

KERAGAMAN GENETIK STROBERI (*Fragaria x ananassa* Duch) BERDASARKAN MARKA MORFOLOGI DAN MOLEKULER

GENETIC DIVERSITY OF STRAWBERRIES (*Fragaria x ananassa* Duch) BASED ON MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR MARKERS

Tiffani Nindya Arisanti¹, Sobir^{2*}, Arya Widura Ritonga²

¹ Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Sekolah Pascasarjana, Fakultas Pertanian, Ipb University, Bogor 16680, Indonesia

² Departemen Agronomi dan Hortikultura, Sekolah Pascasarjana, Fakultas Pertanian, IPB University, Bogor 16680, Indonesia

*Korespondensi : rsobir@yahoo.com

Diterima : 24 April 2024 / Direvisi : 21 Mei 2024 / Disetujui : 18 Juli 2024

ABSTRAK

Pengembangan varietas unggul baru akan lebih efisien bila didasarkan pada informasi yang akurat tentang keragaman genetik dan struktur populasi sumber genetik yang tersedia, sehingga dapat diketahui kombinasi tetua yang paling potensial dalam program pemuliaan yang akan dilakukan. Namun, informasi tentang keragaman genotipe-genotipe stroberi di Indonesia masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari keragaman genetik stroberi berdasarkan marka morfologi dan molekuler dalam rangka pengembangan varietas stroberi yang efisien. Analisis kekerabatan genetik dilakukan pada 20 genotipe stroberi koleksi Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika (BPSI Jestro), berdasarkan karakter morfologi dan molekuler dengan metode *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD). Pengamatan pada 41 karakter morfologi menunjukkan terdapat 34 karakter yang beragam dan 7 karakter yang seragam. Hasil analisis menggunakan marka morfologi menunjukkan bahwa 20 genotipe stroberi terbagi menjadi dua kelompok dengan nilai koefisien ketidakmiripan Gower 0,0936–0,5977. Hasil analisis menggunakan marka molekuler juga terbagi menjadi dua kelompok dengan nilai koefisien ketidakmiripan sebesar 0,1321–0,5566. Analisis gabungan morfologi dan molekuler yang dilakukan juga membagi ke 20 genotipe menjadi dua kelompok dengan koefisien ketidakmiripan 0,1657–0,5264. Informasi karakter morfologi dan jarak genetik yang diperoleh dapat dijadikan sebagai dasar pertimbangan dalam pemilihan tetua pada kegiatan pemuliaan tanaman stroberi.

Kata kunci: dendogram, karakterisasi, ketidakmiripan, PIC, RAPD

ABSTRACT

The development of new superior varieties will be more efficient if it is based on accurate information about the genetic diversity and population structure of available breeding resources, so that the combination of the most potential parents in the breeding program that will be carried out can be identified. Indonesia still lacks information of strawberry diversity.

ISSN : [2407-7933](https://doi.org/10.15575/34537)

118

Cite this as: Arisanti, T. N., Sobir. & Ritonga, A. W. (2024). Keragaman genetik stroberi (*Fragaria x ananassa* Duch) berdasarkan marka morfologi dan molekuler. *Jurnal Agro*, 11(1), 118-133. <https://doi.org/10.15575/34537>

The aim of this research is to study strawberry genetics based on morphological and molecular markers in order to develop strawberry varieties efficiently. Genetic relationship analysis was carried out on 20 genotypes of strawberries collected by Indonesian Instruments Standardization Testing Center for Citrus and Subtropical Fruits (BPSI Jestro), based on morphological characteristic and molecular Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD). Morphological markers analysis showed that there were two groups of strawberry genotypes using *Gower* dissimilarity coefficient value of 0.0936–0.5977. The result of molecular marker analysis was also separated into two groups by dissimilarity coefficient value of 0,1321-0,5566. Combination of morphological and molecular analysis was carried out and also showed two groups by disimilarity coefficient of 0,1657–0,5264. The information obtained on morphological characteristics and genetic distances can be used as a basic consideration in parental selection for strawberry breeding program.

Key words : dendogram, characterization, dissimilarity, PIC, RAPD

PENDAHULUAN

Stroberi adalah salah satu buah beri dengan banyak kandungan nutrisi. Buah stroberi mengandung asam folat, vitamin C, serat, flavonoid, antosianin, dan antioksidan yang bermanfaat untuk kesehatan (Atheruz-Zaman *et al.*, 2018). Upaya peningkatan stroberi baik secara kuantitas maupun kualitas dapat dilakukan dengan melakukan perakitan varietas unggul yang memiliki potensi hasil dan kualitas baik, tahan terhadap hama penyakit dan mampu beradaptasi dengan baik pada lingkungan tropis Indonesia.

Stroberi bukan merupakan tanaman asli Indonesia. Stroberi komersial merupakan hasil persilangan antara *Fragaria virginiana* yang berasal dari bagian timur Amerika Utara dan *Fragaria chiloensis* yang berasal dari Chile (Darrow, 1966). Genotipe stroberi di Indonesia merupakan hasil introduksi yang adaptif pada lingkungan Indonesia. Perkembangbiakan stroberi yang dilakukan secara vegetatif (stolon) mengakibatkan rendahnya keragaman stroberi di Indonesia. Keragaman genetik merupakan salah satu modal penting dalam kegiatan pemuliaan tanaman. Keberhasilan pemuliaan sering

dikaitkan dengan akses ke sumber daya pemuliaan dan variasi genetik dimana informasi mengenai keragaman genetik dan struktur populasi sumber daya pemuliaan sangat penting dalam pengembangan kultivar baru yang efisien (Lim *et al.*, 2017). Karenanya penelitian terkait keragaman genetik dari tanaman stroberi sangat penting untuk dilakukan. Keragaman suatu populasi dapat diidentifikasi dengan menggunakan marka morfologi dan molekuler (Kuras & Korbin, 2010).

Penelitian tentang keragaman genetik stroberi telah banyak dilakukan (Çelik *et al.*, 2017; Sweety *et al.*, 2017; Haque Bir *et al.*, 2018; Aristya *et al.*, 2019; Bhowal *et al.*, 2019; Kumari, 2019; Kwon *et al.*, 2020; Corrêa *et al.*, 2021; Arisah *et al.*, 2022). Sweety *et al.* (2017) melakukan karakterisasi molekuler (RAPD) pada genotipe stroberi tropis untuk pemilihan tetua dalam kegiatan hibridisasi. Çelik *et al.* (2017) menggunakan marka RAPD untuk mengetahui kemiripan dan hubungan kekerabatan antara stroberi Ottoman dan kultivar-kultivar stroberi pada awal periode. Marka RAPD juga digunakan Aristya *et al.* (2019) untuk mengetahui keragaman genetik beberapa kultivar *Fragaria x*

ananassa dan *Fragaria vesca*. Sirijan *et al.* (2020) melakukan karakterisasi kultivar stroberi Thailand dengan marka RAPD dan pembuatan profil metabolit yang datanya akan sangat berguna untuk kegiatan pemuliaan di masa mendatang. Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi 20 genotipe stroberi dengan menggunakan penanda genetik baik morfologi maupun molekuler.

