Broad Elliptic 7
7.	Tepi daun	Diamati secara visual pada tepi daun saat tanaman berada pada fase vegetatif pada daun kelima dari titik tumbuh.

No.	Karakteristik	Pengamatan
		 Ausente o débil / Absent or weak 1 Media / Medium 2 Fuerte / Strong 3
8.	Warna daun	Diamati secara visual pada daun saat tanaman berada pada fase vegetatif pada daun kelima dari titik tumbuh.  Verde amarillento / Yellowish green 1 Verde / Green 2 Verde violáceo / Purplish green 3
9.	Intensitas warna hijau daun	Diamati secara visual pada daun saat tanaman berada pada fase vegetatif pada daun kelima dari titik tumbuh.  Débil / Weak 3 Intermedio / Medium 5 Fuerte / Strong 7
10.	Posisi tangkai daun	Diamati secara visual pada posisi tangkai daun saat tanaman berada pada fase vegetatif pada daun di sekitar bagian percabangan pertama.

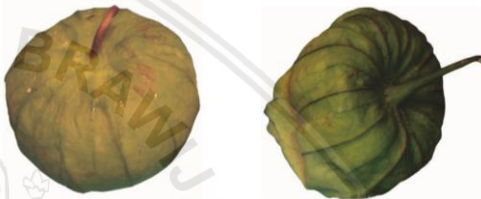
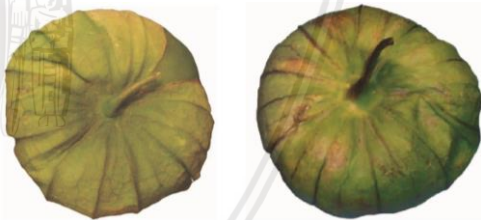
No.	Karakteristik	Pengamatan
		 Semi-erecto / Semi-erect 1 Intermedio / Intermediate 2 Colgante / Drooping 3
11.	Jumlah bunga pada setiap cabang (buah)	Diamati secara visual pada bunga yang berada di setiap cabang tanaman.
12.	Posisi tangkai bunga	Diamati secara visual pada setiap tangkai bunga dalam satu tanaman.  Erecto / Erect 1 Intermedio / Intermediate 3 Colgante / Drooping 5
13.	Jumlah kepala sari	Diamati saat bunga mekar, dengan memperhatikan jumlah kepala sarinya.  Cinco / Five 1 Más de cinco / More than five 2
14.	Bentuk penampang membujur buah	Diamati pada buah yang telah dipanen, dengan memotong buah secara membujur.

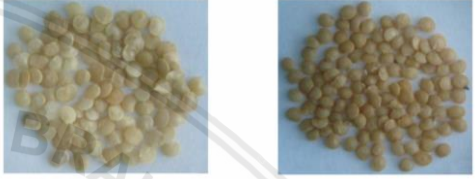
No.	Karakteristik	Pengamatan
		 Aplanada / Oblate 1  Circular / Circular 2  Cordiforme / Cordate 3  Triangular / Triangular 4
15.	Bentuk penampang melintang buah	Diamati pada buah yang telah dipanen, dengan memotong buah secara melintang.  Elíptica / Elliptic 1  Circular / Circular 2  Angular / Angular 3
16.	Rasio panjang/diameter	Diamati secara visual pada penampang membujur buah.  Pequeña / Small 3  Media / Medium 5  Grande / Large 7
17.	Kedalaman tangkai buah	Diamati secara visual pada bagian pangkal buah setelah buah dipotong secara membujur

No.	Karakteristik	Pengamatan
		 Ausente o muy poco profunda / Absent or very shallow 1 Poco profunda / Shallow 3 Media / Medium 5 Profunda / Deep 7
18.	Bentuk ujung buah	Diamati secara visual pada bagian ujung buah, setelah buah dipotong secara membujur.  Puntiaguda / Pointed 1 Redondeada / Rounded 2 Hendida / Depressed 3
19.	Warna utama buah pada saat panen	Pengamatan dilakukan secara visual pada bagian kulit buah saat buah masak panen.  Blanco / White 1 Verde / Green 2 Amarillo / Yellow 3 Anaranjado / Orange 4 Púrpura / Purple 5
20.	Intensitas warna utama buah pada saat panen	Pengamatan dilakukan secara visual pada bagian kulit buah saat buah masak panen.
21.	Warna utama buah pada saat masak fisiologi	Pengamatan dilakukan secara visual pada bagian kulit buah saat buah masak secara fisiologis.

No.	Karakteristik	Pengamatan
		
22.	Intensitas warna buah pada saat masak fisiologis.	Pengamatan dilakukan secara visual pada bagian kulit buah saat buah masak secara fisiologis.
23.	Warna daging buah	Pengamatan dilakukan secara visual pada bagian daging buah saat buah masak fisiologis. 
24.	Jumlah lokul predominan	Pengamatan dilakukan secara visual pada potongan melintang buah. 
25.	Ukuran buah	Pengamatan dilakukan secara visual pada buah saat perkembangannya telah maksimal.

No.	Karakteristik	Pengamatan
		 Pequeño / Small 3 Mediano / Medium 5 Grande / Large 7 Muy grande / Very Large 9
26.	Ketegaran buah	Pengamatan dilakukan dengan menekan buah pada saat buah masak secara fisiologis.
27.	Kelenturan kelopak	Pengamatan dilakukan secara visual pada bagian kelopak pada saat buah berkembang secara maksimal.  Débil / Weak 3 Media / Medium 5 Fuerte / Strong 7
28.	Penutupan buah oleh kelopak	Pengamatan dilakukan secara visual pada bagian kelopak pada saat buah berkembang secara maksimal.  Completamente cerrada / Fully enclosed 1 Ligeramente abierta / Slightly open 2 Muy abierta / Widely open 3
29.	Bulu pada kelopak	Pengamatan dilakukan secara visual pada bagian kelopak buah sebelum buah dipanen.

No.	Karakteristik	Pengamatan
		 Ausente / Absent 1 Presente / Present 9
30.	Lekukan pada kelopak	Pengamatan dilakukan secara visual pada bagian kelopak buah.  Ausente / Absent 1 Presente / Present 9
31.	Pewarnaan antosianin pada kelopak	Pengamatan dilakukan secara visual pada bagian kelopak buah.  Ausente / Absent 1 Presente / Present 9
32.	Intensitas pewarnaan antosianin pada kelopak	Pengamatan dilakukan secara visual pada bagian kelopak buah.
33.	Ketebalan pangkal tangkai buah	Pengamatan dilakukan secara visual pada bagian pangkal tangkai buah buah.

No.	Karakteristik	Pengamatan
		 Delgado / Thin 3 Intermedio / Medium 5 Grueso / Thick 7
34.	Warna biji	Pengamatan dilakukan secara visual pada bagian biji buah setelah biji dipisahkan dari daging buah.  Amarillo / Yellow 1 Amarillo pardo / Brown yellow 2
35.	Ukuran biji	Pengamatan dilakukan secara visual pada bagian biji buah setelah biji dipisahkan dari daging buah.

3.6 Analisa Data

3.6.1 Analisis keragaman

Keragaman maksimum karakter morfologi tanaman yang terdiri dari karakter kualitatif dan kuantitatif ditentukan berdasarkan analisis *principal component analysis* (PCA) dengan tipe korelasi Pearson. Metode PCA umumnya digunakan untuk mengidentifikasi variabel data yang berbeda secara signifikan. Komponen utama yang berpengaruh pada keragaman total ditemukan dengan *eigenvalue* >1 menggunakan aplikasi Microsoft Excel 2019 dan XLSTAT version 18.02.01.28451. Karakter kualitatif dikategorikan berdasarkan deskriptor *illustrated guidelines for the description of husk tomato (Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem) *varieties*. Karakter yang berkontribusi terhadap keragaman maksimum ditentukan berdasarkan *factor loading* >0,6 (Peres-Neto *et al.*, 2003).

b. Analisis jarak genetik

Jarak genetik dianalisis menggunakan analisa kluster. Analisis pengelompokan dan jarak genetik dilakukan dengan melibatkan karakter kualitatif dan kuantitatif tanaman. Standardisasi data dilakukan dengan membakukan satuan data. Karakter kualitatif diubah menjadi kategori (notasi) berdasarkan deskriptor *illustrated guidelines for the description of husk tomato (Physalis ixocarpa* Brot. ex Hornem) *varieties* dan karakter kuantitatif dinyatakan dalam bentuk rerata. Analisis data dilakukan menggunakan aplikasi Microsoft Excel 2019/XLSTAT Version 18.02.01.28451. Pengelompokan dan jarak genetik dianalisis melalui analisa kluster berdasarkan *Agglomerative Hierarchical Clustering* (AHC) yaitu suatu metode *hierarchical clustering* yang menggabungkan n-kluster menjadi kluster tunggal.

