

Volume 8, Nomor 2, 2024

ISSN: 2615-2207 /EISSN : 2579-843X

AGROSAINSTEK

Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian

<http://agrosainstek.ubb.ac.id>

AGROSAINSTEK

Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian

Volume 8, Nomor 2, 2024

PISSN : 2615-2207

EISSN : 2579-843X

DAFTAR ISI (CONTENT)

Observasi Keragaan Ukuran Benih, Endosperma, dan Embrio Genotipe Padi Tropis (<i>Oryza sativa</i> L.) dengan <i>Image Analysis</i> <i>Ahmad Rifqi Fauzi, Ahmad Junaedi, Iskandar Lubis, Munif Ghulamahdi, Hajrial Aswidinnoor</i>	41-49
Pengaruh Konsentrasi Pupuk STMJ Plus (Susu Telur Molase Jamur <i>Trichoderma</i> sp. dan Limbah Buah-Buahan) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Dua Varietas Selada (<i>Lactuca sativa</i> L.) <i>Anisatul Ummah, Ayu Puspita Arum, Setiyono, Wahyu Indra Duwi Fanata, Ahmad Ilham Tanzil</i>	50-59
Karakterisasi Morfologi dan Evaluasi Aksesori Lokal Alpukat Pulau Bangka <i>Farihul Ihsan, Hadori, Amellia</i>	60-68
Hasil dan Komponen Hasil Beberapa Varietas Kacang Hijau (<i>Vigna radiata</i> L. Wilczek) yang Diberi Pemupukan Kieserit <i>Buhaira, Sosiawan Nusifera, Helmi Salim</i>	69-75
Breeding Methods for Antrachnose Resistant Chili Pepper (<i>Capsicum</i> spp.) in the Last Decade: A Review <i>Fitriansyah Putra, Nono Carsono, Fitri Widiyanti, Citra Bakti, Oscar W. Mitalo, Seung Wong Kang</i>	76-90
Keragaman Genetik, Morfologi dan Produksi Tanaman Sagu Dataran Tinggi Latimojong Kabupaten Luwu <i>Masluki, Mutmainnah</i>	91-100

Foto sampul : Kacang Hijau

Foto oleh : Dini



AGROSAINSTEK

Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian

Volume 8 • Nomor 2 • 2024

PISSN: 2615-2207

EISSN: 2579-843X

KETUA EDITOR (*EDITOR IN CHIEF*)

Deni Pratama, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

ANGGOTA EDITOR (*EDITORIAL BOARD MEMBERS*)

Gigih Ibnu Prayoga, S.P., M.P. (Universitas Bangka Belitung)

Ropalia, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Herry Marta Saputra, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Rion Apriyadi, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Santika Sari, S.P., M.P. (Universitas Padjadjaran)

Yati Setiati, S.P., M.P. (Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati)

Novi Handayani, A. Md. (Universitas Bangka Belitung)

PENERBIT (*PUBLISHER*)

Universitas Bangka Belitung

ALAMAT EDITOR (*EDITORIAL ADDRESS*)

Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian, Perikanan dan Kelautan, Universitas Bangka Belitung
Gedung Semangat, Kampus Terpadu Balunijuk,
Desa Balunijuk Kecamatan Merawang Kabupaten Bangka
E-mail: agrosainstek@gmail.com

AKREDITASI (*ACCREDITATION*)

Terakreditasi nasional peringkat SINTA 2 berdasarkan SK Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kemenristekdikti Nomor: 36/E/KPT/2019

MITRA BESTARI (*REVIEWERS*)

Dr. M. Khais Prayoga, S.P., M.P. (Pusat Penelitian Teh dan Kina)

Ankardiansyah Pandu Pradana, S.P., M.Si. (Universitas Jember)

Dr. Eries Dyah Mustikarini, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Muh. Adiwena, S.P., M.Si. (Universitas Borneo Tarakan)

Dr. Sosiawan Nusifera, S.P., M.P. (Universitas Jambi)

Nono Carsono, S.P., M.Sc., Ph.D. (Universitas Padjadjaran)

Jakty Kusuma, S.P., M.P., Ph.D. (Politeknik Negeri Lampung)

Dr. Tri Lestari, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Dr. Ismed Inonu, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Dr. Ihsan Nurkomar, S.P. (Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

Agustin Zarkani S.P., M.Si., Ph.D. (Universitas Bengkulu)

Dr. Nyayu Siti Khodijah, S.P., M.Si. (Universitas Bangka Belitung)

Sari Intan Kailaku, S.TP, M.Si. (Balai Besar Litbang Pascapanen Pertanian)

Dr. Yani Maharani, S.P., M.Si. (Universitas Padjadjaran)

Dr. Budy Frasetya Taufik Qurrohman, S.TP., M.P. (Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati)

**Research Article****Observasi Keragaan Ukuran Benih, Endosperma, dan Embrio Genotipe Padi Tropis (*Oryza sativa* L.) dengan *Image Analysis******Observation Size of Seed, Endosperm, and Embryo of Tropical Rice (*Oryza sativa* L.) with Image Analysis Approach***

**Ahmad Rifqi Fauzi^{1*}, Ahmad Junaedi², Iskandar Lubis², Munif Ghulamahdi²,
Hajrial Aswidinnoor²**

¹Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Bioindustri, Universitas Trilogi. Jl. TMP. Kalibata No.4, RT.4/RW.4, Duren Tiga, Kec. Pancoran, Jakarta, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12760.

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

Received: December 18, 2022 /Received in revised : July 16, 2024/ Accepted: July 27, 2024

ABSTRACT

Rice is important staple food in the world. One important input in rice production is seed vigor, is determined by seed characteristics such as seed size and shape. The Digital image processing could facilitate observations of seed size faster, large samples, produce accurate, and robust data. However, this study was designed to investigate size of seed, endosperm and embryo of 55 tropical rice genotypes using image analysis and correlation analysis between characters. A total of 400 seeds, 40 endosperms, and 8 embryos containing each genotype were investigated for their size characteristics. The results of the investigation showed that genotype differences had a significant effect on size of seed, endosperm and embryo. The length of tropical rice seeds is included in the medium-very long seeds and has a significant positive correlation ($\alpha < 0.01$) with the weight of 1000 grain grains, seed area, shape of the seed (length-to-width ratio), and endosperm length. Embryo size characters (length, width, area, and circumference) have a significant positive correlation ($\alpha < 0.05$) with seed area. The results can be considered in the crop improvement of tropical rice plants in the future.

Keywords: Embryo size; Endosperm; Image analysis; Rice; Seed size.

ABSTRAK

Beras merupakan salah satu makanan pokok penting di dunia. Salah satu input penting dalam produksi beras adalah tersedianya benih dengan vigor baik yang salah satunya ditentukan oleh karakteristik benih seperti ukuran dan bentuk benih. Pendekatan pengolahan citra dengan teknologi digital telah dapat memudahkan pengamatan non destruktif ukuran benih (seed size) dalam waktu yang cepat dan ukuran yang besar serta menghasilkan data yang akurat dan kuat. Penelitian ini dirancang untuk menyelidiki karakter ukuran benih, endosperma, dan embrio dari 55 genotipe padi tropis menggunakan pendekatan analisis gambar serta analisis hubungan antar karakter. Sebanyak 400 benih berisi, 40 endosperma, dan 8 embrio dari setiap genotipe diambil untuk diselidiki karakter ukurannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan genotipe berpengaruh signifikan terhadap ukuran benih, endosperma, dan embrio. Ukuran panjang benih padi tropis termasuk dalam benih berukuran sedang-sangat panjang dan memiliki korelasi yang signifikan positif ($\alpha < 0.01$) dengan bobot 1000 butir gabah, luas benih, bentuk benih (length-to-width ratio), dan panjang endosperma. Karakter ukuran embrio (panjang, lebar, luas, dan keliling) berkorelasi signifikan positif ($\alpha < 0.05$) dengan luas benih. Informasi dari hasil penelitian ini dapat menjadi pertimbangan dalam perbaikan tanaman padi tropis di masa mendatang.

Kata kunci: Analisis gambar; Embrio; Endosperma; Padi; Ukuran benih.

*Korespondensi Penulis.

E-mail : rifqi@trilogi.ac.id (A R Fauzi)

DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v8i2.442>

1. Pendahuluan

Padi merupakan salah satu bahan makanan pokok terbesar di dunia selain gandum dan jagung. Jumlah produksi padi secara global mencapai 759.6 juta ton pada tahun 2017, dimana 90.4% diantaranya diproduksi di Asia (FAO 2018). Peningkatan populasi dunia akan mencapai 9.8 milyar penduduk tahun 2050 (Umesh *et al.* 2019). Hal ini diduga akan membutuhkan peningkatan produktivitas padi sebesar 30% agar dapat memenuhi permintaan global (Alexandratos dan Bruinsma 2012). Produksi padi salah satunya dapat diukur dari karakter bobot gabah berkorelasi positif dengan ukuran gabah atau benih (Xu *et al.* 2015). Ukuran benih juga merupakan salah satu indikator penting dari mutu benih yang berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif dan sering dihubungkan dengan hasil tanaman (Kesavan *et al.* 2013; Ambika *et al.* 2014). Oleh karena itu, ukuran gabah ataupun benih merupakan sebuah karakter penting bagi pemulia tanaman dalam upaya perbaikan tanaman padi.

Metode pengukuran benih yang tepat dan cepat sangat dibutuhkan untuk seleksi dalam menentukan ukuran benih. Pengukuran secara manual dianggap memiliki keterbatasan dalam hal jumlah data, kualitas pengukuran (akurasi), serta keragaman data bentuk benih yang dapat dikumpulkan (Tanabata *et al.* 2012; Baek *et al.* 2020). Pendekatan melalui analisis gambar (*image analysis*) telah menjadi salah satu pilihan teknologi yang banyak dimanfaatkan karena lebih cepat, lebih konsisten, akurat dan mudah serta berbiaya rendah dan lebih kuat (Herridge *et al.* 2011; Lurstwut dan Pornpanomchai 2017). Beberapa tahun terakhir, telah banyak peneliti menggunakan pendekatan tersebut (Golpour *et al.* 2014; Jamil *et al.* 2017; Lustwurt&Pornpanomchai, 2017; Baek *et al.* 2020). Pemanfaatan teknologi *image analysis* ini membantu dalam menyediakan informasi terkait keragaman ukuran benih. Informasi tersebut dapat menjadi pertimbangan dalam program pemuliaan tanaman khususnya padi.

Indonesia telah menjadi salah satu pusat keragaman genetik (*center of diversity*) padi (*Oryza sativa* L.) terbesar di dunia (Sitaresmi *et al.* 2013). Agroekologi padi yang banyak tumbuh di Indonesia merupakan jenis padi tropis (*Indica* dan *Javanica/Sub-Japonica*) (Sitaresmi *et al.* 2013). Namun demikian, Informasi mengenai keragaan ukuran benih, endosperma, dan embrio padi tropis masih terbatas. Observasi mengenai karakter-karakter ukuran benih padi terutama untuk padi tropis diperlukan sebagai informasi awal untuk pengembangan program pemuliaan tanaman padi. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah

observasi karakter-karakter ukuran benih, endosperma, dan embrio melalui pendekatan *image analysis* serta analisis keterkaitan antara karakter panjang, lebar, luas, keliling dan bentuk (rasio panjang-lebar).

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada September-Desember 2019. Pengamatan dilakukan di Laboratorium Mikroteknik, Departemen Agronomi dan Hortikultura, IPB University. Material genetik padi diambil dari kebun percobaan Sawah Baru – IPB University, di desa Babakan, Dramaga, Bogor (6°33'52.7"S 106°44'06.4"E).

Sebanyak 50 Genotipe padi hasil program pemuliaan IPB diperoleh dengan mengambil 6 rumpun padi setiap genotipe yang ditanam pada bulan April-Mei 2019 dan periode panen bulan Agustus-September 2019. Malai padi dikeringkan di bawah sinar matahari selama 3-5 hari. Setelah malai kering, gabah dirontokkan secara manual dan selanjutnya dipisahkan antara gabah isi dengan gabah hampa dengan menggunakan *blower* pemilah benih. Benih isi hasil pemilahan selanjutnya dijadikan sampel untuk pengukuran benih. Pengukuran juga dilakukan terhadap varietas nasional yang diperoleh dari BB Padi Muara, Bogor yaitu Ciharang, Inpari 33, Jatiluhur, serta dari Kebun Percobaan Sawah Baru, Dramaga yaitu IPB 3S, dan IPB 8G. Daftar genotipe tersaji pada Tabel 1.

Pengamatan terhadap karakter-karakter yang dibutuhkan untuk menentukan ukuran benih padi dilakukan melalui pengukuran langsung. Peubah bobot 1000 benih (g) diukur secara manual. Ukuran benih dan endosperma yaitu panjang (L), lebar (W), luas (A), keliling (P) dan rasio panjang-lebar (LWR) dalam mm. Seluruh karakter diukur menggunakan perangkat lunak (*software*) *SmartGrain* (SG). SG merupakan *software* yang dikembangkan oleh Tanabata *et al.* (2012) dari *National Institute of Agrobiological Science*, Tsukuba, Jepang. Basis data yang digunakan adalah RGB (*red, green, blue*). Pengukuran endosperma mengikuti prosedur pengukuran gabah dengan menggunakan perangkat lunak SG. Setiap genotipe diambil 40 gabah yang telah diukur sebelumnya. Kulit gabah (*hull*) dibuka dan endosperma diambil untuk kemudian dipindai dengan menggunakan *Scanner Canon tipe G3010 series* (resolusi 600 dpi). Hasil pindaian disimpan dalam bentuk JPEG dan TIFF/*tagged image file format* (4960 x 7015 pixels) untuk selanjutnya dilakukan pengukuran melalui aplikasi SG. Skala yang digunakan sebesar 0.030 mm/pixel (hasil kalibrasi dengan pengukuran manual). Sistem SG akan mendeteksi gabah-gabah

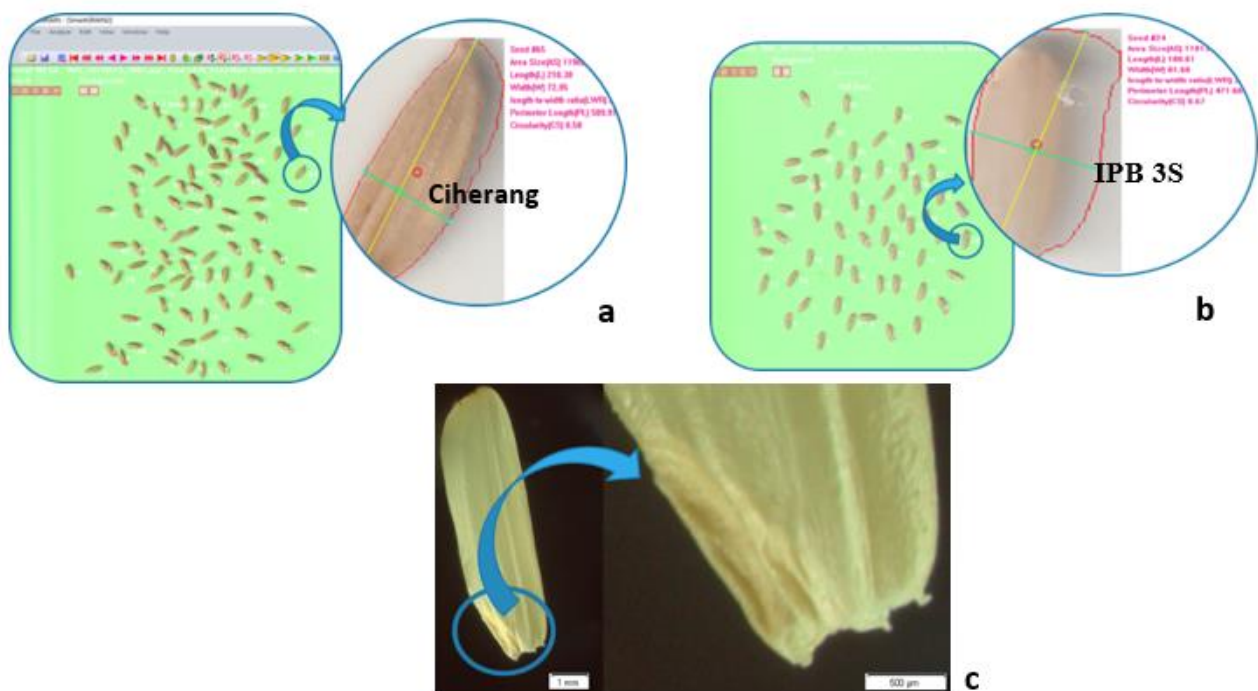
sesuai dengan warna dasar yang digunakan untuk pengukuran.

Sebanyak 400 benih dan 40 endosperma (masing-masing terbagi menjadi 3 ulangan) dari setiap genotipe diambil dan dipindai menggunakan *Scanner Canon tipe G3010 series* (resolusi 600 dpi) dan disimpan dalam bentuk *joint photographic expert group* (JPEG) atau *tagged image file format* (TIFF; 4960 x 7015 pixels). Hasil pindaian tersebut digunakan untuk melakukan pengukuran pada aplikasi SG. Skala yang digunakan sebesar 0.030 mm/pixel (hasil kalibrasi dengan pengukuran manual). *Screening* bentuk (LW Ratio) juga dilakukan oleh sistem sesuai dengan tingkat ketelitian yang diinginkan. Visualisasi metode pengukuran karakter ukuran benih dan endosperma tersaji pada Gambar 1.

Delapan endosperma yang telah diukur, selanjutnya digunakan untuk pengukuran embrio. Kriteria endosperma yang digunakan adalah berwarna putih, memiliki embrio, dan tidak patah. Visualisasi embrio dilakukan dengan menggunakan

mikroskop *Olympus BX 51 series* pada perbesaran 1.25x, sedangkan pengukurannya menggunakan aplikasi *DP2-BSW* dari Olympus Corporation. Pengukuran panjang dan lebar embrio dilakukan dengan menarik garis lurus antara dua titik dengan ukuran terpanjang. Keliling dan luas embrio diukur dengan menarik garis *rectangle* di setiap titik mengikuti bentuk embrio yang tampak pada tampilan mikroskop. Seluruh peubah pengamatan diamati pada skala 500 μm (0.5 mm) dan resolusi 2560 x 1920 pixels. Karakter ukuran embrio yang diamati yaitu panjang (mm), lebar (mm), luas (mm^2), dan keliling (mm). Tampilan pengukuran karakter ukuran embrio disajikan pada Gambar 1c.

Seluruh data percobaan akan ditampilkan dalam nilai rata-rata. Analisis ragam dan analisis korelasi karakter ukuran benih, endosperma, dan embrio dilakukan menggunakan perangkat lunak *Statistic Tools of Agriculture Research* (STAR) v3.2 dari IRRI (<http://bbi.irri.org/products>).



Gambar 1. Contoh tampilan pengukuran karakter ukuran dan bentuk benih, endosperma, dan embrio padi: a. Pengukuran benih padi menggunakan aplikasi SmartGrain, b. Pengukuran endosperma padi menggunakan aplikasi SmartGrain, c. Pengukuran embrio padi menggunakan mikroskop Olympus BX-51

Tabel 1. Daftar Genotipe padi untuk penelitian ukuran benih, endosperma, dan embrio

No	Genotipe	No	Genotipe	No	Genotipe
1	IPB187-F-101-2-1	20	IPB189-F-31-1-2	39	IPB194-F-41-1-1
2	IPB187-F-102-1-1	21	IPB189-F-35-1-1	40	IPB194-F-41-1-2
3	IPB187-F-37-1-3	22	IPB189-F-42-1-1	41	IPB194-F-50-1-3
4	IPB187-F-41-2-1	23	IPB189-F-6-2-3	42	IPB194-F-58-3-3
5	IPB187-F-43-1-1	24	IPB190-F-10-3-1	43	IPB194-F-62-1-2
6	IPB187-F-45-1-1	25	IPB190-F-12-1-2	44	IPB194-F-65-2-2
7	IPB187-F-46-2-2	26	IPB190-F-17-1-2	45	IPB194-F-65-2-3
8	IPB187-F-46-2-3	27	IPB191-F-17-2-3	46	IPB194-F-68-1-3
9	IPB187-F-49-1-2	28	IPB191-F-24-2-1	47	IPB194-F-70-1-3
10	IPB187-F-52-2-2	29	IPB191-F-27-1-3	48	IPB194-F-92-3-1
11	IPB187-F-5-2-3	30	IPB193-F-17-2-3	49	IPB194-F-93-1-1
12	IPB187-F-55-2-1	31	IPB193-F-18-1-1	50	IPB194-F-96-2-1
13	IPB187-F-68-3-2	32	IPB193-F-19-1-3	51	CIHERANG
14	IPB187-F-74-1-3	33	IPB193-F-20-1-3	52	JATILUHUR
15	IPB187-F-75-1-3	34	IPB193-F-38-2-1	53	INPARI 33
16	IPB187-F-76-1-1	35	IPB194-F-36-2-3	54	IPB3S
17	IPB187-F-85-1-1	36	IPB194-F-40-2-1	55	IPB8G
18	IPB187-F-88-1-2	37	IPB194-F-40-2-2		
19	IPB189-F-18-2-1	38	IPB194-F-40-2-3		

3. Hasil

Karakter benih

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan genotipe berpengaruh sangat signifikan terhadap ukuran benih (P value < 0.001). Hasil pengukuran menggunakan metode *image analysis* dengan aplikasi SG menunjukkan bahwa benih padi tropis memiliki ukuran rata-rata panjang 7,24 mm, lebar 2,44 mm, keliling 17,57 mm, luas 13,73 mm² dan bentuk (LWR) 3,02 (Tabel 2). Keragaan ukuran dan bentuk benih dari masing-masing genotipe dapat dilihat pada Gambar 2. Sebanyak 5 karakter ukuran benih pada 50 galur F8 hasil program pemuliaan IPB University yang diuji memiliki ukuran benih yang lebih besar (\bar{X} = 13,85 mm²) dan lebih panjang (\bar{X} = 7,30 mm) dibandingkan lima varietas nasional yang diuji. Sedangkan hasil penyelidikan terhadap lima varietas nasional menunjukkan bahwa kelompok padi sawah (Ciherang, INPARI 33, dan IPB 3S) memiliki ukuran benih lebih panjang dibandingkan kelompok padi gogo (Jatiluhur dan IPB 8G) (Gambar 2a). Mengacu pada Panduan Sistem Karakterisasi dan Evaluasi Tanaman Padi (IRRI 2002), benih varietas padi sawah tergolong benih berukuran panjang sedangkan benih varietas padi gogo tergolong benih berukuran sedang.

Karakter Ukuran Endosperma

Endosperma merupakan jaringan yang menyimpan cadangan makanan yang akan digunakan untuk metabolisme dalam proses perkecambahan dan pembentukan bibit (*seedling establishment*) pada sebagian besar tanaman sereal. Berdasarkan hasil analisis ragam (Tabel 3) menunjukkan bahwa perbedaan genotipe berpengaruh terhadap ukuran endosperma (P value < 0.001). Hasil pengukuran dengan metode *image analysis* didapatkan bahwa rata-rata ukuran panjang, lebar, keliling, luas dan *LW ratio* yaitu 5.6 mm, 2.3 mm, 14.3 mm, 10.2 mm², dan 2.5 (Tabel 3). Ukuran endosperma 50 galur padi F8 lebih besar (\bar{X} = 10.29 mm²) dan lebih panjang (\bar{X} = 5.63 mm) dibandingkan lima varietas pembanding (Gambar 2a, b). Akan tetapi terdapat hal menarik pada karakter lebar, empat varietas pembanding (Ciherang, Jatiluhur, IPB 3S, dan IPB 8G) memiliki endosperma yang lebih lebar dibandingkan lebar rata-rata endosperma genotipe F8 yang diuji. Hasil yang sama juga ditemukan pada karakter lebar benih dan lebar embrio. Perbedaan ukuran endosperma selain karena faktor genetik, dipengaruhi juga oleh suhu lingkungan dimana luas endosperma pada suhu tinggi di malam hari lebih kecil 10% dibanding pada kondisi suhu normal (Morita *et al.* 2005).

Tabel 2. Hasil pengukuran terhadap karakter ukuran dan bentuk benih dari 55 genotipe padi

Karakter Benih	Min	Maks	Rata-rata	<i>P-value</i>	Sig.	KK (%)
Panjang (mm)	6.182	8.057	7.240 ± 0.107	< 0.01	***	3.32
Lebar (mm)	2.121	2.796	2.442 ± 0.054	< 0.01	***	1.59
Keliling (mm)	15.069	19.012	17.569 ± 0.257	< 0.01	***	2.64
Luas (mm ²)	10.154	16.040	13.729 ± 0.385	< 0.01	***	1.61
LWR	2.398	3.459	3.018 ± 0.226	< 0.01	***	3.11

Keterangan : hasil pengukuran dengan aplikasi SmartGrain pada skala 0.030 mm. ***berpengaruh signifikan pada taraf kesalahan $\alpha < 0.1$ %; Sig. = signifikansi; KK = koefisien keragaman; LWR = length to width ratio

Tabel 3. Hasil pengukuran terhadap karakter ukuran dan bentuk endosperma dari 55 genotipe padi

Karakter	Min	Maks	Rata-rata	<i>P-value</i>	Sig.	KK (%)
Panjang (mm)	4.870	6.005	5.593 ± 0.073	< 0.01	***	3.05
Lebar (mm)	2.006	2.500	2.265 ± 0.061	< 0.01	***	1.77
Keliling (mm)	13.087	15.313	14.285 ± 0.173	< 0.01	***	3.12
Luas (mm ²)	8.790	11.674	10.230 ± 0.257	< 0.01	***	1.54
LWR	2.031	2.795	2.518 ± 0.155	< 0.01	***	4.54

Keterangan : hasil pengukuran dengan aplikasi SmartGrain pada skala 0.030 mm. ***berpengaruh signifikan pada taraf kesalahan $\alpha < 0.1$ %; Sig. = signifikansi; KK = koefisien keragaman

Tabel 4. Hasil pengukuran terhadap karakter ukuran embrio dari 55 genotipe padi

Karakter	Min	Maks	Rata-rata	<i>P-value</i>	Sig.	KK (%)
Panjang (mm)	1.279	1.901	1.647 ± 0.055	< 0.01	***	4.48
Lebar (mm)	0.391	0.806	0.548 ± 0.057	< 0.01	***	13.76
Keliling (mm)	3.135	4.621	3.965 ± 0.648	< 0.01	***	4.86
Luas (mm ²)	0.422	0.979	0.677 ± 0.140	< 0.01	***	14.65

Keterangan : hasil pengamatan pada mikroskop Olympus BX-51 pada perbesaran 1.25x dan pengukuran dengan aplikasi DP2-BSW pada skala 0.5 mm. ***berpengaruh signifikan pada taraf kesalahan $\alpha < 0.1$ %; Sig. = signifikansi; KK = koefisien keragaman

Karakter Ukuran Embrio

Hasil pengukuran terhadap karakter embrio menunjukkan bahwa perbedaan genotipe memberikan pengaruh signifikan terhadap ukuran embrio (*P value* < 0.001). Pengukuran embrio dari 55 genotipe melalui aplikasi diperoleh gambaran ukuran rata-rata panjang, lebar, keliling dan luas embrio dengan rata-rata, masing-masing, 1.65 mm, 0.55 mm, 3.96 mm, dan 0.68 mm² (Tabel 4). Hal yang sama juga terjadi pada karakter lebar embrio, dimana rata-rata lebar embrio genotipe lebih lebar jika dibandingkan varietas Ciherang dan Jatiluhur.

Korelasi karakter ukuran benih, endosperma, dan embrio

Bobot 1000 butir merupakan salah satu komponen penting untuk mengukur hasil produksi gabah padi di lapangan. Oleh karenanya, komponen ini dijadikan salah satu variabel untuk analisis hubungannya dengan karakter-karakter ukuran

benih, endosperma, dan embrio. Hasil korelasi menunjukkan bahwa empat karakter (panjang, lebar, keliling, dan bentuk) benih dan endosperma berkorelasi signifikan ($\alpha < 0.05$) dengan bobot 1000 butir gabah. Sedangkan karakter ukuran embrio tidak berkorelasi signifikan (Tabel 5).

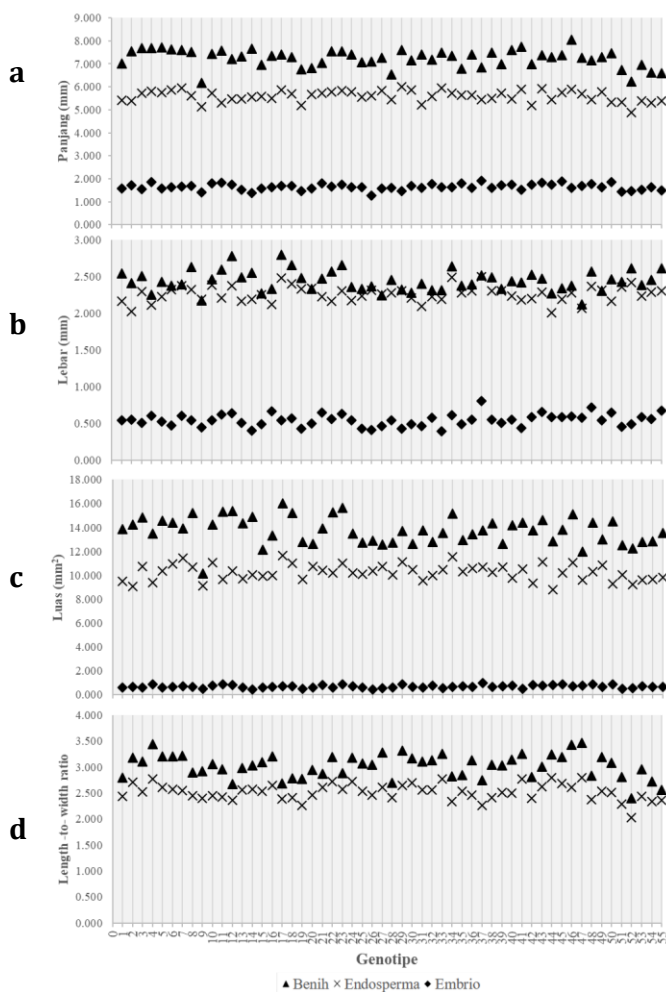
Korelasi antar karakter ukuran benih (Tabel 5) menggambarkan bahwa karakter luas benih berkorelasi signifikan positif ($\alpha < 0.01$) dengan karakter panjang, lebar, dan keliling benih. Hal ini dapat dipahami bahwa benih yang panjang selalu berasosiasi dengan benih yang lebih besar. Temuan yang menarik dari analisis korelasi ini yaitu adanya korelasi signifikan ($\alpha < 0.01$) antara LS dan LWR (koefisien korelasi (KK) 0.682) dengan WS dan LWR (KK -688). Yin *et al.* (2015) telah menyelidiki 215 galur inbrida (RIL) hasil persilangan padi tipe *japonica* dengan tipe *indica* yang juga menggunakan metode *image analysis* melaporkan bahwa rasio panjang-lebar (bentuk) benih akan meningkat dengan penambahan panjang namun berbanding terbalik dengan penambahan lebar.

Tabel 5. Koefisien korelasi *Pearson* antar karakter ukuran benih, endosperma, dan embrio dengan bobot 1000 butir benih padi

	B1000	AS	LS	WS	PS	LWR	AEn	LEn	WEn	PEn	LWREn	AEm	LEm	WEm	PEm
B1000	1.000														
AS	0.321*	1.000													
LS	0.536**	0.686**	1.000												
WS	-0.091	0.731**	0.04	1.000											
PS	0.512**	0.815**	0.966**	0.238	1.000										
LWR	0.425**	-0.039	0.682**	-0.688**	0.517**	1.000									
Aen	0.517**	0.444**	0.363**	0.243	0.428**	0.063	1.000								
Len	0.627**	0.333*	0.628**	-0.181	0.615**	0.581**	0.747**	1.000							
Wen	0.077	0.219	-0.213	0.516**	-0.107	-0.55**	0.676**	0.092	1.000						
Pen	0.607**	0.342*	0.558**	-0.079	0.552**	0.45**	0.824**	0.934**	0.315*	1.000					
LWREn	0.386**	0.049	0.599**	-0.545**	0.505	0.845**	0.004	0.631**	-0.698**	0.415**	1.000				
Aem	-0.083	0.306*	0.227	0.117	0.268	0.077	0.086	0.166	0.033	0.104	0.118	1.000			
Lem	0.08	0.303*	0.227	0.084	0.275*	0.094	0.058	0.184	-0.065	0.117	0.209	0.811**	1.000		
Wem	-0.154	0.326*	0.044	0.323*	0.116	-0.191	0.038	-0.054	0.137	-0.082	-0.123	0.749**	0.662**	1.000	
Pem	0.039	0.277*	0.213	0.065	0.251	0.098	0.017	0.156	-0.078	0.096	0.202	0.853**	0.982**	0.696**	1.000

Keterangan : * berkorelasi signifikan pada taraf kesalahan $\alpha < 5\%$; ** berkorelasi signifikan pada taraf kesalahan $\alpha < 1\%$

B1000 = Bobot 1000 butir benih; AS = luas benih; LS = panjang benih; WS = lebar benih; PS = keliling benih; LWR = rasio panjang-lebar benih; AEn = luas endosperma; LEn = panjang endosperma; WEn = lebar endosperma; PEn = keliling endosperma; LWREn = rasio panjang-lebar endosperma; AEm = luas embrio; LEm = panjang embrio; WEm = lebar embrio; PEm = keliling embrio



Gambar 2. Keragaan ukuran benih, endosperma, dan embrio 55 genotipe padi (a) panjang, (b) lebar, (c) luas, dan (d) rasio panjang/lebar (LWR)

Karakter panjang endosperma memiliki korelasi yang paling kuat (koefisien korelasi (KK) 0.627) dengan bobot 1000 butir diikuti oleh keliling endosperma dan panjang benih, serta bentuk benih dan endosperma (Tabel 5). Hasil ini memberikan informasi bahwa bobot gabah sebagian besar dikontribusikan oleh ukuran endosperma. Panjang endosperma berkorelasi positif dengan luas, panjang, keliling, dan bentuk benih. Lebar endosperma hanya berkorelasi signifikan dengan lebar benih (KK 0.516) dan bentuk benih (KK (-) 0.55) serta luas endosperma (KK 0.676). Hasil ini mengindikasikan bahwa pengisian gabah dipengaruhi oleh ukuran benih sebagai *sink* dari hasil fotosintat.

Karakter luas benih berkorelasi signifikan dan positif dengan seluruh karakter ukuran embrio dan begitu juga dengan antar karakter embrio saling berkorelasi satu sama lain dengan hubungan yang positif. Panjang embrio memiliki korelasi yang kuat dengan keliling embrio (KK 0.982), diikuti dengan luas embrio (KK 0.811). Sedangkan untuk lebar

embrio memiliki korelasi kuat dengan luas embrio (KK 0.749), selanjutnya berkorelasi positif dengan keliling embrio dan panjang embrio. Temuan menarik dari korelasi ini adalah, adanya korelasi signifikan antara lebar embrio dan lebar benih yang menandakan adanya indikasi bahwa lebar embrio memiliki hubungan positif dengan lebar benih dan saling berpengaruh satu sama lain.