Informasi mengenai karakter suatu genotip sangat penting dalam pemilihan tetua. Karakteristik stroberi baik secara morfologi maupun molekuler perlu diketahui sebagai dasar dalam melakukan persilangan untuk menghasilkan genotipe unggul yang mampu beradaptasi dengan baik pada iklim Indonesia. Informasi terkait karakter genotipe-genotipe stroberi yang ada di Indonesia masih terbatas sehingga perlu dilakukan studi keragaman genetik stroberi baik melalui pendekatan morfologi maupun molekuler dalam rangka menunjang kegiatan pemuliaan tanaman stroberi di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi karakter 20 genotipe stroberi baik morfologi maupun molekuler untuk digunakan sebagai dasar dalam kegiatan pemuliaan tanaman stroberi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Instalasi Pengujian Penerapan Standar Instrumen Pertanian (IP2SIP) Tlekung dan Laboratorium Terpadu Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika (BPSI Jestro) kota Batu, Jawa Timur pada bulan Juli 2022 sampai Juli 2023.

Materi genetik yang digunakan dalam kegiatan penelitian yaitu 20 genotipe stroberi yang merupakan merupakan koleksi dari BPSI Jestro (Tabel 1).

Analisis Keragaman Berdasarkan Marka Morfologi

Penanaman 20 genotipe stroberi dilakukan dengan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLK) dengan genotipe sebagai perlakuan yang terdiri dari tiga blok dimana setiap satuan percobaan terdiri dari enam tanaman. Bibit stroberi yang digunakan berasal dari stolon tanaman V0 (tanaman hasil kultur jaringan) dengan 2 daun yang ditanam di polibag. Kegiatan pemeliharaan tanaman stroberi terdiri atas penyiraman, pemupukan, pewilisan dan pengendalian hama dan penyakit.

Tabel 1. Daftar genotipe yang digunakan dalam penelitian

No	Kode Genotipe	No	Kode Genotipe
1	ICS04050001(P1)	11	ICS04050021(P11)
2	ICS04050003(P2)	12	ICS04050022(P12)
3	ICS04050004(P3)	13	ICS04050023(P13)
4	ICS04050006(P4)	14	ICS04050024(P14)
5	ICS04050008(P5)	15	ICS04050026(P15)
6	ICS04050009(P6)	16	ICS04050027(P16)
7	ICS04050010(P7)	17	ICS04050030(P17)
8	ICS04050013(P8)	18	ICS04050032(P18)
9	ICS04050016(P9)	19	ICS04050034(P19)
10	ICS04050019(P10)	20	ICS04050036(P20)

Kegiatan pengamatan dilakukan dengan melakukan observasi visual pada 41 karakter morfologi tanaman yang meliputi karakter tanaman, daun, stolon, bunga, dan buah. Karakter tanaman terdiri dari postur, kerapatan tajuk, vigor, posisi pembungaan terhadap tajuk, dan jumlah stolon. Karakter stolon terdiri dari pewarnaan anthosianin dan kerapatan rambut stolon. Karakter daun terdiri dari ukuran, warna permukaan,

lepuhan, kilapan, panjang terhadap lebar daun terminal, bentuk dasar daun terminal, pinggir daun terminal, bentuk potongan melintang daun terminal, panjang tangkai daun, arah rambut tangkai daun, dan pewarnaan anthosianin stipula. Karakter bunga terdiri dari arah rambut tangkai bunga, diameter, susunan petal, ukuran kelopak terhadap mahkota, tangkai sari, panjang terhadap lebar mahkota, dan warna permukaan atas. Karakter buah terdiri dari panjang terhadap lebar, ukuran, bentuk, warna, kerataan warna, kilapan, kerataan permukaan, lebar leher tanpa *achene*, posisi *achene*, posisi penempelan kelopak, arah kelopak, diameter kelopak terhadap diameter buah, pelekatan kelopak, warna daging buah, warna bagian tengah buah, dan rongga buah. Pengamatan morfologi dilakukan berdasarkan panduan karakterisasi morfologi UPOV (2012).

Analisis Keragaman Berdasarkan Marka Molekuler RAPD

Metode isolasi DNA mengacu pada Doyle & Doyle (1987) yang telah dimodifikasi. Isolasi dilakukan dengan menimbang 0,1 g daun muda steril, lalu tambahkan 500 µL buffer CTAB dan PVP (*polivinilpirolidon*), kemudian digerus dan ditambahkan lagi 500 µL buffer CTAB, pindahkan ke tube 2 ml dan tambahkan 10 µl merkaptotanol. Sampel diinkubasi dalam waterbath 65°C selama 30 menit, dibolak-balik tiap 5 menit sekali.

Selanjutnya, menambahkan 3M Na-Asetat sebanyak 1/10 volume total sampel, bolak-balik hingga tercampur. Memasukan 1 ml larutan kloroform-isoamil alcohol (CIA), dibolak-balik hingga tercampur baik, lalu disentrifuge 12.000 rpm selama 10 menit. Supernatan (lapisan atas) diambil dengan mikropipet, dimasukkan ke microtube baru ukuran 1,5 mL, lalu ditambahkan Na-asetat

1/10 volume supernatan, dibolak-balik hingga homogen.

Isopropanol dingin sebanyak 2/3 volume ditambahkan, bolak-balik perlahan hingga terlihat pita, kemudian tube dimasukkan ke dalam freezer 20 menit, sentrifuge 12.000 rpm selama 10 menit. DNA akan mengendap di bagian bawah tube (pelet) dan fase cairnya dibuang. Menambahkan ethanol absolute, dibolak-balik perlahan, kemudian disentrifuge 12000 rpm selama 1 menit, dibuang cairannya dengan hati-hati agar endapan DNA (pelet) tidak ikut terbang, lalu dikeringanginkan.

Kemudian menambahkan 1 µl RNase dan 300 µL buffer TE pada tube berisi sampel, diinkubasi dalam *waterbath* suhu 37°C selama 30 menit. Sampel dikeluarkan dari *waterbath*, ditambahkan 1.000 µL ethanol 70% dingin, masukkan ke dalam freezer selama 20 menit, lalu disentrifuge 12.000 rpm selama 10 menit. Supernatan dibuang, disisakan peletnya, lalu ditambahkan ethanol 70% dingin sebanyak 700 µL dan di sentrifuge lagi 12.000 rpm selama 10 menit. Supernatan dibuang, disisakan peletnya dan dikeringanginkan. Setelah cukup kering, ditambahkan buffer TE sebanyak 100 µl dan dilakukan tapping hingga pelet DNA larut.