Proses pengelompokan dilakukan berdasarkan nilai kemiripan (*similarity*) menggunakan ukuran koefisien korelasi Pearson dan metode aglomerasi *Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Average* (UPGMA) (Zamora-Tavares *et al.*, 2014). Hasil analisis jarak genetik tanaman berupa dendrogram berbentuk garis bercabang. Cabang yang berada pada satu titik yang sama disebut satu kluster. Genotipe dinyatakan memiliki jarak genetik yang dekat apabila berada pada kluster yang sama. Jumlah kluster menunjukkan keberagaman karakter yang dianalisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

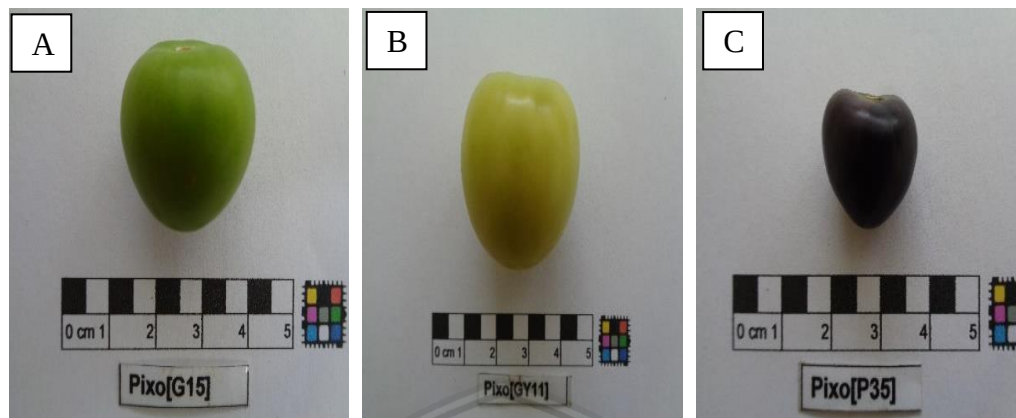
4.1.1 Keragaman Karakter Kualitatif dan Kuantitatif Tomatillo

Berdasarkan hasil analisis komponen utama atau *Principal Component Analysis* (PCA) dari 59 karakter morfologi yang meliputi karakter kualitatif dan kuantitatif pada 20 genotipe Tomatillo didapatkan 10 komponen utama pertama yang berkontribusi terhadap total keragaman sebesar 90,62% (Tabel 4). *Principal Component* 1 (PC1) dengan *eigenvalue* 12,241 berkontribusi terhadap keragaman maksimum sebesar 27,20% terkait karakter jumlah bunga per tanaman, diameter kelopak, panjang buah, diameter buah, waktu panen, waktu masak fisiologis, bobot buah segar dengan kelopak, rata-rata bobot buah segar dengan kelopak, rata-rata bobot buah segar tanpa kelopak, intensitas warna antosianin pada ruas (Gambar 1), warna utama buah pada saat panen (Gambar 2), warna utama buah pada saat masak fisiologis (Gambar 3), intensitas warna utama buah pada saat masak fisiologis (Gambar 4), warna daging buah (Gambar 5), dan pewarnaan antosianin pada kelopak (Gambar 6).

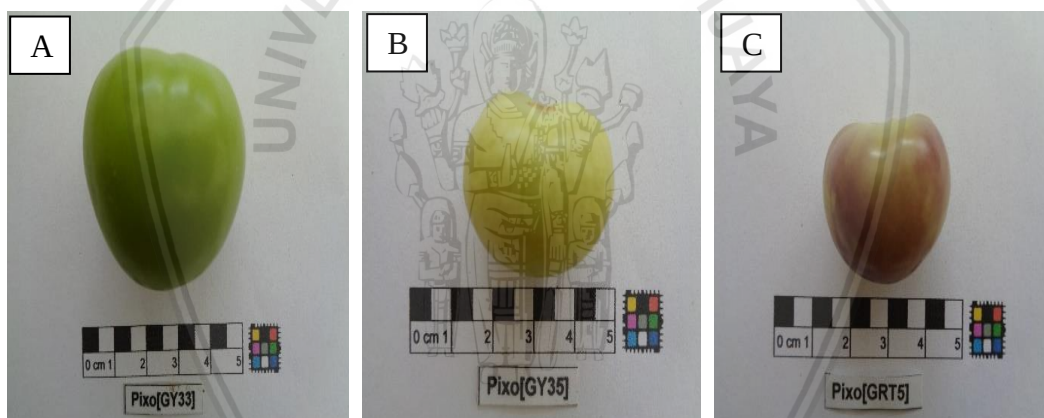


Gambar 1. Intensitas pewarnaan antosianin pada ruas dari 20 genotipe tanaman tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem) menunjukkan intensitas (A); kuat dan (B); lemah.





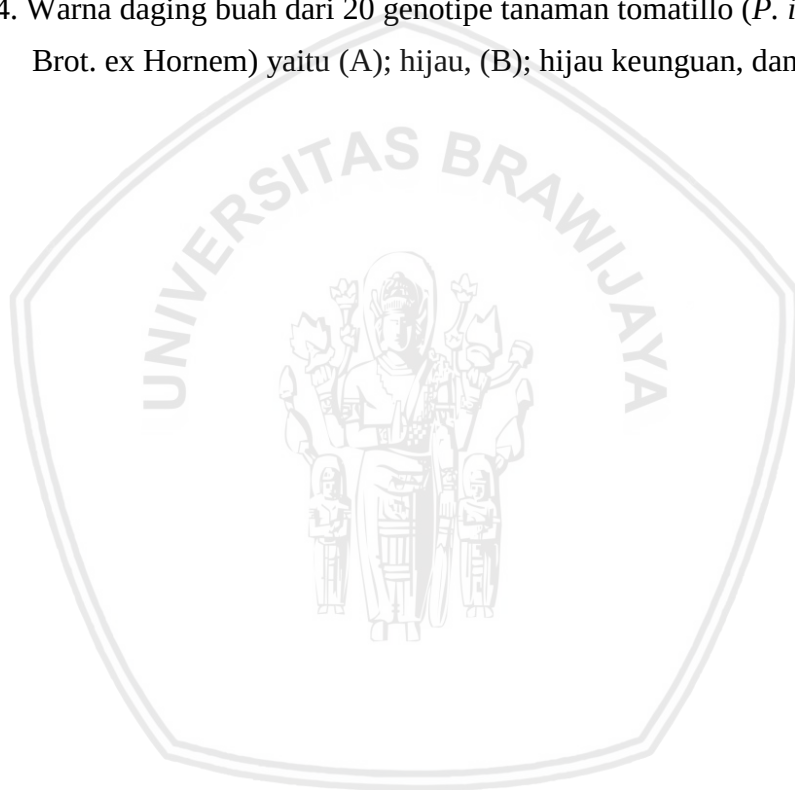
Gambar 2. Warna utama buah dari 20 genotipe tanaman tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem) pada saat masak fisiologis yaitu (A); hijau, (B); kuning, dan (C); ungu.

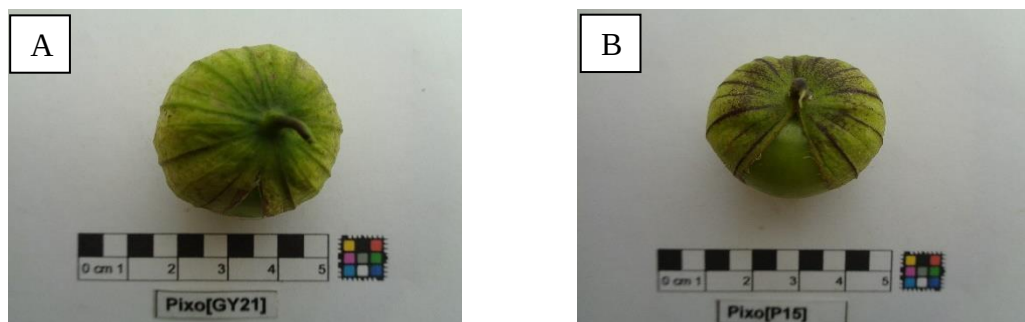


Gambar 3. Warna utama buah dari 20 genotipe tanaman tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem) pada saat panen yaitu (A); hijau, (B); kuning, dan (C); ungu.



Gambar 4. Warna daging buah dari 20 genotipe tanaman tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem) yaitu (A); hijau, (B); hijau keunguan, dan (C); ungu.



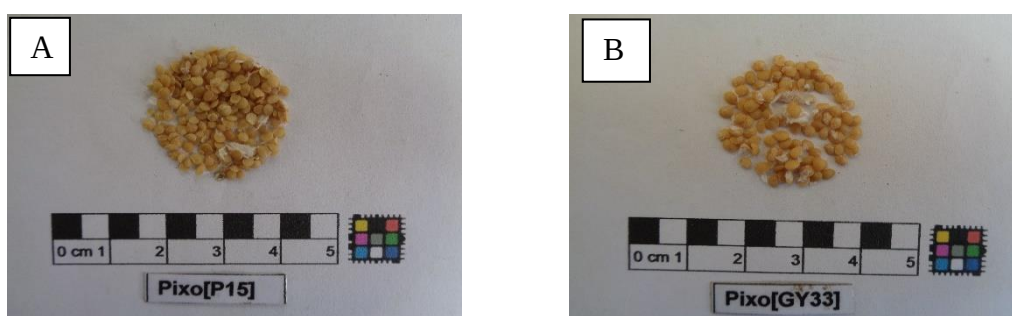


Gambar 5. Pewarnaan antosianin pada kelopak buah dari 20 genotipe tanaman tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem) menunjukkan (A); tidak adanya pewarnaan antosianin pada kelopak buah dan (B); terdapat pewarnaan antosianin pada kelopak buah.