4. Pembahasan

Pendekatan analisis gambar dengan menggunakan teknologi informasi telah menjadi suatu pendekatan yang berkembang pesat pada penelitian bidang pertanian. Kecepatan pengoperasian, keakuratan, serta kekuatan data yang dihasilkan menjadi keunggulan dari pendekatan ini sehingga dapat memberikan kemudahan bagi para peneliti dalam menganalisis setiap fenomena yang terjadi dengan biaya yang terjangkau. Pengamatan non destruktif terhadap karakter fisik benih padi seperti ukuran dan bentuk dengan menggunakan pengolahan citra (*image processing*) seperti pada penelitian ini telah membantu dalam rangka observasi keragaan benih padi dalam jumlah banyak dan waktu yang cepat. Secara umum, para peneliti menggunakan pendekatan pengolahan citra pada benih untuk beberapa tujuan diantaranya identifikasi, kontrol kualitas, serta evaluasi perkecambahan (Lurstwut dan Pornpanomchai 2017).

Ukuran dan bentuk gabah atau benih merupakan faktor penting pada sortasi dan *grading* baik untuk kebutuhan pasar maupun pengembangan mesin (Firatligil-Durmuş *et al.* 2010) untuk tanam, panen, maupun pascapanen. Variasi karakter ukuran benih penelitian ini selaras dengan laporan (Huang *et al.* 2013) yang menyebutkan bahwa panjang dan bentuk benih padi dapat memberikan variasi yang lebih besar dibandingkan karakter lebar benih pada genotipe yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *image analysis* untuk pengukuran karakter fisik benih dapat menjadi pendekatan yang bermanfaat dan cepat. Ukuran dan bentuk benih selain menjadi parameter yang digunakan untuk menganalisis biodiversitas tanaman (Cervantes *et al.* 2016) juga menjadi indikator fisik penting dari kualitas benih dimana dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman (Ambika *et al.* 2014), serta berdampak besar terhadap *market value* dari produk benih di pasar (Huang *et al.* 2013).

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa interval ukuran empat karakter embrio padi lebih besar jika dibandingkan dengan ukuran benih dan endosperma. Hal ini terdapat indikasi adanya variasi yang lebih luas dari karakter embrio. Jika

- Huang R, Jiang L, Zheng J, Wang T, Wang H, Huang Y, Hong Z. 2013. Genetic bases of rice grain shape: So many genes, so little known. *Trends Plant Sci*. 18(4):218–226. doi:10.1016/j.tplants.2012.11.001.
- Jamil M, Ali A, Ghafoor A, Akbar KF, Napar AA, Naveed NH, Yasin NA, Gul A, Mujeeb-Kazi A. 2017. Digital image analysis of seed shape influenced by heat stress in diverse bread wheat germplasm. *Pakistan J Bot*. 49(4):1279–1284.
- Kesavan M, Song JT, Seo HS. 2013. Seed size: A priority trait in cereal crops. *Physiol Plant*. 147(2):113–120. doi:10.1111/j.1399-3054.2012.01664.x.
- Lurstwut B, Pornpanomchai C. 2017a. Image analysis based on color, shape and texture for rice seed (*Oryza sativa* L.) germination evaluation. *Agric Nat Resour*. 51(5):383–389. doi:10.1016/j.anres.2017.12.002.
- Lurstwut B, Pornpanomchai C. 2017b. Image analysis based on color, shape and texture for rice seed (*Oryza sativa* L.) germination evaluation. *Agric Nat Resour*. 51(5):383–389. doi:10.1016/j.anres.2017.12.002.
- Morita S, Yonemaru JI, Takanashi JI. 2005. Grain growth and endosperm cell size under high night temperatures in rice (*Oryza sativa* L.). *Ann Bot*. 95(4):695–701. doi:10.1093/aob/mci071.
- Nagasawa N, Hibara KI, Heppard EP, Vander Velden KA, Luck S, Beatty M, Nagato Y, Sakai H. 2013. GIANT EMBRYO encodes CYP78A13, required for proper size balance between embryo and endosperm in rice. *Plant J*. 75(4):592–605. doi:10.1111/tpj.12223.
- Pandey MP, Seshu DV, Akbar M. 1994. Genetics of embryo size and its relationship with seed and seedling vigour in rice (*Oryza sativa* L.). *Indian J Genet Plant Breed*. 54(3):258–268.
- Ren D, Wang X, Yang M, Yang L, He G, Deng XW. 2019. A new regulator of seed size control in Arabidopsis identified by a genome-wide association study. *New Phytol*. 222(2):895–906. doi:10.1111/nph.15642.
- Sitairesmi T, Wening RH, Rakhmi AT, Yunani N, Susanto U. 2013. Pemanfaatan Plasma Nutfah Padi Varietas Lokal dalam Perakitan Varietas Unggul. *Iptek Tan Pangan*. 8(1):22–30.
- Tanabata T, Shibaya T, Hori K, Ebana K, Yano M. 2012. SmartGrain: High-throughput phenotyping software for measuring seed shape through image analysis. *Plant Physiol*. 160(4):1871–1880. doi:10.1104/pp.112.205120.
- Umesh MR, Angadi S, Gowda P, Ghimire R, Begna S. 2019. Climate-resilient minor crops for food security. Di dalam: *Agronomic Crops: Volume 1: Production Technologies*. Volume ke-1. hlm 19–32.
- Xu Q, Chen W, Xu Z. 2015. Relationship between grain yield and quality in rice germplasm grown across different growing areas. *Breed Sci*. 65(3):226–232. doi:10.1270/jsbbs.65.226.
- Yin C, Li H, Li S, Xu L, Zhao Z, Wang J. 2015. Genetic dissection on rice grain shape by the two-dimensional image analysis in one japonica × indica population consisting of recombinant inbred lines. *Theor Appl Genet*. 128(10):1969–1986. doi:10.1007/s00122-015-2560-7.



AGROSAINSTEK

Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian

Website jurnal : <http://agrosainstek.ubb.ac.id>

Research Article

Pengaruh Konsentrasi Pupuk STMJ Plus (Susu Telur Molase Jamur *Trichoderma* sp. dan Limbah Buah-Buahan) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Dua Varietas Selada (*Lactuca sativa* L.)

The Effect of Fertilizer Concentration of STMJ Plus (Milk Eggs Molase *Trichoderma* sp. and Fruit Waste) on the Growth and Production of Two Lettuce Varieties (*Lactuca sativa* L.)

Anisatul Ummah¹, Ayu Puspita Arum^{2*}, Setiyono², Wahyu Indra Duwi Fanata¹, Ahmad Ilham Tanzil¹

¹Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember 68121

²Jurusan Ilmu Pertanian-Perkebunan, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember

Received: January 23, 2023 /Received in revised : July 18, 2024/ Accepted: August 26, 2024

ABSTRACT

Increasing lettuce production will be done by improving cultivation inputs, such as increased nutritional needs. An alternative organic fertilizer that can be used is made from spoiled milk, eggs, *Trichoderma* sp. molasses, and fruit waste, or STMJ Plus for short. STMJ Plus Fertilizer acts as an organic nutrient to encourage plant growth. This study aimed to determine the effect of the interaction between STMJ Plus fertilizer concentrations and lettuce varieties on the growth and yield of lettuce plants. The experiment was carried out in a factorial manner using a completely randomized design (CRD) consisting of 2 factors with 4 replications. The first factor is the concentration of STMJ Plus fertilizer consisting of 4 levels: P₀: without fertilizer; P₁: 5 ml L⁻¹; P₂: 10 ml L⁻¹; and P₃: 15 ml L⁻¹. The second factor was the variety, which consisted of 2 levels: V₁: Grand Rapids and V₂: Red Rapid. The results of this study that the interaction of STMJ Plus fertilizer concentrations and lettuce varieties showed highly significant differences in plant height and plant fresh weight variables. The combination that gave the best effect was the concentration of 15 ml L⁻¹ on the Red Rapid (P₃V₂).

Keywords: Fertilizer rate; Liquid organic fertilizer; Plant development; Vegetable crops.

ABSTRAK

Upaya peningkatan produksi selada dapat dilakukan dengan memperbaiki input budidaya seperti penambahan kebutuhan nutrisi. Alternatif pupuk organik lain yaitu berbahan susu basi, telur, molase jamur *Trichoderma* dan limbah buah-buahan atau dapat disingkat STMJ Plus. Pupuk STMJ Plus berperan sebagai nutrisi organik untuk memacu pertumbuhan tanaman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh interaksi antara konsentrasi pupuk STMJ Plus dengan varietas selada terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada. Percobaan dilaksanakan secara faktorial menggunakan pola dasar Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 2 faktor dengan 4 kali ulangan. Faktor pertama konsentrasi pupuk STMJ Plus terdiri atas 4 taraf, yaitu: P₀: tanpa pupuk; P₁: 5 ml L⁻¹; P₂: 10 ml L⁻¹; dan P₃: 15 ml L⁻¹. Faktor kedua varietas yang terdiri dari 2 taraf, yaitu: V₁: Grand Rapids dan V₂: Red Rapid. Hasil penelitian menunjukkan interaksi konsentrasi pupuk STMJ Plus dan varietas selada menunjukkan berbeda sangat nyata pada variabel tinggi tanaman dan berat basah tanaman. Kombinasi yang memberikan pengaruh terbaik adalah konsentrasi 15 ml L⁻¹ pada Red Rapid (P₃V₂).

Kata kunci: Konsentrasi pupuk; Perkembangan tanaman; Pupuk organik cair; Tanaman sayuran.

*Korespondensi Penulis.

E-mail: ayu.puspita@unej.ac.id (A P Arum)

DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v8i2.465>

1. Pendahuluan

Selada (*Lactuca sativa* L.) merupakan golongan tanaman hortikultura sayur di Indonesia yang mempunyai nilai ekonomis sangat tinggi (Adawiyah et al., 2021). Selada dikenal sebagai sayur yang dimakan secara mentah, umumnya digunakan untuk lalapan, salad maupun *sandwich*. Daun selada memiliki volume air dan serat yang tinggi sehingga masuk dalam kategori sayuran yang rendah akan kalori. Setiap 100 g selada mengandung 1.2 g protein, 0.2 g lemak, 2.9 g karbohidrat, 22 mg kalsium, 25 mg fosfor, dan 0.5 mg zat besi. Menurut (Priska, 2012), tingginya kandungan vitamin A, C, dan E menjadikan selada kaya akan antioksidan serta memiliki kemampuan untuk memetabolisme kolesterol dengan baik. Produksi selada di Indonesia terjadi secara fluktuatif dalam beberapa tahun terakhir. Berdasarkan data (Statistik, 2018), produksi selada tahun 2018 mencapai 41,11 ton. Selanjutnya pada tahun 2019, produksi selada menurun menjadi 39,289 ton. Laju produksi nasional selada tahun 2018-2019 tercatat masih rendah yaitu 5,19% per tahun. Angka tersebut tidak sebanding dengan konsumsi selada yang mencapai 35,50 kg/kapita/tahun. Impor selada tahun 2018 sebesar 21,1 ton masih belum bisa memenuhi tingkat konsumsi selada nasional. Kurangnya tingkat produksi selada ini menunjukkan bahwa perlu adanya perbaikan budidaya selada guna meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi tanaman selada.

Upaya peningkatan produksi selada dapat dilakukan dengan memperbaiki input budidaya seperti penambahan kebutuhan nutrisi. Petani umumnya memberikan nutrisi berupa pupuk anorganik sehingga jika ingin meningkatkan produksinya maka konsentrasi pupuk anorganik juga ditingkatkan. Harga pupuk anorganik yang semakin mahal akan memberatkan petani dalam memberikan nutrisi yang cukup bagi tanaman. Selain itu, penggunaan bahan kimia yang berlebihan di lahan dapat berakibat penurunan kandungan bahan organik tanah, populasi mikroba tanah, permeabilitas tanah, dan tingginya resiko tanah terhadap erosi (Herdiyanto & Setiawan, 2015; Pahlepi et al., 2023; Usmadi et al., 2023).

Permasalahan di atas menjadikan petani sebaiknya tidak bergantung pada pupuk anorganik saja, tetapi juga disubstitusi dengan pupuk organik. Pupuk tersebut dapat berupa pupuk organik cair dengan komponen terdiri atas Susu Telur Molase Jamur *Trichoderma* dan Limbah Buah-buahan atau dapat disingkat STMJ Plus (Ramanujam et al., 2010). Sesuai dengan namanya, nutrisi tanaman ini berbahan utama limbah susu basi, telur bebek, molase atau tetes tebu, jamur *Trichoderma* dan

limbah buah-buahan terdiri atas limbah buah pisang, pepaya dan nanas yang memiliki potensi untuk meningkatkan kuantitas dan kualitas produk selada (Rahhutami et al., 2021).

Berbagai mineral dalam susu seperti kalium, natrium, kalsium, fosfor, dan magnesium bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman (Triwuri et al., 2019). Selain itu, bahwa pupuk cair organik berbahan dasar dari susu basi yang ditambah bahan lain seperti EM4 dan *cocopeat* dapat meningkatkan unsur hara P₂O₅-total 1,001%, N-total 1,113% dan C-organik 10,480%. Telur bebek dikenal memiliki kandungan protein yang tinggi. Kandungan protein pada telur bebek rata-rata sebesar 8,97 gram yang lebih tinggi daripada protein telur ayam dengan rata-rata 6,28 gram (Yusuf & Yusuf, 2017). Protein memiliki peran penting dalam metabolisme tanaman. Menurut (Parman, 2007), menyatakan bahwa protein berasal dari unsur hara seperti C, H, O, N, S, P dan K dimana unsur tersebut akan disintesis membentuk asam nukleat, hormon tumbuh, dan enzim yang berperan dalam proses pembelahan dan perbaikan sel. Molase atau tetes tebu adalah produk samping dari proses pembuatan gula masih memiliki senyawa gula tinggi (Widyabudiningsih et al., 2021). Gula dijadikan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme pengurai. Sebagian besar molase mengandung gula, asam amino, dan mineral. Kadar sukrosa pada molase bervariasi antara 25-40% dengan kadar gula reduksi sebesar 12-35% (Rochani et al., 2016). Jamur *Trichoderma* telah dikenal sebagai jamur antagonis yang merupakan salah satu mikroorganisme fungsional. Selain sebagai biofungisida, *Trichoderma* juga dikenal sebagai stimulator pertumbuhan tanaman. (Rahhutami et al., 2021), menyatakan bahwa *Trichoderma* dengan dosis yang tepat akan mendorong peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman sawi pakcoy.

Penelitian dari (Widyabudiningsih et al., 2021), menghasilkan bahwa Pupuk Organik Cair (POC) yang berasal dari kulit pisang mengandung 3,21% N, 3,81% P, dan 4,24% K. Sementara POC yang berbahan kulit buah pepaya mengandung 1,87% N, 3,13% P, dan 3,28% K. Limbah kulit nanas mengandung beberapa unsur hara untuk memenuhi kebutuhan tanaman seperti 5,30% N, 0,10% P, dan 1,30% K (Widyabudiningsih et al., 2021). Nilai presentasi beberapa limbah buah-buahan tersebut cukup tinggi dan ada beberapa yang telah memenuhi baku mutu pupuk organik. Syarat pupuk cair yang berkualitas menurut Keputusan Menteri Pertanian Nomor 261 tahun 2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah adalah sebesar 2-6% untuk unsur hara mikro.

Jika ditinjau dari kandungan bahannya pupuk STMJ Plus ini memiliki 3 fungsi utama sekaligus yaitu sebagai *fertilizer*, biofungisida dan biostimulan (perangsang tumbuh). Hal tersebut yang membedakan pupuk STMJ Plus dengan pupuk organik lain (Jovinus, 2023).

Penelitian ini menggunakan jenis selada hijau varietas *Grand Rapids* dan selada merah varietas *Red Rapid*. Hal ini dikarenakan kedua jenis selada tersebut memiliki daya adaptasi yang tinggi pada dataran rendah sehingga tetap memiliki pertumbuhan yang baik pada suhu yang panas. (Pratama et al., 2019), menyebutkan bahwa varietas *Grand Rapids* dan *Red Rapid* menunjukkan pertumbuhan dan hasil terbaik dibandingkan varietas *Olga Red* yang diaplikasikan bersama pupuk NPK dan pupuk organik cair.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan, pada bulan Agustus hingga Oktober 2022 yang berlokasi di *Greenhouse* Fakultas Pertanian Universitas Jember. Alat yang dipakai pada penelitian ini meliputi pot tray, alat tulis dan kamera.

Bahan yang dipakai dalam budidaya selada adalah benih selada varietas *Grand Rapids* dan *Red Rapid*, *polybag* ukuran 25x25 cm, kertas label, arang sekam halus, pupuk kandang, tanah tegalan dan nampan. Sedangkan bahan untuk pembuatan pupuk organik cair antara lain susu basi, telur bebek, molase, *Trichoderma* sp., limbah buah pisang, nanas, pepaya, air kelapa, dirigen, selang, lem tembak, dan botol.

Langkah pertama pembuatan pupuk STMJ Plus adalah mempersiapkan limbah buah-buahan (pisang, pepaya, nanas) yang sudah dipotong diameter 5 cm masing-masing sebanyak 1 kg selanjutnya diblender hingga halus. Setelah limbah buah-buahan halus dimasukkan pada dirigen dan ditambahkan air kelapa 3 liter. Kemudian memecahkan telur bebek sebanyak 3 butir lalu memasukkannya pada timba. Menambahkan susu basi sebanyak 500 ml, molase sebanyak 220 ml, dan *Trichoderma* 4 tabung kemudian semua bahan diaduk hingga tercampur merata. Setelah itu memasukkan bahan tersebut dalam dirigen lalu dicampur dengan cara menggoyangkan dirigen. Kemudian dirigen ditutup rapat dengan tutup yang telah diberi selang dan dialirkan pada botol berisi air kemudian difermentasi selama 14 hari.

Pupuk organik cair STMJ Plus diberikan dengan cara dikocorkan pada daerah perakaran sebanyak 250 ml/polybag. Pemupukan dilakukan satu minggu sebelum tanam dan satu minggu setelah tanam hingga 28 hari setelah tanam (HST) atau

ketika panen dengan interval waktu pemupukan 7 hari sekali.

Pindah tanam dilakukan saat bibit berumur 14 hari setelah semai. Kemudian bibit ditanam pada *polybag* berukuran 25x25 cm. Media tanam yang digunakan adalah tanah, pupuk kandang, dan arang sekam dengan perbandingan 1:1:1. Penyiraman selada dilaksanakan setiap hari pada sore hari dan ketika selada telah tumbuh normal penyiraman dilaksanakan dua hari sekali hingga satu hari sebelum panen.

Percobaan ini dilaksanakan secara faktorial menggunakan pola dasar Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas 2 faktor dengan 4 kali ulangan. Perlakuan dari masing-masing faktor adalah sebagai berikut :

Faktor I konsentrasi pemberian pupuk STMJ Plus terdiri atas 4 taraf yaitu :

P₀ : kontrol (tanpa pemberian pupuk)

P₁ : pupuk STMJ Plus 5 ml L-1 air

P₂ : pupuk STMJ Plus 10 ml L-1 air

P₃ : pupuk STMJ Plus 15 ml L-1 air

Faktor II varietas selada terdiri atas 2 taraf yaitu :

V₁ : varietas *Grand Rapids*

V₂ : varietas *Red Rapid*

Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 4 kali sehingga menghasilkan 32 satuan percobaan.

Variabel pengamatan dari penelitian ini dibagi menjadi 2 yaitu pengamatan mingguan yang dilaksanakan 7 hari sekali dan pengamatan akhir yang dilaksanakan pada saat panen atau pada 35 HST (Hari Setelah Tanam). Variabel untuk pengamatan mingguan atau 7 hari sekali sampai ada 35 HST (Hari Setelah Tanam) antara lain tinggi tanaman (cm) dengan mengukur tinggi tanaman mulai dari pangkal batang sampai ujung daun terpanjang, jumlah daun (helai) dengan menghitung daun secara manual yaitu daun yang telah membuka secara sempurna, panjang daun (cm) dan lebar daun (cm) dengan menggunakan penggaris, untuk panjang daun mengukurnya mulai pangkal daun hingga ujung daun dan lebar daun mengukurnya dari sisi daun terlebar, sedangkan variabel untuk pengamatan akhir yaitu hanya pada 35 HST (Hari Setelah Tanaman) diantaranya berat akar (g) menimbang dengan menggunakan timbangan analitik dan memisahkan akarnya sebelum menimbang, panjang akar (cm) dengan mengukur mulai dari pangkal batang hingga ujung akar, volume akar (ml) dengan cara memisahkan akar dari batang dan daunnya dahulu, kemudian mencuci akar hingga bersih dan memasukkan ke dalam gelas ukur serta mengamati selisih antara volume air saat dimasukkan akar dengan volume air awal saat sebelum akar dimasukkan, kandungan klorofil (μM) mengukur dengan menggunakan alat

Klorofil meter SPAD-502 pada dua daun selada yang memiliki warna dan luas daun terbaik dalam satu polybag. Angka yang diperoleh dari hasil perhitungan Klorofil meter SPAD-502 kemudian dikalibrasi untuk mendapatkan hasil dalam satuan μM , berat basah tanaman (g) dengan menimbang seluruh bagian tanaman mulai dari akar hingga daun yang masih segar dan berat kering tanaman (g) dengan menimbang tanaman yang sudah dikeringkan dengan oven pada suhu $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai berat konstan.

Sedangkan untuk analisis tambahan adalah analisis kandungan unsur hara pupuk STMJ plus yang meliputi kandungan C-Organik, N, P, K, dan pH dan analisis kerapatan konidia *Trichoderma sp.* pada pupuk STMJ Plus dilaksanakan ketika pupuk sudah matang yaitu setelah 14 hari fermentasi. pH pupuk diukur dengan menggunakan pH meter HI98107 merk Hanna, C-organik menggunakan metode Walkey and Black, total Nitrogen dan Nitrogen tersedia menggunakan metode destruksi basah (Kjeldahl), penentuan kadar P dalam sampel pupuk dilakukan dengan metode asam askorbat menggunakan instrument spektrofotometer UV-Visible double beam, sedangkan penentuan kadar K dilakukan dengan metode fotometri nyala spektrofotometer visibel pada panjang gelombang 889 nm. Sedangkan analisis kerapatan konidia *Trichoderma sp.* dengan menumbuhkan isolat *Trichoderma sp.* dari pupuk pada media Potato Dextrose Agar (PDA) kemudian isolate tersebut di tumbuh diambil menggunakan *core bore* 0,5 cm diletakan di tengah cawan petridish yang sudah berisi media PDA. Setelah itu isolat *Trichoderma* diinkubasi selama 7 hari dan siap digunakan untuk perbanyakan. Hasil perbanyakan tersebut menjadi inoculum untuk dihitung kerapatannya. Penghitungan kerapatan konidia dilakukan dengan menggunakan *Haemocytometer* tipe *Neubauer Improved*. Penghitungan kerapatan konidia dengan menggunakan rumus (Heriyanto & Suharno, 2020) sebagai berikut:

$$C = \frac{t}{(n \times 0,25)} \times 10^6$$

Keterangan :

C = Kerapatan konidia per ml larutan

t = Jumlah total konidia yang diamati

n = jumlah kotak sampel (5 kotak besar dan 16 kotak kecil)

0,25 = faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada *Haemocytometer*

Data yang didapat dari hasil pengamatan dianalisa menggunakan ANOVA. Jika terjadi perbedaan yang nyata diantara perlakuan maka

akan diuji lanjut dengan uji Berjarak Duncan pada taraf 5%.

3. Hasil

Analisis Kandungan Pupuk STMJ Plus

Analisis uji kadar unsur hara pada pupuk STMJ Plus dapat dilihat pada tabel 1. Berdasarkan tabel 3.1 diketahui beberapa kadar unsur hara pada pupuk yaitu 0,08% Nitrogen, 0,014% Fosfor, 0,04% Kalium, 1,67% C-Organik serta memiliki pH sebesar 7,1. Kandungan makronutrien pada pupuk STMJ Plus berdasarkan Kepmentan No. 261 Tahun 2019 tentang PTM Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah menunjukkan nilai rendah dibawah standar mutu. Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa kerapatan konidia Jamur *Trichoderma sp.* pada pupuk STMJ Plus sebesar $4,7 \times 10^7$ ml-1. Angka tersebut telah memenuhi jumlah minimum dari standar formulasi *Trichoderma sp.* yaitu sebesar 2×10^6 (Ramanujam *et al.*, 2010).

Variabel Pengamatan

Berdasarkan tabel 2 memperlihatkan bahwa interaksi antara konsentrasi pupuk STMJ Plus dan macam varietas berpengaruh sangat nyata pada variabel tinggi tanaman dan berat basah tanaman serta menunjukkan pengaruh berbeda tidak nyata pada variabel lain. Pengaruh utama faktor konsentrasi pupuk STMJ Plus menunjukkan pengaruh sangat nyata pada variabel tinggi tanaman, panjang daun, dan berat basah tanaman sedangkan pada variabel berat kering dan kandungan klorofil menunjukkan pengaruh berbeda nyata. Tetapi pada variabel jumlah daun, lebar daun, panjang akar, berat akar, dan volume akar memberikan pengaruh berbeda tidak nyata. Pengaruh utama macam varietas menunjukkan hasil berbeda sangat nyata pada variabel tinggi tanaman, jumlah daun, berat akar, volume akar, dan berat basah tanaman serta menunjukkan pengaruh berbeda nyata pada variabel kandungan klorofil. Sedangkan pada variabel panjang daun, lebar daun, dan berat kering memberikan pengaruh berbeda tidak nyata.

Pengaruh Interaksi Perlakuan Konsentrasi Pupuk STMJ Plus (P) dan Berbagai Varietas (V) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada

Berdasarkan tabel 2 rangkuman nilai F-hitung ANOVA untuk melihat pengaruh interaksi Perlakuan Konsentrasi Pupuk STMJ Plus (P) dan berbagai varietas (V) terhadap variabel pengamatan pertumbuhan dan hasil tanaman selada memperlihatkan hanya variabel tinggi tanaman (cm) dan berat basah (g) yang

memberikan pengaruh berbeda sangat nyata. Hal tersebut diperkuat dengan data dari tabel 3 yang menunjukkan bahwa kombinasi faktor perlakuan konsentrasi pupuk STMJ Plus (P) dan faktor perlakuan varietas (V) yang memberikan tinggi tanaman tertinggi adalah konsentrasi pupuk STMJ Plus 15 ml L-1 pada varietas Grand Rapids (P3V1) dengan tinggi rata-rata 16,2 cm dan tabel 3.4 yang memberikan berat basah tanaman tertinggi pada konsentrasi pupuk STMJ Plus yang sama pada varietas Red Rapid (P3V2) dengan berat rata-rata 108,2 g (tabel 4).

Pengaruh Utama Faktor Perlakuan Konsentrasi Pupuk STMJ Plus (P) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada

Berdasarkan hasil uji jarak berganda Duncan pada pengaruh utama faktor perlakuan konsentrasi pupuk STMJ Plus (P) terhadap variabel pertumbuhan dan hasil tanaman selada yang memberikan hasil tertinggi yaitu berat kering tanaman (6,69 g) dan kadar klorofil (21,39 µM)

pada konsentrasi pupuk 5 ml L-1 (P1), jumlah daun (8,86 helai) pada konsentrasi pupuk 10 ml L-1 (P2) serta panjang daun (9,09 cm), lebar daun sebesar (6,8 cm), panjang akar (18,26 cm), berat akar (7,69 g) dan volume akar (3,56 dm³) pada konsentrasi pupuk 15 ml L-1 (P3).

Pengaruh Utama Faktor Perlakuan Berbagai Varietas (V) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada

Berdasarkan hasil uji jarak berganda Duncan pada pengaruh utama faktor perlakuan berbagai varietas (V) terhadap variabel pertumbuhan dan hasil tanaman selada yang memberikan hasil tertinggi yaitu jumlah daun (9,54 helai), panjang akar (18,66 cm), berat akar (8,63 g), volume akar (3,75 dm³), kandungan klorofil (21,37 µM), lebar daun (6,83 cm) dan berat kering tanaman (6,28 g) pada varietas Red Rapid (V2) dan panjang daun (8,69 cm) pada varietas Grand Rapids (V1).

Tabel 1. Hasil Analisis Unsur Hara Pupuk STMJ Plus

No.	Variabel	Nilai	Kriteria*	Nilai*
1	Nitrogen (%)	0,08	Sangat Rendah	2-6
2	P2O5 (%)	0,014	Sangat Rendah	2-6
3	K2O (%)	0,04	Sangat Rendah	2-6
5	C-Organik (%)	1,67	Rendah	≥10
6	pH	7,1	Sesuai	4-9

Keterangan: *): Standar Mutu Pupuk Organik Cair Kepmentan No. 261 Tahun 2019 tentang PTM Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah

Tabel 2. Rangkuman nilai F-hitung

No	Variabel Pengamatan	F-hitung		
		(P)	(V)	PxV
1	Tinggi tanaman	60,02 **	209,58 **	7,30 **
2	Jumlah daun	1,14 ns	58,12 **	0,39 ns
3	Panjang daun	5,92 **	2,16 ns	1,68 ns
4	Lebar daun	0,61 ns	1,75 ns	0,59 ns
5	Panjang akar	0,69 ns	5,97 *	0,14 ns
6	Berat akar	2,17 ns	47,92 **	1,17 ns
7	Volume akar	1,84 ns	15,79 **	1,22 ns
8	Berat basah tanaman	159,13 **	133,78 **	4,96 **
9	Berat kering tanaman	3,59 *	2,86 ns	0,15 ns
10	Kandungan klorofil	4,13 *	6,48 *	0,70 ns

Keterangan : (**): berbeda sangat nyata; (*): berbeda nyata; (ns) : berbeda tidak nyata

Tabel 3. Pengaruh Konsentrasi Pupuk STMJ Plus dan Varietas Terhadap Tinggi Tanaman

V	P			
	P0	P1	P2	P3
V1	12,15 a C	14,3 a B	15,6 a A	16,2 a A
V2	10,73 b C	12,23 b B	12,18 b B	13 b A

Keterangan : Angka yang diikuti huruf kapital (horizontal) menunjukkan pengaruh sederhana faktor konsentrasi pupuk STMJ Plus pada varietas yang sama. Angka yang diikuti huruf kecil (vertikal) menunjukkan pengaruh sederhana faktor varietas pada konsentrasi pupuk yang sama.

Tabel 4. Pengaruh Konsentrasi Pupuk STMJ Plus dan Varietas Terhadap Berat Basah Tanaman

V	P			
	P0	P1	P2	P3
V1	75,38 b D	81,33 b C	85,78 b B	95,05 b A
V2	81,33 a D	87,75 a C	96,8 a B	108,2 a A

Keterangan : Angka yang diikuti huruf kapital (horizontal) menunjukkan pengaruh sederhana faktor konsentrasi pupuk STMJ Plus pada varietas yang sama. Angka yang diikuti huruf kecil (vertikal) menunjukkan pengaruh sederhana faktor varietas pada konsentrasi pupuk STMJ

4. Pembahasan

Pengaruh Interaksi Perlakuan Konsentrasi Pupuk STMJ Plus (P) dan Berbagai Varietas (V) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada

Peningkatan tinggi tanaman terjadi karena adanya aktivitas pembelahan sel yang berlangsung pada meristem interkalar yang terdapat pada ruas batang dan meristem apikal pada ujung tanaman dengan memperbanyak sel sehingga tanaman lebih cepat tumbuh panjang. Pada keadaan yang sesuai, pembelahan sel akan terjadi lebih cepat. Perubahan

tinggi tanaman tidak bisa terlepas dari adanya ketersediaan unsur hara. Kadar unsur hara yang ada di dalam pupuk STMJ Plus terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman. Berat basah tanaman adalah total dari kadar air dan total hasil fotosintesis didalam tanaman. Hasil berat segar tanaman akan memberikan hasil yang optimal jika mendapatkan unsur hara yang diperlukan dalam jumlah yang cukup untuk meningkatkan jumlah dan ukuran sel tanaman sehingga dapat mengoptimalkan peningkatan kandungan air tanaman (Juwaningsih *et al.*, 2018). Hasil yang selaras juga terdapat pada penelitian dari (Enjelia & Binawati, 2023) bahwa aplikasi pupuk organik cair pada pertumbuhan tanaman selada memberikan pengaruh pada berat basah dari tanaman selada. Begitu juga, hasil penelitian dari (Tangahu & Lasamadi, 2023), menyatakan penggunaan pupuk organik pada tanaman selada memberikan pengaruh pada pertambahan berat segar.

Pemberian pupuk STMJ Plus dengan konsentrasi yang semakin meningkat, maka menyebabkan pertumbuhan tinggi tanaman selada semakin meningkat juga. Hal ini membuktikan bahwa peningkatan konsentrasi pupuk yang diberikan, dapat meningkatkan kadar unsur hara dalam tanah. (Juwaningsih *et al.*, 2018), menyebutkan bahwa konsentrasi pupuk yang optimal dapat memacu pertumbuhan tinggi tanaman dikarenakan memiliki kandungan unsur hara yang optimal. Pada penelitian ini, hasil tinggi tanaman selada tertinggi didapatkan dari kombinasi perlakuan konsentrasi pupuk STMJ Plus 15 ml L-1 pada varietas Grand Rapids (P3V1). Hal ini membuktikan bahwa faktor peningkatan tinggi tanaman tidak hanya berasal dari faktor pupuk, namun juga faktor genetik tanaman. Jika dilihat secara fisik, varietas Grand Rapids cenderung mempunyai batang yang lebih tinggi dan daun yang lebih panjang daripada varietas Red Rapid. Karakteristik tersebut yang menjadikan varietas Grand Rapids menghasilkan tinggi tanaman paling tinggi. Hal itu sejalan dengan penelitian dari (Yusuf & Yusuf, 2017), dimana selada varietas Grand Rapids yang diaplikasikan dengan pupuk organik cair memiliki tinggi tanaman terbaik dibandingkan dengan varietas lain. Selain itu, hasil penelitian dari (Rismalati *et al.*, 2024) menyatakan bahwa penggunaan pupuk organik cair pada tanaman selada berpengaruh pada tinggi tanaman, jumlah daun dan luas daun.