Tabel 2. Daftar primer RAPD yang digunakan dalam penelitian

No	Nama Primer	Sekuen
1	OPE-04	GTGACATGCC
2	OPO-07	CAGCACTGAC
3	OPN-09	TGCCGGCTTG
4	OPW-14	CTGCTGAGCA
5	OPA-07	GAAACGGGTG
6	OPE-20	AACGGTGACC
7	OPAH-04	CTCCCCAGAC
8	OPN-18	GGTGAGGTCA
9	OPW-09	GTGACCGAGT
10	OPN-17	CATTGGGGGAG

DNA yang telah diisolasi diuji kuantitasnya dengan menggunakan nanodrop. Uji

kualitas DNA dilakukan dengan elektroforesis pada gel agarosa 1% dengan TBE 1x pada tegangan 50 volt selama 30 menit.

DNA 20 genotipe stroberi diamplifikasi dengan 10 primer RAPD (Tabel 2) menggunakan Eppendorf Thermocycler diawali dengan predenaturasi 94 °C selama 5 menit, dilanjutkan dengan 35 siklus PCR (denaturasi 94 °C selama 1 menit, annealing (suhu menyesuaikan primer) selama 1 menit 30 detik, extension 72 °C selama 2 menit) dan diakhiri dengan terminal extension 72 °C selama 5 menit. Setiap tabung PCR terdiri atas 3 µL PCR mix, 7 µL air bebas ion, 3 µL primer dan 2 µL DNA template. DNA hasil amplifikasi dielektroforesis pada gel agarose 1,2% dengan pewarna EtBr 1 µL, tegangan 50 volt selama 60 menit. Visualisasi dilakukan dengan menggunakan Bio-Rad Gel-Doc XR system.

Analisis Data

Data pengamatan morfologi ditabulasi menggunakan software Microsoft Excel 2010 dan dianalisis menggunakan PBSTAT-CL 2.1.2. Matriks ketidakmiripan dihitung dengan menggunakan metode Gower. Penghitungan jarak antar klaster dilakukan dengan metode average linkage/ UPGMA (Unweight Pair-Group Methode Arithmetic).

Analisis data molekuler dilakukan dengan skoring berdasarkan pita-pita DNA hasil elektroforesis. Profil pita DNA diterjemahkan ke dalam data biner dimana keberadaan pita diberi nilai 1 dan ketiadaan pita diberi nilai 0. Data selanjutnya dianalisis menggunakan PBSTAT-CL 2.1.2. dengan metode Gower untuk menghitung matriks ketidakmiripan gower dan metode average linkage/ UPGMA (Unweight Pair- Group Methode Arithmetic) untuk penghitungan

jarak antar klaster. Nilai PIC (*Polymorphic Information Content*) dihitung berdasarkan persamaan (Ghislain *et al.*, 1999):

$$PIC = 1 - p_2 - q_2$$

Keterangan:

p = frekuensi muncul pita

q = frekuensi tidak munculnya pita

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaman Morfologi Stroberi

Genotipe yang ditanam menunjukkan pertumbuhan dan perkembangan cukup baik sehingga dapat memberikan ekspresi karakter dengan baik. Tanaman mulai dibungakan saat berumur 44 hst dan buah mulai dipanen pada saat tanaman berumur 77 hst. Semua tanaman menghasilkan stolon, bunga, dan buah yang dapat diamati selama kegiatan penelitian berlangsung. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan pada beberapa karakter morfologi 20 genotipe stroberi yang diamati. Pengamatan pada 41 karakter (Tabel 3) menunjukkan terdapat 34 karakter yang beragam dan 7 karakter lainnya yang bersifat seragam (K13, K14, K23, K24, K25, K31, dan K41).

Pengamatan terhadap karakter warna daun menunjukkan adanya kesamaan warna yaitu hijau tua demikian juga pada bentuk dasar daun terminal yang cenderung berbentuk *obtuse* (Gambar 1).



Gambar 1. Karakter monomorfik pada daun dan bunga stroberi: A) bentuk dasar daun terminal (*obtuse*) B) bunga stroberi dengan susunan petal *overlapping*, berwarna putih, dan memiliki tangkai sari.