PC2 dengan *eigenvalue* sebesar 8,251 berkontribusi terhadap maksimum sebesar 18,34% terkait karakter panjang tangkai daun, diameter kelopak, diameter buah, jumlah buah per tanaman, bobot buah per tanaman, dan masa simpan. PC3 mempunyai *eigenvalue* sebesar 4,303 dan berkontribusi terhadap keragaman maksimum sebesar 9,56% terkait karakter posisi tangkai daun (Gambar 6) dan ukuran biji (Gambar 7).

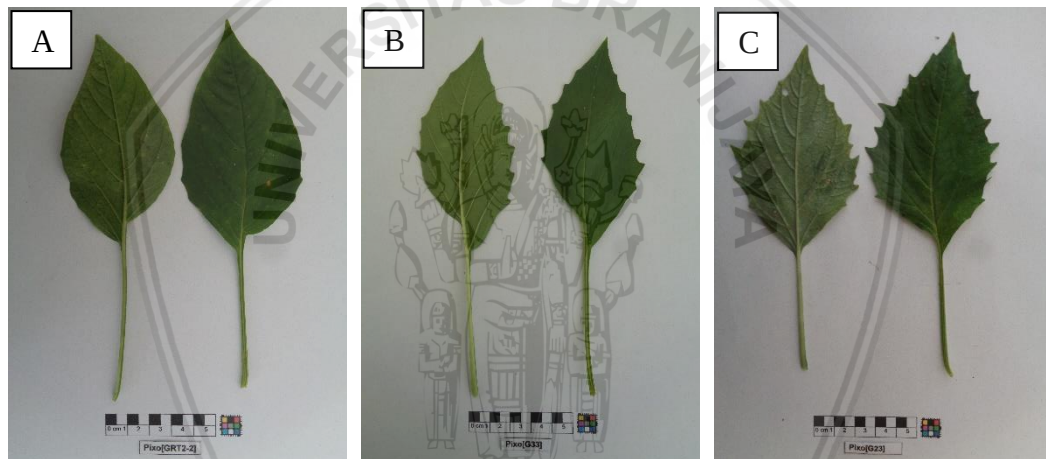


Gambar 6. Posisi tangkai daun yang terdapat pada 20 genotipe tanaman tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem) menunjukkan (A); posisi tangkai daun tegak dan (B); posisi tangkai daun semi tegak.



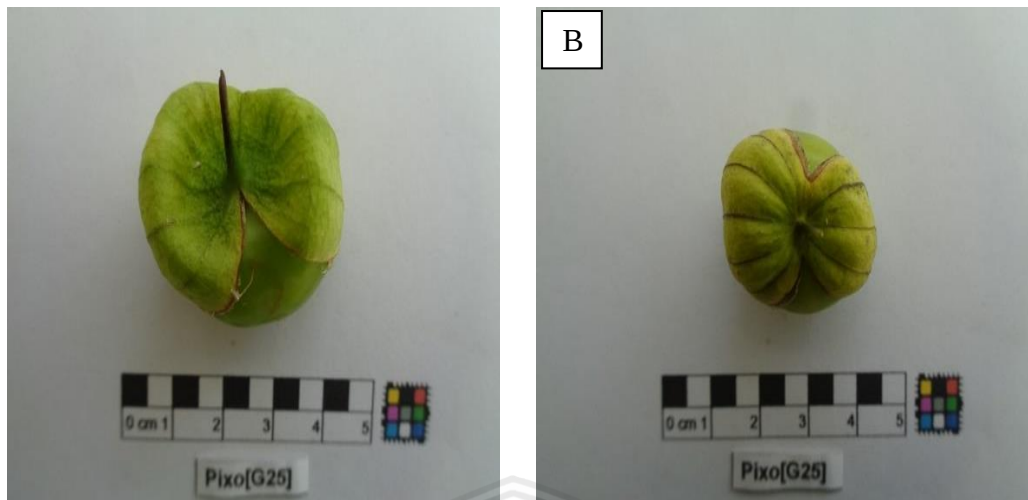
Gambar 7. Ukuran biji pada 20 genotipe tanaman tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem) berkisar antara (A); biji berukuran besar dan (B); biji dengan ukuran kecil.

PC4 mempunyai *eigenvalue* sebesar 3,945 dan berkontribusi terhadap keragaman maksimum sebesar 8,77%. Karakter yang berkontribusi terhadap keragaman pada PC4 ialah waktu berbunga, tepi daun (Gambar 8), dan lekukan pada kelopak (Gambar 9). PC5 mempunyai *eigenvalue* sebesar 3,359 dan berkontribusi terhadap keragaman maksimum sebesar 7,47%. PC6 memiliki *eigenvalue* sebesar 2,777 dan berkontribusi terhadap keragaman maksimum sebesar 6,17% terkait keasaman buah. PC7 bernilai *eigenvalue* sebesar 1,822 dan berkontribusi terhadap keragaman maksimum sebesar 4,05% terkait karakter tinggi tanaman pada percabangan pertama.



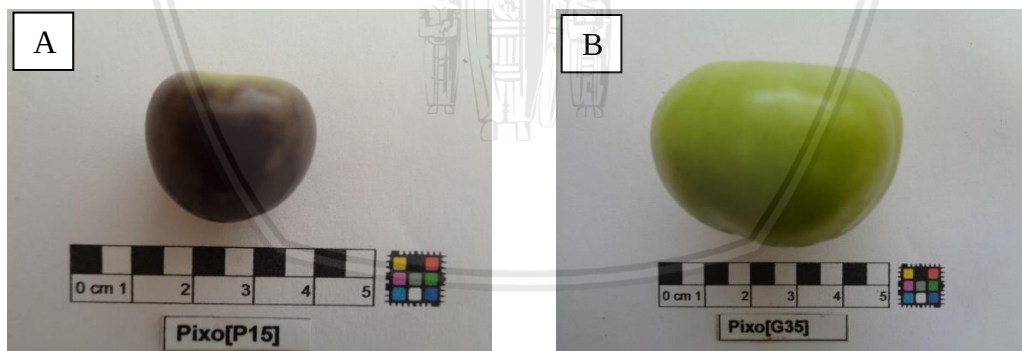
Gambar 8. Tepi daun pada 20 genotipe tanaman tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem) menunjukkan (A); lekukan yang lemah, (B); lekukan yang medium, dan (C); lekukan yang kuat.

A



Gambar 9. Lekukan kelopak yang terdapat pada 20 genotipe tanaman tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem) menunjukkan (A); tidak adanya lekukan pada kelopak, dan (B); adanya lekukan pada kelopak.

PC8 mempunyai *eigenvalue* sebesar 1,520 dan memberikan kontribusi terhadap keragaman maksimum sebesar 3,38%. PC9 mempunyai *eigenvalue* sebesar 1,458 dan memberikan kontribusi terhadap keragaman maksimum sebesar 3,24%. PC10 bernilai *eigenvalue* sebesar 1,102 dan berkontribusi terhadap keragaman maksimum sebesar 2,45% terkait karakter ukuran buah (Gambar 10).



Gambar 10. Ukuran buah pada 20 genotipe tanaman tomatillo (*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem) berkisar antara (A); buah dengan ukuran medium, dan (B); buah berukuran besar.

Tabel 1. *Eigenvalue*, Keragaman, keragaman kumulatif, dan *factor loading* 20 genotipe Tomatillo berdasarkan 59 karakter kualitatif dan kuantitatif.