Konsentrasi pupuk STMJ Plus yang diaplikasikan pada tanaman selada berkorelasi positif terhadap berat basah tanaman. Peningkatan konsentrasi pupuk STMJ Plus yang diberikan, maka menyebabkan peningkatan berat basah tanaman selada. Penelitian (Guna *et al.*, 2018), menyatakan

peningkatan konsentrasi pupuk organik cair yang diaplikasikan dapat meningkatkan berat total tanaman selada. Kombinasi perlakuan yang memberikan berat basah tertinggi adalah konsentrasi pupuk STMJ Plus dengan varietas Red Rapid (P3V2). Meskipun pada variabel tinggi tanaman varietas Grand Rapids memberikan tinggi tanaman terbaik, namun tidak berpengaruh terhadap variabel berat basah tanaman. Hal ini dikarenakan perbedaan bentuk fisik dari kedua varietas yang cukup menonjol. Varietas Red Rapid memiliki daun yang lebar, jumlah daun lebih banyak, dan bergerombol. Jumlah daun yang semakin banyak dan ukuran daun yang lebih lebar akan berpengaruh pada peningkatan berat basah tanaman. Hal itu karena ukuran daun yang lebih luas dapat memaksimalkan penyerapan cahaya untuk proses fotosintesis (Hidayat et al., 2020). Hal tersebut juga sejalan dari hasil penelitian (Agustin & Sjamsijah, 2023) bahwa ukuran daun yang lebih luas juga sangat berpengaruh pada pertumbuhan dari tanaman jagung.

Pengaruh Utama Faktor Perlakuan Konsentrasi Pupuk STMJ Plus (P) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada

Respon dari variabel tinggi tanaman dan panjang daun yang berbeda sangat nyata pada tanaman selada menunjukkan bahwa kandungan unsur hara pada pupuk STMJ Plus dapat memenuhi kebutuhan tanaman terutama unsur nitrogen. Pupuk STMJ Plus memiliki kandungan 0,08% Nitrogen, 0,014% Fosfor, dan 0,04% Kalium. Unsur nitrogen memiliki kandungan yang lebih tinggi daripada unsur fosfor, dan kalium. Peran nitrogen diantaranya merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman secara keseluruhan baik vegetatif daun (panjang daun) maupun vegetatif batang (tinggi tanaman), mensintesis asam amino dan protein pada tanaman (Samoal et al., 2018). Selain itu, Nitrogen berperan dalam peningkatan kadar klorofil pada daun sehingga mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman bayam (Alhanif et al., 2023).

Hal tersebut juga mendukung pernyataan bahwa unsur nitrogen juga erat kaitannya dengan fotosintesis, dikarenakan termasuk dalam bahan pembentuk klorofil. (Prasetion, 2023). Hal ini dibuktikan dengan tingginya kandungan klorofil pada penelitian ini yang memberikan hasil berbeda nyata. Proses fotosintesis yang optimal akan memperbaiki produk fotosintat sehingga mendukung peningkatan berat basah dan berat kering tanaman. (Sidiq et al., 2019), menjelaskan bahwa akumulasi fotosintat berupa karbohidrat sebagian besar akan ditimbun sebagai pemupukan biomassa serta sebagian yang lain untuk

pertumbuhan tanaman dan penyusunan jaringan tanaman.

Pemberian konsentrasi 15 ml L-1 (P3) memberikan hasil terbaik pada variabel tinggi tanaman, panjang daun, lebar daun, panjang akar, berat akar, volume akar dan berat basah tanaman. Semakin tinggi konsentrasi pupuk yang diberikan maka kandungan unsur hara dalam tanah dapat tercukupi. Namun tidak semua tanaman memberikan respon yang baik jika diberikan konsentrasi pupuk yang lebih tinggi dikarenakan kebutuhan unsur hara setiap tanaman berbeda. Konsentrasi 15 ml L-1 pupuk organik cair diduga mampu memenuhi nutrisi tanaman terutama hortikultura sayur. Berdasarkan penelitian (Nugroho, 2018), menyebutkan bahwa PGPR yang diberikan dengan dosis 15 ml L-1 memberikan hasil terbaik pada tanaman kubis bunga dibandingkan dengan konsentrasi lainnya di semua parameter pengamatan. Pemberian MOL dengan konsentrasi 15 ml L-1 pada tanaman sawi juga memberikan hasil yang efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi (Tripama et al., 2018).

Pengaruh Utama Faktor Perlakuan Berbagai Varietas (V) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada

Varietas selada yang berbeda memiliki susunan genetik yang berbeda sehingga memiliki perbedaan sifat dan karakteristiknya. Karakteristik berbeda inilah yang menyebabkan adanya perbedaan hasil antar varietas meskipun tumbuh pada lingkungan yang sama (Hakim et al., 2019). Hal ini bisa dilihat dari beberapa variabel pengamatan baik pada tajuk tanaman seperti jumlah daun dan tinggi tanaman maupun pada perakaran. (Torey et al., 2013), menyebutkan bahwa karakteristik penyerapan akar terhadap air dan unsur hara dalam tanah dipengaruhi oleh faktor genetik tanaman. Kemampuan penyerapan akar terhadap air dan unsur hara dengan baik dapat memacu pertumbuhan tanaman yang kemudian berpengaruh pada peningkatan hasil panen.

Karakteristik yang dimiliki selada Red Rapid (V2) menjadikannya mampu memberikan hasil terbaik pada sebagian besar variabel pengamatan. Varietas Red Rapid memiliki bentuk daun bulat memanjang, berukuran besar, tepi daun bergerigi serta daun berwarna hijau tua dan ujung daun berwarna kemerahan, sedangkan varietas Grand Rapids memiliki bentuk daun lonjong memanjang dan memiliki warna hijau muda. Penampilan fisik dari tanaman akan berpengaruh pada mekanisme pertumbuhan tanaman. Luas permukaan daun selada mampu mengoptimalkan penangkapan cahaya matahari yang masuk (Alimuddin et al., 2023). (Marada et al., 2016), melaporkan bahwa

perbedaan genetik menyebabkan adanya perbedaan tanaman dalam merespon cahaya yang masuk. Cahaya memiliki peran bagi tanaman yaitu bahan baku fotosintesis.

Proses fotosintesis akan berlangsung maksimal jika memiliki kandungan klorofil tinggi yang dapat memacu metabolisme tanaman. Hal inilah yang menyebabkan varietas Red Rapid dapat memberikan hasil terbaik daripada varietas Grand Rapid. Penelitian (Wulandari *et al.*, 2019), menyebutkan bahwa varietas Red Rapid memberikan hasil terbaik pada variabel jumlah daun, berat segar, berat akar, dan panjang akar dibandingkan varietas Lollo Rossa. Selain dari penampilan fisik tanaman, perbedaan pertumbuhan tanaman juga dapat dilihat dari kemampuannya dalam mengoptimalkan penyerapan unsur hara. Varietas Red Rapid memiliki sistem perakaran terbaik memudahkannya untuk menyerap air dan unsur hara secara efektif. Selain itu, penelitian (Adawiyah *et al.*, 2021), menyebutkan bahwa varietas Red Rapid memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyerap Nitrogen.

5. Kesimpulan

Aplikasi pupuk Susu Telur Molases dan Jamur Trichoderma pada tanaman selada varietas Grand Rapid and Red Rapid berpengaruh pada pertumbuhan dan yield tanaman yaitu dilihat dari parameter tinggi tanaman dan berat basah tanaman yang memberikan pengaruh dari perlakuan yang diujikan.

6. Pernyataan Konflik Kepentingan (*Declaration of Conflicting Interests*)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini (*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

7. Daftar Pustaka

- Adawiyah, Wagiono, & Fawzy, M. B. (2021). Respon Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Selada Merah (*Lactuca Sativa L.*) Varietas Red Rapid Akibat Kombinasi Tekanan Aerasi Dan Nilai Ec (Electrical Conductivity) Pada Hidroponik Sistem Rakit Apung. *Jurnal AGROHITA: Jurnal Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan*, 6(2), 241–248. <https://doi.org/10.31604/JAP.V6I2.5245>
- Agustin, C., & Sjamsijah, N. (2023). Pengaruh Jarak Tanam dan Interval Waktu Defoliasi Daun terhadap Produksi Benih Jagung (*Zea mays L.*). *Agropross : National Conference Proceedings of Agriculture*, 61–67. <https://doi.org/10.25047/agropross.2023.451>
- Alhanif, M., Astuti, W., Wardani, P., Sufra, R., & Auriyani, W. A. (2023). Limbah jerami padi sebagai sumber N, P, dan K organik dalam pembuatan pupuk untuk produksi tanaman bayam (*Amaranthus Sp.*). *Hexatech: Jurnal Ilmiah Teknik*, 2(1), 23–28. <https://doi.org/10.55904/hexatech.v2i1.709>
- Alimuddin, S., Ralle, A., Saida, S., & Syam, N. (2023). Metode Aplikasi Boron Untuk Meningkatkan Produksi Tanaman Jagung (*Zea Mays L.*) Hibrida. *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 7(1), 74–83. <https://doi.org/10.33096/agrotek.v7i1.303>
- Enjelia, N. D., & Binawati, D. K. (2023). Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Rebung Bambu Betung Dan Daun Kelor Untuk Pertumbuhan Tanaman Selada Keriting (*Lactuca Sativa L.*). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Riset Dan Pengabdian*, 2971–2979.
- Guna, H., Armaini, & Puspita, F. (2018). Aplikasi Pupuk Organik Cair (Poc) Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca Sativa L.*) Pada Jarak Tanam Yang Berbeda. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Pertanian*, 5(0), 1–13. <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFAPERTA/article/view/19240>
- Hakim, M. A. R., Sumarsono, S., & Sutarno, S. (2019). Pertumbuhan dan produksi dua varietas selada (*Lactuca sativa l.*) pada berbagai tingkat naungan dengan metode hidroponik. *Journal of Agro Complex*, 3(1), 15. <https://doi.org/10.14710/joac.3.1.15-23>
- Herdiyanto, D., & Setiawan, A. (2015). Upaya Peningkatan Kualitas Tanah Melalui Sosialisasi Pupuk Hayati, Pupuk Organik, Dan Olah Tanah Konservasi Di Desa Sukamanah Dan Desa Nanggerang Kecamatan Cigalontang Kabupaten Tasikmalaya. *Dharmakarya : Jurnal Aplikasi Ipteks Untuk Masyarakat*, 4(1), 47–53. <https://doi.org/10.24198/DHARMAKARYA.V4I1.9039>
- Heriyanto, H., & Suharno, S. (2020). Studi Patogenitas *Metarhizium Anisopliae* (Metch.) Sor Hasil Perbanyakakan Medium Cair Alami Terhadap Larva *Oryctes Rhinoceros* (The Pathogenicity Study Of *Metarhizium Anisopliae* (Metch.) Sor. As A Propagation Result In Natural Liquid On The *Oryctes Rhinoce*. *Jurnal*

- Ilmu-Ilmu Pertanian*, 4(1), 8.
<https://doi.org/10.55259/JIIP.V4I1.322>
- Hidayat, Y. V., Apriyanto, E., & Sudjarmiko, S. (2020). Persepsi Masyarakat Terhadap Program Percetakan Sawah Baru Di Desa Air Kering Kecamatan Padang Guci Hilir Kabupaten Kaur Dan Pengaruhnya Terhadap Lingkungan. *Naturalis: Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 9(1).
<https://doi.org/10.31186/NATURALIS.9.1.12230>
- Jovinus, M. (2023). *Respon Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Kacang Hijau (Vigna radiata L.) Terhadap Pemberian Pupuk Hayati Dan Pupuk Organik Cair*.
- Juwaningsih, E., Lussy, N. D., & Pandjaitan, C. T. B. (2018). Respon Berbagai Aktivator Dalam Pupuk Organik Cair Dari Limbah Buah Di Pasar Dan Konsentrasinya Terhadap Hasil Selada Krop. *Partner*, 23(2), 832-845.
<https://doi.org/10.35726/JP.V23I2.325>
- Marada, R., Gubali, H., & Musa, N. (2016). Respon tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) berdasarkan naungan dan varietas. *Jurnal Ilmiah Agrosains Tropis*, 9(2).
- Nugroho, A. (2018). *Pengaruh Konsentrasi Dan Waktu Aplikasi PGPR Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kubis Bunga (Brassica oleracea L.)*. Universitas Brawijaya.
<https://www.google.com/search?q=Agung%2C+N.+2021.+Pengaruh+Konsentrasi+dan+Waktu+Aplikasi+PGPR+terhadap+Pertumbuhan+dan+Hasil+Tanaman+Kubis+Bunga+%28Brassica+oleracea+L.%29.+%5BSkripsi%5D.+Malang%3A+Fakultas+Pertanian%2C+Universitas+Brawijaya&ei=Q-9iZNRQH>
- Pahlepi, R., Dewi, A. S., Gaol, R. A. L., Kuswarak, Ahiruddin, Muzahit, Z., Shalia, L., Enjelina, T., & Awalani, I. (2023). Upaya Mengurangi Penggunaan Pupuk Kimia Melalui Penyuluhan Pentingnya Penggunaan Pupuk Organik Bagi Kelompok Wanita Tani (Kwt) Mekar Jaya, Tanggamus. *Jurnal Abdi Masyarakat Saburai (JAMS)*, 4(2), 163-171.
- Parman, S. (2007). Kandungan Protein dan Abu Tanaman Alfalfa (*Medicago sativa* L) setelah Pemupukan Biorisa. *Bioma : Berkala Ilmiah Biologi*, 9(2), 38-44.
<https://doi.org/10.14710/BIOMA.9.2.38-44>
- Prasetion, I. R. (2023). Perbandingan Komposisi Media Tanam dan Pemberian Pupuk Urea Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*elaeis guineensis jacq.*) Di Pre-Nursery. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian [JIMTANI]*, 3(5), 584-599.
- Pratama, J. H., Rohmah, R. L., Amalia, A., & Saraswati, T. E. (2019). Isolasi Mikroselulosa dari Limbah Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dengan Metode Bleaching-Alkalinasi. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 15(2), 239.
<https://doi.org/10.20961/alchery.15.2.30862.239-250>
- Priska, S. (2012). Keajaiban Antioksidan. In *Jakarta Gramedia Pustaka Utama*.
<http://opac.bantenprov.go.id:8123/inlislite3/opac/detail-opac?id=15397>
- Rahhutami, R., Handini, A. S., & Astutik, D. (2021). Respons pertumbuhan pakcoy terhadap asam humat dan *Trichoderma* dalam media tanam pelepah kelapa sawit. *Kultivasi*, 20(2), 97-104.
<https://doi.org/10.24198/KULTIVASI.V20I2.32601>
- Ramanujam, B., Prasad, R., Sriram, S., & Rangeswaran, R. (2010). Mass production, formulation, quality control and delivery of *Trichoderma* for plant disease management. *The Journal of Plant Protection Sciences*.
- Rismalati, D., Rusmana, R., Sulistyorini, E., & Utama, P. (2024). Pengaruh Konsentrasi Dan Frekuensi Pemberian Pupuk Organik Cair Limbah Tahu Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca Sativa* L.). *Jurnal Pertanian Agros*, 26(1), 19.
<https://doi.org/10.37159/jpa.v26i1.4112>
- Rochani, A., Yuniningsih, S., & Ma'sum, Z. (2016). Pengaruh Konsentrasi Gula Larutan Molases Terhadap Kadar Etanol Pada Proses Fermentasi. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 1(1), 43-48.
<https://doi.org/10.33366/REKABUANA.V1I1.645>
- Samoal, A., Botanri, S., & Gawariah, G. (2018). Perbaikan kualitas pertumbuhan dan produksi tanaman Selada (*Lactuca sativa* L) setelah aplikasi pupuk kotoran sapi. *Jurnal Agrohut*, 9(2), 141-150.
<https://doi.org/10.51135/AGH.V9I2.8>
- Sidiq, A., Tripama, B., Wijaya, I., Studi, P., Fakultas, A., Universitas, P., & Jember, M. (2019). Efikasi Mikroorganisme Lokal (Mol) Sabut Kelapa (*Cocos Nucifera* L.) Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Mentimun (*Cucumis Sativus* L.). *Agrotrop : Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 17(2), 157-170.
<https://doi.org/10.32528/AGRITROP.V17I2.2623>
- Statistik, B. S.-J. (ID): B. P. (2018). *Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim Indonesia 2018*. Badan Pusat Statistik.
<https://www.bps.go.id/publication/2019/10/07/9c5dede09c805bc38302ea1c/statistik-tanaman-sayuran-dan-buah-buahan-semusim-indonesia-2018.html>

- Tangahu, Y., & Lasamadi, R. D. (2023). Pertumbuhan Tanaman Selada Keriting (*Lactuca Sativa* L) Pada Pemberian Pupuk Bokashi Daun Gamal (*Gliricidia Sepium*) Dan Pupuk Organik Cair Daun Lamtoro (*Leucaena Leucocephala*). *Babasal Agromu*, 1(2), 51-59. <https://doi.org/10.32529/baj.v1i2.3008>
- Torey, P. C., Song Ai, N., Siahaan, P., & Mambu, S. M. (2013). Karakter morfologi akar sebagai indikator kekurangan air pada padi lokal Superwin (Root-morphological characters as water-deficit indicators in local rice Superwin). *JURNAL BIOS LOGOS*, 3(2). <https://doi.org/10.35799/JBL.3.2.2013.4431>
- Tripama, B., Muhammad, D., Yahya, R., Agroteknologi, P., Pertanian, F., & Jember, U. M. (2018). Respon Konsentrasi Nutrisi Hidroponik Terhadap Tiga Jenis Tanaman Sawi (*Brassica Juncea* L.). *Agritrop : Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 16(2), 237-249. <https://doi.org/10.32528/AGRITROP.V16I2.1807>
- Triwuri, N. A., Dwityaningsih, R., & Handayani, M. (2019). Potensi Susu Basi menjadi Pupuk Organik dengan Penambahan Larutan Effective Microorganism 4 dan Cocopeat. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 16(3), 180-185. <https://doi.org/10.14710/PRESIPITASI.V16I3.180-185>
- Usmadi, U., Tanzil, A. I., & Ristiyanti, S. (2023). Respon Pertumbuhan Dan Hasil Sawi Hijau Terhadap Penggunaan Kompos Sebagai Substitusi Pupuk Anorganik. *Bioindustri*, 5(2), 121-130.
- Widyabudiningsih, D., Troskialina, L., Fauziah, S., Siti Djenar, N., Hulupi, M., Indrawati, L., Fauzan, A., & Abdilah, F. (2021). Pembuatan dan Pengujian Pupuk Organik Cair dari Limbah Kulit Buah-buahan dengan Penambahan Bioaktivator EM4 dan Variasi Waktu Fermentasi. *Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA)*, 4(1), 30-39. <https://doi.org/10.20885/IJCA.VOL4.ISS1.ART4>
- Wulandari, P., Murdiono, W. E., & Koesriharti, K. (2019). Pengaruh Dosis Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Dua Varietas Selada Merah (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 7(2). <http://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/1034>
- Yusuf, M., & Yusuf, D. M. (2017). Pengaruh Pupuk Organik Cair (POC) Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tiga Varietas Tanaman Selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Agrium*, 14(2), 37-44. <https://doi.org/10.29103/AGRIUM.V14I2.878>

**Research Article****Karakterisasi Morfologi dan Evaluasi Akses Lokal Alpukat
Pulau Bangka*****Morphological Characterization and Evaluation of Avocado Local
Accession in Bangka Island*****Farihul Ihsan^{1*}, Hadori², Amellia³**

¹*Pusat Riset Hortikultura-Badan Riset dan Inovasi Nasional
(Kampus Sains Cibinong, Jalan Raya Jakarta-Bogor, Cibinong, Jawa Barat, Indonesia)*

²*UPTD Pengawasan dan Sertifikasi Mutu Benih Kepulauan Bangka Belitung*

³*Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Bangka Barat*

Received: June 19, 2024 /Received in revised : December 19, 2024/ Accepted: December 23, 2024

ABSTRACT

Avocado has not become a leading commodity in the Bangka Belitung Islands Province. The potential for avocado development in this region is still open because it is supported by local germplasm. Characterization and evaluation of local avocado germplasm need to be carried out to improve plants and obtain superior varieties. Research on morphological characterization and evaluation of local accession avocado fruit was conducted in the Bangka Island region from September 2021 to August 2022. Research was conducted on 4 avocado plants that were considered to have the potential superior accession, i.e., Babel-1, Babel-2, Babel-3 and Babel-4. Observations were made on the qualitative and quantitative characteristics of the fruit. The UPGMA hierarchical grouping method was used to analyze the similarity of accessions and scoring assessment method was used to assess its superiority. Based on observations of the morphological characteristics of the fruit, Babel-1 and Babel-2 avocados have a similarity coefficient of 67%, Babel-4 avocados 62%, and Babel-3 avocados 57%. The scoring assessment of the Babel-1, Babel-2, Babel-3, and Babel-4 avocados was: 72; 69; 64; 70.

Keywords: *Accession local; Scoring assesment method; Superior accession.*

ABSTRAK

Alpukat belum menjadi komoditas unggulan di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. Potensi pengembangan alpukat di wilayah ini masih terbuka karena didukung oleh plasma nutfah lokal. Karakterisasi dan evaluasi plasma nutfah alpukat lokal perlu dilakukan untuk perbaikan tanaman dan memperoleh varietas unggul. Penelitian karakterisasi morfologi dan evaluasi buah alpukat akses lokal telah dilakukan di wilayah Pulau Bangka mulai bulan September 2021 sampai dengan bulan Agustus 2022. Penelitian dilakukan terhadap 4 tanaman alpukat yang dinilai memiliki potensi sebagai akses unggul yaitu Babel-1, Babel-2, Babel-3 dan Babel-4. Pengamatan dilakukan terhadap karakteristik kualitatif dan kuantitatif buah. Metode pengelompokan hirarki UPGMA digunakan untuk analisa kemiripan akses dan metode penilaian skoring dilakukan untuk penilaian keunggulannya. Berdasarkan pengamatan karakteristik morfologi buah, alpukat Babel-1 dan Babel-2 memiliki koefisien kemiripan sebesar 67%, alpukat Babel-4 62%, dan alpukat Babel-3 57%. Penilaian skoring alpukat Babel-1, Babel-2, Babel-3, dan Babel-4 adalah: 72; 69; 64; 70.

Kata kunci: *Akses lokal; Akses unggul; Metode penilaian skoring.*

*Korespondensi Penulis.

E-mail: farihulihسان@gmail.com (F Ihsan)

DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v8i2.644>

1. Pendahuluan

Alpukat (*Persea americana* Miller.) adalah komoditas hortikultura yang buahnya dapat dikonsumsi langsung atau sebagai pangan olahan. Alpukat populer karena kandungan biokimianya yang beragam dan baik untuk kesehatan (Bhore et al. 2021; Shahbandeh 2023). Komoditas ini telah diproduksi dan digunakan secara luas dalam industri makanan, suplemen, obat-obatan serta kosmetik (Bhuyan et al. 2019; Jimenez et al. 2021; Henning et al. 2022).

Alpukat diketahui dapat tumbuh di seluruh propinsi wilayah Indonesia, termasuk Propinsi Kepulauan Bangka Belitung. Produksi alpukat nasional tahun 2023 sejumlah 874.046 ton dan Kepulauan Bangka Belitung menduduki urutan ke-21 dengan jumlah produksi 1.511 ton (BPS 2024). Alpukat belum menjadi komoditas unggulan di Kepulauan Bangka Belitung, sehingga pengembangan komoditas ini perlu dilakukan di wilayah ini.

Hingga tahun 2023, Kementerian Pertanian telah menetapkan 36 Varietas Unggul Hortikultura yang berasal dari berbagai propinsi di Indonesia (Direktorat Perbenihan Hortikultura 2023). Varietas-varietas tersebut belum ada yang berasal dari Kepulauan Bangka Belitung. Salah satu penyebabnya adalah sedikitnya penelitian pemuliaan alpukat di propinsi ini. Verti et al. (2021) melaporkan bahwa Kepulauan Bangka Belitung sebenarnya memiliki Sumber Daya Genetik (SDG) alpukat lokal dengan keragaman yang cukup luas dan berpotensi untuk mendapatkan varietas unggul baru alpukat. Pemanfaatan SDG alpukat lokal akan memperbesar peluang keberhasilan budidaya dan pengembangannya karena kesesuaian agroklimatnya dibanding mendatangkan jenis alpukat dari wilayah lain yang belum tentu sesuai (Sandoval-Castro et al. 2021). Eksplorasi, karakterisasi dan evaluasi SDG alpukat lokal perlu dilakukan sebagai upaya pemuliaan tanaman untuk mendapatkan varietas unggul baru.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan karakter morfologi buah alpukat lokal pulau Bangka dan mendapatkan aksesori terpilih yang memiliki karakter terbaik. Hasil penelitian diharapkan menjadi acuan dalam penentuan aksesori alpukat lokal untuk diusulkan sebagai varietas unggul dan dikembangkan di Pulau Bangka.

2. Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan mulai September 2021 hingga Agustus 2022. Karakterisasi morfologi dilakukan terhadap 4 aksesori alpukat yang dianggap memiliki potensi sebagai aksesori lokal unggul

berdasarkan data yang ada di Dinas Pertanian dan Ketahanan pangan Kepulauan Bangka Belitung. Masing-masing aksesori berjumlah 1 pohon yang berlokasi di Kabupaten Bangka Barat dan Bangka Selatan. Pengambilan sampel buah dilakukan dengan teknik *convenience sampling* dengan jumlah sampel 10 buah per pohon. Teknik *convenience sampling* adalah pengambilan sampel dari populasi yang mudah dijangkau, namun memenuhi kriteria yang telah ditentukan (Etikan et al. 2016). Kriteria buah alpukat sebagai sampel yaitu: 1) buah berumur cukup tua dan 2) buah tidak rusak atau tidak terserang hama dan penyakit.

Karakterisasi terhadap sampel buah dilakukan dengan cara pengamatan karakter morfologi berdasarkan pedoman *Descriptor for Avocado* (IPGRI 1995). Karakter morfologi kualitatif yang diamati yaitu: bentuk buah, bentuk ujung buah, bentuk pangkal buah, posisi apeks ujung buah, letak pedikel tangkai buah, bentuk pedikel tangkai buah, warna kulit buah masak, kelenturan kulit buah, kilap kulit buah, warna daging buah dekat kulit, warna daging buah dekat biji, tekstur daging buah, rasa daging buah, bentuk biji, warna kotiledon biji, sisa ruang biji, dan keadaan biji. Pengamatan kualitatif untuk parameter warna menggunakan pedoman warna dari *Royal Horticultural Society* (RHS) *Colour Chart*. Karakter morfologi kuantitatif yang diamati terhadap sampel buah yaitu: panjang buah, lingkaran buah, berat buah, tebal kulit buah, berat biji, panjang biji, lingkaran biji, porsi daging buah, kandungan air, kadar gula, kadar protein, kadar lemak, kadar serat, dan vitamin C. Pengamatan kuantitatif proksimat daging buah dilakukan pada 2 buah alpukat per pohon. Analisa proksimat daging buah dilakukan di Laboratorium Balai Pengujian Standardisasi dan Instrumen Tanaman Buah Tropika (BPSI Tanaman Buah Tropika).

Data karakter morfologi gabungan kualitatif dan kuantitatif dianalisis untuk mendapatkan hubungan kemiripan genetik antar aksesori. Dendogram dihasilkan berdasarkan metode pengelompokan hirarki UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic-mean*) menggunakan software NTSYS 2.0. Evaluasi dan seleksi aksesori menggunakan metode penilaian skoring oleh Lestari et al. (2016) dengan perbaikan (Tabel 1). Karakter yang dinilai adalah beberapa karakter penting yaitu: bentuk buah, berat buah, permukaan kulit buah, warna kulit buah, tebal kulit buah, tekstur kuloit buah, pengelupasan kulit buah, warna daging, kadar air, kadar gula, kadar lemak, kadar serat, porsi daging, berat biji, dan keadaan kulit biji.

Tabel 1. Lembaran penilaian karakter buah alpukat dengan metode penilaian skoring

No.	Karakter	Nilai	No.	Karakter	Nilai
1	Bentuk buah (5%)		8	Warna daging (5%)	
	Gepeng	2-3		Kuning hingga jingga	4-5
	Bulat hingga lonjong	4-5		Hijau kekuningan	2-3
	Seperti buah pir	2-3		Hijau hingga hijau muda	1
	Seperti botol berleher atau panjang	1	9	Kadar air (5%)	
2	Berat buah (10%)			Tinggi (85%)	1
	Sangat besar (>1000 g)	4-5		Sedang (>75-85 %)	2-3
	Besar (>500-1000 g)	5-6		Rendah (<75%)	4-5
	Sedang (>351-500 g)	7-10	10	Kadar gula (10%)	
	Kecil (>200-350 g)	4-6		Tinggi (>10%)	8-10
	Sangat kecil (<200 g)	1-3		Sedang (>5-10%)	4-7
3	Permukaan kulit buah (5%)			Rendah (<5%)	1-3
	Halus	4-5	11	Kadar lemak (10%)	
	Sedang	2-3		Tinggi (>10%)	8-10
	Kasar	1		Sedang (>5-10%)	4-7
4	Warna kulit buah matang (5%)			Rendah (<5%)	1-3
	Hijau hingga hijau muda	4-5	12	Kadar serat (5%)	
	Kuning, Kemerahan, Ungu	2-3		Tinggi (>5%)	1
	Coklat hingga hitam	1		Sedang (>2-5%)	2-3
5	Tebal kulit buah (10%)			Rendah (<2%)	4-5
	Sangat tebal (>2 mm)	9-10	13	Porsi daging (10%)	
	Tebal (>1,5-2 mm)	7-8		Tinggi (>85%)	8-10
	Sedang (>1-1,5 mm)	5-6		Sedang (>75-85)	4-7
	Tipis (>0,5-1 mm)	3-4		Rendah (<75%)	1-3
	Sangat tipis (<0,5mm)	1-2	14	Berat biji (5%)	
6	Tekstur kulit buah (5%)			Besar (> 100 g)	4-5
	Keras	4-5		Sedang (>50-100 g)	2-3
	Sedang	2-3		Kecil (<50 g)	1
	Lunak hingga lentur	1	15	Keadaan kulit biji (5%)	
7	Pengelupasan kulit (5%)			Kulit biji lengket di kotiledon biji dan lepas dari daging buah	4-5
	Mudah	4-5		Kulit biji lepas dari kotiledon biji dan mudah lepas dari daging buah	2-3
	Sedang	2-3		Kulit biji lepas dari kotiledon biji dan lengket di daging buah	1
	Susah (kulit menempel di daging buah)	1		Total	15-100

3. Hasil

Karakterisasi dilakukan terhadap 4 pohon alpukat lokal yaitu: alpukat Babel-1, Babel-2, Babel-3 dan Babel-4. Empat pohon alpukat tersebut berasal dari perbanyakan semaian biji yang ditanam dan tumbuh di pekarangan rumah warga. Lokasi tanaman berada di dataran rendah dengan elevasi 19–47 mdpl. Tanaman berumur 13–16 m dengan tinggi tanaman 10–13,5 m (Gambar 1 dan Tabel 2). Empat akses alpukat ini dipilih karena dianggap memiliki potensi untuk didaftarkan sebagai varietas unggul. Perbanyakan tanaman secara vegetatif telah dilakukan oleh pemilik pohon. Masyarakat juga memiliki minat yang cukup baik untuk menanam alpukat ini, sehingga ditanam di daerah sekitar bahkan hingga ke luar pulau Bangka.

Analisis pengelompokan 4 akses alpukat pulau Bangka berdasarkan morfologi gabungan kualitatif dan kuantitatif buah menunjukkan tingkat kemiripan genetik 57-67%. Babel-1 dan Babel-2 memiliki kemiripan genetik tertinggi, yaitu 67%, diikuti Babel-4 62%, dan Babel-3 57% (Gambar 2).

Karakterisasi kualitatif disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 3, yang menunjukkan adanya kesamaan dan perbedaan karakter. Karakter yang sama dari ketiga akses tersebut yaitu: bentuk pangkal buah tertekan ke dalam (*depressed*); posisi apeks ujung buah tidak simetris; warna kulit buah masak hijau kekuningan; kulit buah lentur; warna daging buah dekat kulit hijau kekuningan; warna daging buah dekat biji kuning; tekstur daging buah lembut berlemak; bentuk biji bulat telur (*broadly ovate*); dan sisa ruang biji pada ujung biji. Karakter kualitatif yang sama sekali berbeda dari semua

aksesi tersebut yaitu bentuk ujung buah, Bentuk ujung buah pada aksesori Babel-1, Babel -2 Babel-3 dan Babel-4 yaitu: runcing (*pointed*) dengan tonjolan pada titik apeks; membulat (*rounded*); tertekan ke dalam (*deeply depressed*) dan; agak tertekan ke dalam (*slightly depressed*). Bentuk buah pada Babel-1 bulat telur (*narrow obovate*) hingga belah ketupat (*rhomboidal*), pada Babel-2 dan Babel-4 seperti buah pir (*pyriform*), dan pada Babel-3 seperti botol (*clavate*). Letak pedicel pada Babel-1 dan Babel-4 di tengah, sedangkan pada Babel-2

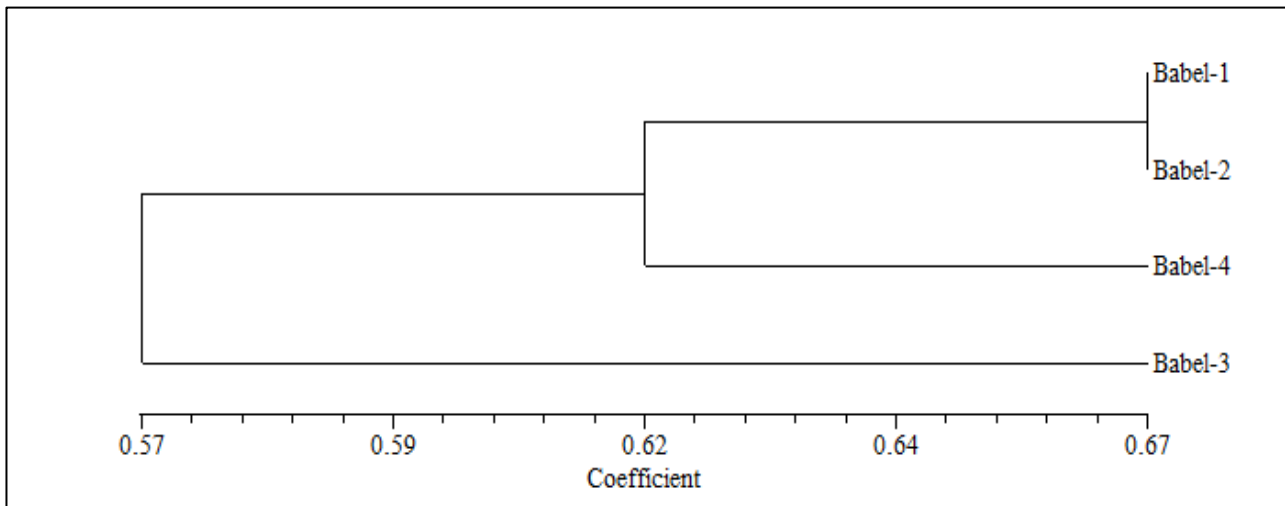
dan Babel-3 tidak simetris. Bentuk pedicel tangkai buah pada Babel-1, Babel-3, dan Babel-4 Kerucut (*conical*), sedangkan pada Babel-2 membulat. Kilap buah pada Babel-1 lemah, sedangkan pada Babel-2, Babel-3, dan Babel-4 sedang. Rasa daging buah pada Babel-1, Babel-2 dan Babel-4 pulen, gurih, dan sedikit manis sedangkan pada Babel-3 Agak pulen, agak gurih dan sedikit manis. Warna kotiledon biji pada Babel-1 dan Babel-2 jingga muda, pada Babel-3 jingga abu-abu dan pada Babel-4 jingga kekuningan.