Tabel 3. Karakter morfologi 20 genotipe stroberi

Gen Kar	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
K1	1	2	2	3	1	3	1	1	1	2	2	1	1	2	3	2	3	1	1	1
K2	3	5	5	7	5	7	5	7	3	5	5	3	3	3	7	5	7	5	5	5
K3	7	5	5	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	5	5	7	7	7	5	7
K4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1
K5	3	2	2	1	2	1	2	2	3	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2
K6	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
K7	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2
K8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1
K9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3
K10	2	3	2	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3
K11	5	5	5	3	7	5	7	7	5	7	7	5	7	5	7	7	3	7	5	7
K12	3	5	5	7	5	3	5	5	3	5	5	5	5	5	5	3	5	5	3	7
K13	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
K14	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
K15	7	7	3	3	3	1	3	5	5	5	7	5	5	3	3	5	5	5	5	5
K16	5	3	1	1	1	7	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1
K17	3	2	1	2	1	1	2	3	3	3	3	3	2	1	3	3	2	3	1	2
K18	5	1	3	1	5	5	1	3	3	3	3	1	1	5	1	3	3	3	1	1
K19	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
K20	3	3	7	7	3	3	3	5	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3
K21	3	2	3	3	1	1	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2
K22	2	1	1	4	1	2	1	1	1	2	2	4	2	1	4	2	3	1	1	2
K23	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
K24	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
K25	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
K26	2	4	4	5	4	3	3	4	4	4	5	5	4	4	4	4	3	4	2	3
K27	3	5	7	3	3	5	5	5	1	7	5	3	3	3	7	5	3	5	7	7
K28	7	2	2	6	5	5	8	2	7	2	2	4	4	6	2	2	2	2	7	4
K29	5	6	5	6	5	5	5	5	6	5	5	5	6	5	6	5	6	5	5	5
K30	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2
K31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K32	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
K33	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3
K34	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
K35	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1
K36	2	1	1	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2
K37	2	4	4	5	3	2	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	2	4	4	4
K38	3	5	6	5	5	6	5	3	6	1	5	3	3	1	6	3	3	3	6	3
K39	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	3	1	1	2	3	2	3	2	3	3
K40	3	3	1	1	3	1	2	2	1	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1
K41	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Keterangan: Gen = Genotipe; Kar = Karakter; K1 = Postur – (1) tegak, (2) agak tegak, (3) menyebar; K2 = Kerapatan tajuk – (3) jarang, (5) sedang, (7) padat; K3 = Vigor – (5) sedang, (7) kuat; K4 = Pembungaan terhadap tajuk – (1) dibawah, (2) satu level (3) diatas; K5 = Lepuhan daun – (1) tidak ada atau lemah, (2) sedang, (3) kuat; K6 = Kilapan daun – (2) sedang (3) kuat; K7 = Pinggiran daun terminal – (2) serrate to crenate, (3) crenate; K8 = Bentuk potongan melintang daun – (1) cembung, (2) lurus, (3) cekung; K9 = Arah rambut tangkai daun – (2) agak ke atas, (3) mendatar; K10 = Panjang terhadap lebar daun terminal – (2) sama panjang, (3) sedikit lebih panjang; K11 = Ukuran daun – (3) kecil, (5) sedang (7) besar; K12 = Panjang tangkai daun – (3) pendek, (5) sedang, (7) panjang; K13 = Warna permukaan daun – (4) hijau tua; K14 = Bentuk dasar daun terminal – (2) obtuse; K15 = Jumlah Stolon – (1) tidak ada atau sangat sedikit, (3) sedikit, (5) sedang, (7); K16 = Pewarnaan anthosianin stolon – (1) tidak ada atau sangat lemah, (3) lemah, (5) sedang, (7) kuat; K17 = Kerapatan rambut stolon – (1) jarang, (2) sedang, (3) rapat; K18 = Pewarnaan anthosianin stipula – (1) tidak ada atau sangat lemah, (2) lemah, (3) sedang; K19 = Arah rambut tangkai bunga – (1) ke atas, (2) agak ke atas, (3) mendatar, K20 = Diameter bunga – (3) kecil, (5) sedang, (7) besar; K21 = Ukuran kelopak terhadap mahkota – (1) lebih kecil, (2) sama besar, (3) lebih besar; K22 = Pnajang terhadap lebar mahkota = (1) jauh lebih pendek (2) sedikit lebih pendek, (3) sama panjang, (4) sedikit lebih panjang; K23 = Susunan petal – (3) overlapping; K24 = Tangkai sari – (9) ada; K25 = Warna permukaan atas mahkota bunga – (2) putih; K26 = Panjang terhadap lebar buah – (2) sedikit lebih pendek, (3) sama panjang, (4) sedikit lebih panjang; K27 = Ukuran buah - (1) sangat kecil, (3) kecil, (5) sedang, (7) besar; K28 = Bentuk buah – (2) conical, (4) ovoid, (5) cylindrical, (6) rhomboid, (7) obloid, (8) globose; K29 = Warna buah – (5) merah sedang, (6) merah tua; K30 = Kilapan – (2) sedang, (3) kuat; K31 = Kerataan warna buah – (1) rata atau sangat sedikit tidak rata; K32 = Kerataan permukaan – (1) merata atau sangat sedikit tidak rata, (2) sedikit tidak rata; K33 = Lebar leher tanpa achene – (3) tipis, (5) sedang; K34 = Posisi achene – (1) di bawah permukaan, (2) rata dengan permukaan; K35 = Posisi penempelan kelopak – (1) masuk ke dalam (2) rata dengan buah; K36 = Arah kelopak – (1) ke atas, (2) ke samping, (3) ke bawah; K37 = Diameter kelopak terhadap diameter buah – (2) sedikit lebih kecil, (3) sama besar, (4) sedikit lebih besar, (5) jauh lebih besar; K38 = Warna daging buah – (1) keputihan, (3) merah orange, (5) merah cerah, (6) merah sedang; K39 = Warna bagian tengah buah – (1) putih, (2) merah terang, (3) merah sedang; K40 = Rongga buah – (1) tidak ada atau kecil, (2) sedang, (3) besar; K41 = Pelekatan kelopak – (7) kuat.

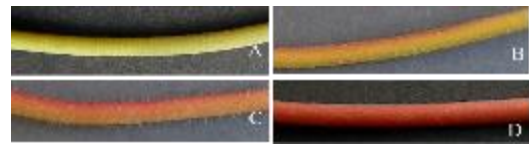
Persamaan yang dimiliki pada karakter bunga yaitu memiliki susunan petal *overlapping*, permukaan atas mahkota bunga berwarna putih, dan terdapat tangkai sari pada seluruh bunga yang diamati (Gambar 1). Hasil yang sama juga diperoleh pada penelitian yang dilakukan Sharma et al. (2021) dimana seluruh kultivar stroberi yang diamati menghasilkan tipe bunga hermaphrodit dan berwarna putih. Kesamaan juga ditemukan pada beberapa karakter buah dimana pelekatan kelopak buah cenderung kuat dan sebagian besar buahnya memiliki kerataan warna merata atau sedikit tidak rata.

Keragaman didapat pada karakter tanaman, karakter stolon, karakter daun serta karakter bunga dan buah. Ditemukan genotipe yang memiliki posisi pembungaan satu level (P14) dan diatas level (P11), sedang 18 genotipe lainnya memiliki posisi pembungaan dibawah tajuk (Gambar 2).



Gambar 2. Posisi pembungaan: A) diatas, B) satu level, C) dibawah

Untuk karakter stolon, terdapat variasi pada pewarnaan anthosianin dari tidak ada hingga kuat dimana sebagian besar genotipe (16 genotipe) memiliki karakter tidak ada atau sangat lemah (Gambar 3). Keragaman juga ditemui pada karakter kerapatan rambut stolon yang bervariasi dari jarang hingga rapat (Gambar 4). Beberapa karakter stolon tergantung pada kondisi pertumbuhan dan karakteristik varietasnya (Darrow, 1966).



Gambar 3. Pewarnaan anthosianin: A) tidak ada atau sangat lemah B) lemah C) sedang D) kuat



Gambar 4. Kerapatan rambut stolon: A) jarang B) sedang C) rapat

Keragaman ditemui pada karakter daun yaitu pada ukuran, lepuhan, kilapan, panjang terhadap daun terminal, bentuk potongan melintang daun, arah rambut tangkai daun, pewarnaan antosianin stipula, dan bentuk pinggiran daun. Bentuk pinggiran daun sebagian besar genotipe adalah *serrate to crenate* (16 genotipe) dan hanya 4 genotipe saja yang memiliki bentuk pinggiran daun *crenate* (P3, P7, P17, P19) (Gambar 5).



Gambar 5. Pinggiran daun terminal: A) *crenate* B) *serrate to crenate*

Terdapat 7 karakter bunga yang diamati, dimana terdapat 3 karakter yang seragam dan 4 karakter yang beragam (arah rambut tangkai bunga, diameter bunga, ukuran kelopak terhadap mahkota, panjang terhadap lebar mahkota). Sebagian besar genotipe yang diamati memiliki arah rambut tangkai bunga ke atas (17 genotipe), kecuali P12 dan P13 (agak ke atas) serta P7 (mendatar) (Gambar 6). Sebagian besar genotipe memiliki ukuran kelopak terhadap

mahkota lebih besar (13 genotipe), beberapa genotipe lainnya lebih kecil (P5, P6, P17, P19, P20) dan sama besar (P2 dan P10) (Gambar 7).