Komponen dan karakter tanaman	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
Tinggi tanaman pada percabangan pertama (cm)	-0.143	0.371	-0.269	0.225	0.387	0.108	0.717*	0.026	0.003	0.110
Panjang Ruas (cm)	0.168	-0.494	-0.456	-0.066	0.377	-0.068	0.522	0.062	-0.089	0.003
Panjang daun (cm)	0.512	0.236	0.518	0.024	0.279	0.240	0.224	0.326	-0.147	0.031
Lebar daun (cm)	0.379	0.113	0.596	0.259	0.205	0.362	0.246	0.203	-0.133	0.160
Panjang tangkai daun (cm)	0.189	0.718*	0.111	0.105	0.232	-0.187	-0.070	-0.142	0.376	0.094
Diameter bunga (cm)	0.431	0.038	0.579	0.221	-0.270	0.293	-0.093	0.081	0.054	0.105
Jumlah kepala sari	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Jumlah bunga pada setiap cabang	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Jumlah bunga per tanaman	0.838*	-0.304	-0.147	-0.075	0.128	0.129	0.186	0.035	-0.019	-0.204
Panjang kelopak (cm)	0.509	0.199	-0.276	-0.105	0.163	-0.049	-0.392	0.342	-0.465	-0.237
Diameter kelopak (cm)	0.659*	0.689*	-0.153	-0.016	-0.039	-0.076	-0.007	0.013	-0.040	0.014
Panjang buah (cm)	0.663*	0.578	-0.268	-0.209	0.043	-0.153	0.011	-0.143	0.055	-0.072
Diameter buah (cm)	0.714*	0.607*	-0.235	-0.129	0.090	0.015	0.000	-0.085	0.081	-0.016
Rasio panjang/diameter	0.248	0.198	0.270	-0.255	0.565	-0.245	-0.085	0.045	0.480	-0.057
Jumlah lokul predominan	0.444	-0.005	-0.239	-0.232	0.535	0.299	-0.094	0.351	0.135	0.237
Panjang tangkai buah (cm)	0.378	0.445	-0.241	-0.022	0.030	-0.313	-0.295	0.580	-0.025	0.149
Waktu berbunga (HST)	0.071	-0.137	-0.470	0.738*	0.231	0.131	-0.222	0.095	-0.041	-0.039
Rata-rata bobot buah segar dengan kelopak (g)	0.818*	0.392	-0.190	-0.101	-0.217	-0.099	0.109	-0.033	-0.088	-0.022
Rata-rata bobot buah segar tanpa kelopak (g)	0.776*	0.423	-0.222	-0.101	-0.248	-0.111	0.107	-0.056	-0.072	-0.011
Padatan terlarut total (%)	-0.459	-0.428	-0.183	-0.350	0.446	0.124	0.226	0.032	-0.192	0.038
Keasaman buah	-0.007	0.235	0.105	0.094	0.313	0.811*	-0.203	0.072	-0.131	-0.092
Pewarnaan antosianin pada hipokotil	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Komponen dan karakter tanaman	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
Tipe tumbuh	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pewarnaan antosianin pada ruas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Intensitas warna antosianin pada ruas	-0.764*	0.460	-0.057	0.181	-0.121	-0.208	0.071	0.060	-0.152	0.034
Bulu ruas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Bentuk daun	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tepi daun	0.229	-0.170	-0.425	0.737*	0.165	-0.014	-0.048	-0.154	0.144	0.058
Warna daun	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Intensitas warna hijau daun	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Posisi tangkai daun	-0.050	-0.331	-0.654*	0.500	0.252	-0.122	-0.116	-0.079	-0.227	0.135
Posisi tangkai bunga	-0.498	-0.237	0.092	-0.290	-0.408	-0.220	0.243	0.062	-0.456	-0.098
Bentuk penampang membujur buah	-0.244	-0.306	-0.069	-0.458	0.346	-0.571	0.102	0.268	-0.109	0.028
Bentuk penampang melintang buah	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Kedalaman tangkai buah	-0.171	-0.057	-0.404	-0.555	-0.435	0.490	0.025	0.125	0.078	-0.046
Bentuk ujung buah	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Warna utama buah pada saat panen	-0.762*	0.432	0.174	-0.104	0.150	-0.072	-0.100	-0.044	-0.011	0.023
Intensitas warna utama buah pada saat panen	-0.183	-0.591	-0.380	0.231	-0.468	0.228	-0.010	0.128	0.175	0.165
Warna utama buah pada saat masak fisiologis	-0.652*	0.576	-0.113	-0.149	0.048	0.138	0.069	0.122	0.206	-0.234
Intensitas warna utama buah pada saat masak fisiologis	-0.649*	0.591	-0.175	0.262	0.021	0.091	-0.018	0.150	0.023	-0.199
Warna daging buah	-0.710*	0.587	0.092	-0.005	0.062	0.060	0.126	0.004	-0.036	-0.158
Kelenturan kelopak	-0.275	0.416	-0.258	-0.043	0.389	0.145	-0.332	-0.386	-0.337	-0.003
Penutupan buah oleh kelopak	0.478	0.214	0.404	0.277	-0.444	0.019	0.096	0.319	0.009	-0.200
Bulu pada kelopak	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Lekukan pada kelopak	-0.194	-0.178	0.367	0.713*	0.255	-0.171	-0.061	0.119	-0.105	-0.297
Pewarnaan antosianin pada kelopak	-0.602*	0.363	-0.313	0.244	-0.421	-0.085	0.038	0.074	-0.005	0.118
Intensitas pewarnaan antosianin pada kelopak	-0.526	0.538	-0.233	0.248	-0.301	0.035	0.195	0.154	0.108	0.137

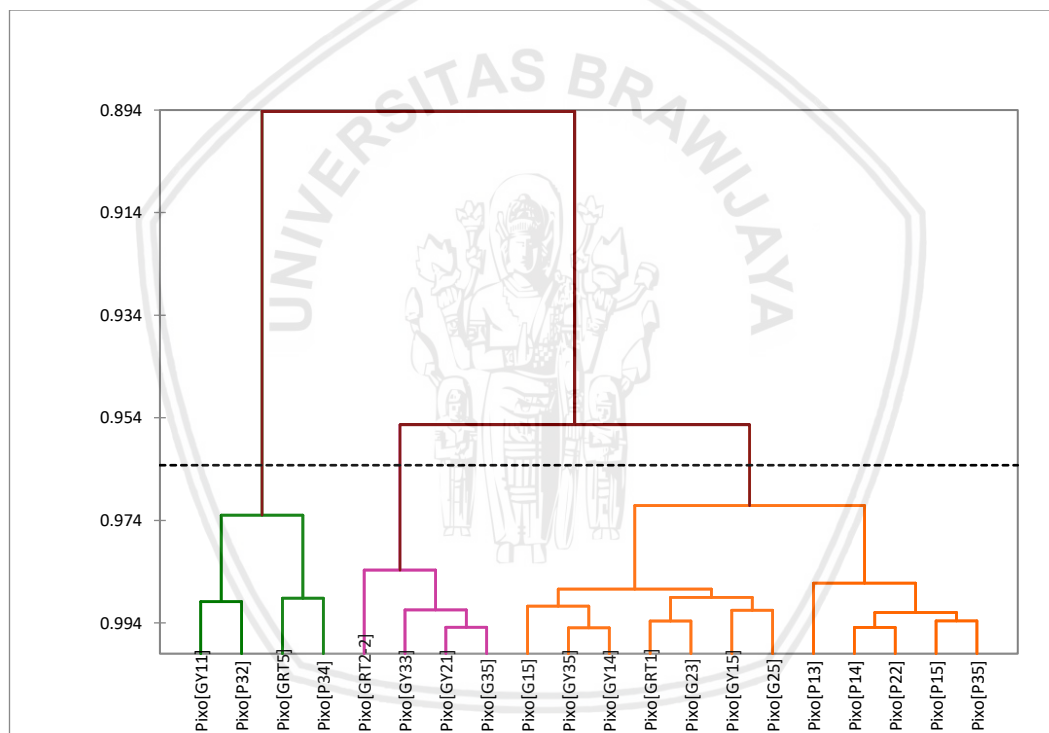
Komponen dan karakter tanaman	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10
Ketebalan pangkal tangkai buah	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Warna biji	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ukuran buah	0.577	0.260	0.022	-0.179	-0.147	0.030	-0.129	-0.042	-0.239	0.600*
Ukuran biji	0.497	-0.116	0.671*	0.197	-0.028	-0.060	0.005	-0.292	-0.266	0.117
Masa simpan	0.527	-0.603*	-0.337	0.135	-0.281	0.148	0.059	0.088	0.134	-0.034
Ketegaran buah	0.592	-0.363	-0.171	0.159	-0.227	-0.145	-0.063	0.221	0.069	-0.118
Rasio berat/volume buah	0.145	0.277	0.181	0.630	0.032	-0.534	0.216	0.076	-0.049	0.119
Eigenvalue	12.241	8.251	4.303	3.945	3.359	2.777	1.822	1.520	1.458	1.102
Variability (%)	27.202	18.335	9.562	8.767	7.465	6.172	4.049	3.377	3.241	2.450
Cumulative %	27.202	45.538	55.100	63.867	71.331	77.503	81.552	84.929	88.170	90.620

Keterangan: *) Karakter kuantitatif yang berkontribusi sebagai komponen utama pada keragaman maksimum.



4.1.2 Pengelompokan Jarak Genetik 20 genotipe Tomatillo berdasarkan karakter kualitatif dan kuantitatif.

Analisis jarak genetik berdasarkan analisis pengelompokan digunakan untuk menentukan jauh dekatnya jarak genetik dari 20 genotipe tomatillo yang diamati. Analisis pengelompokan jarak genetik dilakukan berdasarkan koefisien korelasi Pearson menggunakan metode aglomerasi *unweighted pair-group methode using arithmetic average* (UPGMA). Korelasi Pearson ialah korelasi sederhana yang berguna untuk menstandarisasi data yang akan dianalisis, sehingga dapat menentukan kelompok yang menghubungkan antar sifat dari masing-masing pasangan karakter.



Gambar 11. Dendrogram 20 genotipe tomatillo yang terbagi menjadi tiga kelompok berdasarkan kesamaan karakter morfologi yang meliputi karakter kualitatif dan kuantitatif.

Dari hasil pengelompokkan berdasarkan karakter morfologi tanaman, 20 genotipe tomatillo menyebar pada nilai koefisien 89,4%-99,5%. Titik perpotongan pada dendrogram berfungsi untuk menghubungkan titik potong antar sifat agar data tidak subjektif dan bias. Berdasarkan pengelompokan menggunakan hasil pengamatan karakter kuantitatif pada koefisien kemiripan 96,4% atau 0,964 terdapat tiga kelompok (Gambar 11). Dari hasil analisa kelompok berdasarkan

karakter morfologi meliputi karakter kualitatif dan kuantitatif tanaman tomatillo, diketahui bahwa nilai jarak genetik antara kelompok memiliki nilai yang berbeda. Jarak genetik kelompok pertama dan kedua sebesar 0,026. Jarak genetik antara kelompok kedua dan ketiga sebesar 0,032. Kelompok pertama dan ketiga memiliki jarak genetik yang lebih jauh dengan nilai 0,081.