Tabel 2. Tanaman alpukat hasil eksplorasi di Pulau Bangka

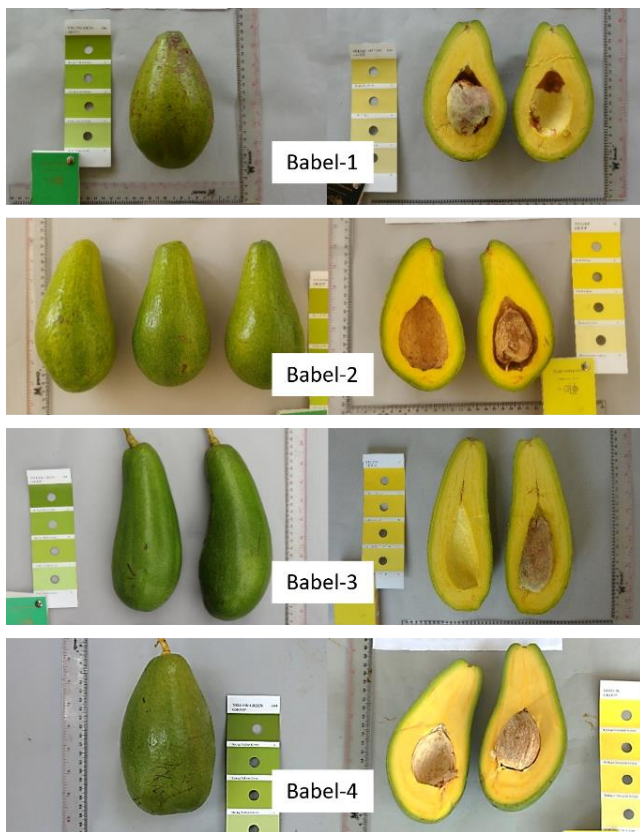
Aksesori	Lokasi tanaman	Elevasi lokasi tanaman (mdpl)	Umur tanaman (tahun)	Tinggi tanaman (m)
Babel-1	Kelurahan Menjelang, Kecamatan Muntok, Kabupaten Bangka Barat	47	15	13
Babel-2	Kelurahan Sungai Baru, Kecamatan Muntok, Kabupaten Bangka Barat	30	13	12
Babel-3	Kelurahan Sungai Baru, Kecamatan Muntok, Kabupaten Bangka Barat	30	15	10
Babel-4	Desa Rajik, Kecamatan Simpang Rimba, Kabupaten Bangka Selatan	19	16	13,5



Gambar 1. Keragaan pohon 4 aksesori alpukat lokal Pulau Bangka



Gambar 2. Dendrogram kemiripan 4 aksesori alpukat pulau Bangka berdasarkan karakter morfologi gabungan kualitatif dan kuantitatif buah



Gambar 3. Keragaan buah 4 aksesori alpukat lokal Pulau Bangka

Karakterisasi kualitatif buah disajikan pada Tabel 4. Pengamatan yang menunjukkan hasil berbeda nyata yaitu: berat buah, panjang buah, lingkar buah, tebal kulit buah, berat biji, panjang biji, lingkar biji, porsi daging, kadar gula, kadar lemak, kadar serat, dan vitamin C. Pengamatan yang menunjukkan hasil berbeda tidak nyata yaitu: kadar air dan protein. Bobot buah tertinggi pada Babel-3

($824,8 \pm 115,29$ g), diikuti oleh Babel-4 ($719,95 \pm 56,60$ g), Babel-2 ($682,24 \pm 142,17$ g) dan yang terendah pada Babel-1 ($616,93 \pm 112,85$ g). Hal yang sama terjadi pada panjang buah, dengan panjang tertinggi pada Babel-3 ($21,6 \pm 1,41$ g), diikuti oleh Babel-4 ($18,5 \pm 2,12$ g), Babel-2 ($17,95 \pm 0,77$ g) dan yang terendah pada Babel-1 ($15,6 \pm 1,55$ g). Namun lingkar buah tertinggi terdapat pada Babel-4 ($30,87 \pm 1,31$ cm), diikuti oleh Babel-3 ($29 \pm 1,69$ cm), Babel-2 ($28,25 \pm 0,63$ cm) dan terendah Babel-1 ($27,55 \pm 6,01$ cm). Tebal kulit tertinggi terdapat pada Babel-4 ($1,06 \pm 0,09$ mm), diikuti oleh Babel-2 ($0,92 \pm 0,11$ mm) dan terendah pada Babel-1 dan Babel-3 ($0,9 \pm 0,14$ mm dan $0,9 \pm 0,10$ mm). Bobot biji tertinggi pada Babel-4 ($76,28 \pm 17,96$ g), diikuti oleh Babel-3 ($51,66 \pm 8,88$), Babel-2 ($51,10 \pm 16,93$ g) dan terendah pada Babel-1 ($42,74 \pm 8,20$ g). Porsi daging buah dipengaruhi oleh bobot buah, bobot kulit dan bobot biji. Babel-1 memiliki porsi daging buah tertinggi ($87,50 \pm 2,02\%$) diikuti Babel-3 ($86,64 \pm 1,14\%$), Babel-4 ($82,23 \pm 2,32\%$) dan terendah Babel-2 ($80,11 \pm 3,33\%$).

Penilaian skoring buah alpukat disajikan pada Tabel 5. Karakter-karakter dengan nilai sama antar aksesori yaitu: permukaan kulit buah; tekstur kulit buah; pengelupasan kulit buah; warna daging; kadar air; kadar serat; dan keadaan kulit biji. Alpukat Babel-1 memiliki nilai tertinggi (72), diikuti Babel-4 (70), Babel-2 (69) dan terendah Babel-3 (64). Alpukat Babel-1 sebagai aksesori dengan peringkat nilai tertinggi memiliki karakter-karakter dengan nilai sempurna yaitu: bentuk buah; warna kulit buah matang; dan warna daging.

Tabel 3. Karakter kualitatif buah alpukat Pulau Bangka

No.	Karakter	Aksesi			
		Babel-1	Babel-2	Babel-3	Babel-4
1	Bentuk buah	Bulat telur (<i>narrow obovate</i>) hingga belah ketupat (<i>rhomboidal</i>)	Seperti buah pir (<i>pyriform</i>)	Seperti botol (<i>clavate</i>)	Seperti buah pir (<i>pyriform</i>)
2	Bentuk ujung buah	Runcing (<i>pointed</i>) dengan tonjolan pada titik apeks	Membulat (<i>rounded</i>)	Tertekan ke dalam (<i>deeply depressed</i>)	Agak tertekan ke dalam (<i>slightly depressed</i>)
3	Bentuk pangkal buah	Tertekan ke dalam (<i>depressed</i>)	Tertekan ke dalam (<i>depressed</i>)	Tertekan ke dalam (<i>depressed</i>)	Tertekan ke dalam (<i>depressed</i>)
4	Posisi apeks ujung buah	Tidak simetris	Tidak simetris	Tidak simetris	Tidak simetris
5	Letak pedikel tangkai buah	Di tengah	Tidak simetris	Tidak simetris	Di tengah
6	Bentuk pedikel tangkai buah	Kerucut (<i>conical</i>)	Membulat (<i>rounded</i>)	Kerucut (<i>conical</i>)	Kerucut (<i>conical</i>)
7	Warna kulit buah masak	Hijau kekuningan (RHS <i>Yellow Green Group 144A</i>)	Hijau kekuningan (RHS <i>Yellow Green Group 144A</i>)	Hijau kekuningan (RHS <i>Yellow Green Group 144A</i>)	Hijau kekuningan (RHS <i>Yellow Green Group 144A</i>)
8	Kelenturan kulit buah	Lentur	Lentur	Lentur	Lentur
9	Kilap kulit buah	Lemah	Sedang	Sedang	Sedang
10	Warna daging buah dekat kulit	Hijau kekuningan (RHS <i>Yellow Green Group 144B</i>)	Hijau kekuningan (RHS <i>Yellow Green Group N144C</i>)	Hijau kekuningan (RHS <i>Yellow Green Group 144C</i>)	Hijau kekuningan (RHS <i>Yellow Green Group 144A</i>)
11	Warna daging buah dekat biji	Kuning (RHS <i>Yellow Group 4C</i>)	Kuning (RHS <i>Yellow Group 9C</i>)	Kuning (RHS <i>Yellow Group 6C</i>)	Kuning pekat (RHS <i>Yellow Group 6A</i>)
12	Tekstur daging buah	Lembut berlemak	Lembut berlemak	Lembut berlemak	Lembut berlemak
13	Rasa daging buah	Pulen, gurih, dan sedikit manis	Pulen, gurih, dan sedikit manis	Agak pulen, agak gurih, dan sedikit manis	Pulen, gurih, sedikit manis
14	Bentuk biji	Bulat telur (<i>broadly ovate</i>)	Bulat telur (<i>broadly ovate</i>)	Bulat telur (<i>broadly ovate</i>)	Bulat telur (<i>broadly ovate</i>)
15	Warna kotiledon biji	Jingga muda (RHS <i>Yellow Orange Group 20B</i>)	Jingga muda (RHS <i>Orange Group 26C</i>)	Jingga abu-abu (RHS <i>Greyed - Orange Group 164C</i>)	Jingga Kekuningan (RHS <i>Yellow Orange Group 18B</i>)
16	Sisa ruang biji	Ruang pada ujung biji	Ruang pada ujung biji	Ruang pada ujung biji	Ruang pada ujung biji
17	Keadaan kulit biji	Kulit biji lepas dari kotiledon biji dan mudah lepas dari daging buah	Kulit biji lepas dari kotiledon biji dan mudah lepas dari daging buah	Kulit biji lepas dari kotiledon biji dan mudah lepas dari daging buah	Kulit biji lepas dari kotiledon biji dan mudah lepas dari daging buah

Tabel 4. Karakter kuantitatif buah alpukat Pulau Bangka

No.	Karakter	Akses			
		Babel-1	Babel-2	Babel-3	Babel-4
1	Berat buah (g)	616,93±112,85 c	682,24±142,17 bc	824,8±115,29 a	719,95±56,60 ab
2	Panjang buah (cm)	15,6±1,55 c	17,95±0,77 b	21,6±1,41 a	18,5±2,12 b
3	Lingkar buah (cm)	27,55±6,01 b	28,25±0,63 ab	29±1,69 ab	30,87±1,31 a
4	Tebal kulit buah (mm)	0,9±0,14 b	0,92±0,11 b	0,9±0,10 b	1,06 ±0,09 a
5	Berat biji (g)	42,74±8,20 b	51,10±16,93 b	51,66±8,88 b	76,28±17,96 a
6	Panjang biji (cm)	6,55±0,63 c	5,8±0,84 b	7,75±1,06 a	6,82±0,40 b
7	Lingkar biji (cm)	12,45±2,19 c	14,1±2,40 a	11,55±2,19 d	13,82±2,38 b
8	Porsi daging buah (%)	87,50±2,02 ab	80,11±3,33 ab	86,64±1,14 a	82,23±2,32 b
9	Kadar air daging buah (%)	77,85±0,57 tn	77,03±0,58	77,07±3,03	79,68±5,66
10	Kadar gula daging buah (%)	4,17±0,71 c	7,39±2,43 ab	8,80±2,63 a	5,97 ±3,45 b
11	Kadar protein daging buah (%)	1,45±0,42 tn	1,27±0,12	1,43±0,28	1,33 ±0,41
12	Kadar lemak daging buah (%)	12,81±0,37 a	10,01±0,33 c	2,09±1,38 d	11,37 ±0,81 b
13	Kadar serat	2,94±0,23 c	3,06±0,02 bc	3,81±0,64 ab	3,97 ±1,45 a
14	Vitamin C daging buah (%)	15,94±2,02 b	7,46±2,56 c	16,90±2,06 ab	17,64±4,29 a

Keterangan (*description*): Rerata dengan huruf yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNJ pada taraf 5% (*Mean value in each column followed by the same letters are not not significant based on HSD test at 5%*)

Tabel 5. Penilaian metode skoring terhadap karakter morfologi buah alpukat Pulau Bangka

No.	Karakter	Akses			
		Babel-1	Babel-2	Babel-3	Babel-4
1	Bentuk buah (5%)	5	3	2	5
2	Berat buah (10%)	7	7	6	7
3	Permukaan kulit buah (5%)	4	4	4	4
4	Warna kulit buah matang (5%)	5	5	5	5
5	Tebal kulit buah (10%)	5	5	5	6
6	Tekstur kulit buah (5%)	3	3	3	3
7	Pengelupasan kulit (5%)	4	4	4	4
8	Warna daging (5%)	5	5	5	5
9	Kadar air (5%)	3	3	3	3
10	Kadar gula (10%)	3	6	6	4
11	Kadar lemak (10%)	9	8	3	9
12	Kadar serat (5%)	3	3	3	3
13	Porsi daging (10%)	9	7	9	7
14	Berat biji (5%)	4	3	3	2
15	Keadaan kulit biji (5%)	3	3	3	3
	Total	72	69	64	70

4. Pembahasan

Salah satu penyebab perbedaan genetik pada 4 aksesori alpukat adalah asal perbanyakannya pohonnya dari semaian biji. Alpukat memiliki perilaku pembungaan *synchronous dichogamy* dan polinasi yang terbuka (Ihsan et al. 2023). Hal ini menyebabkan dapat terjadinya penyerbukan silang dan menghasilkan turunan dengan genetik yang beragam. Beberapa karakter morfologi antar aksesori memiliki perbedaan yang mencolok dan beberapa karakter lainnya memiliki kesamaan. Dari sumber asalnya, alpukat dikelompokkan menjadi 3 ras berdasarkan geografis yaitu: Mexican (sub tropis), Guatemalan (dataran tinggi tropis), dan Indian Barat (dataran rendah tropis) (Schaffer et al. 2013). Alpukat telah berkembang di Indonesia dan menjadi aksesori lokal. Sebagian besar aksesori ini, termasuk 4 aksesori lokal Bangka termasuk dalam kelompok ras Indian Barat dengan karakter umum yaitu: permukaan kulit licin agak liat; ukuran biji besar; biji berongga; permukaan biji kasar; kandungan lemak rendah; dan rasa buah gurih hambar hingga gurih manis.

Alpukat Babel-1 dan Babel-2 memiliki urutan ukuran bobot buah, panjang buah, dan lingkar buah tertinggi dan terendah yang sama, namun tidak sama halnya pada Babel-3 dan Babel-4. Hal ini disebabkan karena bentuk buah Babel-3 seperti botol (*clavate*), sedangkan pada Babel-4 seperti buah pir (*pyriform*). Abraham et al. (2018) dan Quiñones-Islas et al. (2023) mengatakan perbedaan bentuk buah alpukat akan memberikan ukuran panjang dan diameter buah yang berbeda. Rasa daging buah pada alpukat cenderung dipengaruhi oleh kadar air, kadar gula dan kadar lemak. Kadar lemak pada Babel-3 memiliki kadar yang terendah dan sangat mencolok dibandingkan dengan varietas lainnya dan mungkin hal ini yang menyebabkan rasa daging yang agak pulen dan agak gurih, sedangkan aksesori lainnya terasa pulen dan gurih.

Evaluasi keunggulan aksesori dengan metode penilaian skoring terhadap karakter morfologi buah dapat dijadikan sebagai acuan dalam pemilihan aksesori yang potensial. (Lestari et al. 2016). Metode ini mudah dilakukan dengan penilaian karakter-karakter penting pada buah, namun beberapa parameter dan skoring penilaiannya perlu untuk diperbaiki. Seleksi aksesori alpukat untuk dijadikan sebagai aksesori yang akan dikembangkan harus mengacu pada kriteria yang disukai produsen, pedagang dan konsumen. Bentuk buah yang bulat atau lonjong lebih disukai karena memudahkan penyusunan buah dalam pengemasan, dan bobot buah yang berukuran sedang lebih disukai karena cukup untuk konsumsi satu orang (Kuswandi et al. 2017; Mokria et al. 2022). Kulit buah yang lebih

tebal akan mengurangi resiko serangan antraknos, kerusakan buah saat panen, pengemasan dan pengiriman. (Hadiati et al. 2021; Ihsan et al. 2023). Kadar air daging buah yang rendah, kadar gula dan kadar lemak yang tinggi akan meningkatkan citarasa buah alpukat. (Hausch et al. 2021). Kadar air dan kadar lemak juga dijadikan sebagai standar kematangan alpukat, dimana kadar air akan menurun dan kadar lemak meningkat seiring pertumbuhan dan peningkatan kematangan buah. (Magwaza and Tesfay 2015; Bayram and Tepe 2019). Porsi daging buah juga dijadikan kriteria untuk seleksi alpukat unggul. Porsi daging buah berkaitan dengan bobot buah utuh, kulit, daging dan biji.

5. Kesimpulan

Empat aksesori alpukat lokal pulau Bangka memiliki tingkat kemiripan genetik 57-67% berdasarkan karakter morfologi gabungan kualitatif dan kuantitatif buah menggunakan metode pengelompokan hirarki UPGMA. Babel-1 dan Babel-2 memiliki kemiripan genetik tertinggi, yaitu 67%, diikuti Babel-4 62%, dan Babel-3 57%. Alpukat pulau Bangka ini memiliki nilai skoring karakter buah 64-72 berdasarkan metode penilaian skoring dengan nilai tertinggi Babel-1(72), diikuti Babel-4 (70), Babel-2 (69) dan terendah Babel-3 (64). Hasil penilaian metode skoring ini dapat menjadi acuan dalam penentuan aksesori alpukat lokal untuk diusulkan sebagai varietas unggul dan dikembangkan di Pulau Bangka.

6. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih disampaikan kepada Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung dan Dinas Pertanian dan Pangan Kabupaten Bangka Barat yang telah mendukung dan membiayai penelitian ini. Terimakasih juga disampaikan kepada pemilik tanaman alpukat dan semua pihak yang telah membantu penelitian ini.

7. Pernyataan Konflik Kepentingan (*Declaration of Conflicting Interests*)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini (*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

8. Daftar Pustaka

- Abraham JD, Abraham J, Takrama JF. 2018. Morphological characteristics of avocado (*Persea americana* Mill.) in Ghana. *African J Plant Sci.* 12(4):88–97. doi:10.5897/ajps2017.1625.
- Bayram S, Tepe S. 2019. Determination of some physicochemical properties in fruits of some avocado (*Persea americana* Mill.) cultivars during the harvesting periods. *Derim.* 36(1):1–12. doi:10.16882/derim.2019.410329.
- Bhore SJ, Ochoa DS, Al Houssari A, Zelaya AL, Yang R, Chen Z, Et A. 2021. The avocado (*Persea americana* Mill.): a review and sustainability perspectives. *ResearchGate.*(12):1–50. doi:10.20944/preprints202112.0523.v1.
- Bhuyan DJ, Alsherbiny MA, Perera S, Low M, Basu A, Devi OA, Barooah MS, Li CG, Papoutsis K. 2019. The odyssey of bioactive compounds in Avocado (*Persea Americana*) and their health benefits. *Antioxidants.* 8(426):1–53. doi:10.3390/antiox8100426.
- BPS. 2024. Produksi Tanaman Buah-buahan, Produksi Tanaman Buah-buahan 2021-2023.
- Direktorat Perbenihan Hortikultura. 2023. Daftar Varietas Terdaftar Hortikultura. <http://proseed.perbenihanhorti.id/db-vardaf>.
- Etikan I, Musa SA, Alkassim RS. 2016. Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling. *Am J Theor Appl Stat.* 5(1):1–4. doi:10.11648/j.ajtas.20160501.11.
- Hadiati S, Ihsan F, Kuswandi. 2021. Identifikasi Keragaman Genetik Beberapa Akses Alpukat Berdasarkan Karakter Morfologi. In: Irfan Z, Erlangga H, Yuniarti, Amelia S, Elisa M, editors. *Prosiding Seminar Nasional Kemajuan Inovasi dan Hilirisasi Inovasi Mendukung Pertanian Maju, Mandiri dan Modern.* Padang: Andalas University Press. p. 239–250.
- Hausch BJ, Arpaia ML, Campisi-Pinto S, Obenland DM. 2021. Sensory characterization of two California-grown avocado varieties (*Persea americana* Mill.) over the harvest season by descriptive analysis and consumer tests. *J Food Sci.* 86(9):4134–4147. doi:10.1111/1750-3841.15867.
- Henning SM, Guzman JB, Thames G, Yang J, Tseng C-H, Heber D, Kim J, Li Z. 2022. Avocado Consumption Increased Skin Elasticity and Firmness in Women - A Pilot Study. *J Cosmet Dermatol.* 21:4028–4034.
- Ihsan F, Hadiati S, Indriyani N. 2023. Flowering Behavior, Fruit Harvesting Age and Proximate Levels of the Flesh of the West Sumatera Superior Avocado. *Bioscience.* 7(1):31–41. doi:10.24036/0202371122130-0-00.
- IPGRI. 1995. *Descriptors for avocado (Persea spp.).* Rome, Italy: Internasional Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. <https://www.biodiversityinternational.org>.
- Jimenez P, Garcia P, Quitral V, Vasquez K, Parra-Ruiz C, Reyes-Farias M, Garcia-Diaz DF, Robert P, Encina C, Soto-Covasich J. 2021. Pulp, Leaf, Peel and Seed of Avocado Fruit: A Review of Bioactive Compounds and Healthy Benefits. *Food Rev Int.* 37(6):619–655. doi:10.1080/87559129.2020.1717520. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1717520>.
- Kuswandi, Octriana L, Kuswara B, Nofiarli. 2017. Eksplorasi, Karakterisasi, dan Evaluasi Idiotipe Alpukat di Kabupaten Solok. *J Agroteknologi Univ Andalas.* 1(1):26–29. doi:<https://doi.org/10.25077/jagur.1.1.26-29.2017>.
- Lestari R, Agus Sukanto L, Aprilianti P, Wahyuni S, Putri WU. 2016. Selection of avocado plants based on fruit characters, fat content, and continual harvest along the year in West Java-Indonesia. *Int J Adv Sci Eng Inf Technol.* 6(1):77–83. doi:10.18517/ijaseit.6.1.621.
- Magwaza LS, Tesfay SZ. 2015. A Review of Destructive and Non-destructive Methods for Determining Avocado Fruit Maturity. *Food Bioprocess Technol.* 8(10):1995–2011. doi:10.1007/s11947-015-1568-y.
- Mokria M, Gebrekirstos A, Said H, Hadgu K, Hagazi N, Dubale W, Bräuning A. 2022. Volume estimation models for avocado fruit. *PLoS One.* 17(2 February):1–14. doi:10.1371/journal.pone.0263564.
- Quiñones-Islas NS, Lazcano-Escobar JF, Ramírez-López C, Trejo-Estrada SR. 2023. Descriptors in fruits of avocado in Mexico. *Rev Mex Ciencias Agrícolas.* 14(4):603–613.
- Sandoval-Castro E, Peraza-Magallanes AY, Dodd RS, Ashworth VETM, Cruz-Mendivil A, Calderón-Vázquez CL. 2021. Exploring genetic diversity of lowland avocado (*Persea americana* Mill.) as a genetic reservoir for breeding. *Genet Resour Crop Evol.* 68(7):2757–2766. doi:10.1007/s10722-021-01238-w.
- Schaffer B, Wolstenholme BN, Whiley AW. 2013. *The Avocado. Botany, Production and Uses.* 2nd Edition. CAB International.
- Verti EA, Mustikarini ED, Lestari T. 2021. Diversity of Avocado Germplasm (*Persea americana*) in Bangka Island Based on Morphological Character. *Semin Nas Penelit dan Pengabdian Pada Masy.:*33–38.



AGROSAINSTEK

Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian

Website jurnal : <http://agrosainstek.ubb.ac.id>

Research Article

Hasil dan Komponen Hasil Beberapa Varietas Kacang Hijau (*Vigna radiata* L. Wilczek) yang Diberi Pemupukan Kieserit

*Yield and Yield Components of Several Mungbean Varieties (*Vigna radiata* L. wiczek) as A Result of Kieserite Fertilization*

Buhaira¹, Sosiawan Nusifera^{1*}, Helmi Salim¹

¹Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Jambi

Received: August 9, 2024 /Received in revised : November 20, 2024/ Accepted: November 22, 2024

ABSTRACT

Mungbean is one of food plants that has important role as a source of nutrition. One of the important macronutrient elements which its deficiency can disrupt the photosynthesis process resulting in reduced mungbean growth and yield is Mg (magnesium). Research aimed to determine responses of several varieties to application of different doses of kieserite fertilizer and to obtain the best dose for each varieties. Experiment was arranged in a randomized block design (RBD) with a two-factor factorial pattern. The first factor was four varieties i.e. 'Vima 1', 'Vima 3', 'Vima 5', and 'Vimil 1'. Second factor was four levels of kieserit fertilizer dosage (0, 50, 100, and 150 kg ha⁻¹). Observed variables were yield and yield components. Data were analyzed using analysis of variance and Duncan's test at 5% α level. Results showed that the responses of four varieties used were relatively the same to the dose of kieserit, and dose application of kieserit 50 kg.ha⁻¹ could increase yield. Highest yielding variety was Vima-5 variety with highest number of pods and yield per plant. While the lowest yielding variety was Vimil-1 variety which had lower seed size (weight 100 seeds) than of other varieties.

Keywords: Fertilization; Kieserite; Magnesium; Mungbean.

ABSTRAK

Kacang hijau adalah salah satu jenis tanaman pangan yang memiliki peranan penting sebagai sumber nutrisi. Salah satu elemen makronutrien penting yang kekurangannya dapat menyebabkan terganggunya proses fotosintesis sehingga pertumbuhan dan hasil polong kacang hijau tereduksi adalah Mg (magnesium). Penelitian bertujuan mengetahui respons beberapa varietas terhadap aplikasi pemupukan kieserit berbeda dosis serta mendapatkan dosis terbaik bagi tiap-tiap varietas. Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok (RAK) pola faktorial dua faktor. Faktor pertama adalah empat varietas ('Vima 1', 'Vima 3', 'Vima 5', dan 'Vimil 1') dan yang kedua adalah empat taraf dosis pemupukan kieserit (0, 50, 100, dan 150 kg ha⁻¹). Variabel yang diamati adalah hasil dan komponen hasil. Data dianalisis dengan analisis varians dan uji Duncan pada taraf $\alpha = 5\%$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa respons ke-empat varietas yang digunakan relatif sama terhadap dosis pemberian kieserit, dan pemberian kieserit dosis 50 kg.ha⁻¹ dapat meningkatkan hasil. Hasil terbaik diperlihatkan oleh varietas Vima-5 dengan jumlah polong dan hasil per tanaman tertinggi. Sedangkan bobot biji per tanaman terendah diperoleh dari varietas Vimil-1 dengan bobot 100 biji juga lebih rendah dari varietas lainnya.

Kata kunci: Kacang hijau; Kieserit; Magnesium; Pemupukan.

*Korespondensi Penulis.

E-mail: sosiawan_nusifera@unja.ac.id (S Nusifera)

DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v8i2.669>

1. Pendahuluan

Kacang hijau adalah salah satu jenis tanaman pangan yang memiliki peranan penting sebagai sumber nutrisi. Kacang hijau sejauh ini telah dimanfaatkan secara luas untuk kebutuhan pangan maupun untuk kebutuhan pakan. Sebagai sumber pangan, kacang hijau di Indonesia menempati urutan ke tiga di antara tanaman kacang-kacangan setelah kedelai dan kacang tanah. Kacang hijau banyak disukai karena kandungan lemaknya yang relatif rendah dibandingkan dengan jenis kacang-kacangan lainnya. Selain itu, biji kacang hijau mudah dicerna dan mengandung vitamin B1 yang dapat mencegah penyakit beri-beri (Sudhakaran *et al.*, 2023; Muchomba *et al.*, 2023).

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan semakin beragamnya jenis makanan hasil olahan kacang hijau, tingkat konsumsi dan kebutuhan kacang hijau meningkat pula. Namun demikian, peningkatan kebutuhan tersebut belum diimbangi dengan peningkatan produksi kacang hijau. Berdasarkan statistik konsumsi pangan Indonesia, setiap tahunnya Indonesia masih impor kacang hijau untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pada tahun 2023 dari konsumsi sebanyak 245.000 ton, 172.000 ton dipenuhi dari impor (Statistik Komsumsi Pangan, 2023). Oleh karena itu, diperlukan berbagai upaya peningkatan produksi kacang hijau.

Secara umum, peningkatan produksi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu ekstensifikasi dan intensifikasi. Ekstensifikasi merupakan peningkatan produksi melalui perluasan areal tanam. Sedangkan intensifikasi merupakan peningkatan produksi tanaman melalui perbaikan teknologi budidaya dengan tujuan meningkatkan produktivitas tanaman. Semakin menyempitnya areal produktif pertanian baik yang disebabkan oleh pembangunan infrastruktur maupun alih fungsi lahan merupakan kendala yang sulit diatasi untuk setiap kebijakan ekstensifikasi pertanian. Oleh karena itu, upaya intensifikasi merupakan solusi utama bagi peningkatan produksi produk pertanian.

Kesuburan tanah merupakan salah satu faktor pembatas yang penting bagi produktivitas tanaman. Kesuburan fisika, kimia, dan biologi tanah merupakan indikator utama bagi kualitas tanah agar memberikan daya dukung maksimal bagi pertumbuhan tanaman. Provinsi Jambi merupakan salah satu wilayah yang mayoritas lahannya berordo ultisols, yaitu sekitar 2.726.633 ha atau 53,46 % dari luas wilayah (Dinas Pertanian Tanaman Pangan Propinsi Jambi, 2008). Ultisol merupakan ordo tanah yang memiliki tingkat kesuburan yang rendah baik kesuburan fisika,

kimia, maupun biologi. Selain itu, sebagian besar lahan di Provinsi Jambi dikategorikan sebagai lahan kering. Oleh karena itu, untuk meningkatkan produktivitas tanaman di Provinsi Jambi diperlukan berbagai masukan (input) agar kesuburan tanah dapat diperbaiki. Salah satu input yang dapat diberikan adalah pupuk. Pada dasarnya pemberian pupuk atau pemupukan dilakukan untuk mencukupi kebutuhan hara tanaman baik itu hara makro maupun hara mikro. Berkaitan dengan kondisi mayoritas lahan di Provinsi Jambi yang terkategori lahan kering ultisols, terdapat beberapa permasalahan di antaranya kemasaman, miskin bahan organik dan makro nutrien dan mengandung Al, Fe, dan Mn. Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh kemasaman tanah disebabkan hubungannya dengan meningkatnya konsentrasi H⁺, Al dan Mn serta menurunnya konsentrasi nutrisi makro, defisiensi Mg, Ca dan kalium K, menurunnya P dan solubilitas Mo, serta berdampak pada terhambatnya pertumbuhan akar, serapan air dan lain-lain (Fageria *et al.*, 2011).

Dalam paket budidaya standar pada tanaman kacang hijau, umumnya pemupukan yang diberikan hanyalah berupa unsur N, P dan K saja. Padahal, ketidak hadirannya atau kekurangan unsur makro lain juga akan berdampak pada penurunan hasil dan kualitas hasil. Salah satu unsur hara makro yang cukup penting bagi pertumbuhan tanaman namun ketersediaannya jarang diperhatikan adalah magnesium. Magnesium (Mg) memiliki peran penting bagi beberapa proses fisiologis melalui fungsi utamanya dalam *phloem loading*, kofaktor enzim, dan khelasi bentuk nucleotidil fosfat (Cowan 2002; Shaul 2002; Verbruggen and Hermans 2013). Oleh karena itu, Mg berperan penting dalam proses transpor asimilat dari daun (*sources*) ke organ *sink*, dan sehingga gejala awal cekaman defisiensi Mg adalah terganggunya partisi asimilat antara akar dan pupus yang mengakibatkan meningkatnya akumulasi asimilat di daun dan terhambatnya laju pertumbuhan organ *sink*. (Cakmak and Kirkby 2008; Cakmak 2013). Selain itu, Mg juga memiliki peran dalam meningkatnya penyerapan dan pemanfaatan nutrisi-nutrisi lainnya. Grzebisz (2013) melaporkan bahwa berkaitan dengan peran Mg dalam proses fotosintesis, asimilasi dan partisi asimilat, serapan dan pemanfaatan nitrogen bergantung pada unsur Mg. Pada sisi lain, sehubungan dengan peran mendasar Mg pada tanaman, nutrisi Mg juga mempengaruhi toleransi dan resistensi tanaman terhadap berbagai cekaman biotik dan abiotik baik secara langsung maupun tidak langsung. Tanaman yang defisien Mg cenderung akan lebih sensitif terhadap cekaman kekeringan disebabkan eksudat akar dan pemanjangan sel akar memerlukan suplai

asimilat yang cukup (Carminati and Vetterlein, 2013).

Magnesium telah lama dikenal sebagai unsur pembangun struktur klorofil. Setiap molekul klorofil mengandung satu atom Mg sehingga Mg merupakan mineral tunggal dalam klorofil. Kekurangan unsur magnesium tentu saja akan berdampak langsung pada menurunnya laju fotosintesis pada tanaman di samping berbagai proses fisiologis lainnya. Oleh karena itu, defisiensi unsur magnesium seringkali berhubungan dengan penurunan daya hasil suatu komoditas tanaman. Hasanah *et al.*, (2020) melaporkan bahwa pemberian pupuk magnesium berpengaruh pada berbagai proses fisiologis yang terjadi pada beberapa varietas kedelai pada kondisi lahan kering.

Kieserit adalah pupuk yang mengandung magnesium yang tinggi, yaitu 26 - 30 % yang mudah larut dan cepat diserap tanaman. Pemberian kieserit dapat meningkatkan laju penyerapan hara Mg tanaman kacang hijau sebesar 0,13 kg/MgO (Ismen dan Shiddieq, 2003. Hasil Penelitian Prathama (2021) menyatakan bahwa aplikasi pupuk kieserit mampu meningkatkan bobot segar produksi buncis sebesar 5-15%.

Pentingnya peran magnesium pada tanaman terutama sekali pada lahan-lahan dengan tingkat kesuburan rendah sebagaimana ultisols telah melatarbelakangi untuk dilakukan penelitian terhadap pengaruh aplikasi pupuk magnesium (kieserit) terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau di lahan ultisols Jambi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana respons berbagai varietas kacang hijau terhadap aplikasi pemupukan kieserit berbeda dosis dan untuk mengetahui dosis pemupukan kieserit yang terbaik pada tiap-tiap varietas kacang hijau.

2. Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di *Teaching and Research Farm* Fakultas Pertanian Universitas Jambi, dari bulan Juni 2022 sampai dengan bulan Oktober 2022. Lokasi penelitian terletak pada ketinggian kurang lebih 35 m dpl dengan ordo tanah ultisols.

Penelitian merupakan penelitian eksperimental yang disusun dalam rancangan acak kelompok pola faktorial yang diulang sebanyak tiga kali. Faktor pertama adalah varietas kacang hijau (V) yang terdiri atas empat varietas yaitu: $v_1 = \text{'Vima 1'}$, $v_2 = \text{'Vima 3'}$, $v_3 = \text{'Vima 5'}$ dan $v_4 = \text{'Vimil 1'}$. Sedangkan faktor kedua adalah pemupukan magnesium dengan mengaplikasikan kieserit (K) yang terdiri atas 4 taraf dosis yaitu: $k_0 = 0 \text{ kg ha}^{-1}$, $k_1 = 50 \text{ kg ha}^{-1}$, $k_2 = 100 \text{ kg ha}^{-1}$, dan $k_3 = 150 \text{ kg ha}^{-1}$.

Pelaksanaan percobaan dilakukan dengan mengacu pada standar teknologi budidaya tanaman kacang hijau secara umum dengan beberapa modifikasi berdasarkan hasil-hasil penelitian terakhir. Modifikasi pertama adalah aplikasi pemupukan Nitrogen dengan dosis rendah pada pemupukan dasar (40 kg urea) dan pemupukan nitrogen lanjutan pada fase R-1 (awal berbunga). Modifikasi berikutnya adalah aplikasi pemupukan kieserit yang dosisnya bervariasi menurut taraf perlakuan yang diujikan dalam penelitian ini.

Variabel yang diamati adalah sebagai berikut.

1. Bobot biji per tanaman (g), adalah bobot seluruh biji dari satu tanaman pada kadar air 14% yang diperoleh dengan menggunakan rumus konversi sebagai berikut.

$$A = \frac{(100 - C\%)}{(100 - 14\%)} \times D$$

A = bobot biji pada kadar air 14%

C = kadar air biji saat ditimbang

D = bobot biji pada kadar air C

2. Jumlah polong per tanaman

3. Jumlah biji per polong

4. Bobot 100 biji (g), adalah bobot 100 biji pada kadar air 14%.

5. Jumlah bintil akar efektif, dihitung pada saat tanaman telah memasuki fase R_1 .

6. Indeks panen, (rasio antara bobot kering biji dan polong) terhadap biomasa tanaman

Variabel komponen hasil, hasil, jumlah bintil akar efektif, bahan kering, indeks panen, masing-masing dianalisis dengan analisis ragam univariat. Perbandingan rata-rata dilakukan dengan Uji Duncan (DNMRT) pada taraf $\alpha = 0.05$ (Steel dan Torrie, 1980).

3. Hasil

Hasil observasi pada beberapa variabel respons memperlihatkan bahwa pengaruh pemupukan kieserite bervariasi pada tanaman kacang hijau. Berikut adalah hasil analisis pada variabel hasil dan komponen hasil tanaman kacang hijau.

Bobot biji per tanaman

Hasil analisis varians pada data bobot biji per tanaman menunjukkan bahwa tidak ada interaksi pengaruh varietas dengan pemupukan kieserit. Namun demikian, penggunaan varietas dan kieserit masing-masing menunjukkan pengaruh pada bobot biji per tanaman. Hasil uji lanjut Duncan (DNMRT) terhadap bobot biji per tanaman disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil per tanaman (g) berdasarkan dosis pemberian kieserit pada beberapa varietas

Varietas	Dosis Kieserit (kg.ha ⁻¹)				Rata-rata
	0	50	100	150	
'Vima 1'	16,17	17,57	17,01	16,87	16,91 b
'Vima 3'	12,70	17,71	17,22	18,27	16,48 b
'Vima 5'	18,84	22,54	20,65	21,70	20,93 c
'Vimil 1'	9,80	16,03	16,87	13,51	14,05 a
Rata-rata	14,38	18,46	17,94	17,59	
	A	B	B	B	

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama diikuti huruf kecil yang sama dan angka-angka pada baris yang sama diikuti huruf kapital yang sama tidak berbeda nyata menurut DMNRT pada taraf $\alpha = 5\%$

Pada Tabel 1 terlihat bahwa bobot biji per tanaman tertinggi diperoleh dari varietas Vima 5, yang berbeda nyata dengan bobot biji per tanaman varietas Vima 1, Vima 3 dan Vimil. Sedangkan varietas Vimil 1 adalah varietas dengan hasil yang paling rendah. Pada sisi lain, pengaruh pemberian kieserit telah terlihat dengan pemberian dosis 50 kg ha⁻¹. Namun demikian, penambahan dosis hingga menjadi 150 kg ha⁻¹ tidak lagi dapat meningkatkan bobot biji per tanaman.

Jumlah Polong per tanaman

Hasil analisis varians pada jumlah polong per tanaman menunjukkan bahwa tidak ada interaksi pengaruh varietas dengan pemberian pupuk kieserit. Begitu juga dengan pengaruh mandiri varietas dan pemberian pupuk kieserit. Jumlah polong per tanaman berdasarkan varietas dan dosis pemberian kieserit disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah polong per tanaman berdasarkan varietas dan dosis pemberian kieserit

Varietas	Dosis Kieserit (kg.ha ⁻¹)				Rata-rata
	0	50	100	150	
'Vima 1'	15,40	16,70	15,60	17,30	16,25
'Vima 3'	14,20	18,10	17,40	17,80	16,88
'Vima 5'	16,60	19,00	17,80	18,30	17,93
'Vimil 1'	15,50	19,10	18,50	18,00	17,78
Rata-rata	15,43	18,23	17,33	17,85	

Jumlah biji per polong

Hasil analisis varians menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi pengaruh varietas dan pupuk kieserit pada jumlah biji per polong. Sedangkan pengaruh mandiri hanya terlihat pada varietas kacang hijau yang digunakan. Jumlah biji per polong berdasarkan varietas dan dosis pemberian kieserit disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah biji per polong berdasarkan varietas dan dosis pemberian kieserit

Varietas	Dosis Kieserit (kg.ha ⁻¹)				Rata-rata
	0	50	100	150	
'Vima 1'	14	11,5	14	13,5	13,25 ab
'Vima 3'	13	12,5	12,5	13	12,75 ab
'Vima 5'	13	14,5	13,5	12,5	13,75 a
'Vimil 1'	12	12,5	12,5	11	12 b
Rata-rata	13	12,75	13,125	12,5	

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata menurut DMNRT pada taraf $\alpha = 5\%$

Pada Tabel 3 terlihat bahwa jumlah biji per polong berbeda antar varietas, sedangkan pemberian kieserit berbeda dosis tidak berpengaruh pada jumlah biji per polong. Jumlah biji per polong tertinggi diberikan olah varietas Vima 5 yang nyata lebih tinggi dari varietas Vimil 1 namun tidak berbeda nyata dengan Vima 1 dan Vima 3.

Bobot 100 biji

Hasil analisis varians menunjukkan bahwa tidak ada interaksi pengaruh varietas dengan pemberian kieserite pada bobot 100 biji. Sedangkan pengaruh mandiri pada bobot 100 biji hanya terlihat pada faktor varietas. Hasil uji lanjut Duncan (DNMRT) terhadap bobot 100 biji disajikan pada Tabel 4.

Pada Tabel 4 terlihat bahwa bobot 100 biji terendah dijumpai pada varietas Vimil 1 sedangkan tiga varietas lainnya memiliki bobot 100 biji yang sama. Pada Tabel 4 terlihat bahwa bobot 100 biji tidak berbeda nyata, baik berdasarkan varietas maupun berdasarkan dosis pemberian kieserit.

Tabel 4. Bobot 100 biji (g) menurut varietas dan dosis pemberian kieserit

Varietas	Dosis Kieserit (kg.ha ⁻¹)				Rata-rata
	0	50	100	150	
'Vima 1'	6,72	6,70	6,30	5,77	6,37 a
'Vima 3'	5,66	6,18	5,39	6,27	5,87 a
'Vima 5'	5,86	5,92	6,02	6,25	6,01 a
'Vimil 1'	4,15	3,38	3,37	3,91	3,70 b
Rata-rata	5,60	5,55	5,27	5,55	

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata menurut DMNRT pada taraf $\alpha = 5\%$

Jumlah bintil akar

Hasil analisis varians menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh varietas dan pemberian kieserite baik secara interaksi ataupun mandiri pada jumlah bintil akar per tanaman. Jumlah bintil akar per tanaman berdasarkan varietas dengan pemberian kieserit pada beberapa dosis disajikan pada Tabel 5. Pada Tabel 5 terlihat bahwa jumlah bintil akar tidak berbeda nyata, baik berdasarkan varietas maupun berdasarkan dosis pemberian kieserit.

Tabel 5. Jumlah bintil akar per tanaman menurut varietas dan dosis pemberian kieserit

Varietas	Dosis Kieserit (kg.ha ⁻¹)				Rata-rata
	0	50	100	150	
'Vima 1'	29	26	26,5	29,5	27,75
'Vima 3'	31,5	30	26,5	27,5	28,88
'Vima 5'	28	29	24	31,5	28,13
'Vimil 1'	29,5	27	28,5	29,5	28,63
Rata-rata	29,50	28,00	26,38	29,50	

Indeks Panen

Hasil analisis varians menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh varietas dan pemberian kieserite baik secara interaksi ataupun mandiri pada indeks panen. Indeks panen berdasarkan varietas dan pemberian kieserit pada beberapa dosis disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Indeks panen berdasarkan varietas dan dosis pemberian kieserit

Varietas (v)	Dosis Kieserit (kg.ha ⁻¹)				Jumlah	Rata-rata
	0	50	100	150		
'Vima 1'	0,45	0,44	0,44	0,45	1,78	0,45
'Vima 3'	0,44	0,45	0,43	0,23	1,55	0,39
'Vima 5'	0,46	0,50	0,47	0,46	1,89	0,47
'Vimil 1'	0,42	0,44	0,46	0,42	1,74	0,44
Jumlah	1,78	1,84	1,80	1,55	6,97	
Rata-rata	0,44	0,46	0,45	0,39		

4. Pembahasan

Tabel 1 memperlihatkan bahwa bobot biji per tanaman tertinggi diberikan oleh varietas Vima 5 dan bobot biji per tanaman terendah dari varietas Vimil 1. Pemberian kieserit berpengaruh dan meningkatkan hasil pertanaman untuk semua varietas, namun peningkatan dosis dari 50 kg.ha⁻¹ sampai 150 kg.ha⁻¹ tidak lagi meningkatkan hasil. Lebih tingginya hasil biji varietas Vima 5 dibandingkan varietas lainnya salah satunya disebabkan oleh berbedanya komposisi genetik antar varietas yang berinteraksi dengan faktor

lingkungan. Di satu pihak, hasil ini sejalan dengan deskripsi masing-masing varietas dimana varietas Vima 5 mempunyai daya hasil dan potensi hasil yang lebih tinggi dari varietas Vima 1, Vima 3 dan Vimil 1. Di lain pihak, pertumbuhan dan hasil tanaman juga akan dipengaruhi oleh karakteristik dan daya adaptasi tanaman itu terhadap lingkungan sehingga varietas Vimil 1 yang menurut deskripsi mempunyai daya hasil lebih tinggi dari pada varietas Vima 1 dan varietas Vima 3 ternyata disini memberikan hasil per tanaman lebih rendah. Rendahnya hasil pertanaman varietas Vimil 1 dibanding varietas lainnya boleh jadi disebabkan adaptasi varietas Vimil 1 ini yang kurang cocok dengan lingkungan tumbuh.

Peningkatan ketersediaan magnesium (Mg) secara signifikan meningkatkan hasil panen kacang hijau melalui berbagai mekanisme fisiologis dan biokimia. Magnesium memainkan peran penting dalam fotosintesis, sintesis klorofil, dan toleransi terhadap stres, yang secara kolektif berkontribusi pada pertumbuhan tanaman dan hasil panen yang lebih baik. Magnesium merupakan komponen utama dalam sintesis klorofil yang penting untuk aktivitas fotosintesis tanaman sehingga meningkatnya konsentrasi magnesium akan dapat berdampak pada peningkatan akumulasi biomassa (Ahmed *et al.*, 2023). Xin-yue *et al.*, (2021) menambahkan bahwa selain meningkatkan efisiensi fotosintesis, meningkatnya magnesium juga meningkatkan efisiensi penggunaan nitrogen. Sejalan dengan itu, Rodrigues *et al.*, (2021) melaporkan bahwa aktivitas fotosintesis yang meningkat akan menghasilkan konsentrasi gula yang lebih tinggi pada daun, yang sangat penting untuk pengisian biji dan hasil panen secara keseluruhan. Berdasarkan hasil meta analisis (Wang *et al.*, 2020), rata-rata hasil peningkatan hasil kacang hijau adalah sebesar 9,4 % pada kondisi defisiensi berat. Pemupukan magnesium juga meningkatkan akumulasi magnesium di daun sebesar 34,3% dan konsentrasi gula pada organ yang dipanen sebesar 5,5%.

Pada sisi lain, penambahan Magnesium dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman lingkungan seperti stres kelembaban, dengan meningkatkan integritas dinding sel dan mendorong sintesis senyawa pelindung (Ahmed *et al.*, 2023). Aplikasi magnesium melalui daun telah terbukti mengurangi efek negatif dari stres kelembaban pada komponen hasil panen seperti panjang polong dan berat biji (Kaur, 2011). Selain cekaman kelembaban, aplikasi magnesium juga dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan.

Meningkatnya konsentrasi magnesium pada tanaman dapat mengatasi persoalan budidaya pada lahan kering sebagaimana telah dijelaskan di bagian pendahuluan. Melalui peningkatan efisiensi fotosintesis tanaman dapat bertahan pada kondisi tercekam. Santos *et al.* (2023) menjelaskan bahwa penambahan magnesium pada tanaman kedelai telah meningkatkan toleransi terhadap kekeringan melalui peningkatan kadar air relatif, pigmen fotosintesis, dan reduksi potensial osmosis. Magnesium membantu sintesis senyawa osmoprotektan yang berfungsi mempertahankan tekanan turgor sel dengan cara menyeimbangkan tekanan osmosis di dalam sel tanaman (Waraich *et al.*, 2011). Selain itu, magnesium memiliki peran dalam produksi antioksidan yang melindungi sel tanaman dari cekaman oksidatif akibat kekeringan. Antioksidan ini juga mereduksi radikal bebas, mengurangi kerusakan sel. Magnesium juga berfungsi dalam aktivasi berbagai enzim yang terlibat dalam proses metabolit penting bagi pertumbuhan dan respons terhadap cekaman (Fatemi *et al.*, 2022)

Berdasarkan hasil penelitian ini, rekomendasi pemupukan magnesium adalah 50 kg ha⁻¹ sebab penambahan dosis hingga 150 kg ha⁻¹ tidak lagi dapat meningkatkan hasil. Meskipun manfaat magnesium bagi tanaman sangat krusial, penting untuk mempertimbangkan bahwa aplikasi magnesium yang berlebihan dapat menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi, yang berpotensi mempengaruhi kualitas pertumbuhan dan hasil tanaman. Oleh karena itu, manajemen magnesium yang seimbang sangat penting untuk mengoptimalkan produksi kacang hijau.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa tidak terdapat perbedaan respons empat varietas kacang hijau terhadap pemberian pupuk kieserit dengan dosis berbeda. Pemberian kieserit dosis 50 kg.ha⁻¹ berpengaruh dan meningkatkan jumlah polong dan hasil pertanaman pada semua varietas. Hasil pertanaman tertinggi diperoleh dari varietas Vima-5 yang didukung oleh bobot 100 biji yang lebih tinggi. Sedangkan hasil pertanaman terendah diperoleh dari varietas Vimil-1 dengan bobot 100 biji yang lebih rendah dari varietas lainnya.

6. Pernyataan Konflik Kepentingan (*Declaration of Conflicting Interests*)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini

(*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

7. Daftar Pustaka

- Ahmed N, et al. 2023. The power of magnesium: unlocking the potential for increased yield, quality, and stress tolerance of horticultural crops. *Frontiers in Plant Science*, doi: 10.3389/fpls.2023.1285512
- Cakmak I & Kirkby EA. 2008. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiologia Plantarum* 133: 692-704.
- Cakmak PI & Cakmak E. 2013. An analysis of causes of disputes in the construction industry using analytical hierarchy process (AHP). AEI 2013 *Architectural Engineering Institute Conference*, 3-5 April, The Pennsylvania State University, University Park, Pennsylvania, USA
- Carminati A & Vetterlein D. 2013. Plasticity of rhizosphere hydraulic properties as a key for efficient utilization of scarce resources. *Ann. Bot.* 112, 277–290. doi: 10.1093/aob/mcs262
- Cowan JA. 2002. Structural and catalytic chemistry of magnesium-dependent enzymes. *Biometals*, 15: 225-235.
- Dinas Pertanian Tanaman Pangan Propinsi Jambi, 2008. Laporan Tahunan Dinas Pertanian Propinsi Jambi
- Fageria NK, Baligar VC, Jones CA. 2011. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. CRC Press
- Fatemi A, Moaveni P, Daneshian J, Mozafari H, Ghaffari M. 2022. Magnesium Nanoparticles Improve Grain Yield, Oil Percentage, Physiological, and Biochemical Traits of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) under Drought Stress. *J. Agr. Sci. Tech.* Vol. 24(3): 665-678
- Grzebisz W. 2013. Magnesium – food and human health. *J Elem.* 16:299–323
- Hasanah Y, Mawarni L, Hanum H, Sitepu FE, Ardi B. 2020. Effect of kieserite on physiological characteristics of soybean varieties under dryland conditions. *Asian J. Plant Sci.*, 19: 21-25.
- Ismon L & Shiddieq D. 2003. Pengaruh Harzburgit dan Kieserit terhadap Penyerapan Hara dan Hasil Jagung pada Typic Kandiudults. *Pros. Kongres Nasional HITI VIII, 21-23 Juli 2003, Padang.* p. 468-479.
- Kaur M. 2011. Effect of foliar application of potassium and magnesium on growth and yield of summer mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) under water stress conditions.
- Muchomba MK, Muindi EM, Mulinge JM. 2023. Overview of Green Gram (*Vigna radiata* L.)

- Crop, Its Economic Importance, Ecological Requirements and Production Constraints in Kenya. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, doi: 10.9734/jaeri/2023/v24i2520
- Prathama M. 2021. Efektivitas Pupuk Kieserite Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Buncis Tegak (*Phaseolus vulgaris* L.). Prosiding Seminar Nasional. Kemajuan Inovasi Dan Hilirisasi Inovasi Mendukung Pertanian Maju Mandiri Dan Modern. Universitas Andalas. Padang 8 April 2021
- Rodrigues VA et al. 2021. Magnesium Foliar Supplementation Increases Grain Yield of Soybean and Maize by Improving Photosynthetic Carbon Metabolism and Antioxidant Metabolism.. doi: 10.3390/PLANTS10040797
- Santos AS, Pinho DS, Silva ACd, Brito RRd, Lacerda JdJ, Silva Emd, et al. 2023. Magnesium supplementation alleviates drought damage during vegetative stage of soybean plants. *PLoS ONE* 18(11): e0289018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289018>.
- Sekretariat Jenderal - Kementerian Pertanian. 2023. Statistik Komsumsi pangan. Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian
- Shaul. 2002. Magnesium transport and function in plants. *Biometals*. Vol 15. 2002. P. 307 - 321
- Steel GD & Torrie TH. 1980. Prinsip dan Prosedur Statistik. Suatu Pendekatan Biometric P.T Gramedia Pustaka Utama Jakarta
- Sudhakaran SMN, Mathew SE, Shakappa D. 2023. Accurate assessment of macronutrients and micro-elements of ten newly developed green gram (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) cultivars grown in Uttar Pradesh, India.. *The journal of the science of food and agriculture*, doi: 10.1002/jsfa.13244
- Verbruggen N, Hermans. 2013. C. Physiological and molecular responses to magnesium nutritional imbalance in plants. *Plant Soil* 368, 87–99 (2013). <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1589-0>
- Wang Z, Hassan MU, Nadeem F, Wu L, Zhang F, Li XS. 2020. Magnesium Fertilization Improves Crop Yield in Most Production Systems: A Meta-Analysis. *Frontiers in Plant Science*, doi: 10.3389/fpls.2019.01727
- Waraich E, Ahmad R, Ullah S, Ashraf M, & Ehsanullah. 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. *Australian Journal of Crop Science*.
- Xin-Yue, Tian, et al. 2021. Physiological and molecular advances in magnesium nutrition of plants. *Plant and Soil*, doi: 10.1007/S11104-021-05139-W.

**Review Article****Breeding Methods for Anthracnose Resistant Chili Pepper
(*Capsicum* spp.) in the Last Decade: A Review****Fitriansyah Putra^{1,2}, Nono Carsono^{2*}, Fitri Widiyanti³, Citra Bakti², Oscar W. Mitalo⁴,
Seung Wong Kang⁴**¹ Masters of Agronomy Study Program, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, Sumedang 45363, Indonesia² Lab of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, Sumedang 45363, Indonesia³ Department of Pests and Plant Diseases, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran Padjadjaran, Sumedang 45363, Indonesia⁴ University of Tsukuba, 2-Amakubo, Tsukuba, Ibaraki 305-0005, Department of Institute of Life and Environmental Sciences, Japan

Received: October 11, 2024 / Received in revised : December 22, 2024/ Accepted: December 23, 2024

ABSTRACT

Chili (*Capsicum* spp.) is one of the most economically valuable commodities cultivated worldwide. The high interest in chili can be attributed to capsaicin, which provides a spicy sensation when consumed. The level of interest in chili cultivation does not necessarily correlate with the yields obtained. The loss in production and yield can be attributed to the disruption of the *Colletotrichum* spp., which causes anthracnose disease. Breeding for anthracnose-resistant chili has been a focus of research for many scientists in various countries. Conventional and molecular breeding methods are employed in the production of anthracnose-resistant chilies. This study will examine a range of articles and investigate the development of anthracnose-resistant chilies. The article was searched in the Scopus database. The articles were filtered based on the publication date range of 2014 to 2024, resulting in 343 articles. Furthermore, the articles were evaluated based on predetermined criteria, resulting in the identification of 22 articles. The breeding of anthracnose-resistant chili plants employs a range of conventional and molecular techniques to identify the most suitable lines. Various techniques, including crossing and different kinds of selection, were employed and validated through the development of molecular markers. Markers and genes have been identified, including RA80f6_r1, RA80f6_g1, RA80f6_g2, and RCT1, which are responsible for anthracnose resistance. This review provides an overview of the various anthracnose-resistant chili breeding methods and it is expected to contribute to the development of durable anthracnose-resistant chili genotypes.

Keywords: Anthracnose; Breeding method; Chili; Conventional breeding; Molecular breeding.**1. Introduction**

Chili is a commodity with high economic value. Chili peppers are favoured by their capacity to produce a piquant flavour derived from the fruit. Among the various chili varieties, the 'Carolina Pepper' stands out for its exceptionally high level of spiciness, with a Scoville Heat Unit rating of 2.2 million (Lynch 2013). Apart from flavour, chili peppers are also consumed because they have

nutrients in the form of vitamins A and C and various antioxidant compounds (Hudáková *et al.* 2023). The numerous advantages and high demand have resulted in chili peppers becoming one of the most economically valuable commodities.

Chili is widely cultivated across the world. To date, more than 400 varieties have been cultivated across the country (Saxena *et al.* 2016). Chili has been widely cultivated because it can be consumed as a vegetable, spice, or processed into chili powder

*Korespondensi Penulis.

E-mail: n.carsono@unpad.ac.id (N Carsono)DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v8i2.796>

(Oyewo *et al.* 2018; Sanabam *et al.* 2018; Rais *et al.* 2021). In the year 2022, the countries that are the major production of chili commodity are India, Bangladesh, Thailand, China, and Pakistan (Ritchie *et al.* 2023).

The consumption of chili fruit commences from the green fruit and red ripe fruit and culminates in the processing of the fruit to create chili powder. The high diversity of chilies results in a lack of consistency in their spiciness. Some varieties of chili are not particularly spicy and can be consumed directly or combined as a flavour enhancer in a dish (Welbaum 2015). The capsaicin content in chilies has been demonstrated to contain antioxidants and anticarcinogenic and immunosuppressive properties. It has been shown that capsaicin compounds that give a burning sensation can be used to relieve pain when administered in the appropriate dose and frequency (Fattori *et al.* 2016). Accordingly, the application of chilies can be optimized by their multifaceted benefits.

Anthracoze are one of the most significant diseases affecting chili cultivation. In subtropical regions, this disease has been observed to have the most significant impact on chili yield, with reported losses reaching 29.5% and a total economic loss of 491 million US dollars in India alone (Garg *et al.* 2014). A reduction in quality also results in significant financial losses. The formation of black spots caused by anthracnose can reduce the selling value of chili fruit. The spread of anthracnose can occur in various parts of the chili plant and almost in all growth phases (Saxena *et al.* 2016). Furthermore, anthracnose is a disease that can be transmitted via air, water, or seeds. As a result, the application of control measures is a challenging undertaking since the pathogen that is responsible for the disease can cause infection under several different conditions.

The causal agent of anthracnose is a fungus of the genus *Colletotrichum* spp. Table 1 illustrates the diversity of *Colletotrichum* spp. that has been observed to cause infection in various countries. Some *Colletotrichum* spp has been documented to cause disease in multiple countries. This suggests that *Colletotrichum* spp. exhibits a high degree of adaptability and can thrive in a range of environmental conditions. Anthracnose is predominantly prevalent in tropical and subtropical regions, mainly due to the conducive moisture conditions that facilitate the proliferation of the disease (Than *et al.*, 2008). Factors contributing to the high level of damage caused by anthracnose are humidity, intensity and frequency of rainfall, which results in wet plant parts and provides an environment conducive to the growth of *Colletotrichum* fungi. Environmental conditions

with a temperature of 27°C and humidity reaching 80% are optimal for the growth and spread of anthracnose (Hema *et al.* 2023). Therefore, in the current climate of favourable environmental conditions in a number of countries, the spread of anthracnose and the consequent loss of yield continue and are likely to persist.

High destructive of anthracnose is a serious impact to the cultivation of chili. The breeding for anthracnose resistance become crucial, as one of the controls is using fungicide and that can be inefficient depending on environmental conditions. Repetead and intensive application of fungicides, especially *sterol demethylation inhibitor* (DMI) fungicides such as tebuconazole, has resulted in the emergence of fungicide resistance in *Colletotrichum* species responsible for anthracnose in chili (Wei *et al.* 2020; Chen *et al.* 2022). The consequences of fungicide resistance might worsen issues in the future. Resistant varieties offer a more sustainable strategy for disease management.

Several factors must be considered when breeding anthracnose-resistant chilies. The process often employs both conventional and molecular methods. The former has been used for some time but has several disadvantages, including lengthy periods and significant environmental impact. The pedigree method in chili breeding takes up to eight growing seasons to produce superior candidate varieties (Kirana *et al.* 2023). Molecular methods are typically employed in the form of molecular markers, quantitative trait locus (QTL) analysis, or the identification of various genes that influence the expression of anthracnose resistance. Mishra *et al.*, (2021) using CRISPR/Cas9 technique to study CaERF28 gene expression and Nanda *et al.*, (2016) using SSR markers to confirm resistance against *C. capsici* and *C. gloeosporioides*. Choosing the right method can help the breeding process of anthracnose-resistant chili peppers run faster and as expected. The selection of an appropriate methodology can facilitate the acceleration of the breeding process for anthracnose-resistant chili peppers, thereby ensuring the attainment of the desired outcomes.

The resistance mechanism represents a crucial factor to be considered in the context of chili breeding activities to develop varieties resistant to anthracnose. Plants have evolved a range of resistance mechanisms to cope with pathogen attacks. Constitutive resistance traits are typically expressed from the outset, in contrast to antimicrobial compounds that are produced in response to pathogen attack (Rojas *et al.* 2014). The process of induced resistance is initiated when the plant detects the presence of pathogens, commonly referred to as pathogen-associated molecular

patterns (PAMPs). This detection also occurs when the plant encounters proteins produced by the pathogen that are directed against its host (Boller and He 2009; Göhre *et al.* 2012). These mechanisms may allow breeders to enhance the resistance of chili peppers to anthracnose.

There are several review regarding breeding of chili pepper for anthracnose resistance traits have been published (Saxena *et al.* 2016; Chowdhury *et al.* 2020). Simultaneously, review articles addressing breeding method are also published although they do not using PRISMA methodology and not mention resistance mechanism. Consequently, it is essential to conduct a review that emphasizes using PRISMA as their methodology to ensure the quality of paper for the review. Besides that, it is important to mention about the resistance mechanism for anthracnose resistance in chili as an adaptation strategy against *Colletotrichum* spp.

2. Method

The methodology applied in this systematic literature review is derived from the Scopus database. Keywords are employed to search the database, using Boolean operators "AND" and "OR" to combine search keywords. In the Scopus database, a search was conducted using the keywords "Capsicum annum OR chili pepper AND Anthracnose OR Colletotrichum AND Resistant OR Disease Resistance AND Plant Breeding OR Breeding Method OR Genetic Improvement OR Selection Process OR Molecular Breeding OR Marker Assisted Selection" in accordance with additional criteria pertaining to the subject areas of agriculture and biological sciences. Only articles were considered within the specified time span of 2014 to 2024 for analysis. A total of 343 articles were retrieved in response to the search query. The entire article was evaluated based on the title and abstract, identifying 98 articles. Based on these results, additional criteria were applied to narrow the selection, including full-text availability, use of English, lack of relationship with anthracnose-resistant chili breeding methods, and absence of artificial anthracnose inoculation testing. Applying these criteria led to the selecting of 22 articles, as illustrated in Figure 1. During the writing process, supplementary searches were conducted to obtain articles to support the discussion.

Table 1. Spread of *Colletotrichum* in various countries

No	Species	Country	Reference
1	<i>C. acutatum</i>	India, Indonesia, Korea, Sri Lanka, Taiwan, Thailand, United States, and Vietnam.	(Damm <i>et al.</i> , 2009, 2012; Harp <i>et al.</i> , 2008; Ranathunge <i>et al.</i> , 2012; Saxena <i>et al.</i> , 2014; Than, <i>et al.</i> , 2008; Weir <i>et al.</i> , 2012)
2	<i>C. capsici</i>	India, Indonesia, Mexico, Papua New Guinea, Taiwan, Thailand, United States, and Vietnam.	(Harp <i>et al.</i> 2008; Than <i>et al.</i> 2008; Damm <i>et al.</i> 2009; Ranathunge <i>et al.</i> 2012; Weir <i>et al.</i> 2012; Saxena <i>et al.</i> 2014)
3	<i>C. gloeosporioides</i>	Indonesia, Korea, Papua New Guinea, Taiwan, Thailand, United States, and Vietnam.	(Harp <i>et al.</i> 2008; Than <i>et al.</i> 2008; Damm <i>et al.</i> 2009; Weir <i>et al.</i> 2012)
4	<i>C. nymphaeae</i>	Indonesia, Korea, and Zimbabwe.	(Damm <i>et al.</i> 2009)
5	<i>C. coccodes</i>	Korea, New Zealand, Thailand, and United States.	(Than <i>et al.</i> 2008; Damm <i>et al.</i> 2009; Damm <i>et al.</i> 2012; Wei <i>et al.</i> 2012; Liu <i>et al.</i> 2013)
6	<i>C. nigrum</i>	New Zealand and Vietnam.	(Liu <i>et al.</i> 2013)

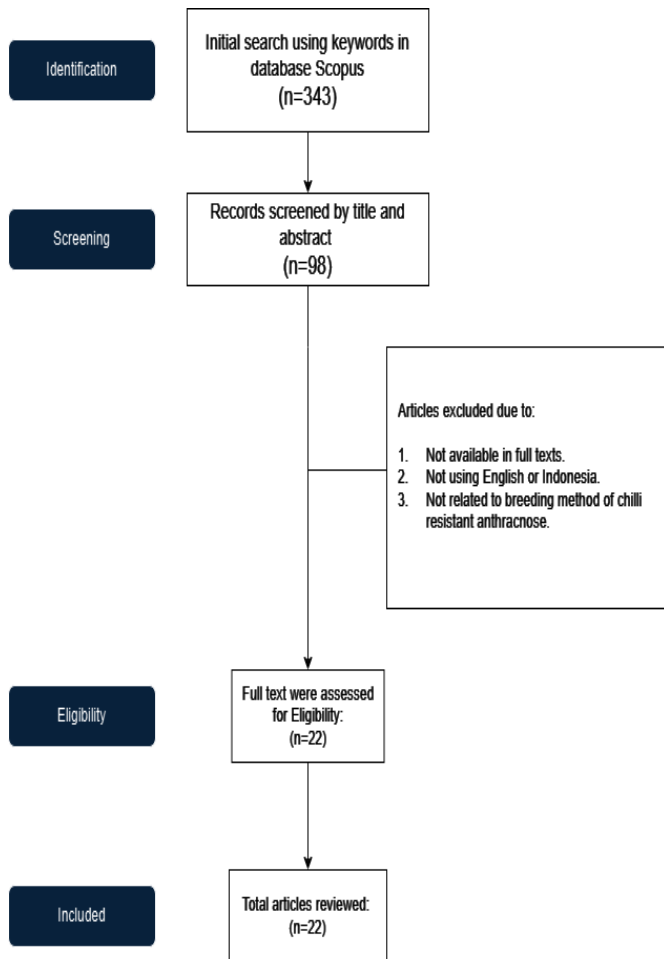


Figure 1. Review design based on Prisma Diagram

3. Result

The selected articles were subjected to a rigorous analysis and subsequently organized into a comprehensive table. A total of 22 articles were analyzed, and it was found that six articles employed conventional breeding methods (Table 1). Eleven articles utilized molecular methods, and four articles employed a combination of both methods (Table 2). The articles employing conventional methods yielded results in the form of multiple candidate elders exhibiting resistance to anthracnose. In contrast, the molecular methods yielded a range of gene analyses pertinent to anthracnose resistance. Of the 22 articles included in the analysis, four employed a combination of conventional and molecular methods. These studies involved the formation of conventional populations and the confirmation of resistance genes through molecular techniques. The majority of research was conducted in Brazil, India, and South Korea, which are notable for their high consumption of chili. Additionally, studies were conducted in China, Malaysia, Thailand, Taiwan, and Indonesia.