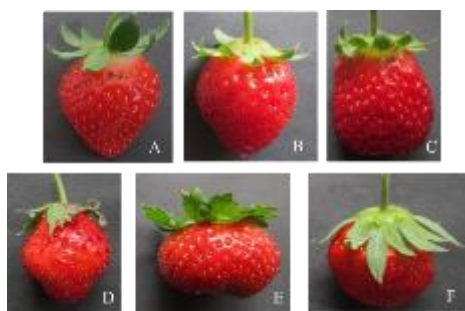


Gambar 6. Arah rambut tangkai bunga: A) keatas B) agak keatas C) mendatar



Gambar 7. Ukuran kelopak terhadap mahkota: A) lebih besar B) sama besar C) lebih kecil

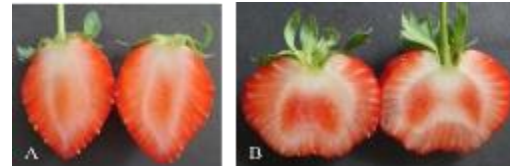
Karakter buah adalah karakter yang paling banyak diamati yaitu terdapat 16 karakter dimana terdapat 2 karakter yang seragam dan 14 karakter yang beragam. Bentuk buah yang diamati cukup beragam yaitu *conical* (8 genotipe), *ovoid* (4 genotipe), *cylindrical* (2 genotipe), *rhomboid* (2 genotipe), *obloid* (3 genotipe), dan *globose* (2 genotipe) (gambar 8).



Gambar 8. Bentuk buah: A) *conical* B) *ovoid* C) *cylindrical* D) *rhomboid* E) *obloid* F) *globose*

Terdapat 16 genotipe memiliki posisi penempelan kelopak rata dengan buah dan 4 genotipe lainnya memiliki posisi masuk ke dalam (P2, P8, P17, P20) (Gambar 9). 14

genotipe memiliki arah kelopak buah ke samping, 5 genotipe dengan arah ke atas, dan 1 genotipe dengan arah ke bawah (P4) (Gambar 10). Sebagian besar genotipe tidak memiliki atau memiliki rongga buah yang kecil (13), beberapa genotipe memiliki rongga buah yang sedang (P7, P8, P13) dan besar (P1, P2, P5, P12) (Gambar 11).



Gambar 9. Posisi penempelan kelopak buah: A) rata dengan buah B) masuk ke dalam



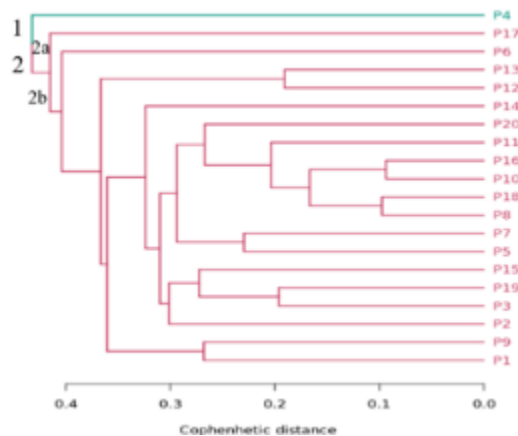
Gambar 10. Arah kelopak buah: A) kebawah B) kesamping C) keatas



Gambar 11. Rongga buah: A) tidak ada atau kecil B) sedang C) besar

Analisis Kluster Keragaman Morfologi

Hasil analisis kluster terhadap karakter morfologi 20 genotipe stroberi menunjukkan bahwa ke 20 genotipe terbagi menjadi 2 kelompok dimana kelompok pertama terdiri dari 1 genotipe (P4) dan kelompok kedua terdiri dari 19 genotipe lainnya (Gambar 12). Kelompok 1 dicirikan dengan buah yang memiliki arah kelopak ke bawah, sedang kelompok 2 dicirikan dengan buah yang memiliki arah kelopak ke atas dan kesamping.



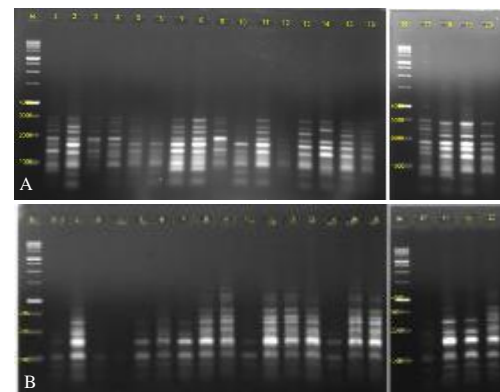
Gambar 12. Dendrogram pengelompokan 20 genotipe stroberi berdasarkan marka morfologi

Nilai koefisien ketidakmiripan (*dissimilarity coefficient*) berkisar antara 0,0936–0,5977 dengan rerata 0,3451. Nilai koefisien ketidakmiripan terendah ialah antara P16 dan P10 (0,0936) yang berarti bahwa kedua genotipe ini memiliki tingkat kemiripan yang tinggi dan berkerabat dekat. Nilai koefisien ketidakmiripan tertinggi dimiliki oleh P1 dan P4 (0,5977) yang berarti bahwa kedua genotipe ini memiliki tingkat kemiripan yang lebih rendah dan berkerabat jauh bila dibandingkan genotipe lain

Analisis kluster umum digunakan dalam menentukan kemiripan antar genotipe (Péroumal *et al.*, 2017). Keberadaan genotipe dalam suatu kelompok menunjukkan hubungan kekerabatannya. Keberadaan genotipe dalam satu kelompok menunjukkan bahwa genotipe tersebut memiliki kekerabatan dekat, sebaliknya genotipe yang berada dalam kelompok yang berbeda menunjukkan bahwa genotipe tersebut memiliki kekerabatan yang jauh (Ezward *et al.*, 2020).

Amplifikasi DNA berdasarkan Primer Terpilih

Amplifikasi DNA dengan menggunakan 10 primer RAPD menghasilkan 111 pola pita yang sebagian besar polimorfik yaitu sejumlah 105 (95,5%) dari total pita (Tabel 3). Pola pita polimorfik adalah pola pita yang beragam antar varietas/ aksesi, sedang pola pita monomorfik adalah pola pita yang sama antar varietas/ aksesi. Dalam kegiatan analisis kekerabatan, keberadaan pita polimorfik lebih baik daripada pita yang monomorfik (Rohaeni *et al.*, 2016).