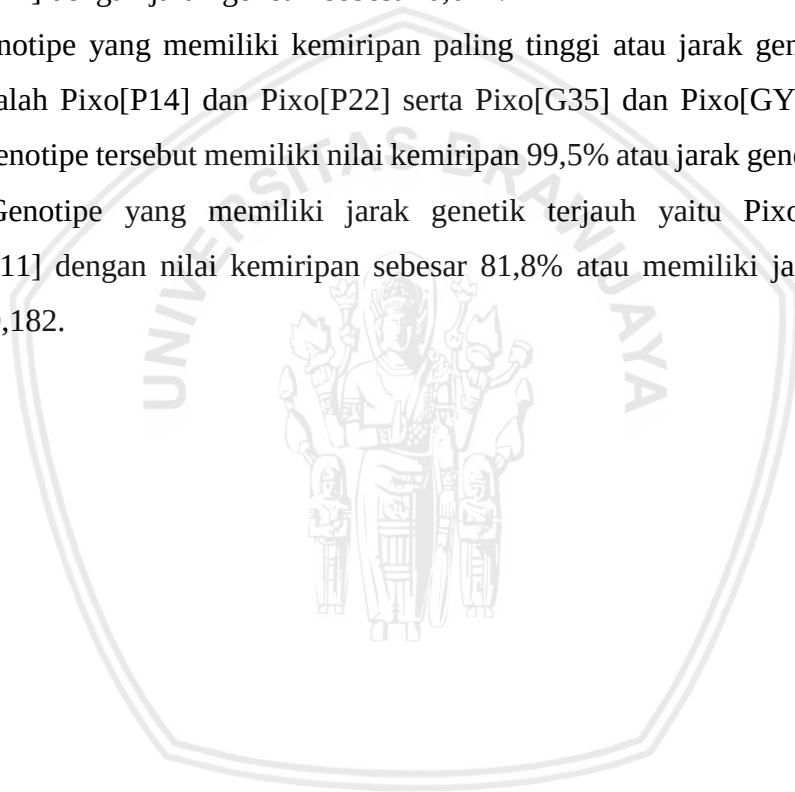
Kelompok pertama yang mengelompok pada koefisien 97,4% terdiri dari 12 genotipe yaitu Pixo[P14], Pixo[P15], Pixo[P22], Pixo[GY35], Pixo[GY15], Pixo[P13], Pixo[GY14], Pixo[P35], Pixo[G25], Pixo[G15], Pixo[GRT1], dan Pixo[G23]. Kesamaan karakter yang didapatkan pada kelompok pertama yaitu panjang ruas, rasio panjang per diameter, waktu panen, waktu masak fisiologis, padatan terlarut total, posisi tangkai daun, posisi tangkai bunga, bentuk penampang membujur buah, warna utama buah pada saat panen, intensitas warna utama buah pada saat panen, dan lekukan pada kelopak. Genotipe yang memiliki jarak genetik dekat pada kelompok pertama adalah Pixo[P14] dan Pixo[P22] yaitu sebesar 0,005. Genotipe dengan jarak genetik terjauh pada kelompok pertama ialah Pixo[P13] dan Pixo[GY35] dengan jarak genetik sebesar 0,051.

Kelompok kedua yang mengelompok pada koefisien 98,4% terdiri dari 4 genotipe yaitu Pixo[GY33], Pixo[GY21], Pixo[G35], dan Pixo[GRT2-2]. Kesamaan karakter yang didapatkan pada kelompok kedua yaitu panjang daun, lebar daun, diameter bunga, jumlah bunga per tanaman, jumlah lokul dominan, waktu berbunga, keasaman buah, kedalaman tangkai buah, intensitas warna utama buah pada saat panen, penutupan buah oleh kelopak, ukuran biji, masa simpan, ketegaran buah, dan rasio berat/volume buah. Genotipe yang memiliki jarak genetik Paling dekat pada kelompok kedua adalah Pixo[G35] dan Pixo[GY21] dengan jarak genetik sebesar 0,005. Genotipe dengan jarak genetik paling jauh ialah Pixo[GY21] dan Pixo[GRT2-2] dengan jarak genetik sebesar 0.019.

Kelompok ketiga yang mengelompok pada koefisien 97,4% terdiri dari 4 genotipe yaitu Pixo[GRT5], Pixo[GY11], Pixo[P32], dan Pixo[P34]. Kesamaan karakter yang didapatkan pada kelompok ketiga yaitu tinggi tanaman pada percabangan pertama, panjang tangkai daun, panjang kelopak, diameter kelopak, panjang buah, diameter buah, rasio panjang/diameter, panjang tangkai buah, jumlah buah pertanaman, bobot buah segar dengan kelopak, bobot buah per tanaman, rata-

rata bobot buah segar dengan kelopak, rata-rata bobot buah segar tanpa kelopak, intensitas warna antosianin pada ruas, warna utama buah pada saat panen, warna utama buah pada saat masak fisiologis, intensitas warna utama buah pada saat masak fisiologis, warna daging buah, kelenturan kelopak, penutupan buah oleh kelopak, pewarnaan antosianin pada kelopak, intensitas pewarnaan antosianin pada kelopak, ukuran buah, dan ukuran biji. Genotipe yang memiliki jarak genetik paling dekat pada kelompok ketiga adalah Pixo[P32] dan Pixo[GY11] dengan jarak genetik sebesar 0,01. Genotipe dengan jarak genetik paling jauh ialah Pixo[P34] dan Pixo[GY11] dengan jarak genetik sebesar 0,047.

Genotipe yang memiliki kemiripan paling tinggi atau jarak genetik paling dekat adalah Pixo[P14] dan Pixo[P22] serta Pixo[G35] dan Pixo[GY21]. Kedua pasang genotipe tersebut memiliki nilai kemiripan 99,5% atau jarak genetik sebesar 0.005. Genotipe yang memiliki jarak genetik terjauh yaitu Pixo[P35] dan Pixo[GY11] dengan nilai kemiripan sebesar 81,8% atau memiliki jarak genetik sebesar 0,182.



4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisis Keragaman Karakter Morfologi 20 Genotipe tomatillo.

Analisis komponen utama atau *Principal Component Analysis* (PCA) ialah analisa yang digunakan untuk menyederhanakan data dengan cara mentransformasi linier sehingga terbentuk sistem baru dengan varian maksimum (Waluyo *et al.*, 2017). PCA ialah cara mengidentifikasi pola dalam data, yang mengekspresikan data sedemikian rupa untuk menunjukkan persamaan dan perbedaan. Analisis komponen utama ialah analisis multivariate yang digunakan untuk mengidentifikasi karakter tanaman yang paling berkontribusi pada variasi dalam genotipe (Verma, 2013). Analisis PCA dilakukan berdasarkan karakter kualitatif dan kuantitatif tanaman. PCA yang memiliki besaran *eigenvalue* >1 menunjukkan jumlah kelompok utama dan *factor loading* $>0,6$ menunjukkan karakter yang berkontribusi terhadap keragaman. Hasil pengelompokan komponen utama digunakan untuk mengidentifikasi suatu karakter yang menjadi ciri khas suatu varietas (Curi *et al.*, 2018). PCA dapat digunakan untuk estimasi efek kombinasi dan kontribusi dari semua variabel pada populasi (Curi *et al.*, 2018). Keragaman genetik yang tinggi dapat digunakan sebagai dasar kegiatan seleksi untuk merakit varietas unggul dengan cara memilih nilai PC yang sesuai (Khan *et al.*, 2019).

Berdasarkan hasil analisis keragaman utama, keragaman kumulatif karakter morfologi pada 20 genotipe tomatillo sebesar 90,62%. Hal ini menunjukkan keragaman antar karakter tanaman yang tinggi. sepuluh komponen utama yang memiliki *eigenvalue* >1 . Berdasarkan analisa komponen utama karakter morfologi nilai kontribusi terhadap keragaman menunjukkan nilai yang berbeda, sehingga karakter yang berkontribusi terhadap keragaman maksimum turut berbeda.

Berdasarkan *factor loading* $>0,6$ pada hasil analisa PCA karakter morfologi tomatillo, terdapat 10 komponen utama yang berpengaruh terhadap keragaman total. Karakter yang berkontribusi terhadap komponen utama pertama (PC1) ialah jumlah bunga per tanaman, diameter kelopak, panjang buah, diameter buah, waktu panen, waktu masak fisiologis, bobot buah segar dengan kelopak, rata-rata bobot buah segar dengan kelopak, rata-rata bobot buah segar tanpa kelopak, intensitas warna antosianin pada ruas, warna utama buah pada saat panen, warna utama buah pada saat masak fisiologis, intensitas warna utama buah pada saat masak fisiologis,

warna daging buah dan pewarnaan antosianin pada kelopak. PC2 ialah panjang tangkai daun, diameter kelopak, diameter buah, jumlah buah per tanaman, bobot buah per tanaman, dan masa simpan. Karakter yang beragam pada komponen utama kedua PC3 ialah posisi tangkai daun dan ukuran biji. PC4 ialah waktu berbunga, tepi daun, dan lekukan pada kelopak. Seluruh karakter kualitatif berkontribusi pada keragaman di PC5 namun kontribusinya kecil sehingga *factor loading* dari karakter tidak lebih dari 0,6. PC7 ialah tinggi tanaman pada percabangan pertama. Semua karakter berkontribusi terhadap keragaman pada PC8 dan PC9 tetapi kontribusinya kecil. PC10 ialah ukuran buah.