In the context of conventional breeding activities, a total of six articles were identified that

described various methods of crossing between elders, selection, and collection based on exploration results. Regarding molecular breeding activities, a total of 11 articles were found that conducted a range of analyses with the objective of identifying QTL or genes responsible for resistance. In addition, four articles were identified that combined conventional and molecular methods, employing population formation techniques whereby the population was utilized in molecular analysis. Molecular analysis gives information on resistance genes at different phases of fruit maturity.

4. Discussion

Conventional Breeding Methods for anthracnose-resistant chili peppers

Conventional breeding methods are commonly used in the breeding of anthracnose resistant chili peppers. Conventional methods often have various difficulties and challenges, such as long time, high environmental influences, and things that are difficult to predict (Chowdhury *et al.*, 2020). Some of the techniques used in conventional methods include pedigree, backcrossing, recurrent selection and artificial hybridization. The goal of conventional methods is to improve the characteristics of a variety. These traits can be in the form of increased yield, nutrition, or resistance to a pathogen.

The techniques used in conventional methods are mostly pedigree selection, backcross selection and mutation induction. Some varieties bred by conventional methods include PBC80, LLS, Breck-1, Breck-2 and Braun, which show different resistance to *Colletotrichum* (Garg *et al.* 2013; Reddy *et al.* 2014). Techniques that have produced anthracnose-resistant chili varieties continue to be developed and carried out to form new varieties with resistance to other *Colletotrichum* species. Mass selection is one of the efficient techniques for breeding resistance because it involves selecting the best-performing plants-based resistance on the traits. Some researchers have reported the performance based on the resistance performance against inoculation of *Colletotrichum* (Souza *et al.* 2019; Chowdhury *et al.* 2023). On the other hand, pedigree selection gives clearer information because of the tracking of ancestry of each plant and selecting based on known parentage. Giacomini *et al.* (2020) reported the inheritance of resistance genes against anthracnose, the crossing are between parents *C. annuum* GBUEL104 (P₁) and GBUEL103 (P₂) and their ancestry was evaluated to see the inheritance of the genes.

Table 2. Breeding methods for anthracnose-resistant chili peppers

Genotype	<i>Colletotrichum</i> Variety	Method	Fruit Development Stage	Result	Reference
- Unemat Pedro - Unemat Malagueta Pantaneira	<i>C. scovillei</i>	Mass selection of Unemat 44 elders	Mature green fruit	The results showed smaller lesion size in the Unemat Pedro variety (1,83 mm ²), Unemat Malagueta Pantaneira (1,74 mm ²) compared to susceptible varieties (114,22 mm ²)	(Amorim <i>et al.</i> 2024)
Crossing between - CP-3 - DP-37 - DP-57 - AP-25 - BP-23 - Putra Chili 1 - Putra Chili 4 - Putra Chili 7 - Putra Chili 9 - Putra Chili 10	- <i>C. fructicola</i> - <i>C. sojiae</i>	Crossing between Genotypes	- Mature green fruit - Ripe fruit	In the green maturity phase all F ₁ strains had resistance to all inoculants except DP-57 x Putra Chili 7. In the Red Ripe phase, 10 elders and 14 F ₁ strains were found to have resistance to <i>C. fructiolo</i> . Resistance to <i>C. sojiae</i> was found in 17 F ₁ strains out of a total of 25 F ₁ strains.	(Chowdhury <i>et al.</i> 2023)
Crossing of GBUEL104 x GBUEL103	<i>C. scovillei</i>	Crossing between genotypes	- Mature green fruit - Ripe fruit	In the F ₁ generation, resistance to <i>C. scovillei</i> was found in the mature green and red phases. In the F ₂ generation, resistance only occurred in the mature green phase.	(Giacomin <i>et al.</i> 2020)
<i>Capsicum chinense</i> var. <i>pimenta-de-cheiro</i>	<i>C. brevisporum</i>	Mass selection	- Mature green fruit - Ripe fruit	Five strains were found to have resistance to anthracnose and 14 strains had moderate resistance to anthracnose.	(Souza <i>et al.</i> 2019)
59 local accession from Gene Bank Universidade Estadual de Londrina (UEL).	<i>C. gloeosporioides</i>	Exploration of genetic resources	- Mature green fruit - Ripe fruit	There are 10 accessions that have high resistance in the green mature phase. In the ripe fruit phase, 25 accessions were found to have high resistance to anthracnose attack.	(V.Y. Baba <i>et al.</i> 2019)

Table 2. Breeding methods for anthracnose-resistant chili peppers (continued)

Genotype	<i>Colletotrichum</i> Variety	Method	Fruit Development Stage	Result	Reference
37 Local Accessions of <i>Capsicum</i> spp in the collection of Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).	<i>C. gloeosporioides</i>	Exploration of genetic resources	- Mature green fruit - Ripe fruit	There were 8 accessions derived from <i>Capsicum baccatum</i> (UENF 1624, UENF 1628, UENF 1714, UENF 1718, UENF 1732, UENF 1733 and UENF 1737) and two accessions derived from <i>Capsicum chinense</i> (UENF 1764 and UENF 1770) that showed resistance in the green mature phase. Accessions (UENF 1554, UENF 1703, UENF 1706 and UENF 1751) derived from <i>C. chinense</i> showed resistance in the ripe fruit mature phase.	(Silva <i>et al.</i> 2014)
Crossing between <i>C. annum</i> AVPP0207 dan <i>C. baccatum</i> PBC80	<i>C. acutatum</i>	Crosses and confirmation using molecular markers	Mature green fruit	Marker SCAR-Indel ₉₀ dan SSR-HpmsE032 ₂₃₁ identifying anthracnose resistance of crosses of both parents.	(Suwor <i>et al.</i> 2017)
Crossing of <i>C. baccatum</i> PBC80 and SB1	<i>C. capsici</i>	Crossing and confirmation with SSR markers	Ripe fruit	The F ₂ population showed smaller lesion sizes than the susceptible. Four primers were polymorphic. The marker are HpmsE 081, HpmsE 097, HpmsE 116, HpmsE 139	(Nanda <i>et al.</i> 2016)
41 Genotypes derived from pedigree selection. Cross between PBC398x80 and PBC758x80	- <i>C. acutatum</i> - <i>C. capsici</i>	Pedigree Selection Results and confirmed with SSR and SCAR markers	- Mature green fruit - Ripe fruit	Three lines (205, 210, 215) derived from PBC80 and one line (101) derived from PBC932 showed resistance to anthracnose. The markers that validate such resistance are SSR markers – HpmsE032	(Suwor <i>et al.</i> 2015)
Crossing between 77013 (<i>C. annum</i>) and PBC932 (<i>C. chinense</i>)	<i>C. acutatum</i>	Interspecific crosses and establishment of backcross populations for QTL analysis	- Mature green fruit - Ripe fruit	Resistance to <i>C. acutatum</i> in the PBC932 population was shown to be caused by a major QTL on chromosome P5 and had dominant expression. Indel and HpmsE116 markers can describe anthracnose resistance.	(Chunying <i>et al.</i> 2015)

Table 2. Breeding methods for anthracnose-resistant chili peppers (continued)

Genotype	<i>Colletotrichum</i> Variety	Method	Fruit Development Stage	Result	Reference
17 Chilli variety from Beijing Vegetable Research Center	<i>C. capsici</i>	Varieties are from Beijing Vegetable Research Center. RNA sequence was conducted to confirm anthracnose resistance.	Ripe fruit	The B158 variety was found to be resistant with the smallest lesion size based on the artificial inoculation test. Based on transcriptional analysis, it was found that ARR-B, AP2-ERE BP, bHLH, WRKY, and NAC are transcription factors that affect the expression of anthracnose resistance genes.	(Wang <i>et al.</i> 2024)
197 Accession (<i>C. chinense</i>) collection from Republic of Korea National Agro Biodiversity Center	- <i>C. acutatum</i> - <i>C. scovillei</i>	Exploration of genetic resources Molecular and confirmation of anthracnose resistance through SNP markers	- Mature green fruit - Ripe fruit	6 accessions were suspected to have anthracnose resistance based on artificial inoculation tests. Based on SNP markers, it was found that the gene encoding protein kinase on chromosome two affects anthracnose resistance.	(Ro <i>et al.</i> , 2023)
Backcross population derived from crossing: <i>C. annuum</i> 'CM334' and <i>C. baccatum</i> PBC1	<i>C. acutatum</i>	Backcross populations that have been developed for linkage map formation and QTL analysis	Ripe fruit	Population obtained SILs (Substitutions Inbred Line) and AB (Advanced Backcross Line) which describes 94.8% of the <i>C. baccatum</i> genome. The identified QTL also helped in identifying resistance to anthracnose.	(Jo <i>et al.</i> 2023)
Two chili genotype Punjab Lal and Arka Lohit	<i>C. truncatum</i>	Expression analysis and genome wide profiling on C ₂ H ₂ ZF in a population of two chili genotypes	Ripe fruit	79 C ₂ H ₂ ZF transcription factors were obtained in the test genotypes. Eight C ₂ H ₂ ZF genes showed increased expression in anthracnose-resistant genotypes.	(Sharma <i>et al.</i> 2021)
3738 accessions of <i>Capsicum</i> . spp originating from 112 countries	<i>C. acutatum</i>	Resistance testing on test accessions by artificial inoculation Confirmation of resistance to anthracnose based on High Resolution Melting analysis	Green ripe fruit	261 accessions showed resistance to anthracnose based on artificial inoculation without wounding. Based on inoculation with wounding, 12 accessions showed 25% higher resistance than inoculation without wounding. HRM analysis showed results in the form of allelic diversity	(Ro <i>et al.</i> , 2021)

Table 2. Breeding methods for anthracnose-resistant chili peppers (continued)

Genotype	<i>Colletotrichum</i> Variety	Method	Fruit Development Stage	Result	Reference
<i>C. annum</i> Arka Lohit	<i>C. truncatum</i>	Crispr-Cas9 are used for over expres the CaERF28 gene.	Ripe fruit	By utilizing the CRIPR/Cas9 method, it was found that the CaERF28 gene does have an effect on anthracnose resistance in Arka Lohit chili.	(Mishra <i>et al.</i> 2021)
97 F ₆ Recombinant Inbred line derived from crossing PBC80 x CA1316	<i>C. scovillei</i>	Linkage map generation and QTL analysis by identifying SNPs	- Mature green fruit - Ripe Fruit	Based on QTL analysis, there are three genes (RA80f6_r1, RA80f6_g1, RA80f6_g2) with 36% known function in anthracnose resistance.	(Kethom and Mongkolporn 2021)
Interspecific Cross and Backcross between <i>C. annum</i> 77013 x <i>C. chinense</i> PBC932	<i>C. scovillei</i>	Population backcross generation, linkage map and QTL analysis	Mature green fruit	A major QTL of 164 kb was obtained and five genes were predicted. The candidate gene CA05g17730 is thought to have the highest influence on anthracnose resistance in the mature green phase.	(Zhao <i>et al.</i> 2020)
15 genotypes which consist of eight variety of <i>C. annum</i> and seven variety of <i>C. frutescens</i> .	<i>C. capsici</i>	Microsatellite molecular marker testing and artificial inoculation	Ripe Fruit	GPMS29 marker can describe a strong relationship to anthracnose resistance	(Nugroho <i>et al.</i> 2019)
Two chilli genotypes Punjab Lal dan Arka Lohit	<i>C. truncatum</i>	F ₁ , F ₂ , and backcross populations and confirmation with marker	Ripe fruit	It was found that resistance to anthracnose was derived from the monogenic-dominant <i>RCt1</i> gene. The <i>RCt1</i> gene can be identified based on two markers (CtR-431 and CtR-594).	(Mishra, <i>et al.</i> , 2019)
49 genotypes of chilly from Indian Institute of Vegetable Research	- <i>C. truncatum</i> - <i>C. gloeosporioides</i>	Resistance testing based on artificial inoculation in the laboratory and in the field.	- Mature green fruit - Ripe fruit	Six genotypes were obtained that showed resistance to anthracnose, namely Punjab Lal, Bhut Jolokia, BS-35, Pant C-1, CA-4, Acchar Lanka.	(Mishra <i>et al.</i> , 2019)
A population derived from a cross of <i>Capsicum annum</i> cv. 'Bangchang' x <i>C. chinense</i> 'PBC932' And cross of <i>C. baccatum</i> 'PBC80' x 'CA1316'.	<i>C. scovillei</i>	Establishment of F ₂ population and identification of resistance through QTL analysis	- Mature green fruit - Ripe fruit	The resistance of F ₁ from PBC80 was caused by three major QTL and represented 80% of the variation in resistance compared to F ₁ from PBC932.	(Mahasuk <i>et al.</i> 2016)

One of the key advantages of using conventional breeding methods are the using of naturally occurring genetic variations within existing chili pepper. Several studies have identified potential sources of anthracnose resistance such as *C. baccatum* (Son *et al.* 2021). Naturally variations allowing breeders to improve resistance without introducing foreign genes, ensuring more natural and locally adapted solutions. Conventional method are also allows for the pyramiding of different resistance genes, which can provide more durable and broad-spectrum resistance (Lee *et al.* 2010). Conventional breeding is well-established, straightforward process and reliable approach for enhancing disease resistance.

Conventional methods have produced a wide range of anthracnose resistant varieties. The results obtained will diminish as the state of genetic diversity changes. A decrease in genetic diversity can occur if the breeding process does not pay attention to diversity, resulting in genetic erosion. (Fu, 2015). Unintended consequences, such as the loss of genetic variation in the population, can also result from repeated selection (Hajjar and Hodgkin 2007). The high possibility of adverse effects has led to a shift away from conventional breeding methods. This has led to various researchers preferring molecular breeding methods in assembling of new superior plants.

Molecular breeding methods for anthracnose-resistant chili peppers

The use of molecular methods has been widely adopted in plant breeding. Molecular methods can help identify variations that cannot be seen or limitations that exist in conventional breeding (Kage *et al.* 2016; Pan *et al.* 2021). Variations in chili resistance to anthracnose are currently quite diverse in several chili cultivars. This is achieved through a screening process based on molecular methods. The use of molecular markers such as simple sequence repeat (SSR), random amplified polymorphic DNA (RAPD), amplified fragment length polymorphism (AFLP), restriction fragment length polymorphism (RFLP) and inter-simple sequence repeat (ISSR) helps to identify gene variations for anthracnose resistance in chili.

Molecular breeding for anthracnose resistant chili continues to develop. Genes responsible for different mechanisms of chili resistance to anthracnose have been found. The identification of these genes is achieved through various methods, such as sequence or gene function analysis. Some of the genes or QTL found are CaR12.2, CcR9, AnRG05, AnRGT5, AnRGD5, AnRRO5, AnRRT5, AnRRD5, Co₄ dan Co₅ (Lee *et al.*, 2010; Mahasuk *et al.*, 2009; Sun

et al., 2015). These genes influence the resistance characteristics of some *Colletotrichum* species.

Resistance caused by genes or QTLs occurs at various phases of fruit maturity. Lee *et al.* (2010) showed the presence of different QTLs at the fruit ripening stage for anthracnose resistance. The difference in resistance may be caused by the expression of traits that cause resistance. One of the resistance mechanisms is the hypersensitive reaction (HR), which is the result of the spread of the pathogen from the site of infection. (Kethom *et al.* 2023). Therefore, the fruit ripening phase is one of the important aspects that indicate chili pepper resistance to anthracnose.

Several genes possessed by *colletotrichum* as the cause of anthracnose have been discovered. Fu *et al.* (2022) discovered various genes responsible for the character of NADPH Oxidase (Nox). These genes affect the formation of parts of the *Colletotrichum* fungus such as mycelial formation, conidia, conidial germination, and apportionment. In addition to genes, molecular markers are used to identify different variations of *Colletotrichum*. The use of SSR markers can help identify the types of *Colletotrichum* that cause anthracnose in chili peppers (Chen *et al.* 2021). Therefore, molecular technology can help the breeding process of anthracnose-resistant chilies that are more specific to the gene.

Molecular breeding has an advantage as it is precisions and speed. Utilizing molecular markers, breeders can identify and select specific genes associated with anthracnose resistance early in the breeding process (Ridzuan *et al.* 2018). Molecular method are allow breeders to enhance the genetic traits without relying to traditional crossbreeding. Molecular method such as using markers can help to map and give a better understanding of the genetic mechanisms of the target traits (Li *et al.* 2021). Besides that, molecular tools such as high-throughput sequencing and the development of marker systems have further enhanced, facilitating the genomic selection and other advanced breeding strategies.

Molecular method not only brings an advantage but also give some limitation in the breeding process. One of the key limitations in molecular for breeding disease resistance is the complexity of the traits, which often controlled by multiple genes (Esse *et al.* 2020). Resources intensive process could be happen in molecular markers for disease resistance genes, the marker may not always be able to transfer across different genetic backgrounds and limiting their border applicability (Bueren *et al.* 2010). Furthermore, the durability of resistance conferred by molecular breeding approaches may be limited as pathogens

can evolve to overcome single or few resistance genes.

Anthraxnose Resistance on chilli

One of the key factor breeding anthracnose resistant chili is the method used for inoculation and evaluate the resistance. Inoculation test can be done not only in fruits, but also other parts of the plant or even the whole plants. Each method has their own advantages or disadvantages. Naturally, the infection of *Colletotrichum* spp. through spore attachment to the cuticle, appressoria formation and direct infection (Mongkolporn and Taylor 2018).

The resistance of chili to anthracnose is tested by artificial inoculation with isolates of *Colletotrichum* spp. Research that was conducted by Hadiyah *et al.* (2024) and Oo *et al.* (2017) using this method to test the level of pathogenicity and resistance in chili peppers to anthracnose. Artificial inoculation can be done by micro injection or spray method. Mahasuk *et al.*, (2013) compared resistance based on the inoculation method and showed that two types of genes affect resistance. Inoculation with the injection method had a higher hypersensitive reaction process compared to the spray method. The damage that occurred in the injection method was higher than in the spray method. This may be due to differences in the germination rate of *Colletotrichum* fungal spores that cause damage to the host. The difference in methods causes damage only at the beginning of inoculation, but still activates the same resistance mechanism.

Fruit ripening is an essential component of anthracnose resistance testing. Tests are generally conducted at the green and red ripening stages. The resistance mechanism produced at each stage has a different mechanism against *Colletotrichum*. The resistance present at each stage of chili ripening may be different and controlled by the expression of different resistance genes (V.Y. Baba *et al.* 2019). Mongkolporn *et al.*, (2010) found differences in resistance responses to anthracnose based on maturity phase in 33 isolates of *Colletotrichum* spp. in 10 chili cultivars. *Colletotrichum gloeosporioides* can infected almost all stages of fruit maturity (Katoch *et al.* 2017), in contrast to *Colletotrichum truncatum* makes damage in the mature phase of red fruit (Saxena *et al.* 2014). Therefore, differences in the time of infection can cause different resistance to anthracnose in chili peppers.

The green ripe phase of chili has higher resistance than the red ripe phase. The interaction that occurs between the fruit cuticle and *Colletotrichum* affects the infection of anthracnose on the host. In the green ripe phase, anthracnose infection is lower than in the red ripe phase because

the cuticle is more vulnerable to pathogen penetration (Giacomin *et al.* 2020). Baba *et al.* (2019) showed longer signs and damage in the green ripe stage than in the red ripe stage. Environmental factors can also affect the growth of pathogens in either the green or red ripening stages (Bento *et al.* 2017). Such as high humidity can easily exacerbate the damage and cause anthracnose fruit loss. It is known that the resistance shown at a certain stage of ripening is due to a combination of resistance mechanisms and environmental conditions that suppress anthracnose growth.

The defense mechanism for anthracnose itself in chili are complex and different resistance against other *Colletotrichum* spp. Three genotypes with trait resistance such as PBC932 (*C. chinense*), PBC80 and PBC81 (*C. baccatum*) are reportedly having hypersensitive reaction (HR) (Kim *et al.* 2004; Mahasuk *et al.* 2009). The resistance varieties having active mechanisms like cuticle thickening and Program cell death as a form hypersensitive reaction. Beside that, infected cell could be thickening their cell wall with high levels of reactive oxygen species (Ranathunge *et al.* 2012). Molecular mechanisms was also reported by evaluate of the expression related genes. Mishra *et al.* (2017) reported several genes related to resistance in Bhut Jolokia (*C. truncatum* resistance) such as PDF1.2, lipoxygenase Lox3, PR2, PR5, and transcription factors (WRKY33 and CaMYB). Another genotypes with different molecular expression mechanism can be found in cv. Nokkwang (*Capsicum annum*) with *Colletotrichum siamense*. Six defense-related were identified such as Cytochrome P450 (PepCYP), Thionin-like gene (PepThi), Defensin gene (J1-1) (Oh *et al.* 1999), Thaumatin-like gene (PepTLP), MADS-box gene (PepMADS) (Oh *et al.* 2003) and Esterase gene (PepEST) (Moon *et al.* 2005).

Secondary metabolite also support the resistance mechanism against anthracnose on chili. Genotypes GBUEL104 (*C. annum*) with infection of *C. siamense* having leads high level of caffeic acid and Chlorogenic acid depended on the fruit development stage and the time of post-inoculation (Baba *et al.* 2019). Son *et al.* (2021) reported has been identified NLR (nucleotide-binding and leucine-rich repeat) Proteins that suggest these proteins may regulate secondary metabolites that enhancing immunity of chili against anthracnose.

5. Conclusion

This review examines the conventional and molecular methods employed in the breeding of chili plants with enhanced resistance to anthracnose. This review focuses on the results obtained from the various methods that have been

carried out. A variety of conventional methods, including crossing and selection techniques, are commonly employed in the formation of populations. Mass and pedigree selection are typically regarded as efficient methods for selection activities. In molecular methods, population formation by backcross is frequently employed due to its efficacy in introducing a particular character without influencing other traits. The combination of methods employed in the article review is limited to population formation and is corroborated by the identification of genes that confer resistance to anthracnose. There is an opportunity to conduct further research using mutation methods to increase diversity, particularly in relation to the character of resistance to anthracnose. A review of several articles revealed that most research focused on general resistance, as indicated by the Disease Index Rating, which was subsequently confirmed by the presence of genes through molecular analysis. Further research opportunities exist, particularly with regard to the mechanism of resistance, which may manifest as secondary metabolites or pathways. The diversity of anthracnose-causing agents, including *Colletotrichum*, underscores the continued urgency of anthracnose-resistant chili breeding. The review findings indicate that chili breeding with the combinations of conventional and molecular breeding methods are promising for research activity and can be pursued through various methods to produce candidate genotypes with enhanced resistance to anthracnose.

6. Acknowledgments

The authors would like to The Republic of Indonesia under PMDSU Research Grant financial year 2024. This research was also the part of SATREPS project “The project for Breeding Innovation for Chilli Pepper and Tomato to Accelerate Sustainable Vegetable Production in Tropical Regions”.

7. Declaration of Conflicting Interests

The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article.

8. References

Amorim AFS, Cassaro S, Araújo LM, dos Anjos IV, Chimello AM, de Araújo M do SB, Gilio TAS, Araújo KL, Neves LG. 2024. UNEMAT Pedro and UNEMAT Malagueta Pantaneira: New pepper cultivars with increased resistance to anthracnose. *Crop Breed Appl Biotechnol.*

- 24(1):1–5. doi:10.1590/1984-70332024v24n1c02.
- Baba V.Y., Constantino LV, Ivamoto ST, Moreira AFP, Madeira TB, Nixdorf SL, Rodrigues R, Gonçalves LSA. 2019. *Capsicum-Colletotrichum* interaction: Identification of resistance sources and quantification of secondary metabolites in unripe and ripe fruits in response to anthracnose infection. *Sci Hortic (Amsterdam)*. 246:469–477. doi:10.1016/j.scienta.2018.11.011.
- Baba Viviane Yumi, Constantino LV, Ivamoto ST, Moreira AFP, Madeira TB, Nixdorf SL, Rodrigues R, Gonçalves LSA. 2019. *Capsicum-Colletotrichum* interaction: Identification of resistance sources and quantification of secondary metabolites in unripe and ripe fruits in response to anthracnose infection. *Sci Hortic (Amsterdam)*. 246(November 2018):469–477. doi:10.1016/j.scienta.2018.11.011.
- Bento CS, de Souza AG, Sudré CP, Pimenta S, Rodrigues R. 2017. Multiple genetic resistances in *Capsicum* spp. *Genet Mol Res.* 16(3). doi:10.4238/gmr16039789.
- Boller T, He SY. 2009. Innate immunity in plants: An arms race between pattern recognition receptors in plants and effectors in microbial pathogens. *Science (80-)*. 324(5928):742–744. doi:10.1126/science.1171647. *Innate*.
- Bueren L van ET, Backes G, de Vriend H, Østergård H. 2010. The role of molecular markers and marker assisted selection in breeding for organic agriculture. *Euphytica*. 175(1):51–64. doi:10.1007/s10681-010-0169-0.
- Chen W, Wei L, Hou R, Zhao Yangyang, Zhao Yancun, Liu F. 2022. Sterol demethylation inhibitor fungicide resistance in *Colletotrichum siamense* from chili is caused by mutations in CYP51A and CYP51B. *Phytopathol Res.* 4(1). doi:10.1186/s42483-022-00146-w. <https://doi.org/10.1186/s42483-022-00146-w>.
- Chen Y, Zeng Q, Man Y, Liu S, Ouyang C, Li C, Wu X, Zhang D, Liu Y, Tan X. 2021. Simple sequence repeat markers reflect the biological phenotype differentiation and genetic diversity of *Colletotrichum gloeosporioides* strains from *Capsicum annuum* L. in China. *J Phytopathol.* 3(April):1–9. doi:10.1111/jph.13041.
- Chowdhury Mfn, Rafii MY, Ismail SI, Ramlee SI, Hosen M, Karim KMR, Iqbal MF, Halidu J, Sahmat SS. 2023. Growth and yield performances, pathogenicity, heat tolerance, antioxidant activity, and pungency level of anthracnose resistant and heat tolerant inbred lines and their F1 hybrids of chili (*Capsicum annuum* L.). *Sci Hortic (Amsterdam)*. 309(June

- 2022):111606.
doi:10.1016/j.scienta.2022.111606
- Chowdhury Mfn, Yusop Mr, Ismail Si, Ramlee Si, Oladosu Y, Hosen M, Miah G. 2020. Development of anthracnose disease resistance and heat tolerance chili through conventional breeding and molecular approaches: A review. *Biocell*. 44(3):269–278. doi:10.32604/biocell.2020.09627.
- Chunying S, Sheng M, Zheng Z, Alain P, Li W. 2015. Resistances to anthracnose (*Colletotrichum acutatum*) of Capsicum mature green and ripe fruit are controlled by a major dominant cluster of QTLs on chromosome P5. *Sci Hortic (Amsterdam)*. 181:81–88. doi:10.1016/j.scienta.2014.10.033. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2014.10.033>.
- Damm U, Cannon P, Gardens RB, Crous PW. 2009. *Colletotrichum* species with curved conidia from herbaceous hosts Fungal Diversity *Colletotrichum* species with curved conidia from herbaceous hosts *Vermicularia* is directly relevant to this paper . *Vermicularia* was originally described by Tode rum , Fries. *Fungal Divers.(December)*.
- Damm U, Cannon PF, Woudenberg JHC, Crous PW. 2012. The *Colletotrichum acutatum* species complex. *Stud Mycol*. 73:37–113. doi:10.3114/sim0010. <http://dx.doi.org/10.3114/sim0010>.
- Esse HP Van, Reuber TL, van der Does D. 2020. Genetic modification to improve disease resistance in crops. *New Phytol*. 225(1):70–86. doi:10.1111/nph.15967.
- Fattori V, Hohmann MSN, Rossaneis AC, Pinho-Ribeiro FA, Verri WA. 2016. Capsaicin: Current understanding of its mechanisms and therapy of pain and other pre-clinical and clinical uses. *Molecules*. 21(7):1–33. doi:10.3390/molecules21070844.
- Fu T, Lee NH, Shin JH, Kim KS. 2022. NADPH Oxidases Are Required for Appressorium-Mediated Penetration in *Colletotrichum scovillei*-Pepper Fruit Pathosystem. *Plant Pathol J*. 38(4):345–354. doi:10.5423/PPJ.OA.05.2022.0066.
- Fu YB. 2015. Understanding crop genetic diversity under modern plant breeding. *Theor Appl Genet*. 128(11):2131–2142. doi:10.1007/s00122-015-2585-y.
- Garg R, Kumar Sanjay, Kumar R, Loganathan M, Saha S, Kumar Sanjeet, Rai AB, Roy BK. 2013. Novel source of resistance and differential reactions on chilli fruit infected by *Colletotrichum capsici*. *Australas Plant Pathol*. 42(2):227–233. doi:10.1007/s13313-012-0194-7.
- Garg R, Loganathan M, Saha S, Roy BK. 2014. Chilli Anthracnose: A Review of Causal Organism, Resistance Source and Mapping of Gene. *Microb Divers Biotechnol Food Secur.*:590–610. doi:10.1007/978-81-322-1801-2.
- Giacomin RM, Ruas C de F, Moreira AFP, Guidone GHM, Baba VY, Rodrigues R, Gonçalves LSA. 2020. Inheritance of anthracnose resistance (*Colletotrichum scovillei*) in ripe and unripe *Capsicum annuum* fruits. *J Phytopathol*. 168(3):184–192. doi:10.1111/jph.12880.
- Göhre V, Jones AME, Sklená J, Robatzek S, Weber APM. 2012. Molecular Crosstalk Between PAMP-Triggered Immunity and Photosynthesis. *Am Phytopathol Soc*. 25(8):1083–1092.
- Hajjar R, Hodgkin T. 2007. The use of wild relatives in crop improvement: A survey of developments over the last 20 years. *Euphytica*. 156(1–2):1–13. doi:10.1007/s10681-007-9363-0.
- Harp TL, Pernezny K, Ivey MLL, Miller SA, Kuhn PJ, Datnoff L. 2008. The etiology of recent pepper anthracnose outbreaks in Florida. *Crop Prot* 27(10):1380–1384. doi:10.1016/j.cropro.2008.05.006.
- Hema PPL, Simon S, Lal AA. 2023. Comparative Effect of Bioagents and Microalgae against Anthracnose (*Colletotrichum capsici*) Disease of Chilli (*Capsicum annuum* L.). *Int J Environ Clim Chang*. 13(8):521–525. doi:10.9734/IJECC/2023/v13i81978.
- Hodiyah I, Suryaman M, Hartini E, Juhaeni AH, Laksana BY, Aisyah, Benatar G V. 2024. Diversity of morphology, pathogenicity, and host range of *Colletotrichum* spp. associated with chili anthracnose in East Priangan, Indonesia. *Biodiversitas*. 25(2):533–541. doi:10.13057/biodiv/d250212.
- Hudáková T, Šuleková M, Tauchen J, Šemeláková M, Várady M, Popelka P. 2023. Bioactive compounds and antioxidant activities of selected types of chilli peppers. *Czech J Food Sci*. 41(3):204–211. doi:10.17221/45/2023-CJFS.
- Jo J, Kim GW, Back S, Jang S, Kim Y, Han K, Choi H, Lee S, Kwon J-K, Lee Y-J, et al. 2023. Exploring horticultural traits and disease resistance in *Capsicum baccatum* through segmental introgression lines. *Theor Appl Genet*. 136(11). doi:10.1007/s00122-023-04422-x.
- Kage U, Kumar A, Dhokane D, Karre S, Kushalappa AC. 2016. Functional molecular markers for crop improvement. *Crit Rev Biotechnol*. 36(5):917–930. doi:10.3109/07388551.2015.1062743.