Gambar 13. Elektroforegram analisis PCR dua puluh genotipe stroberi dengan primer RAPD: A) OPW-09 B) OPW-14

Potongan pita DNA stroberi hasil amplifikasi dengan primer RAPD pada beberapa penelitian sebelumnya dilaporkan menghasilkan ukuran pada kisaran yang beragam diantaranya 300–3500 bp (Żebrowska & Marecki, 2023), 200–5000 bp (Sirijan *et al.*, 2020), 130–2000 bp (Aristya *et al.*, 2019), 183–5180 bp (Surgun-Acar *et al.*, 2018), dan 250–5000 bp (Sweety *et al.*, 2017). Berdasarkan penelitian sebelumnya tersebut, maka dapat diketahui bahwa fragmen DNA yang diperoleh berada pada kisaran 183–5180 bp. Fragmen DNA yang diperoleh pada percobaan ini termasuk dalam kisaran tersebut yaitu sebesar 500–5000 bp.

Tabel 4. Rekapitulasi pita hasil amplifikasi 10 primer RAPD dan nilai PIC.

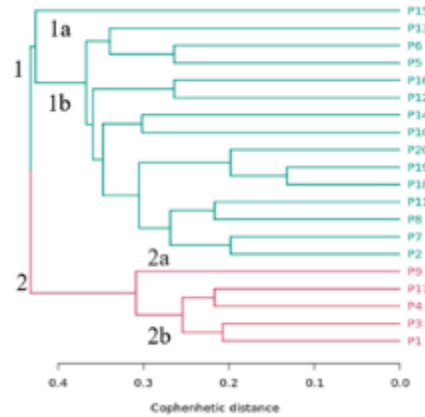
Nama Primer	Jumlah Pita	Pita		PIC
		Polimorfik	Monomorfik	
OPE-04	9	9	0	0,50
OPO-07	13	13	0	0,49
OPN-09	11	11	0	0,52
OPW-14	14	12	2	0,78
OPA-07	12	12	0	0,50
OPE-20	12	12	0	0,49
OPAH-04	14	13	1	0,47
OPN-18	8	8	0	0,49
OPW-09	11	9	2	0,42
OPN-17	7	7	0	0,50
Total	111	105	5	---

Hasil perhitungan nilai *Polymorphism Information Content* (PIC) menunjukkan kisaran nilai antara 0,42–0,78 dengan rerata 0,52. Nilai PIC marka yang digunakan sangat penting diketahui untuk analisis keragaman genetik dan keragaman plasma nutfah (Rohaeni *et al.*, 2016). Nilai PIC terendah dimiliki oleh primer OPW-09, sedangkan nilai PIC tertinggi dimiliki oleh primer OPW-14. Nilai PIC tinggi berarti sangat informatif, nilai PIC sedang berarti cukup informatif, dan nilai PIC rendah berarti kurang informatif (Botstein *et al.*, 1980).

Hasil perhitungan nilai PIC mengindikasikan bahwa polimorfisme sebesar 42–78 % dapat dideteksi dengan menggunakan marka RAPD yang digunakan (Rohaeni *et al.*, 2016). Primer dengan nilai PIC yang lebih tinggi adalah primer yang dapat digunakan sebagai marka molekuler (Dalimunthe *et al.*, 2020) dan informatif digunakan untuk identifikasi keragaman tanaman (Anggraheni *et al.*, 2019). Pada percobaan ini nilai PIC yang diperoleh termasuk ke dalam kategori sedang sampai tinggi yang berarti bahwa primer yang digunakan cukup hingga sangat informatif

digunakan dalam identifikasi keragaman tanaman.

Analisis kluster berdasarkan marka RAPD



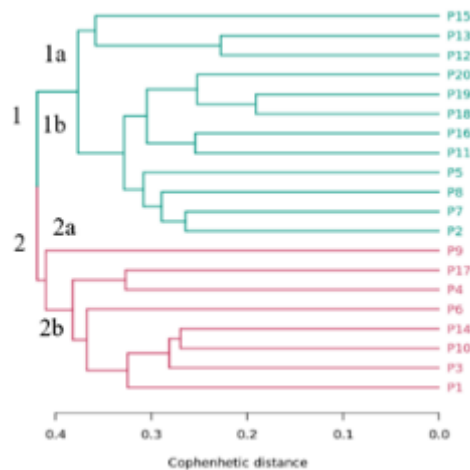
Gambar 14. Dendrogram pengelompokan 20 genotipe stroberi berdasarkan marka molekuler RAPD

Analisis kluster terhadap hasil PCR dengan menggunakan 10 primer RAPD menunjukkan bahwa 20 genotipe stroberi terbagi menjadi 2 kelompok besar (Gambar 2) dengan nilai koefisien ketidakmiripan berkisar antara 0,1321-0,5566 dengan rerata 0,3776. Nilai koefisien ketidakmiripan terendah ialah antara P18 dengan P19. Nilai koefisien ketidakmiripan tertinggi dimiliki oleh P8 dan P4. Kelompok 1 dicirikan dengan keberadaan pita berukuran 4000 bp pada primer OPE-20, sedang kelompok 2 tidak memiliki pita pada primer dan ukuran tersebut.

Analisis Gabungan Marka Morfologi dan Molekuler

Hasil analisis kluster (dendrogram) dengan menggunakan marka morfologi maupun molekuler menunjukkan bahwa ke 20 genotipe terbagi atas 2 kelompok besar, namun demikian kedua dendrogram menunjukkan hasil yang berbeda sehingga dilakukan analisis dengan menggabungkan

data kedua marka baik morfologi maupun molekuler. Dendrogram gabungan (Gambar 15) memberikan hasil bahwa ke 20 genotipe terbagi menjadi 2 kelompok sebagaimana dendrogram sebelumnya (morfologi dan molekuler).



Gambar 15. Dendrogram pengelompokan 20 genotipe stroberi berdasarkan marka morfologi dan molekuler

Perbedaan hasil analisis klaster berdasarkan marka morfologi dan molekuler juga ditemui pada beberapa penelitian lain yaitu pada jambu air (Anggraheni *et al.*, 2019), bawang merah (Pratiwi *et al.*, 2020), mustard (Rajpoot *et al.*, 2022), dan barley (Mohamed *et al.*, 2021). Rugienius *et al.* (2015) menggabungkan analisis dari 2 marka (SSR dan AFLP) untuk mengkarakterisasi kultivar dan klon stroberi dimana penggabungan keduanya meningkatkan pengetahuan tentang keragaman genetik yang dikembangkan di Lithuania.