Hasil penelitian mengenai keragaman karakter morfologi pada 20 genotipe tomatillo sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Freyre *et al.* (2000) yaitu keragaman karakter terdapat pada jumlah buah, berat buah total, dan rata-rata berat buah per tanaman. Karakter morfologi lain yang beragam sesuai dengan penelitian Hernando Bermejo J.E and León J. (1994) yaitu ukuran buah dan warna buah, dan Singh *et al.* (2013) yaitu keragaman teridentifikasi pada waktu berbunga dan berbuah, jumlah bunga, lebar buah, panjang buah, panjang kelopak buah, panjang tangkai buah, dan waktu masak panen. Karakter yang memiliki nilai *factor loading* $>0,6$ memungkinkan untuk dilakukan analisis lanjut, nilai *eigenvalue* >1 digunakan untuk menentukan jumlah faktor yang terbentuk (Peres-Neto *et al.*, 2003).

4.2.2 Pengelompokkan Jarak Genetik 20 Genotipe Tomatillo Berdasarkan Karakter Morfologi.

Jarak genetik dianalisis menggunakan analisis kelompok. Analisis kelompok berfungsi untuk memperkuat analisis PCA dan mengetahui jarak genetik dari genotipe-genotipe yang diuji dalam bentuk dendrogram (Wei *et al.*, 2012). Analisis kelompok digunakan untuk mengidentifikasi kelompok genotipe berdasarkan karakter tanaman. Hasil analisis kelompok berdasarkan karakter morfologi, seluruh genotipe menjadi satu kelompok pada koefisien kemiripan 89,4% dan terbagi menjadi tiga kelompok utama pada koefisien kemiripan 96,4%. Hal ini menunjukkan bahwa 20 genotipe tomatillo memiliki kemiripan antar genotipe sebesar 89,4% atau 0,894 dan mulai berbeda pada tingkat kemiripan 96,4% atau 0,964.

Kelompok yang berbeda dapat digunakan untuk mengetahui kesamaan hubungan jarak genetik antar genotipe. Genotipe yang berada pada kelompok yang sama, memiliki kesamaan dan tingkat jarak genetik yang dekat, genotipe yang berada pada kelompok yang berbeda menunjukkan kesamaan dan jarak genetik yang jauh. Pembagian kelompok pada analisis ini didasarkan pada kesamaan masing-masing genotipe dilihat dari koefisien kemiripan. Semakin kecil nilai koefisien kemiripan genetik atau semakin besar jarak genetik maka tingkat kemiripan semakin kecil dan sebaliknya (Garzón-martínez *et al.*, 2015). Nilai kemiripan yang diperoleh semakin tinggi maka nilai jarak genetik semakin dekat.

Jarak genetik antar kelompok pertama, kedua, dan ketiga berbeda. Jarak genetik kelompok pertama dan kedua sebesar 0,026. Jarak genetik antara kelompok kedua dan ketiga sebesar 0,032. Kelompok pertama dan ketiga memiliki jarak genetik yang lebih jauh dengan nilai 0,081. Hal ini menunjukkan bahwa kelompok pertama lebih dekat dengan kelompok kedua dibandingkan dengan kelompok ketiga. Semakin jauh jarak genetik antar kelompok maka semakin berbeda karakter morofologi yang terdapat pada genotipe tersebut.

Kelompok pertama yang mengelompok pada koefisien 97,4% terdiri dari 12 genotipe dengan 11 kesamaan karakter morfologi. Karakter yang sama pada kelompok ini adalah rasio panjang per diameter, waktu panen, waktu masak fisiologis, padatan terlarut total, posisi tangkai daun, posisi tangkai bunga, bentuk penampang membujur buah, warna utama buah pada saat panen, intensitas warna utama buah pada saat panen, dan lekukan pada kelopak. Genotipe yang memiliki jarak genetik dekat pada kelompok pertama adalah Pixo[P14] dan Pixo[P22] yaitu sebesar 0,005. Genotipe dengan jarak genetik terjauh pada kelompok pertama ialah Pixo[P13] dan Pixo[GY35] dengan jarak genetik sebesar 0,051. Pada kelompok pertama genotipe yang memiliki kesamaan karakter morfologi paling banyak adalah Pixo[P14] dan Pixo[P22] karena memiliki jarak genetik paling dekat, sedangkan Pixo[P13] dan Pixo[GY35] memiliki kesamaan yang paling rendah pada kelompok pertama karena memiliki jarak genetik tejauh.

Kelompok kedua yang mengelompok pada koefisien 98,4% terdiri dari 4 genotipe yaitu Pixo[GY33], Pixo[GY21], Pixo[G35], dan Pixo[GRT2-2]. Genotipe-genotipe ini mengelompok dengan kesamaan karakter panjang daun,

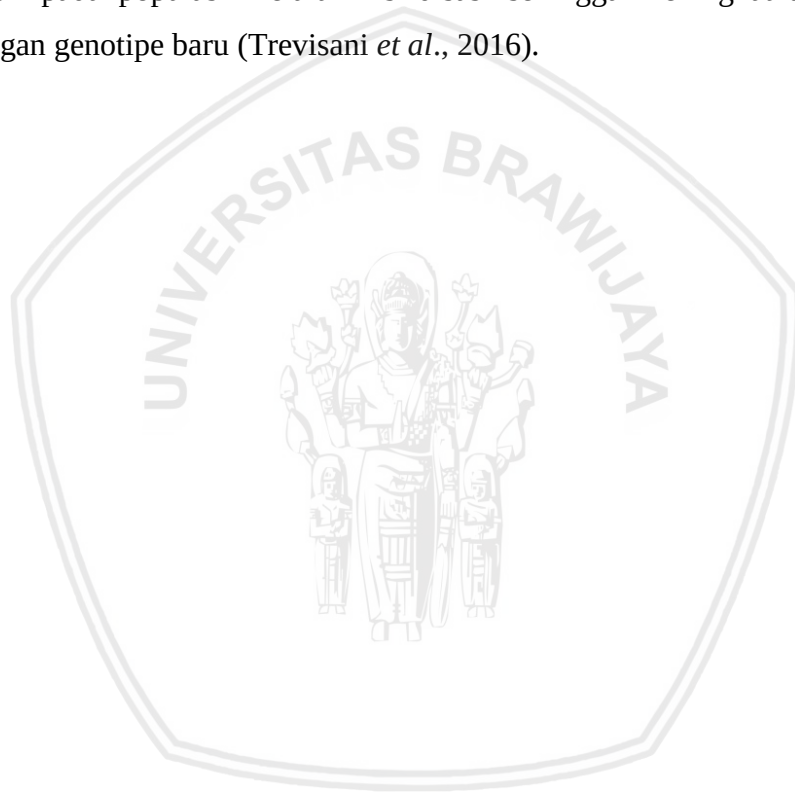
lebar daun, diameter bunga, jumlah bunga per tanaman, jumlah lokul dominan, waktu berbunga, keasaman buah, kedalaman tangkai buah, intensitas warna utama buah pada saat panen, penutupan buah oleh kelopak, ukuran biji, masa simpan, ketegaran buah, dan rasio berat/volume buah. Genotipe yang memiliki jarak genetik Paling dekat pada kelompok kedua adalah Pixo[G35] dan Pixo[GY21] dengan jarak genetik sebesar 0,005. Genotipe dengan jarak genetik paling jauh ialah Pixo[GY21] dan Pixo[GRT2-2] dengan jarak genetik sebesar 0.019.

Kelompok ketiga yang mengelompok pada koefisien 97,4% terdiri dari 4 genotipe yaitu Pixo[GRT5], Pixo[GY11], Pixo[P32], dan Pixo[P34]. Kesamaan karakter yang didapatkan pada kelompok ketiga yaitu tinggi tanaman pada percabangan pertama, panjang tangkai daun, panjang kelopak, diameter kelopak, panjang buah, diameter buah, rasio panjang/diameter, panjang tangkai buah, jumlah buah pertanaman, bobot buah segar dengan kelopak, bobot buah per tanaman, rata-rata bobot buah segar dengan kelopak, rata-rata bobot buah segar tanpa kelopak, intensitas warna antosianin pada ruas, warna utama buah pada saat panen, warna utama buah pada saat masak fisiologis, intensitas warna utama buah pada saat masak fisiologis, warna daging buah, kelenturan kelopak, penutupan buah oleh kelopak, pewarnaan antosianin pada kelopak, intensitas pewarnaan antosianin pada kelopak, ukuran buah, dan ukuran biji. Genotipe yang memiliki jarak genetik paling dekat pada kelompok ketiga adalah Pixo[P32] dan Pixo[GY11] dengan jarak genetik sebesar 0,01. Genotipe dengan jarak genetik paling jauh ialah Pixo[P34] dan Pixo[GY11] dengan jarak genetik sebesar 0,047.

Genotipe yang memiliki kemiripan paling tinggi atau jarak genetik paling dekat adalah Pixo[P14] dan Pixo[P22] serta Pixo[G35] dan Pixo[GY21]. Kedua pasang genotipe tersebut memiliki nilai kemiripan 99,5% atau jarak genetik sebesar 0.005. Genotipe yang memiliki jarak genetik terjauh yaitu Pixo[P35] dan Pixo[GY11] dengan nilai kemiripan sebesar 81,8% atau memiliki jarak genetik sebesar 0,182.