- Katoch A, Sharma P, Sharma PN. 2017. Identification of *Colletotrichum* spp. associated with fruit rot of *Capsicum annuum* in North Western Himalayan region of India using fungal DNA barcode markers. *J Plant Biochem Biotechnol.* 26(2):216–223. doi:10.1007/s13562-016-0384-4.
- Kethom W, Mongkolporn O. 2021. New QTLs for anthracnose resistance identified in *Capsicum baccatum* 'PBC80' -derived recombinant inbred lines. *Euphytica.* 217(6):1–12. doi:10.1007/s10681-021-02866-0. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02866-0>.
- Kethom W, Taylor PWJ, Mongkolporn O. 2023. Expression of Genes Involved in Anthracnose Resistance in Chili (*Capsicum baccatum*) 'PBC80'-Derived Recombinant Inbred Lines. *Pathogens.* 12(11). doi:10.3390/pathogens12111306.
- Kim KH, Yoon JB, Park HG, Eun WP, Young HK. 2004. Structural modifications and programmed cell death of chili pepper fruit related to resistance responses to *Colletotrichum gloeosporioides* infection. *Phytopathology.* 94(12):1295–1304. doi:10.1094/PHYTO.2004.94.12.1295.
- Kirana R, Handayani T, Harmanto, Anwarudin MJ. 2023. Selection of chili pepper hybrid variety candidate (*Capsicum annuum* L.) based upon flower characteristics. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. p. 1–7.
- Lee J, Hong J-H, Do JW, Yoon JB. 2010. Identification of QTLs for resistance to anthracnose to two *Colletotrichum* species in pepper. *J Crop Sci Biotechnol.* 13(4):227–233. doi:10.1007/s12892-010-0081-0.
- Li G, Yang Q, Li D, Zhang T, Yang L, Qin J, Tang B, Guo X, Cao Y, You S, et al. 2021. Genome-wide SNP discovery and QTL mapping for economic traits in a recombinant inbred line of *Oryza sativa*. *Food Energy Secur.* 10(2):313–328. doi:10.1002/fes3.274.
- Liu F, Cai L, Crous PW, Damm U. 2013. Circumscription of the anthracnose pathogens *colletotrichum lindemuthianum* and *c. nigrum*. *Mycologia.* 105(4):844–860. doi:10.3852/12-315.
- Lynch K. 2013. Smokin Ed's Carolina Reaper sets new record for hottest chilli. *Guinness World Rec.:1.* <https://www.guinnessworldrecords.com/news/2013/11/confirmed-smokin-eds-carolina-reaper-sets-new-record-for-hottest-chilli-53033>.
- Mahasuk P, Chinthaisong J, Mongkolporn O. 2013. Differential resistances to anthracnose in *Capsicum baccatum* as responding to two *Colletotrichum* pathotypes and inoculation methods. *Breed Sci.* 63(3):333–338. doi:10.1270/jsbbs.63.333.
- Mahasuk P, Struss D, Mongkolporn O. 2016. QTLs for resistance to anthracnose identified in two *Capsicum* sources. *Mol Breed.* 36(1):1–10. doi:10.1007/s11032-016-0435-5.
- Mahasuk P, Taylor PWJ, Mongkolporn O. 2009. Identification of two new genes conferring resistance to *colletotrichum acutatum* in *capsicum baccatum*. *Phytopathology.* 99(9):1100–1104. doi:10.1094/PHYTO-99-9-1100.
- Mishra R, Mohanty JN, Mahanty B, Joshi RK. 2021. A single transcript CRISPR/Cas9 mediated mutagenesis of CaERF28 confers anthracnose resistance in chilli pepper (*Capsicum annuum* L.). *Planta.* 254(1). doi:10.1007/s00425-021-03660-x.
- Mishra R, Nanda S, Rout E, Chand SK, Mohanty JN, Joshi RK. 2017. Differential expression of defense-related genes in chilli pepper infected with anthracnose pathogen *Colletotrichum truncatum*. *Physiol Mol Plant Pathol.* 97:1–10. doi:10.1016/j.pmpp.2016.11.001. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pmpp.2016.11.001>.
- Mishra R., Rout E, Joshi RK. 2019. Identification of Resistant Sources Against Anthracnose Disease Caused by *Colletotrichum truncatum* and *Colletotrichum gloeosporioides* in *Capsicum annuum* L. *Proc Natl Acad Sci India Sect B - Biol Sci.* 89(2):517–524. doi:10.1007/s40011-018-0965-1.
- Mishra Rukmini, Rout E, Mohanty JN, Joshi RK. 2019. Sequence-tagged site-based diagnostic markers linked to a novel anthracnose resistance gene Rct1 in chili pepper (*Capsicum annuum* L.). *3 Biotech.* 9(1):1–13. doi:10.1007/s13205-018-1552-0. <http://dx.doi.org/10.1007/s13205-018-1552-0>.
- Mongkolporn O, Montri P, Supakaew T, Taylor PWJ. 2010. Differential reactions on mature green and ripe chili fruit infected by three *Colletotrichum* spp. *Plant Dis.* 94(3):306–310. doi:10.1094/PDIS-94-3-0306.
- Mongkolporn O, Taylor PWJ. 2018. Chili anthracnose: *Colletotrichum* taxonomy and pathogenicity. *Plant Pathol.* 67(6):1255–1263. doi:10.1111/ppa.12850.
- Moon KK, Woong BJ, Kwang SK, Hyun HL, Hyo HS, Young SK, Oh BJ. 2005. A *Colletotrichum gloeosporioides*-induced esterase gene of nonclimacteric pepper (*Capsicum annuum*) fruit during ripening plays a role in resistance

- against fungal infection. *Plant Mol Biol.* 58(4):529–541. doi:10.1007/s11103-005-7088-9.
- Nanda C, Mohan Rao A, Ramesh S, Hittalmani S, Prathibha VH. 2016. Tagging SSR markers associated with genomic regions controlling anthracnose resistance in chilli (*Capsicum baccatum* L.). *Vegetos.* 29(3):130–134. doi:10.5958/2229-4473.2016.00079.3.
- Nugroho K, Terryana RT, Ifa M, Priyatno TP, Lestari P. 2019. The Use of Molecular Markers to Analyze the Genetic Diversity of Indonesian Pepper (*Capsicum* spp.) Varieties Based on Anthracnose Resistance. *Makara J Sci.* 23(3):137–147. doi:10.7454/mss.v23i3.11261.
- Oh BJ, Ko MK, Kim KS, Kim YS, Lee HH, Jeon WB, Im KH. 2003. Isolation of defense-related genes differentially expressed in the resistance interaction between pepper fruits and the anthracnose fungus *Colletotrichum gloeosporioides*. *Mol Cells.* 15(3):349–355. doi:10.1016/s1016-8478(23)13748-4. [https://doi.org/10.1016/S1016-8478\(23\)13748-4](https://doi.org/10.1016/S1016-8478(23)13748-4).
- Oh BJ, Ko MK, Kostenyuk I, Shin B, Kim KS. 1999. Coexpression of a defensin gene and a thionin-like gene via different signal transduction pathways in pepper and *Colletotrichum gloeosporioides* interactions. *Plant Mol Biol.* 41(3):313–319. doi:10.1023/A:1006336203621.
- Oo MM, Lim GT, Jang HA, Oh SK. 2017. Characterization and pathogenicity of new record of anthracnose on various chili varieties caused by *Colletotrichum scovillei* in Korea. *Mycobiology.* 45(3):184–191. doi:10.5941/MYCO.2017.45.3.184.
- Oyewo I, Odusanya FA, Aluko AK, Owolajo AO, Adulojo AR. 2018. Determinants of Chilli Pepper Production in Ido Local Government Area of Oyo State, Nigeria. *Asian J Agric Extension, Econ Sociol.* 28(3):1–9. doi:10.9734/ajaees/2018/44025.
- Pan G, Li Z, Huang S, Tao J, Shi Y, Chen A, Li J, Tang H, Chang L, Deng Y, et al. 2021. Genome-wide development of insertion-deletion (InDel) markers for Cannabis and its uses in genetic structure analysis of Chinese germplasm and sex-linked marker identification (*BMC Genomics*, (2021), 22, 1, (595), 10.1186/s12864-021-07883-w). *BMC Genomics.* 22(1):1–19. doi:10.1186/s12864-021-07960-0.
- Rais MUN, Mangan T, Sahito JGM, Qureshi NA. 2021. A Trend Analysis: Forecasting Growth Performance of Production and Export of Chilli in Pakistan. *Sarhad J Agric.* 37(1):220–225. doi:10.17582/JOURNAL.SJA/2021/37.1.220.225.
- Ranathunge NP, Mongkolporn O, Ford R, Taylor PWJ. 2012. *Colletotrichum truncatum* Pathosystem on *Capsicum* spp: Infection, colonization and defence mechanisms. *Australas Plant Pathol.* 41(5):463–473. doi:10.1007/s13313-012-0156-0.
- Reddy MK, ivastava A, Kumar S, Kumar R, Chawda N, Ebert AW, Vishwakarma M. 2014. Chilli (*Capsicum annum* L.) breeding in India: An overview. *Sabrao J Breed Genet.* 46(2):160–173.
- Ridzuan R, Rafii MY, Ismail SI, Yusoff MM, Miah G, Usman M. 2018. Breeding for anthracnose disease resistance in chili: Progress and prospects. *Int J Mol Sci.* 19(10):1–21. doi:10.3390/ijms19103122.
- Ritchie H, Rosado P, Roser M. 2023. Agricultural Production. *OurWorldInData.org*:1. <https://ourworldindata.org/agricultural-production>.
- Ro N, Haile M, Hur O, Ko H-C, Yi J-Y, Woo H-J, Choi Y-M, Rhee J, Lee Y-J, Kim D-A, et al. 2023. Genome-wide association study of resistance to anthracnose in pepper (*Capsicum chinense*) germplasm. *BMC Plant Biol.* 23(1). doi:10.1186/s12870-023-04388-4.
- Ro NY, Sebastin R, Hur OS, Cho GT, Geum B, Lee YJ, Kang BC. 2021. Evaluation of anthracnose resistance in pepper (*Capsicum* spp.) genetic resources. *Horticulturae.* 7(11):1–16. doi:10.3390/horticulturae7110460.
- Rojas CM, Senthil-kumar M, Tzin V, Mysore KS. 2014. Regulation of primary plant metabolism during plant-pathogen interactions and its contribution to plant defense. *Front Plant Sci.* 5(February):1–12. doi:10.3389/fpls.2014.00017.
- Sanabam R, Chanu NT, Sharma SK, Roy SS, Ansari MA, Prakash N. 2018. Genetic diversity of Chilli veinal mottle virus infecting different chilli landraces in North East India indicates the possibility of transboundary movement of virus. *3 Biotech.* 8(8):1–7. doi:10.1007/s13205-018-1382-0. <http://dx.doi.org/10.1007/s13205-018-1382-0>.
- Saxena A, Raghuwanshi R, Gupta VK, Singh HB. 2016. Chilli anthracnose: The epidemiology and management. *Front Microbiol.* 7(SEP):1–18. doi:10.3389/fmicb.2016.01527.
- Saxena A, Raghuwanshi R, Singh HB. 2014. Molecular, phenotypic and pathogenic variability in *Colletotrichum* isolates of subtropical region in north-eastern India,

- causing fruit rot of chillies. *J Appl Microbiol*. 117(5):1422–1434. doi:10.1111/jam.12607.
- Sharma R, Mahanty B, Mishra R, Joshi RK. 2021. Genome wide identification and expression analysis of pepper C₂H₂ zinc finger transcription factors in response to anthracnose pathogen *Colletotrichum truncatum*. *3 Biotech*. 11(3). doi:10.1007/s13205-020-02601-x.
- Silva SAM, Rodrigues R, Gonçalves LSA, Sudré CP, Bento CS, Carmo MGF, Medeiros AM. 2014. Resistance in capsicum spp. to anthracnose affected by different stages of fruit development during pre- and postharvest. *Trop Plant Pathol*. 39(4):335–341. doi:10.1590/S1982-56762014000400009.
- Son S, Kim S, Lee KS, Oh J, Choi I, Do JW, Yoon JB, Han J, Choi D, Park SR. 2021. Identification of the capsicum baccatum nlr protein cbar9 conferring disease resistance to anthracnose. *Int J Mol Sci*. 22(22). doi:10.3390/ijms222212612.
- Souza LCS, Assis LAG, de Moraes Catarino A, Hanada RE. 2019. Screening of chilli pepper genotypes against anthracnose (*Colletotrichum brevisporum*). *Emirates J Food Agric*. 31(12):919–929. doi:10.9755/ejfa.2019.v31.i12.2039.
- Sun C, Mao SL, Zhang ZH, Palloix A, Wang LH, Zhang BX. 2015. Resistances to anthracnose (*Colletotrichum acutatum*) of *Capsicum* mature green and ripe fruit are controlled by a major dominant cluster of QTLs on chromosome P5. *Sci Hortic (Amsterdam)*. 181:81–88. doi:10.1016/j.scienta.2014.10.033.
- Suwor P, Sanitchon J, Thummabenjapone P, Kumar S, Techawongstien S. 2017. Inheritance analysis of anthracnose resistance and marker-assisted selection in introgression populations of chili (*Capsicum annuum* L.). *Sci Hortic (Amsterdam)*. 220:20–26. doi:10.1016/j.scienta.2017.03.032.
- Suwor P, Thummabenjapone P, Sanitchon J, Kumar S, Techawongstien S. 2015. Phenotypic and genotypic responses of chili (*Capsicum annuum* L.) progressive lines with different resistant genes against anthracnose pathogen (*Colletotrichum* spp.). *Eur J Plant Pathol*. 143(4):725–736. doi:10.1007/s10658-015-0723-7.
- Than P. P., Jeewon R, Hyde KD, Pongsupasamit S, Mongkolporn O, Taylor PWJ. 2008. Characterization and pathogenicity of *Colletotrichum* species associated with anthracnose on chilli (*Capsicum* spp.) in Thailand. *Plant Pathol*. 57(3):562–572. doi:10.1111/j.1365-3059.2007.01782.x.
- Than Po Po, Prihastuti H, Phoulivong S, Taylor PWJ, Hyde KD. 2008. Chilli anthracnose disease caused by *Colletotrichum* species. *J Zhejiang Univ Sci B*. 9(10):764–778. doi:10.1631/jzus.B0860007.
- Wang Y, Chen B, Cheng C, Fu B, Qi M, Du H, Geng S, Zhang X. 2024. Comparative Transcriptomics Analysis Reveals the Differences in Transcription between Resistant and Susceptible Pepper (*Capsicum annuum* L.) Varieties in Response to Anthracnose. *Plants*. 13(4). doi:10.3390/plants13040527.
- Wei LL, Chen WC, Zhao WC, Wang J, Wang BR, Li FJ, Wei M Di, Guo J, Chen CJ, Zheng JQ, et al. 2020. Mutations and overexpression of CYP51 associated with DMI-resistance in *colletotrichum gloeosporioides* from Chili. *Plant Dis*. 104(3):668–676. doi:10.1094/PDIS-08-19-1628-RE.
- Weir BS, Johnston PR, Damm U. 2012. The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. *Stud Mycol*. 73:115–180. doi:10.3114/sim0011.
- Welbaum GE. 2015. Vegetable history, nomenclature, and classification. *Veg Prod Pract*:1–15. doi:10.1079/9781780645346.0001.
- Zhao Y, Liu Y, Zhang Z, Cao Y, Yu H, Ma W, Zhang B, Wang R, Gao J, Wang L. 2020. Fine mapping of the major anthracnose resistance QTL AnR GO 5 in *Capsicum chinense* “PBC932.” *BMC Plant Biol*. 20(1):1–8. doi:10.1186/s12870-019-2115-1.

**Research Article****Keragaman Genetik, Morfologi dan Produksi Tanaman Sagu
Dataran Tinggi Latimojong Kabupaten Luwu*****Genetic Diversity, Morphology and Production of Latimojong
Highland Sago Plants, Luwu Regency*****Masluki^{1*}, Mutmainnah¹**¹*Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Cokroaminoto Palopo*

Received: December 14, 2023 /Received in revised: November 5, 2024/ Accepted: December 27, 2024

ABSTRACT

Luwu Regency is one of the centers of sago distribution in South Sulawesi Province, both in the lowlands and highlands. The existence of genotypes and phenotypes in different locations can provide information related to the level of sago plant diversity. Information on the diversity of sago accessions from the community is generally only based on morphological and production characters so that it is unstable due to environmental influences. This research aims to obtain data and information on genetic diversity based on RAPD molecular markers, morphological characteristics and production potential of various sago accessions in the highlands. The research method was carried out through the stages of observing morphological and production characters by direct observation in the field. Genetic diversity analysis was carried out using the RAPD molecular marker test using 9 selected primers. The samples used were young sago leaves. Sago samples for the purposes of observing morphology and production in felled ripe sago stands were carried out using destructive sampling by cutting down sample sago trees. The selected sago has entered the mature felling phase in each accession which has the same morphological characteristics based on visual characteristics and information from key respondents. The average polymorphic band was 7.33 while the average monomorphic band was 3.22. The highest percentage of polymorphism was 88.88% while the lowest was 41.67%. There are accessions that have the highest dissimilarity coefficient of 70%, while the lowest similarity coefficient value is 18%. Latimojong highland sago has a low production average of 118.24 kg tree⁻¹.

Keywords: Highland sago; PcoA; Polymorphism; Similarity RAPD.**ABSTRAK**

Kabupaten Luwu merupakan salah satu sentra penyebaran sagu di Provinsi Sulawesi Selatan, baik di dataran rendah hingga dataran tinggi. Keberadaan genotipe dan fenotipe pada lokasi yang berbeda dapat memberikan informasi terkait tingkat keragaman tanaman sagu. Informasi keragaman aksesi sagu dari masyarakat, umumnya hanya berdasarkan karakter morfologi dan produksi sehingga bersifat tidak stabil karena adanya pengaruh lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data dan informasi keragaman genetik berdasarkan penanda molekuler RAPD, karakteristik morfologi dan potensi produksi sagu berbagai aksesi di dataran tinggi. Metode penelitian dilaksanakan melalui tahapan pengamatan karakter morfologi dan produksi dengan pengamatan langsung di lapangan. Analisis keragaman genetik dilakukan dengan uji marka molekuler RAPD dengan menggunakan 9 primer yang telah diseleksi. Sampel yang digunakan berupa daun muda sagu contoh. Sampel sagu untuk keperluan pengamatan morfologi dan produksi pada tegakan sagu masak tebang dilakukan secara destructive sampling dengan menebang pohon sagu contoh. Sagu yang dipilih telah memasuki fase masak tebang pada masing-masing aksesi yang memiliki karakter morfologi sama berdasarkan ciri-ciri

*Korespondensi Penulis.

E-mail: masluki@uncp.ac.id (Masluki)DOI: <https://doi.org/10.33019/agrosainstek.v8i2.588>

visual dan informasi dari responden kunci. Rata-rata pita polimorfik sebesar 7,33 sedangkan rata-rata pita monomorfik sebesar 3,22. Persentase polimorfisme tertinggi sebesar 88,88 % sedangkan terendah sebesar 41,67 %. Terdapat aksesori yang memiliki koefisien ketidakkemiripan tertinggi sebesar 70 %, sedangkan nilai koefisien kemiripan terendah yaitu 18 %. Sagu dataran tinggi Latimojong memiliki produksi yang rendah rata-rata 118,24 kg pohon⁻¹.

Kata kunci: PCoA; Polimorfisme; Sagu dataran tinggi; Similarity RAPD.

1. Pendahuluan

Sagu menjadi pangan lokal masyarakat di Kabupaten Luwu sebelum berkembangnya pangan pokok beras. Produk olahan sagu dalam bentuk makan khas daerah dataran rendah dan tinggi. Sagu merupakan komoditas strategis dalam mengatasi status kerawanan pangan suatu negara (Aisak *et al.* 2018), meningkatkan kesejahteraan petani dan pendapatan asli daerah (Murod *et al.* 2019) dan pemenuhan kebutuhan pangan di Indonesia seiring dengan pertumbuhan penduduk (Trisia *et al.* 2016). Permintaan sagu akan terus meningkat baik untuk pangan maupun bahan baku industri (Metaragakusuma *et al.* 2017). non pangan domestik dan internasional (Ahmad 2014). Tanaman sagu mampu menghasilkan 200-400 kg.pohon⁻¹ pati kering, hingga 800 kg pohon⁻¹ (Toyoda 2018). Daerah yang masih menggunakan ekstraksi sagu secara manual hanya mampu menghasilkan sebesar 2,5-7,7 ton.ha⁻¹.tahun⁻¹ (Asthutiirundu *et al.* 2019). Produksi sagu sangat beragam disetiap wilayah, di Sorong Selatan produksi pati dapat mencapai >200 kg pati kering batang⁻¹ (Nurulhaq *et al.* 2022). Produksi pati kering dapat mencapai 177,70 kg batang⁻¹ di Kalimantan Selatan (Rahman *et al.* 2021), sagu Bestari 254,94 kg pohon⁻¹ di Meranti (Novarianto *et al.* 2020). Pada jenis sagu berduri rata-rata bobot segar sebesar 822 kg batang⁻¹, sedangkan 2.093 kg batang⁻¹ pada jenis sagu tidak berduri di Halmahera, Papua dan Kendari (Pasolon 2015). Perbedaan produksi sagu sangat dipengaruhi oleh habitat dan genetiknya.

Keragaman karakter tanaman sagu dan pola penyebarannya memberikan gambaran terhadap pola adaptasi sagu terhadap cekaman lingkungan. Karakter agronomi dan morfologi tidak memiliki korelasi kuat dengan produksi pati (Pratama *et al.* 2018), produksi sagu berbeda berdasarkan aksesinya (Yamamoto 2018). Penciri genetik bibit sagu yang berasal dari biji dengan variasi yang tinggi merupakan hasil penyerbukan silang (Riyanto 2018). Jarak genetik sagu dari analisis dengan penanda RAPD di bagian timur Kepulauan Melayu terbagi menjadi empat kelompok utama (Ehara 2018). Konstruksi filogenetik 15 aksesori sagu terbagi menjadi dua kelompok dengan kekerabatan yang paling dekat yaitu *Metroxylon sagu* dengan *Metroxylon warburgii* (Wulandari 2021).

Keragaman genetik sagu di Indonesia tergolong tinggi berdasarkan penanda molekuler RAPD dengan nilai polimorfisme dan analisis keragaman genetik (Abbas 2018). Keberadaan genotipe spesifik pada kedua populasi, Serui di pulau Papua dan Palopo di pulau Sulawesi dapat dijadikan sebagai sumber keragaman plasma nutfah (Christian 2019). Semakin tinggi keragaman haplotipe maka semakin tinggi tingkat keragaman genetik (Wulandari *et al.* 2021).

Produksi pati tanaman sagu yang tumbuh di habitat tergenang sementara dan tidak tergenang tidak menunjukkan perbedaan (Yater *et al.* 2019). Sagu yang tumbuh pada habitat aslinya dapat berkembang secara lestari jika tidak dilakukan alih fungsi lahan dan eksploitasi secara besar-besaran (Karim 2021). Sagu dapat tumbuh optimal pada ketinggian < 400 mdpl, pada ketinggian 1000 mdpl, produksi pati sangat minim akibat intensitas cahaya matahari yang rendah sehingga proses fotosintesis tidak optimal (Abbas 2017). Tanaman sagu memiliki pertumbuhan yang lebih baik di lahan basah daripada di lahan kering, tetapi jika nutrisi tersedia, maka tanaman sagu dapat tumbuh dengan baik (Muhidin 2016). Sebelum melakukan budidaya sagu, analisis kesesuaian lahan untuk kondisi lahan marginal diperlukan, kecuali pada tanah mineral (Wasli *et al.* 2021).

Eksplorasi keanekaragaman sagu masih belum memadai dibandingkan dengan komoditi perkebunan dan sumber pangan lainnya pangan yang dianggap strategis. Potensi pati sagu yang melimpah pada kondisi lingkungan yang alami sangat potensial untuk dijadikan sebagai sumber pangan, energi dan stabilitas ekologi. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data dan informasi keragaman genetik berdasarkan penanda molekuler RAPD, karakteristik morfologi dan potensi produksi produksi sagu berbagai aksesori di dataran tinggi. Karakteristik genetik, morfologi dan produksi sagu pada sebaran yang lebih luas masih membutuhkan penelitian dan pengkajian secara mendalam khususnya sagu pada dataran tinggi Latimojong.

2. Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan dari Bulan April - September Tahun 2023. Pengambilan sampel dan Pengamatan karakter morfologi dan produksi akan

dilakukan di Desa Pajang, Desa Buntu Sarek dan Desa Ulu Salu Kecamatan Latimojong Kabupaten Luwu. Analisis Molekuler dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi dan Molekuler Tanaman Departemen Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian, IPB University. Bahan yang digunakan antara lain : daun sagu muda, larutan *buffer CTAB*, batang sagu, pati sagu, primer RAPD.

Pengambilan Sampel Daun Muda (Keragaman Genetik)

Bahan analisis DNA menggunakan pucuk daun termuda dari anakan sagu. Anak daun diambil kemudian dimasukkan ke dalam plastik klip dan disimpan di dalam *cool box* yang telah diisi dengan es gel untuk menjaga kesegaran daun saat di lapangan. Anak daun diambil sebanyak 2 cm² dan dimasukkan ke dalam *micro tube* yang sudah terdapat larutan *buffer CTAB* sebanyak 700 µl (mikroliter).

Ekstraksi DNA dan Amplifikasi PCR

Tahap ekstraksi DNA dan amplifikasi PCR menggunakan primer RAPD yang digunakan pada percobaan yaitu 9 jenis primer yang telah diseleksi sebagai berikut : P01, P02, P04, P06, P17, OPG02, OPAA17, OPAB04 dan OPAB18 (Ehara et.al.,2003). Data hasil scoring ditabulasi dengan menggunakan *software Microsoft Excel 2019*.

Analisis Data

Analisis data molekuler menggunakan persentase pita polimorfik dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Hasanah 2022):

$$\% \text{ Pita Polimorfik} = \frac{\sum \text{Pita Polimorfik}}{\sum \text{total Pita}} \times 100\%$$

Pengambilan Sampel Morfologi dan Produksi

Pengamatan dan pengambilan sampel dilakukan dengan membuat plot pada lahan sagu seluas 100 m² (10 m x 10 m) pada setiap lokasi sampel. Data morfologi tanaman sagu pada fase masak tebang diperoleh dengan metode *destructive sampling* dengan cara menebang pohon sagu. Sagu yang dipilih telah memasuki fase masak tebang pada masing-masing aksesori yang memiliki karakter morfologi sama berdasarkan ciri-ciri visual dan informasi dari responden kunci. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara pengamatan langsung meliputi karakter morfologi; batang, akar, racis, petiol dan daun (Masluki et al. 2024). Karakter produksi dikuantifikasi dengan mengambil sampel batang sagu menggunakan ring sampel pada setiap potongan 50 cm. Sampel batang

sagu kemudian di ekstraksi untuk memisahkan pati sagu dari empulurnya. Pati contoh yang telah dikeringkan akan digunakan untuk mengetahui produksi perbatang sagu dengan mengalikan total volume batang sagu dengan menggunakan rumus tabung.

Pati sagu yang telah diekstraksi kemudian ditimbang dan dikeringkan untuk mengetahui persentase kadar air:

$$\% \text{ kadar air} = (W-W1) \times 100/W$$

Keterangan :

W : bobot contoh asal (gram),

W1 : bobot contoh setelah dikeringkan (gram)

100 : faktor konversi ke %.

Jumlah rumpun yang diamati sebanyak enam rumpun dilokasi yang berbeda dengan masing-masing rumpun diulang sebanyak tiga kali sehingga total sampel sebanyak 18. Jarak antara plot pengamatan tidak kurang dari 200 m. Jenis data morfologi dan produksi terdiri atas 16 karakter pada setiap aksesori yang diamati.

Analisis Data Morfologi dan Produksi

Perhitungan luas anak daun dilakukan pengukuran panjang dan lebar anak daun (*leaflet*) pada daun yang telah dewasa pada tanaman induk. Anak daun yang diamati yaitu anak daun yang pertumbuhannya telah mencapai maksimum atau dewasa dan terdapat pada pertengahan daun (pelepah). Kuantifikasi luas anak daun menggunakan rumus Nakamura *et al.* (2005):

$$S(e) = 0,785 L_{\text{leaflet}} \times W_{\text{leaflet}}$$

Keterangan :

S(e) : luas anak daun

L_{leaflet} : panjang anak daun

W_{leaflet} : lebar anak daun

Pengukuran luas daun dilakukan pada tanaman sagu yang telah membentuk batang. Perhitungan luas daun menggunakan rumus Nakamura *et al.* (2009):

$$S_{\text{leaf}} = ab\pi/8 + ac/2$$

Keterangan :

S_{leaf} = Luas daun

a = Panjang *rachis*

b = Panjang anak daun sisi kiri (LCL) + kanan (LCR) di pertengahan *rachis* (a/2)

c = Panjang anak daun sisi kiri (LBL)+kanan (LBR) di ¼ dari pangkal *rachis* (a/4)

Pendugaan potensi produksi pati kering per batang berdasarkan perbandingan volume: contoh empulur diambil pada batang bagian bawah, tengah dan atas dengan menggunakan *ring* sampel yang telah diketahui volumenya dengan rumus (Fathnoer *et al.* 2021):

$$\text{Produksi pati batang}^{-1} = \frac{\text{volume batang}}{\text{volume contoh}} \times \text{bobot kering contoh} \times \text{fk}$$

Volume batang = $\pi r^2 \times \text{tinggi}$,
dimana $\pi = 3,14$ dan $r = \text{jari-jari}$, $\text{fk} = \text{faktor koreksi}$ (0,90)

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{bobot pati kering contoh}}{\text{bobot empulur}} \times 100\%$$

Potensi Produksi = jumlah produksi x jumlah pohon masak tebang x luas areal sagu (ha)

Data dianalisis untuk menghasilkan dendogram berdasarkan jarak kofenetik (Sayekti *et al.* 2021).

Analisis Koordinat Utama (*PCoA*) menggunakan *PBSTAT-EL 2.1.1* (Sitaresmi *et al.* 2019).

3. Hasil

Berdasarkan hasil elektroforesis DNA dengan menggunakan sembilan primer menghasilkan amplifikasi DNA yang ditandai dengan munculnya pita polimorfik dan monomorfik. Jumlah fragmen DNA hasil amplifikasi tertinggi terdapat pada primer P06 dengan total 13 pola pita sedangkan total pita terendah terdapat pada primer OPAA17 sebesar 8 pola pita. Total pola pita yang dihasilkan dari sembilan primer RAPD sebesar 95 dengan rata-rata 10,56 pola pita. Ukuran pita DNA yang teramplifikasi berkisar antara 120-2518 bp. Rata-rata pita polimorfik sebesar 7,33 sedangkan rata-rata pita monomorfik sebesar 3,22. Persentase polimorfisme tertinggi terdapat pada primer P17 dengan nilai 88,88 % sedangkan terendah terdapat pada primer P02 sebesar 41,67 %. Rata-rata polimorfisme dari sembilan primer yaitu 67 % (Tabel 1).

Tabel 1. Persentase Pola Pita Polimorfisme Pada 9 Primer RAPD

No	Jenis Primer	Sequens Primer	Ukuran Pita DNA (bp)	Σ Total Pola Pita	Σ Polimorfis	Σ Monomorfis	Polimorfisme (%)
1	OPAB04	5'GGCACGCGTT'3	168-1875	10	8	2	80
2	P01	5'-GCGGCTGGAG-3'	158-2518	10	8	2	80
3	P02	5'GTGACGCCGC-3'	146-2147	12	5	7	41,67
4	OPG02	5'GGCACTGAGG-3'	215-1437	11	8	3	72,72
5	P06	5'-TTCCGCGGGC-3'	218-2068	13	11	2	84,61
6	OPAB18	5'CTGGCGTGTC-3	246-1568	12	9	3	75
7	P04	5'-CGTCTGCCCG-3'	120-1789	10	5	5	50
8	OPAA17	5'-GAGCCCGACT'3	246-1657	8	4	4	50
9	P17	5'-ATGACGACGG-3'	220-1552	9	8	1	88,88
Total				95	66	29	335
Rata-rata				10,56	7,33	3,22	67

Tabel 2. Matriks Koefisien Kemiripan Berdasarkan Karakter Morfologi

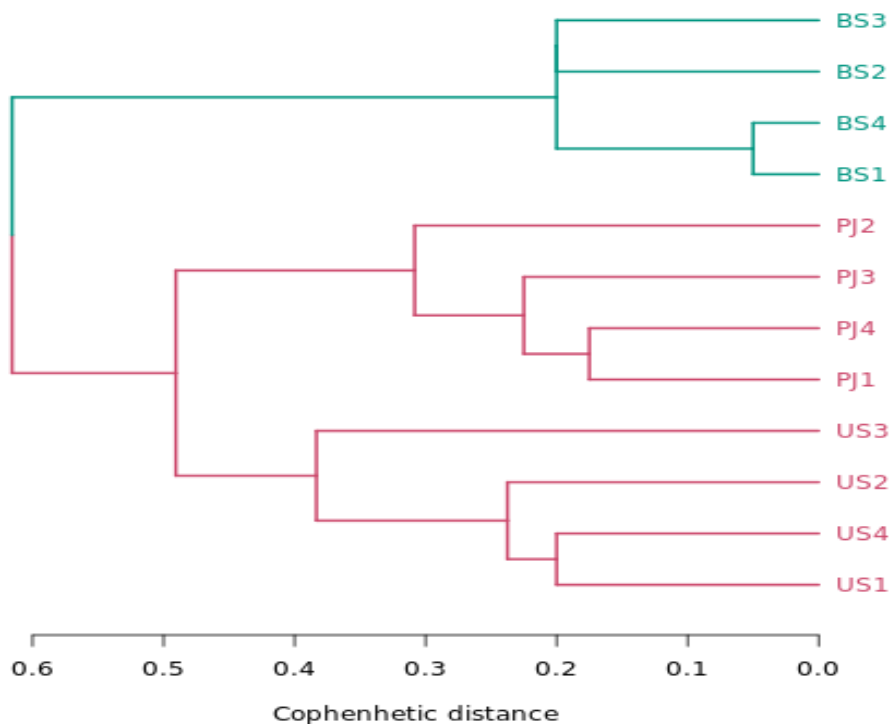
Aksesi	US1	US2	US3	US4	PJ1	PJ2	PJ3	PJ4	BS1	BS2	BS3
US2	0,25										
US3	0,30	0,43									
US4	0,20	0,23	0,43								
PJ1	0,50	0,50	0,53	0,43							
PJ2	0,48	0,48	0,43	0,40	0,30						
PJ3	0,58	0,58	0,53	0,53	0,18	0,33					
PJ4	0,45	0,55	0,50	0,43	0,18	0,30	0,28				
BS1	0,58	0,55	0,60	0,60	0,70	0,58	0,68	0,70			
BS2	0,60	0,60	0,63	0,68	0,65	0,58	0,55	0,60	0,23		
BS3	0,58	0,63	0,60	0,70	0,68	0,58	0,65	0,58	0,23	0,20	
BS4	0,58	0,58	0,58	0,63	0,68	0,58	0,63	0,65	0,05	0,18	0,18

Hubungan kekerabatan berdasarkan 16 karakter morfologi menunjukkan koefisien yang beragam. Dendrogram jarak kopenetik dapat dianalisis untuk menentukan koefisien jarak ketidakmiripan ataupun kemiripannya. Hasil analisa pada matriks pengelompokan sebanyak 3 aksesori yang diamati terdapat hubungan koefisien ketidakmiripan 18 % - 70 %. Aksesori terbagi dalam tiga kelompok utama, kelompok I yaitu Buntu Sarek (BS), kelompok II yaitu Pajang (PJ) dan Kelompok III Ulu Salu (US). Terdapat aksesori yang memiliki koefisien ketidakkemiripan tertinggi yaitu aksesori BS1 dengan PJ1, BS1 dengan PJ4 dan BS3 dengan US4 memiliki nilai 70%, sedangkan nilai koefisien kemiripan terendah ditemukan antara aksesori PJ3 dengan PJ1 dan P4 dengan PJ1 serta BS4 dengan BS2 dan BS3 sebesar 18 % (Tabel 2, gambar 1 dan 2).

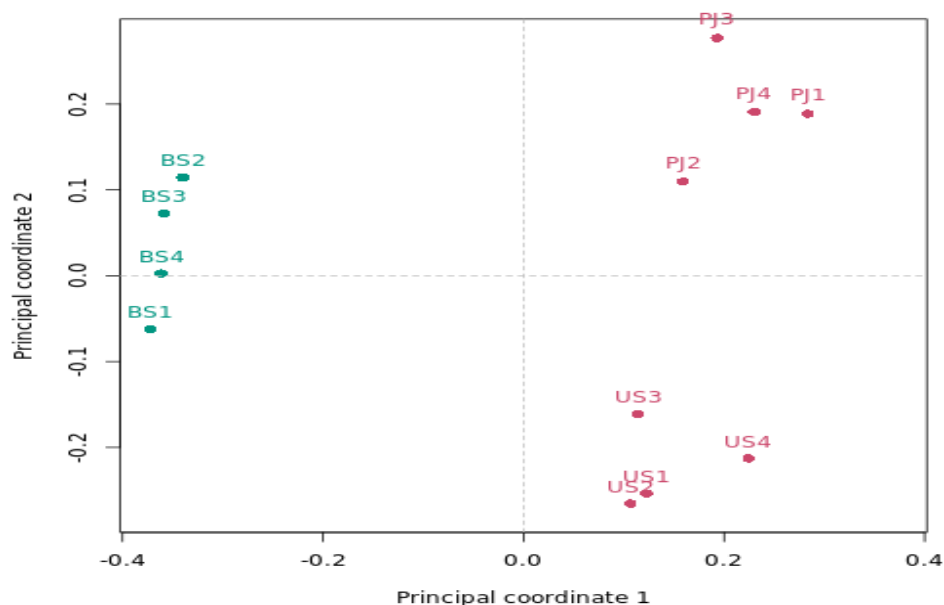
Hasil PcoA pada kuadran I terdiri dari aksesori yang sama yaitu US1, US2, US3 dan US4 memiliki jarak morfologi dengan aksesori lainnya tinggi, Pada kuadran II terdapat aksesori PJ1, PJ2, PJ3 dan PJ4 yang memiliki jarak keragaman yang saling berdekatan. Pada Kuadran III terdapat aksesori BS2, BS3, dan BS4.