Koefisien ketidakmiripan analisis gabungan berkisar antara 0,1657 – 0,5264 dengan rerata 0,3697 dimana nilai ini tidak berbeda jauh dengan nilai kisaran dan rerata pada marka morfologi dan RAPD. Nilai koefisien ketidakmiripan terendah ialah antara P18 dengan P19 dan nilai koefisien ketidakmiripan tertinggi antara P8

dan P4. Koefisien ketidakmiripan terendah dan tertinggi pada analisis gabungan ini dimiliki oleh genotipe-genotipe yang sama dengan hasil analisis pada marka RAPD dimana nilai terendah adalah antara P18 dan P19, sedang nilai tertinggi adalah antara P8 dan P4. Nilai koefisien kemiripan yang rendah menunjukkan bahwa dalam suatu populasi terdapat individu-individu yang memiliki perbedaan sifat yang besar (Nur *et al.*, 2017)

Pengetahuan tentang keragaman genetik dan filogenetik berperan penting dalam menentukan keterkaitan dan karakterisasi plasma nutfah serta program pemuliaan suatu tanaman (Herrero *et al.*, 1996). Karakterisasi dapat dilakukan melalui karakter morfologi ataupun genetik untuk memperoleh deskripsi dari suatu tanaman yang sangat penting dalam kegiatan pemuliaan tanaman (Anggraheni *et al.*, 2019). Keragaman genetik dari suatu tanaman dapat digunakan sebagai landasan bagi pemulia tanaman untuk melakukan identifikasi sifat perbaikan plasma nutfah (Li *et al.*, 2010).

Nilai koefisien ketidakmiripan yang lebih tinggi menunjukkan bahwa terdapat lebih sedikit kemiripan antara kedua individu daripada individu yang memiliki nilai koefisien ketidakmiripan lebih rendahserta terdapat jarak genetik yang lebih jauh antar individu tersebut. Pengetahuan terkait nilai jarak genetik sangat penting bagi pemulia untuk menentukan kombinasi terbaik dalam melakukan persilangan (Syafaruddin & Pabendon, 2017). Untuk menciptakan keragaman tinggi, genotipe yang memiliki jarak genetik jauh dapat digunakan sebagai tetua persilangan (Kuswandi *et al.*, 2014). Persilangan antar tetua dengan jarak genetik yang jauh berpeluang untuk menghasilkan keturunan dengan sifat yang

unggul dan lebih baik dari tetuanya (Rohaeni *et al.*, 2016).

Genotipe yang memiliki jarak genetik jauh dan penampilan unggul untuk karakter-karakter target akan dijadikan sebagai tetua untuk disilangkan dengan varietas yang adaptif untuk menghasilkan keturunan dengan efek heterosis dan segregasi yang lebih besar (Ghasemi, 2018). Terdapat beberapa karakter yang dapat dipertimbangkan untuk perakitan stroberi diantaranya yaitu produktivitas, kemampuan tanaman beradaptasi dengan sistem dan kondisi budidaya lokal, ketahanan terhadap hama dan penyakit serta kualitas buah (rasa, warna, bentuk, kandungan nutrisi) (Mezzetti *et al.*, 2018).

Hasil pengamatan 20 genotipe stroberi menunjukkan bahwa terdapat beberapa genotipe yang memiliki ukuran buah besar yaitu P3, P10, P15, P19, dan P20. P3 dan P15 memiliki warna merah tua, sedang P10, P19 dan P20 memiliki warna merah sedang (Tabel 3). Berdasarkan keunggulan yang dimiliki, genotipe-genotipe tersebut dapat dipertimbangkan sebagai tetua dengan memperhatikan jarak genetik dan penampilan morfologi stroberi yang dimiliki.

SIMPULAN

1. Hasil analisis klaster berdasarkan marka morfologi menunjukkan bahwa 20 genotipe yang diuji menunjukkan nilai koefisien ketidakmiripan 0,0936 – 0,5977 dan terbagi menjadi 2 kelompok dimana kelompok 1 dicirikan dengan buah yang memiliki arah kelopak ke bawah, sedang kelompok 2 dicirikan dengan arah kelopak buah ke atas dan kesamping.
2. Berdasarkan analisis molekuler, genotipe yang diuji menunjukkan nilai

koefisien ketidakmiripan 0,1321-0,5566 dan terbagi menjadi 2 kelompok. Kelompok 1 dicirikan dengan keberadaan pita dan kelompok 2 dicirikan dengan ketiadaan pita pada ukuran 4000 bp dengan primer OPE-20.

3. Hasil analisis klaster gabungan menunjukkan koefisien ketidakmiripan 0,1657-0,5264 dan memisah menjadi 2 kelompok.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika (BPSI Jestro) yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraheni, Y. G. D., Adi, E. B. M., Wibowo, H., & Mulyaningsih, E. S. (2019). Analisis keragaman jambu air (*Syzygium* sp.) koleksi kebun plasma nutfah Cibinong berdasarkan morfologi dan RAPD. *Biopropal Industri*, 10(2), 95–107.
- Arisah, H., Saptadi, D., Ashari, S., Agisimanto, D., & Yulianti, F. (2022). Disclosing the Genetic Diversity of “Earlibrite” Strawberry Mutant Induced by Gamma-ray Irradiation Using ISSR Markers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1114(1), 0–6.
- Aristya, G. R., Kasiamdari, R. S., Setyoningrum, R., & Larasati, B. (2019). Genetic variations of strawberry cultivars of *Fragaria x ananassa* and *Fragaria vesca* based on RAPD. *Biodiversitas*, 20(3), 770–775. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200322>
- Ather-uz-Zaman, Al-Khayri, J., & Islam, R.

- (2018). Genetic Improvement of Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duchesne). In J. Al-Khayri, S. Jain, & D. Johnson (Eds.), *Genetic Improvement of Strawberry (Fragaria x ananassa Duchesne)*. In: *Advances in Plant Breeding Strategies: Fruits* (Vol. 3). https://doi.org/10.1007/978-3-319-91944-7_9
- Bhowal, R. R., Hossain, M. M., Kayesh, E., & Hasan, M. (2019). Morphological and Molecular Characterization of Tropical Strawberry. *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, 29(2), 267–276. <https://doi.org/10.3329/ptcb.v29i2.44515>
- Botstein, D., White, R. L., Skolnick, M., & Davis, R. W. (1980). Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *Am J Hum Gen*, 32, 314–331.
- Çelik, O., Doğan, H., Akdaş, E., Uslu, & Zengin. (2017). Genetic Similarity between Ottoman Strawberry and the Other Early-Period Strawberry Cultivars Assessed by RAPD Markers. *Austin Biol. Austin Biol*, 2(2), 1019–1.
- Corrêa, J. V. W., Weber, G. G., Zeist, A. R., de Resende, J. T. V., & Da-Silva, P. R. (2021). ISSR Analysis Reveals High Genetic Variation in Strawberry Three-Way Hybrids Developed for Tropical Regions. *Plant Molecular Biology Reporter*, 39(3), 566–576. <https://doi.org/10.1007/s11105-020-01270-7>
- Dalimunthe, S. R., Siregar, L. A. M., Putri, L. A. P., Chairunnisa, T., & Hairmansis, A. (2020). Polymorphism levels of some SSR markers (Simple Sequence Repeat) for parental line identification on low temperature tolerance. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 454(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/454/1/012165>
- Darrow, G. (1966). The Strawberry: History, Breeding and Physiology. In *The Strawberry History, Breeding and Physiology* (First). <https://doi.org/10.1201/9781351076159-9>
- Doyle, J. J., & Doyle, J. L. (1987). A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19, 11–15.
- Ezward, C., Suliansyah, I., Rozen, N., & Dwipa, I. (2020). Identifikasi karakter vegetatif beberapa genotipe padi lokal kabupaten kuantan singingi. *Menara Ilmu*, XIV(2), 12–22.
- Ghasemi, Y. (2018). Assessment of genetic diversity and fingerprinting of strawberry genotypes using inter simple sequence repeat marker. *Horticulture International Journal*, 2(5), 264–269. <https://doi.org/10.15406/hij.2018.02.00062>
- Ghislain, M., Dapeng, Z., Fajardo, D., Huamán, Z., & Hijmans, R. J. (1999). Markerassisted sampling of the cultivated Andean potato *Solanum phureja* collection using RAPD markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46, 547–555. <https://doi.org/10.1023/A>
- Haque Bir, M. S., Haque, M. S., Haque, M., Nath, U. K., Khatun, R. A., Ali, M., ... Park, K. W. (2018). Analysis of genetic polymorphisms in somaclonal variants of strawberry by RAPD markers. *Bioscience Research*, 15(3), 2840–2847.
- Herrero, R., Asíns, M. J., Carbonell, E. A., & Navarro, L. (1996). Genetic diversity in the orange subfamily Aurantioideae. I.