Keseluruhan karakter morfologi meliputi karakter kualitatif dan kuantitatif pada 20 genotipe tomatillo menunjukkan nilai koefisien kemiripan terbesar berkisar antara 89,4%-99,5%. Hal ini mengindikasikan bahwa keragaman antar genotipe pada 20 genotipe tomatillo termasuk rendah. Dendrogram jarak genetik

memberikan informasi bahwa semakin rendah nilai kemiripan maka perbedaan semakin tinggi dan mengindikasikan keragaman antar genotipe, sehingga jarak genetik yang terbentuk memiliki nilai yang tinggi, begitu pula sebaliknya. Analisis kemiripan karakter antar genotipe berguna untuk menafsirkan jarak genetik secara akurat. Genotipe yang memiliki jarak genetik dekat mengindikasikan kemiripan karakter morfologi yang dapat digunakan untuk meningkatkan ekspresi suatu sifat, sedangkan genotipe yang memiliki jarak genetik jauh mengindikasikan adanya perbedaan karakter morfologi yang dapat digunakan untuk meningkatkan keragaman pada populasi melalui hibridisasi sehingga meningkatkan efisiensi perancangan genotipe baru (Trevisani *et al.*, 2016).





KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Keragaman total antar karakter tanaman pada 20 genotipe tomatillo tergolong tinggi yaitu sebesar 90,62%. Terdapat 10 komponen utama dan 27 karakter morfologi yang berpengaruh terhadap keragaman total meliputi ruas, daun, bunga, kelopak dan buah.
2. Keragaman antar genotipe tomatillo tergolong rendah karena memiliki koefisien kemiripan 89,4%-99,5%. Jarak genetik antara tiga kelompok tomatillo menunjukkan nilai yang berbeda. Jarak genetik antara kelompok pertama dan kedua sebesar 0,026, antara kelompok kedua dan ketiga sebesar 0,032, dan antara kelompok pertama dan ketiga memiliki jarak genetik sebesar 0,081. Genotipe yang memiliki jarak genetik paling jauh ialah Pixo[P35] dan Pixo[GY11] dengan jarak genetik sebesar 0,182, sedangkan genotipe yang memiliki kemiripan paling tinggi atau jarak genetik paling dekat adalah Pixo[P14] dan Pixo[P22] serta Pixo[G35] dan Pixo[GY21] dengan jarak genetik sebesar 0.005. Genotipe-genotipe yang memiliki jarak genetik jauh dapat digunakan untuk meningkatkan keragaman dalam populasi melalui hibridisasi.

5.2 Saran

Penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan analisis pada penanda molekuler sebagai pelengkap data dari morfologi tanaman yang diamati. Perlu dilakukan peningkatan keragaman pada genotipe-genotipe tomatillo melalui hibridisasi antara genotipe yang memiliki perbedaan karakter morfologi atau antara genotipe yang memiliki jarak genetik jauh.



DAFTAR PUSTAKA

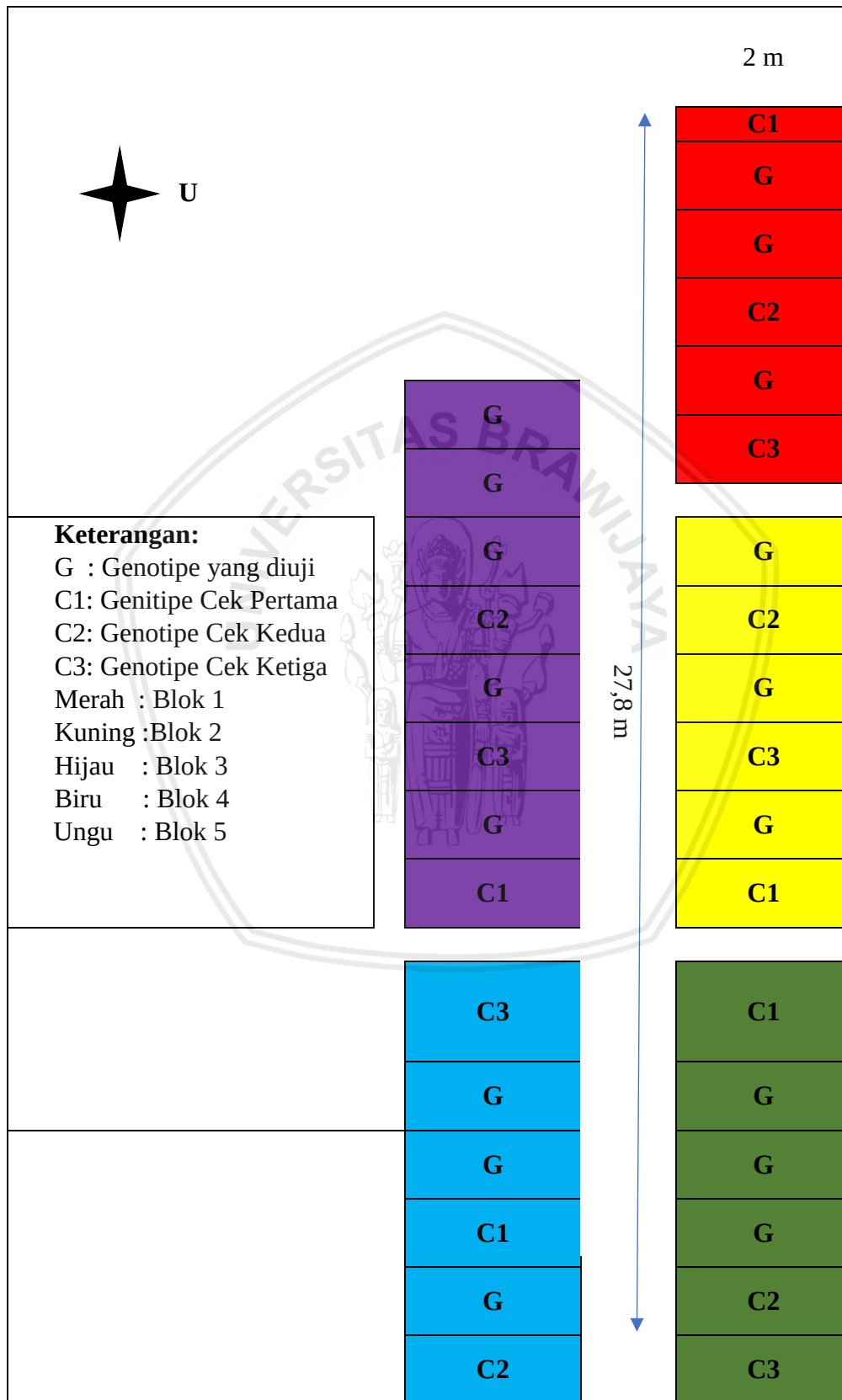
- Arunachalam, V. 1981. Genetic distance in plant breeding. *Indian J. Genet. plant Breed.* 41(1): 226–236.
- Camussi, A. 1985. Genetic Distances Based on Quantitative Traits. *Genetics* 111(1): 945–962.
- Curi, P.N., S. Carvalho, D.L. Salgado, R. Pio, D. Fernandes, A. Carla, M. Pinheiro, and V.R. De Souza. 2018. Characterization of different native american *physalis* species and evaluation of their processing potential as jelly in combination with brie-type cheese. 2061(1): 112–119.
- Dogan, I., and N. Dogan. 2016. Genetic Distance Measures : Review Genetic Distance Measures : Review Genetik Uzaklık Ölçüleri.
- Freyre, R., J.B. Loy, and S.U. Five. 2000. Variety trials. *Horttechnology* 10(2): 0–3.
- Garzón-martínez, G.A., J.A. Osorio-guarín, P. Delgadillo-durán, F. Mayorga, F.E. Enciso-rodríguez, D. Landsman, L. Mariño-ramírez, and L. Stella. 2015. Genetic diversity and population structure in *Physalis peruviana* and related taxa based on InDels and SNPs derived from COSII and IRG markers. *Plant Gene* 4: 29–37. doi: 10.1016/j.plgene.2015.09.003.
- Hernándo Bermejo J.E and León J. 1994. Tomatillo, husk-tomato. p. 117–122. *In* Neglected crops from a different perspective. Plant Prot. FAO, Rome, Italy.
- Higgs, P.G., and B. Derrida. 1992. Genetic distance and species formation in evolving populations. *J. Mol. Evol.* 35(5): 454–465. doi: 10.1007/BF00171824.
- Ilin, A., and T. Raiko. 2010. Practical approaches to principal component analysis in the presence of missing values. *J. Mach. Learn. Res.* 11: 1957–2000.
- Jambormias, E., S.H. Sutjahjo, and Y. Wahyu. 2013. Modification of augmented design and estimation of genetic parameter in early generation of self-pollinated crops. *J. Budid. Pertan.* 9(2): 52–59. doi: 10.1007/s11695-013-0986-z.
- Khan, W., B.M. Khan, M.N. Uddin, and B.A. Padder. 2019. Morphometric and genetic characterization of medicinally important accessions of *Physalis ixocarpa* Brot . *Bangladesh J. Bot.* 48(1): 105–111.
- Kindscher, K., Q. Long, S. Corbett, K. Bosnak, H. Loring, M. Cohen, and B.N. Timmermann. 2012. The ethnobotany and ethnopharmacology of wild tomatillos, *Physalis longifolia* Nutt., and related *Physalis* species: a review. *Econ. Bot.* 66(3): 298–310. doi: 10.1007/s12231-012-9210-7.
- Kumar, V., S. Sahay, V. Nirgude, A. Kumari, R.S. Singh, H. Mir, S.S. Mahesh, and V. Kumar. 2017. Assessment of genetic variability among different genotypes of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in India. *J. Appl. Nat. Sci.* 9(3): 1735–1739. doi: 10.31018/jans.v9i3.1430.