Pada kuadran IV hanya terdapat 1 jenis aksesori yaitu BS1. Terdapat hubungan kekerabatan antara aksesori yang sama pada lokasi sampel di desa tersebut. Berdasarkan informasi dari responden kunci bahwa anakan sagu menyebar ditanam dari indukan yang berada dalam desa tersebut sehingga Principal Coordinate Analisis (PCoA) terbagi dalam 4 plot. Berdasarkan grafik biplot antara kuadran I, II, III dan IV menunjukkan adanya letak kemiripan diantara aksesori pada lokasi desa yang sama (Gambar 2).

Pada umumnya aksesori sagu di dataran tinggi Latimojong memiliki produksi yang rendah dengan nilai rata-rata 118,24 kg pohon⁻¹. Tingginya rendahnya produksi dipengaruhi oleh jenis aksesori dan lingkungan tumbuhnya. Aksesori US01 memiliki produksi tertinggi dengan rata-rata 141,90 kg pati kering pohon⁻¹. Sedangkan produksi terendah terdapat pada aksesori US03 dengan sebesar 83,17 kg pohon⁻¹ (Tabel 3). Adanya variasi produksi sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air dan tingkat naungannya. Jenis aksesori yang diteliti menyebar pada aliran Sungai maupun lokasi lereng yang dekat dari mata air pegunungan.



Gambar 1. Dendrogram Ketidakmiripan antar aksesori berdasarkan karakter morfologi



Gambar 2. Skor Plot berdasarkan Kuadran Principal Coordinate Analisis (PCoA)

Tabel 3. Karakteristik Produksi Sagu pada Dataran Tinggi Latimojong

Aksesi	Produksi pati (kg ⁻¹ pohon ⁻¹)	Jumlah masak tebang (pohon ⁻¹ ha ⁻¹)	Potensi produksi (ton ha ⁻¹ tahun ⁻¹)	Panjang Batang (m)	Diameter Batang (cm)	Rendemen (%)
BS01	115,08	8,00	920,64	6,15	52,25	24,22
BS02	98,70	6,00	592,20	4,78	51,00	18,45
BS03	125,90	12,00	1510,80	5,67	40,23	17,46
BS04	137,84	7,00	964,88	8,18	50,55	16,30
PJ01	147,07	14,00	2058,98	9,61	46,85	21,02
PJ02	121,60	9,00	1094,40	8,20	46,83	18,40
PJ03	115,30	13,00	1498,90	6,13	42,46	17,05
PJ04	126,80	5,00	634,00	8,20	47,60	16,41
US01	141,90	17,00	2412,30	5,17	39,67	15,77
US02	93,12	8,00	744,96	7,51	41,18	15,12
US03	83,17	12,00	998,04	6,83	52,89	14,48
US04	112,38	10,00	1123,80	8,20	46,83	13,84
Rataan	118,24	10,08	1212,83	7,05	46,53	17,38
STDV	19,57	3,58	562,41	1,49	4,70	2,91
KK	16,55	35,50	46,37	21,07	10,10	16,74

Keterangan : BS = Buntu Sarek, PJ = Pajang, US = Ulu Salu, STDV = Standar Deviasi, KK = Koefisien keragaman

4. Pembahasan

Keragaman Genetik Sagu Dataran Tinggi

Polimorfisme pada primer P17 menunjukkan tingginya keragaman kegenetik yang terdeteksi sebesar 88,88 % (Tabel 1). Keragaman genetik yang luas dapat digunakan dalam program pemuliaan tanaman karena persilangan interspesifik bertujuan untuk mentransfer alel yang menguntungkan dari berbagai aksesi (Paiva *et al.*

2014). Karakterisasi genetik merupakan kunci untuk pengembangan program pemuliaan tanaman (Kumari *et al.* 2017). Koleksi sumber daya genetik sagu perlu dilakukan sebelum mengalami degradasi (Abbas *et al.* 2014). Perbanyak anakan sagu dapat dilakukan melalui aplikasi teknik *ex vitro* dengan menggunakan eksplan anakan sagu (Karyanti 2016). Penanda molekuler didasarkan pada variasi situs primer annealing pada *polymerase chain reaction* (PCR) untuk mendeteksi polimorfisme genetik berbasis RAPD. Polimerisme

terendah yang terdapat pada primer P02 sebesar 41,67 % menggambarkan rendahnya tingkat keragaman genetik. Ada tidaknya urutan nukleotida primer homolog dengan urutan nukleotida templat DNA menentukan keberhasilan primer dalam mengamplifikasi cetakan DNA. Selain itu, dipengaruhi oleh kuantitas dan kualitas DNA, konsentrasi $MgCl_2$, enzim Taq polimerase DNA, dan suhu lintasan primer (Mubarak, 2020). Diperlukan suhu optimal dalam proses penempelan primer ke DNA yang terpapar pada lintasannya karena suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan amplifikasi tidak terjadi, suhu yang terlalu rendah menyebabkan primer untuk menempel pada sisi lain genom yaitu bukan sisi homolog, akibatnya, banyak daerah nonspesifik genom dapat teramplifikasi (Hasanah, 2022).

Rata-rata polimorfisme dari sembilan primer yaitu 67% memberikan informasi keragaman genetik yang penting dalam program pemuliaan tanaman. Koleksi sumber daya genetik sagu perlu dilakukan sebelum mengalami degradasi (Abbas *et al.* 2014). Perbanyakkan anakan sagu dapat dilakukan melalui aplikasi teknik *ex vitro* dengan menggunakan eksplan anakan sagu (Karyanti 2016). Jarak genetik sagu dari analisis dengan penanda RAPD di bagian timur Kepulauan Melayu terbagi menjadi empat kelompok utama (Ehara 2018). Konstruksi filogenetik 15 aksesi sagu terbagi menjadi dua kelompok dengan kekerabatan yang paling dekat yaitu *Metroxylon sagu* dengan *Metroxylon warburgii* (Wulandari 2021).

Karakteristik Morfologi dan Produksi Sagu Dataran Tinggi

Matriks kemiripan menunjukkan adanya variasi morfologi dan produksi antara aksesi berdasarkan karakter morfologi dan produksi tergolong tinggi yaitu 18% - 70% (Tabel 2). Hubungan kekerabatan yang dekat menandakan rendahnya keragaman karakter yang dihasilkan, pengelompokan dengan jarak 55% memiliki hubungan kekerabatan terluas (Ardani *et al.*, 2024). Adanya keragaman morfologi dan produksi antara aksesi pada suatu kawasan menunjukkan tingginya tingkat keragaman. Aksesi pada lokasi desa yang sama terdapat hubungan kemiripan yang beragam. Menurut Ahmad (2016) dari tujuh aksesi sagu di Kampung Naena Muktipura Distrik Iwaka memiliki karakter morfologi dan produksi yang berbeda-beda. Aksesi unggul tersebut adalah Fanomik, Fafion, Fakreit, Fasongka, Fasinan, Falia, dan Fasampe. Fanomik merupakan aksesi sagu yang memiliki potensi hasil tertinggi (Dewi 2016). Hasil Analisa dendrogram ketidakmiripan antara aksesi menunjukkan adanya 3 kelompok yang masing-masing aksesi terbagi dalam kelompok yang berasal dari desa lokasi

pengamatan sampel (Gambar 2). Skor Plot berdasarkan Kuadran Principal Coordinate Analisis (PCoA) menunjukkan adanya 4 kuadran yaitu kuadran I terdiri dari aksesi yang berasal dari desa Ulu Salu (US), kuadran II berasal dari aksesi desa Pajang dan kuadran III aksesi dari desa Buntu Sarek (BS) sedangkan pada kuadran IV hanya terdapat aksesi BS1 (Gambar 2). Karakterisasi morfologi pada berbagai wilayah menggunakan metode yang berbeda sehingga pengelompokan sagu berdasarkan karakter morfologi cenderung beragam. Terdapat variasi karakter morfologi pada kelima varietas sagu di Pulau Saparua dalam bentuk, ukuran, dan warna, penampakan masing-masing organ baik pada batang, daun, bunga, buah maupun biji (Sahetapy 2015).

Produksi sagu pada dataran tinggi Latimojong tergolong rendah dengan rata-rata 118,24 kg pohon⁻¹ (Tabel 3), jika dibandingkan dengan dataran rendah daerah aliran sungai (DAS) Makawa dengan rata-rata produksi tertinggi mencaapai 369,99 kg pati kering pohon⁻¹ (Masluki *et al.* 2023). Tingginya rendahnya produksi dipengaruhi oleh jenis aksesi dan lingkungan tumbuhnya. Aksesi US01 yang memiliki produksi tertinggi 141,90 kg pati kering pohon⁻¹ merupakan jenis aksesi yang unggul. Produksi terendah pada aksesi US03 yaitu 83,17 kg pohon⁻¹ memiliki tingkat kerapatan populasi dalam rumpun yang tinggi sehingga terjadi kompetisi intraspesifik. Kerapatan populasi menyebabkan tingginya kompetisi dalam memperebutkan unsur hara, cahaya matahari dan air. Volume batang memiliki peranan yang besar terhadap tingginya produksi sebagai tempat menimbun pati yang disebut sebagai *sink*. Pertambahan volume batang tahun⁻¹ dipengaruhi oleh faktor lingkungan berupa ketersediaan hara, air dan cahaya matahari. Pada kondisi lingkungan yang tidak terdampak cekaman lingkungan, asimilasi hasil fotosintesis akan ditimbun dalam batang. Aktivitas fotosintesis lebih rendah pada suhu udara mulai dari 25-29 °C dibandingkan dengan pada 29-33 °C (Azhar 2018). Lokasi pengamatan sampel pada daerah dataran tinggi memiliki faktor pembatas lingkungan yang berbeda dengan lokasi pengembangan sagu pada dataran rendah. Ketinggian tempat di Desa Ulu Salu mencapai 1300 mdpl dengan suhu rata-rata harian hanya 24-28°C. Fotosintesis rendah disebabkan menurunnya konduktansi stomata, laju transpirasi daun, laju rubisco maksimum dalam penyerapan CO₂, dan penyinaran optimal. Tingkat pembentukan pigmen fotosintesis yang rendah juga menjadi faktor pembatas laju fotosintesis pada suhu yang lebih rendah akibatnya, pemanenan dan pemanfaatannya energi cahaya untuk aktivitas fotosintesis terpengaruh. Semakin optimal suhu udara maka

produksi sagu semakin tinggi. Kondisi iklim sampai batas tertentu, berbanding lurus dengan potensi produksi pertanaman sagu (Muhidin, 2012).

5. Kesimpulan

Keragaman genetik yang tinggi diperoleh pada berbagai aksesori sagu dataran tinggi mencapai 88,88% yang terdeteksi oleh primer P17 sehingga potensi eksplorasi genetik sagu pada dataran tinggi dapat menunjang pemuliaan tanaman sagu pada tingkat varietas. Karakter morfologi sagu dataran tinggi memiliki tingkat kemiripan yang tinggi hingga rendah dengan jarak keragaman 18-70%. Pada Lokasi pengambilan sampel yang dengan jarak yang lebih dekat memiliki tingkat kemiripan yang tinggi. Aksesori sagu di wilayah dataran tinggi Latimojong memiliki produksi yang rendah dengan nilai rata-rata 118,24 kg pohon⁻¹.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Cokroaminoto Palopo dan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah berperan dalam dukungan administrasi dan pendanaan.

7. Pernyataan Konflik Kepentingan (*Declaration of Conflicting Interests*)

Penulis menyatakan tidak ada potensi konflik kepentingan sehubungan dengan penelitian, kepengarangan, dan/atau publikasi dari artikel ini (*The authors have declared no potential conflicts of interest concerning the study, authorship, and/or publication of this article*).

8. Daftar Pustaka

Abbas B, Rauf AW, Listyorini FH, Munarti 2014. Brief Description of Aspects of Biology, Ecology, Agronomy, and Prospects for Development of Sago Palm. *European Journal of Science Research*. 120(2):221-229.

Abbas B. 2017. *Teknik Perbanyakkan Tanaman Sagu*. Edisi I. Manokwari. Universitas Papua.

Abbas B. 2018. Sago Palm Genetic Resource Diversity in Indonesia. *Sago Palm*, 9(5):61-71 doi.org/10.1007/978-981-10-5269-9_5.

Ahmad F, Bintoro MH, Supijatno. 2016. Morfologi dan Produksi Beberapa Aksesori Sagu (*Metroxylon* spp.) di Distrik Iwaka, Kabupaten Mimika, Papua. *Buletin Palma*. 17(2):115–125.

Ahmad M. 2014. Farmer Empowerment to Increase Productivity of Sago (*Metroxylon sago* spp.) Farming. *International Journal on Advanced Science, Engineering and*

Information Technology 4(3):1-9. doi:10.18517/ijaseit.4.3.384.

Aisak GP, Mary TF, Barry B, Andrew R, Hill G, Jeffery M, Warner, Atagazli, Jack MN. 2018. Addressing Food Insecurity in Papua New Guinea Through Food Safety and Sago Cropping. *Sago Palm*. (9):123-137.

Ardani HQ, Syafii M, Azizah E, Susanto U. 2024. Variabilitas Genetik pada Beberapa Varietas Unggul Baru Padi (*Oryza sativa* L.) Berdasarkan Penanda Morfologi Biji. *Jurnal Agroplasma*. 11(2), 297-305

Asthutiirundu, Bulkis S, Mujahidin I, Jamil MH. 2019. Study of Production and Productivity of Sago Plant in East Kolaka District, Southeast Sulawesi Province, Indonesia. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology* 6(5):259-265. doi.org/10.32628/IJSRST196531.

Azhar A, Makihara D, Naito H, Ehara H. 2018. Photosynthesis of Sago Palm (*Metroxylon sago* Rottb.) Seedling at Different Air Temperatures. *Agriculture*. 8 (1):1-10.

Christian S, Rony S. 2019. Appraisal Hereditary Variety and Relationship of Sago Palm (*Metroxylon sago* Rottb.) in Indonesia Dependent on Explicit Articulation Quality (Wx qualities) Markers. *Advances in Agronomy, Plant Breeding and Horticulture*. 7(2):28-34.

Dewi R.K., Bintoro M.H. dan Sudradjat 2016. Karakter Morfologi dan Potensi Produksi Beberapa Aksesori Sagu (*Metroxylon* spp.) di Kabupaten Sorong Selatan, Papua Barat. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 44 (1) : 91-97.

Ehara H. 2018. Genetic Variation and Agronomic Features of *Metroxylon* Palms in Asia and Pacific. *Sago Palm*. (4):45-59.

Ehara H, Kosaka S, Shimura N, Matoyama D, Morita O, Naito H, Misota C, Susanto S, Bintoro MH, Yamamoto Y. 2003. Reallionship Between Geographical Distribution and Genetic Distance of Sago Palm in the Malay Archipelago. *Sago Palm*. 11: 8-13.

Fathnoer V. 2018. Karakterisasi Berbagai Aksesori Sagu (*Metroxylon* spp.) di Distrik Aimas Kabupaten Sorong, Papua Barat. [tesis]. Bogor. Institut Pertanian Bogor.

Hasanah Y, Mawarni L, Hanum H, Lestami A. 2022. Genetic diversity of shallots (*Allium ascalonicum* L.) from several locations in North Sumatra, Indonesia based on RAPD markers. *Biodiversitas*. 23(5):2 405-2410. doi: 10.13057/biodiv/d230518.

Karim HA. 2021. Ecological study of Sago Palm (*Metroxylon sago* Rott molat (Becc.)) in the natural habitat at Malili District East Luwu South Sulawesi IOP Conf. Series: *Earth and*

- Environmental Science* 807. Makassar 01 Sept. 2021. doi:10.1088/1755-1315/807/2/022031.
- Karyanti, Sigit Y, Tajuddin T, Erwinda, Minaldi, Haska N. 2016. Penanganan Anakan Muda Pada Kultur *Ex Vitro* Untuk Menghasilkan Bibit Sagu (*Metroxylon Sagu* Rottb.) Siap Tanam. *Biotechnology & Bioscience Indonesia*. 3(1):13-19.
- Kumari A, Paul S, Sharma V. 2017. Genetic diversity analysis using RAPD and ISSR markers revealed discrete genetic makeup in relation to fibre and oil content in *Linum usitatissimum* L. genotypes. *Springer*. 61(1):45-53. doi: 10.1007/s13237-017-0206.
- Masluki, M., Bintoro, M. H., Sudarsono, S., & Agusta, H. (2023). Karakteristik Habitat dan Produksi Berbagai Aksesori Sagu di Tana Luwu Provinsi Sulawesi Selatan. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 11(2), 184-197.
- Masluki, Bintoro MH, Agusta H, Sudarsono S. 2024. Morphological Diversity and Production of Six Sago (*Metroxylon* spp.) Accessions from Tana Luwu, South Sulawesi, Indonesia. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*. 46(1): 156-171
- Metaragakusuma AP, Osozawa K, Hu B. 2017. The Current Status of Sago Production in South Sulawesi: Its Market and Challenge as a New Food Industry Source. *International Journal Sustainable Future for Human Security*. 5(1):32-46.
- Mubarak SMH, Al-Koofee DAF, Radhi OA, Ismael JM, Al-Zubaidi JF. 2020. An optimization and common troubleshooting solving in polymerase chain reaction technique. *Syst Rev Pharm* 11 (2): 427- 436. doi: 10.5530/srp.2020.2.63.
- Muhidin, Leomo S, Alam S, Wijayanto T. 2016. Comparative Studies on Different Agroecosystem Base on Soil Physicochemical Properties to Development of Sago Palm on Dryland. *International Journal of ChemTech Research* 9(8):511-518.
- Murod M, Kusmana C, Bintoro MH, Widiatmaka, Hilmi E. 2019. Strategy of sago management sustainability to support food security in Regency of Meranti Islands, Riau Province, Indonesia. *AAB Bioflux*. 11(1):1-20.
- Nakamura S, Nitta Y, Watanabe M, Goto Y. 2005. Analysis of Leaflet Shape and Area for Improvement of Leaf Area Estimation Method for Sago Palm (*Metroxylon sagu* Rottb.). *Plant Production Science*. 8(1):27-31.
- Nakamura S, Nitta Y, Watanabe M, Goto Y. 2009. A Method for Estimating Sago Palm (*Metroxylon sagu* Rottb.) Leaf Area After Trunk Formation. *Plant Production Science*. 12(1): 58-62.
- Novariantio H, Maskromo I, Tulalo MA, Tenda ET, Kumaunang J, Pandin DS, Sukmawati Mawardi. 2020. Karakteristik dan Potensi Produksi Pati Varietas Sagu Bestari. *Buletin Palma*. 21(1): 29-37. doi:org/10.21082/bp.v21n1.2020.29-37.
- Nurulhaq MI, Bintoro MH, Supijatno. 2022. Morphology and Starch Production Potential of Sago Palm Found in Village Haripau, East Mimika Subdistrict, Mimika, Papua Province, Indonesia. *Journal Tropical Crop Science*. 9(1):31-38 doi:10.29244/jtcs.9.01.31-38.
- Paiva CL, Viana AP, Santos EZ, Freitas JCO, Silva RNO, Oliveira E.J. 2014. Genetic variability assessment in the genus *Passiflora* by SSR markers. *Chilean Journal of Agriculture Research*. 74(3): 335-360. doi.org/10.4067/S0718-58392014000300015.
- Pasolon YB. 2015. Environment, Growth and Biomass Production of Sago Palm (*Metroxylon sagu* Rottb.): A Case Study From Halmahera, Papua and Kendari. *IJSTAS*. 2(1): 97-104.
- Pratama AJ, Bintoro MH, Trikoesoemaningtyas. 2018. Variability and Relationship Analysis Of Sago Accessions From Natural Population Of Papua Based on Morphological Characters. *Sabrao Journal of Breeding and Genetic*. 50(4):461-474.
- Rahman HBA, Bintoro MH, Supijatno. 2021. Variation in Leaf Morphology of Sago Trees (*Metroxylon sagu*) in South Borneo Province, Indonesia. *Journal Tropical Crop Science*. 8(2):51-59.
- Sahetapy L, Karuwal RL. 2015. Variasi Karakter Morfologis Lima Jenis Sagu (*Metroxylon* sp.) Di Pulau Saparua. *Biopendix*. 1(2):105-111 doi:org/10.30598/biopendix.
- Sayekti TWDA, Syukur M, Hidayat SH, Maharijaya A. 2021. Diversity and genetic parameter of chili pepper (*Capsicum annuum*) based on yield component in three location. *Biodiversitas*. 22(2):823-829.
- Sitairesmi T, Suwarno WB, Gunarsih C, Nafisah, Nugraha Y, Sasmita P, Daradjat. AA. 2019. Comprehensive Stability Analysis Of Rice Genotypes Through Multi-Location Yield Trials Using PBSTAT-GE. *Sabrao Journal of Breeding and Genetic*. 51(4):355-372.
- Toyoda Y. 2018. Life and Livelihood in Sago-Growing Areas. *Sago Palm*. (3):31-42.
- Trisia MA, Metaragakusuma AP, Osozawa K, Bai H. 2016. Promoting Sago Palm in The Context of National Level: Challenges and Strategies to Adapt to Climate Change in Indonesia. *International Journal Sustainable Future for Human Security*. 4(2):54-63.

- Wasli ME, Ali NHC, Yong R, Peruma M, Husaini AASA, Kalu M, Fong SS, Jaffar A. 2021. Characterizing Soil Penetration Resistance of Plant Sago Palm (*Metroxylon* spp.) Under Mineral Soils Ecosystem. *Journal of Biological Sciences*. 21(4):338-345 doi: 10.3844/ojbssp.2021.338.345.
- Wulandari EF, Mawikere NL, Abbas B. 2021. Keragaman morfologi dan genetik beberapa aksesori tanaman Sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.) berdasarkan penanda molekuler gen mat-K. *Cassowary*. 4(1):68-86.
- Yamamoto Y. 2018. Dry Matter Production as a Basis of Starch Production in Sago Palm. *Sago Palm*. (11):157-167.

PEDOMAN PENULISAN JURNAL AGROSAINSTEK

Jurnal Agrosainstek merupakan jurnal yang menerbitkan artikel hasil penelitian, artikel *review*, dan catatan penelitian (*research note*) terkait bidang agroteknologi, baik dalam bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris. Bidang ilmu yang diterbitkan meliputi budidaya tanaman, pemuliaan tanaman, ekofisiologi tanaman, ilmu benih, lahan pertanian, pasca panen, hama penyakit tanaman, gulma, teknologi pertanian, dan bioteknologi pertanian.

Semua naskah yang diajukan ke jurnal harus ditulis dalam bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris yang baik. Naskah dapat berupa: hasil-hasil penelitian mutakhir (paling lama 5 tahun terakhir), ulasan (*review*), analisis kebijakan atau catatan penelitian (*research note*) singkat mengenai teknik percobaan, alat, pengamatan, hasil awal percobaan (*preliminary result*). Naskah yang diterima adalah naskah yang belum pernah dimuat atau tidak sedang dalam proses publikasi dalam jurnal ilmiah nasional maupun internasional lainnya.

FORMAT

Naskah dikirimkan dengan mengikuti format naskah yang telah ditentukan. Naskah, termasuk Abstrak dan *Abstract*, diketik 1,5 spasi pada kertas HVS ukuran A4 (210 x 297 mm), pias 2,5 cm di semua sisi, dan huruf Times New Roman berukuran 12 point. Naskah diketik dengan program *Microsoft Word* (.doc). Setiap halaman diberi nomor secara berurutan dengan jumlah maksimal 15 halaman, termasuk tabel dan gambar. Tabel dan gambar disajikan di bagian akhir naskah (disatukan dengan naskah).

SUSUNAN NASKAH

Naskah disusun dengan urutan:

- Judul
- Nama lengkap Penulis (beri tanda * pada penulis untuk korespondensi)
- Nama lembaga/institusi, disertai alamat lengkap
- Email penulis untuk korespondensi
- Abstrak
- Kata kunci
- Pendahuluan
- Bahan dan Metode
- Hasil
- Pembahasan
- Kesimpulan
- Ucapan terima kasih (bila diperlukan)
- Daftar Pustaka
- Tabel dan gambar beserta keterangannya

Naskah berupa ulasan, analisis kebijakan, dan catatan penelitian tidak harus ditulis menurut susunan naskah hasil penelitian. Ketentuan untuk naskah berupa hasil penelitian adalah maksimum 15 halaman (termasuk tabel dan gambar). Pendahuluan dan metode ditulis singkat, dan tanpa abstrak. Ulasan ditulis sebagai naskah sinambung tanpa sub judul Bahan dan Metode, Hasil dan Pembahasan.

Penulis dapat mengunduh **Template Penulisan Jurnal Agrosainstek** yang telah disediakan untuk memudahkan penulis dan mengurangi kesalahan dalam format penulisan.

DESKRIPSI TIAP BAGIAN NASKAH

Halaman Judul

Judul dicetak tebal (*bold*) dengan huruf kapital pada setiap awal kata, kecuali kata sambung. Judul maksimum terdiri atas 15 kata (kecuali kata sambung). Naskah dalam Bahasa Indonesia harus disertai judul dalam Bahasa Inggris yang ditulis miring (*italic*). Di bawah judul, ditulis nama lengkap (tidak disingkat) semua penulis beserta nama dan alamat lembaga afiliasi penulis. Beri tanda * pada nama penulis untuk korespondensi. Alamat untuk korespondensi harus dilengkapi dengan kode pos, nomor telepon dan HP, faksimile, dan email.

Abstrak dan Kata Kunci

Abstrak adalah paragraf yang berdiri sendiri dan harus mencakup tujuan, metode, dan hasil secara ringkas. Tidak ada kutipan pustaka di dalam Abstrak. Abstrak ditulis dalam Bahasa Inggris, satu paragraph, maksimum 250 kata, dan diketik dalam 1,5 spasi. Kata kunci ditulis setelah abstrak, sebanyak tiga sampai enam kata. Naskah dalam Bahasa Indonesia harus menyertakan juga abstrak dan kata kunci dalam Bahasa Indonesia, dituliskan setelah abstrak dan kata kunci dalam Bahasa Inggris.

Teks

Awal paragraf dimulai dengan indent 1 cm dari sisi kiri naskah. Penulisan sub judul (**PENDAHULUAN, BAHAN DAN METODE, HASIL, PEMBAHASAN, KESIMPULAN, UCAPAN TERIMA KASIH, DAFTAR PUSTAKA**) ditulis di tengah dengan huruf kapital. Sub-sub judul level 2 ditulis di kiri halaman dengan huruf kapital di awal setiap kata, sedangkan sub-sub judul level 3 ditulis dengan cetak miring (*italic*) dan huruf kapital di setiap awal kata. Setiap sub judul dan sub-sub judul diberikan nomor (contoh : 1. Pendahuluan, kemudian 1.1, 1.1.1, dst)

Nama organisme harus diikuti dengan nama ilmiahnya secara lengkap pada pengungkapan pertama. Nama ilmiah ditulis miring, sedangkan nama penulis dari nama ilmiah dan kata seperti var. ditulis tegak. Contoh: *Elaeis guineensis* Jacq. Singkatan pertama kali ditulis dalam kurung setelah kata kata yang disingkatnya. Nama organisme (Indonesia/Daerah) yang tidak umum dikenal harus diikuti nama ilmiahnya pada pengungkapan pertama kali. Contoh : **Keramunting (*Rhodomyrtus tomentosa* (Ait.) Hassk).**

Penulisan satuan menggunakan Standar Internasional (SI). Eksponen negatif digunakan untuk menyatakan satuan penyebut. **Contoh: mg L⁻¹, bukan mg/L.** Satuan ditulis menggunakan spasi setelah angka, kecuali untuk menyatakan persen. Penulisan desimal menggunakan koma (bukan titik), kecuali untuk naskah berbahasa PBB. **Contoh: 37 °C, bukan 37°C; 0,8%, bukan 0,8 %.** Seluruh tabel dan gambar harus dirujuk dalam teks. Penggunaan nilai rata-rata (*means*) harus disertai dengan standar deviasi.

Hasil dan pembahasan ditulis secara terpisah. Hasil harus jelas dan singkat. Menyatakan hasil yang diperoleh berdasarkan metode yang telah dilakukan. Hindari penggunaan data yang sama pada tabel dan grafik. Pembahasan harus menjelaskan secara detail hasil yang diperoleh. Data dibahas dengan membandingkan data yang telah diperoleh saat ini dan hasil penelitian sebelumnya. Ungkapkan kesamaan,

perbedaan, dan keunikan dari data penelitian anda. Disarankan untuk menghindari kutipan yang terlalu umum dan membahas literatur yang telah dipublikasikan.

Kesimpulan harus menjawab tujuan penelitian. Menceritakan bagaimana kelebihan penelitian ditinjau dari perkembangan ilmu pengetahuan. Jangan mengulangi isi abstrak atau hanya daftar hasil eksperimen. Kesimpulan memberikan pembenaran ilmiah yang jelas untuk hasil penelitian dan kemungkinan untuk dikembangkan ataupun diaplikasikan. Anda juga bisa menyarankan untuk penelitian selanjutnya terkait dengan topik tersebut.

Daftar Pustaka

Ketentuan untuk pustaka sebagai rujukan adalah:

1. Proporsi pustaka primer (jurnal, prosiding, paten, disertasi, tesis, dan buku teks), minimal 80%.
2. Sumber pustaka primer minimal 80% yang dipublikasikan dalam 10 tahun terakhir.
3. Membatasi jumlah pustaka yang mengacu pada diri sendiri (*self citation*).
4. Sebaiknya dihindari: penggunaan pustaka di dalam pustaka, buku populer, dan pustaka dari internet kecuali jurnal dan dari instansi pemerintah atau swasta.
5. Abstrak tidak diperbolehkan sebagai rujukan.

Daftar pustaka ditulis dengan format **Council of Science Editors (CSE): Author-Year**

Pustaka di dalam teks. Pustaka ditulis menurut nama akhir (nama keluarga) dan tahun. Jika penulis lebih dari dua orang, maka ditulis nama penulis pertama diikuti dengan *et al.* yang dicetak miring (*italic*). Jika penulis hanya dua orang, maka ditulis menggunakan simbol &. Contoh:

Yusnita et al. (1997) menyatakan bahwa salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan akar pada setek, adalah zat pengatur pertumbuhan.

Zat perangsang akar seperti IBA dan NAA yang ditambahkan pada setek mampu meningkatkan inisiasi, jumlah, dan kualitas akar (**Hitchcock & Zimmerman 1936**).

Daftar pustaka ditulis berdasarkan urutan alfabet dari nama akhir penulis pertama. Pustaka dengan nama penulis (kelompok penulis) yang sama diurutkan secara kronologis. Apabila ada lebih dari satu pustaka yang ditulis penulis (kelompok penulis) yang sama pada tahun yang sama, maka huruf 'a', 'b' dan seterusnya ditambahkan setelah tahun. Beberapa contoh penulisan daftar pustaka adalah sebagai berikut:

Jurnal:

Kusmiadi R, Prayoga GI, Apendi F, Alfiansyah. 2018. Karakterisasi Plasma Nutfah Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Lokal Asal Bangka Berdasarkan Karakter Morfologi. *AGROSAINSTEK: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*. 2(2): 61-66. DOI: 10.33019/agrosainstek.v2i2.25.

Buku

Suprihatno B, Daradjat AA, Satoto, Baehaki SE, Widiarta IN, Setyono A, Indrasari SE, Lesmana OS, Sembiring H. 2009. Deskripsi Varietas Padi. Subang : Balai Besar Penelitian Tanaman Padi.

Bab dalam Buku:

Jones MM, Turner MC, Osmond CB. 1991. Mechanisms of Drought Resistance. *In*: Paleg, L.G., D. Aspinall

(eds). *The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants*. New York : Academic Press. p15-53

Prosiding

Radjaguguk B. 1990. Pengelolaan Produktivitas Lahan Gambut. Dalam: Aguslin, T., M.H. Abas dan Yurnalis (eds). *Prosiding Pengelolaan Sawah Buakan Baru Meningkatkan Swasembada Pangan dan Program Transmigrasi*. Padang 17-18 Sept. 1990. hlm217-235.

Skripsi/Tesis/Disertasi:

Harnowo D. 1992. Respon Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) Terhadap Pemupukan Kalium dan Cekaman Kekeringan pada Fase Reproduksi. [Tesis]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Informasi dari Internet

Hansen L. 1999. Non-Target Effects of Bt Corn Pollen on the Monarch Butterfly (Lepidoptera. Danaeidae). <http://www.ent.iastate.edu/entsoc/ncb99/prog/abs/D81.html>. [21 Agustus 1999].

Tabel

Tabel berukuran lebar maksimal 166 mm. Penomoran tabel adalah berurutan. Judul tabel ditulis singkat namun lengkap. Judul dan kepala tabel menggunakan huruf kapital pada awal kalimat. Garis vertikal tidak boleh digunakan. Catatan kaki menggunakan angka dengan kurung tutup dan diketik *superscript*. Tanda bintang (*) atau (**) digunakan untuk menunjukkan tingkat nyata berturut-turut pada taraf 95% dan 99%. Jika digunakan taraf nyata yang lain, gunakan simbol tambahan.

Gambar

Gambar dan ilustrasi harus menggunakan resolusi tinggi dan kontras yang baik dalam format JPEG, PDF atau TIFF. Resolusi minimal untuk foto adalah 300 dpi (*dot per inch*), sedangkan untuk grafik dan *line art* adalah 600 dpi. Gambar hitam putih harus dibuat dalam mode *grayscale*, sedangkan gambar berwarna dalam mode RGB. Gambar dibuat berukuran lebar maksimal 80 mm (satu kolom), 125 mm (satu setengah kolom), atau 166 mm (dua kolom). Keterangan di dalam gambar harus jelas. Jika ukuran gambar diperkecil maka semua tulisan harus tetap dapat terbaca.

Prosedur Publikasi

Seluruh naskah yang diterima akan dikirimkan ke Dewan Editor untuk dinilai. Dewan Editor berhak meminta penulis untuk melakukan perbaikan sebelum naskah dikirim ke penelaah. Editor juga berhak menolak naskah jika naskah tidak sesuai dengan format yang telah ditentukan.

Naskah akan ditelaah oleh minimum dua orang ahli di bidang yang bersangkutan (mitra bestari). Hasil penelaahan akan diberitahukan kepada penulis untuk diperbaiki dan kemudian ditelaah kembali oleh mitra bestari. Dewan Editor akan menentukan naskah yang dapat diterbitkan berdasarkan hasil penelaahan. Naskah akhir sebelum diterbitkan akan dikirimkan kembali kepada penulis untuk mendapatkan persetujuan.

Pengiriman Naskah dan Biaya Publikasi

Naskah dikirimkan dalam bentuk file Ms. Word melalui website jurnal *agrosainstek* atau ke alamat email : agrosainstek@gmail.com. Biaya cetak untuk naskah yang telah disetujui adalah **Rp. 800.000**.