- Intraspecies and intragenus genetic variability. *Theoretical and Applied Genetics*, 92(5), 599–609. <https://doi.org/10.1007/BF00224564>
- Kumari, S. (2019). Molecular Characterization of Different Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) Cultivars Growing under Mid Hill Conditions of Himachal Pradesh. *International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology*, 12(4). <https://doi.org/10.30954/0974-1712.12.2019.6>
- Kuras, A., & Korbin, M. (2010). PCo-A analysis of strawberry germplasm used in european breeding programs , based on evaluation of dna polymorphism of investigated plants. *J. Fruit Ornam. Plant Res*, 18(2), 7–16.
- Kuswandi, Sobir, & Suwarno, W. (2014). Keragaman genetik plasma nutfah rambutan di Indonesia berdasarkan karakter morfologi. *J. Hort*, 24(4), 289–298.
- Kwon, H. M., Lee, M. J., Nam, J. H., Lee, S. Y., & Rho, I. R. (2020). Assessing the genetic similarity of F1 strawberry plants using RAPD markers.pdf. *Eur. J. Hort. Sci*, 85(6), 447–454.
- Li, X., Xie, R., Lu, Z., & Zhou, Z. (2010). The Origin of Cultivated Citrus as Inferred from Internal Transcribed Spacer and Chloroplast DNA Sequence and Amplified Fragment Length Polymorphism Fingerprints. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 135, 341–350. <https://doi.org/10.21273/JASHS.135.4.341>
- Lim, S., Lee, J., Lee, H. J., Park, K. H., Kim, D. S., Min, S. R., ... Kim, H. R. (2017). The genetic diversity among strawberry breeding resources based on SSRs. *Scientia Agricola*, 74(3), 226–234. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0046>
- Mezzetti, B., Giampieri, F., Zhang, Y. T., & Zhong, C. F. (2018). Status of strawberry breeding programs and cultivation systems in Europe and the rest of the world. *Journal of Berry Research*, 8(3), 205–221. <https://doi.org/10.3233/JBR-180314>
- Mohamed, A. H., Omar, A. A., Attya, A. M., Elashtokhy, M. M. A., Zayed, E. M., & Rizk, R. M. (2021). Morphological and molecular characterization of some egyptian six-rowed barley (*Hordeum vulgare* l.). *Plants*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/plants10112527>
- Nur, A., Syahrudin, K., & Pabendon, M. B. (2017). Keragaman Genetik Populasi Gandum Hasil Persilangan Konvergen. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 1(2), 143–151.
- Péroumal, A., Adenet, S., Rochefort, K., Fährasmane, L., & Aurore, G. (2017). Variability of traits and bioactive compounds in the fruit and pulp of six mamey apple (*Mammea americana* L.) accessions. *Food Chemistry*, 234. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.145>
- Pratiwi, E. E., Maharijaya, A., & Dinarti, D. (2020). Keragaman Genetik Bawang Merah (*Allium cepa* var. aggregatum) Berdasarkan Marka Morfologi dan Molekuler. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 11(1), 51–60.
- Rajpoot, N. S., Tripathi, M. K., Tiwari, S., Tomar, R. S., Tripathi, N., Sikarwar, R. S., & Tomar, S. S. (2022). Morphological and Molecular Characterization of Indian Mustard Germplasm Lines. *Research Developments in Science and Technology Vol. 4*, (May), 151–165.

- <https://doi.org/10.9734/bpi/rdst/v4/2307b>
- Rohaeni, W. R., Susanto, U., Yunani, N., Usyati, N., & Satoto. (2016). Kekerabatan beberapa aksesori padi lokal tahan hama penyakit berdasarkan analisis polimorfisme marka SSR. *Jurnal Agro Biogen*, 12(2), 81–90.
- Rugienius, R., Šikšnianienė, J. B., Frercks, B., Stanienė, G., Stepulaitienė, I., Haimi, P., & Stanys, V. (2015). Characterization of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) cultivars and hybrid clones using SSR and AFLP markers. *Zemdirbyste-Agriculture*, 102(2), 177–184.
- Sharma, S., Kaur, R., Kumar, K., & Prasad, H. (2021). Genetic variability in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) cultivars assessed by morphological traits and EST-SSR markers of *Rubus ellipticus*. *Indian Journal of Biotechnology*, 20(1), 81–90.
- Sirijan, M., Drapal, M., Chaiprasart, P., & Fraser, P. D. (2020). Characterisation of Thai strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) cultivars with RAPD markers and metabolite profiling techniques. *Phytochemistry*, 180, 112522. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2020.112522>
- Surgun-Acar, Y., Iskil, R., Ceylan, K. B., & Ceylan, Y. (2018). Genotoxicity assessment of heavy metals (Zn, Cr, Pb) on strawberry plants using RAPD assay. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(4), 2483–2491.
- Sweety, M. A., Hossain, M. M., Hoque, M. A., Hasan, M., Ivy, N. A., Islam, M. N., ... Mitra, S. (2017). Molecular characterization of tropical strawberry genotypes. *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, 27(1), 33–39. <https://doi.org/10.3329/ptcb.v27i1.35010>
- Syafaruddin, & Pabendon, M. . (2017). Keragaman genetik antar klon kopi robusta lokal Pagar Alam berdasarkan analisis marka SSR. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*, 4(3), 133–144.
- Żebrowska, J., & Marecki, W. (2023). Genetic similarity of four strawberry cultivars in respect to *Verticillium* wilt susceptibility under in vitro selection. *Agron. Sci.*, 1, 1–16. <https://doi.org/doi.org/10.24326/as.2023.5080>