- Lomelí, A.P., A.M. Contreras, M. Enrique, R. Pérez, A. Carballo, J. Enrique, R. Pérez, and M. Maldonado. 2004. Genetic parameters of husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot.) CV verde Puebela. *Artic. Cient.* 27(1): 1–7.
- Lomeli, A.P., N.M. Lira, S.M. Hernandez, J.S. Martinez, J.F.S.H. Hernandez, O.G. Juarez, and A.C. Rodriguez. 2011. Illustrated guidelines for the description of husk tomato (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) Varieties. Chapingo.
- Morton, J.F., and O.S. Russell. 1953. The Cape Gooseberry and the Mexican Husk Tomato.
- Muniz, J., A.A. Kretzschmar, L. Rufato, T.R. Pelizza, A.D.R. Rufato, and T.A. de Macedo. 2014. General aspects of *physalis* cultivation. *Ciência Rural* 44(6): 964–970. doi: 10.1590/S0103-84782014005000006.
- Nei, M. 1972. Genetic distance between populations. *Naturalist* 106(50): 283–292.
- Peres-Neto, P.R., D.A. Jackson, and K.M. Somers. 2003. Giving meaningful interpretation to ordination axes: Assessing loading significance in principal component analysis. *Ecology* 84(9): 2347–2363. doi: 10.1890/00-0634.
- Robledo-Torres, V., F. Ramírez-Godina, R. Foroughbakhch-Pournavab, A. Benavides-Mendoza, G. Hernández-Guzmán, and M.H. Reyes-Valdés. 2011. Development of tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) autotetraploids and their chromosome and phenotypic characterization. *Breed. Sci.* 61(3): 288–293. doi: 10.1270/jsbbs.61.288.
- Satriatama, I. 2016. Kecamatan Kromengan dalam angka 2017. BPS Kabupaten Malang, Kabupaten Malang.
- Sharma, N., A. Bano, H.S. Dhaliwal, and V. Sharma. 2015. Perspectives and possibilities of Indian species of genus *Physalis* (L.) - a comprehensive review. *Eur. J. Pharm. Med. Res.* 2(4): 693–698. www.ejpmr.com.
- Shlens, J. 2014. A Tutorial on principal component analysis. *Mt. view* 3(02): 1–12. doi: 10.1677/joe.0.1760275.
- Silva, D.F., R. Pio, J.D.R. Soares, H.H.D.S. Elias, F. Villa, and E.V.D.B. Vilas Boas. 2016. Light spectrum on the quality of fruits of *physalis* species in subtropical area. *Bragantia* 75(3): 371–376. doi: 10.1590/1678-4499.463.
- Singh, D.B., N. Ahmed, S. Lal, A. Mirza, O.C. Sharma, and A.A. Pal. 2014. Variation in growth, production and quality attributes of *Physalis* species under temperate ecosystem. *Fruits* 69(1): 31–40. doi: 10.1051/fruits/2013099.
- Singh, D.B., N. Ahmed, A. Mirza, S. Lal, and A.A. Pal. 2013. Introduction , characterisation and evaluation of Husk Tomato (*Physalis ixocarpa* Brot .) genotypes under temperate climate. *Indian J.Plant Genet. Resour* 26(3): 226–230.
- Smith, R., and M. Jimenez. 1999. Tomatillo production in california. p. 1–2. *In*

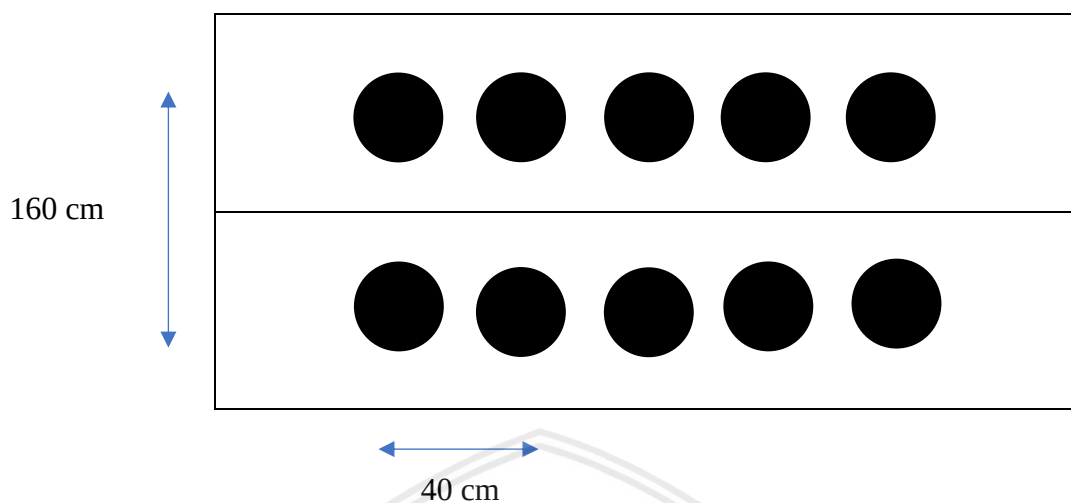
- University of California Division of Agriculture and Natural Resources.
- Tresniawati, C., and E. Randriani. 2008. Uji kekerabatan koleksi plasma nutfah Makadamia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher) Di Kebun Percobaan Manoko, Lembang, Jawa Barat. *Bul. ristri* 1(1): 25–31.
- Trevisani, N., R. Schmit, M. Beck, A.F. Guidolin, J. Luís, and M. Coimbra. 2016. Selection of *Physalis* population for hybridization, based on fruit traits. *Rev.Bras.Frutic* 38(2): 568. doi: 10.1590/0100-29452016568.
- Verma, M.K. 2013. Character association and path analysis in hip rose (*Rosa* sp.) genotypes collected from north western himalayan region of kashmir. *African J. Agric. Res.* 8(39): 4949–4955. doi: 10.5897/AJAR2013.6950.
- Waluyo, B., F. Ramayanti, and D. Saptadi. 2017. Keragaman genetik karakteristik fisik biji jarak kepyar (*Ricinus communis* L.) lokal untuk bahan baku industri. p. 317–321. *In* Seminar Nasional Pembangunan Pertanian II.
- Weeks, P. 2019. Growing tomatillos: a transnational veggie that plant all around the world. *Dly. Gard.*: 1–7. <https://www.thedailygardener.com/how-to-grow-tomatillos> (accessed 5 July 2019).
- Wei, J., X. Hu, J. Yang, and W. Yang. 2012. Identification of single-copy orthologous genes between *Physalis* and *Solanum lycopersicum* and analysis of genetic diversity in *Physalis* using molecular markers. *PLoS One* 7(11): 1–9. doi: 10.1371/journal.pone.0050164.
- Yoo, C.K., and M. Shahlaei. 2018. The applications of PCA in QSAR studies: A case study on CCR5 antagonists. *Chem. Biol. Drug Des.* 91(1): 137–152. doi: 10.1111/cbdd.13064.
- Yu, C.Y., S.W. Hu, H.X. Zhao, A.G. Guo, and G.L. Sun. 2005. Genetic distances revealed by morphological characters, isozymes, proteins and RAPD markers and their relationships with hybrid performance in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Theor. Appl. Genet.* 110(3): 511–518. doi: 10.1007/s00122-004-1858-7.
- Zamora-Tavares, P., O. Vargas-Ponce, J. Sánchez-Martínez, and D. Cabrera-Toledo. 2014. Diversity and genetic structure of the husk tomato (*Physalis philadelphica* Lam.) in Western Mexico. *Genet. Resour. Crop Evol.* 62(1): 141–153. doi: 10.1007/s10722-014-0163-9.
- Zanetta, C.U., and B. Waluyo. 2018. The Character variability and genetic divergence of tomatillo (*Physalis ixocarpa* Brot.) as a selection base for the increasing of genetic capacity of exotic fruits.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Denah Percobaan



Lampiran 2. Denah Populasi Tanaman dalam Satu Satuan Percobaan.



Lampiran 3. Cara pengamatan karakter morfologi tomatillo (*P. ixocarpa* ex. Hornem)



Pengukuran panjang ruas



Pengukuran tinggi tanaman pada percabangan pertama



Pengukuran lebar daun



Pengukuran panjang daun



Pengukuran panjang tangkai daun

**Lampiran 4. Hama dan penyakit yang menyerang tanaman tomatillo
(*P. ixocarpa* Brot. ex Hornem)**



Serangan penyakit kuning yang disebabkan oleh gemini virus



Akar adventif yang tmuncul pada batang karena genanagan



Serangan hama kutu daun dengan semut sebagai vector persebaran hama.



Ulat yang memakan buah tomatillo pada saat masak panen.