

Genetik dan Persilangan Tanaman Jarak Pagar

UU No. 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan Sifat Hak Cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Genetik dan Persilangan Tanaman Jarak Pagar

Susanti Diana

Benyamin Lakitan

Andi Wijaya

Memen Surahman

Dora Fatma Nurshanti

Ekawati Danial



Cerdas, Bahagia, Mulia, Lintas Generasi.

GENETIK DAN PERSILANGAN TANAMAN JARAK PAGAR

Penulis : Susanti Diana, Benyamin Lakitan, Andi Wijaya, Memen Surahman,
Dora Fatma Nurshanti & Ekawati Danial
Editor : Salsabila Eka Amalia
Desain Cover : Nama
Sumber : Link
Tata Letak : Joko W
Proofreader : A. Timor Eldian

Ukuran:
xii, 84 hlm., Uk.: 15.5x23 cm

ISBN:
No. ISBN

Cetakan Pertama:
Bulan 2024

Hak Cipta 2024 pada Penulis
Copyright © 2024 by Deepublish Publisher
All Right Reserved

PENERBIT DEEPUBLISH
(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)
Anggota IKAPI (076/DIY/2012)
Jl. Rajawali, Gg. Elang 6, No. 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman
Jl. Kaliurang Km. 9,3 – Yogyakarta 55581
Telp./Faks : (0274) 4533427
Website : www.penerbitdeepublish.com
www.deepublishstore.com
E-mail : cs@deepublish.co.id

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

Isi di luar tanggung jawab percetakan.

KATA PENGANTAR PENERBIT

Segala puji kami haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas limpahan segala anugerah dan karunia-Nya. Dalam rangka mencerdaskan dan memuliakan umat manusia dengan penyediaan serta pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk menciptakan industri *processing* berbasis sumber daya alam (SDA) Indonesia, Penerbit Deepublish dengan bangga menerbitkan buku dengan judul ***Rahasia Sukses Budidaya Jarak Pagar***.

Buku ini menguraikan secara mendalam tentang kaitan tanaman jarak genetik tetua dengan efek heterosis, serta upaya perbaikan genetik daya perolehan dengan pemupukan. Selain itu, buku ini mengulas tentang genotipe tanaman jarak pagar dan hal-hal yang memiliki efek pada produksi minyak biji, termasuk penggunaan pupuk organik dan anorganik. Pada buku ini juga dijelaskan secara rinci bagaimana meningkatkan potensi dari tanaman jarak pagar dengan menyusun progeni jarak pagar.

Terima kasih dan penghargaan terbesar kami sampaikan kepada penulis, Susanti Diana, Benyamin Lakitan, Andi Wijaya, Memen Surahman, Dora Fatma Nurshanti, dan Ekawati Danial, yang telah memberikan kepercayaan, perhatian, dan kontribusi penuh demi kesempurnaan buku ini. Semoga buku ini bermanfaat bagi semua pembaca, mampu berkontribusi dalam mencerdaskan dan memuliakan umat manusia, serta mengoptimalkan pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi di tanah air.

Hormat Kami,

Penerbit Deepublish

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR PENERBIT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
BAB I MENGAPA MEMILIH JARAK PAGAR?	1
BAB II ANATOMI JARAK PAGAR DAN KEBUTUHAN LINGKUNGANNYA.....	6
BAB III IDENTIFIKASI GENETIKA DAN PERSILANGAN TANAMAN JARAK PAGAR.....	14
BAB IV MORFOLOGI DAN EKOLOGI JARAK PAGAR.....	28
BAB V GENETIKA DAN PERSILANGAN TANAMAN JARAK PAGAR	62
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Skema Identifikasi Genetika dan Persilangan Tanaman Jarak Pagar	15
Gambar 2.	Laju perkecambahan (Hari Setelah Semai (HSS) dan persentase daya tumbuh (%).	28
Gambar 3.	Penampilan pita DNA hasil amplifikasi dari beberapa aksesori jarak pagar menggunakan primer OPE-15. Lajur atas:37) Pontianak, 38) Aceh, 39) Pidi, 42) Indralaya, 45) Curup, 48) Lampung, 49) ATP2, dan ld) leader/pembanding.....	39
Gambar 3.	Penampilan pita DNA hasil amplifikasi dari beberapa aksesori jarak pagar menggunakan primer OPH-13. Lajur atas:37) Pontianak, 38) Aceh, 42) Indralaya, 44) Palembang, 49) ATP2, dan ld) leader/pembanding.	40
Gambar 5.	Dendrogram dari 14 genotipe jarak pagar pada klaster berdasarkan penanda RAPD dengan sistem UPGMA.	41
Gambar 6.	Dendrogram 15 aksesori jarak pagar pada klaster berdasarkan penanda morfologi dengan sistem UPGMA.	42
Gambar 7.	Rata-rata persentase keberhasilan persilangan (%), persentase daya tumbuh (%), dan kadar minyak biji (%).	44

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Daftar aksesori yang digunakan.....	16
Tabel 2.	Jenis dan urutan basa dari 20 primer yang digunakan untuk polimorfisme DNA tanaman jarak pagar (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	21
Tabel 3.	Ragam dari aksesori jarak pagar terhadap tinggi tanaman (cm) diameter batang (cm), jumlah daun, kandungan klorofil daun, dan LTR (g/g/hari).	29
Tabel 4.	Nilai heritabilitas dari aksesori jarak pagar terhadap tinggi tanaman (cm), diameter batang (cm), jumlah daun, kandungan klorofil daun, dan LTR (g/g/hari).....	29
Tabel 5.	BJND 15 aksesori terhadap tinggi tanaman (cm), diameter batang (cm), jumlah daun, klorofil daun, dan LTR (g/g/hari) di pembibitan umur 10 hari sampai 92 hari.....	30
Tabel 6.	Rekapitulasi sidik ragam dari karakter kuantitatif pada aksesori yang diamati di lapangan.	31
Tabel 7.	Heritabilitas (%) dari karakter kuantitatif pada aksesori yang diamati di lapangan.....	31
Tabel 8.	BJND 15 aksesori terhadap pertambahan diameter batang (cm), jumlah cabang primer, waktu berbunga (HST), jumlah buah/tanaman, dan jumlah malai /tanaman mulai umur 1 bulan HST sampai 10 bulan HST.	32
Tabel 9.	BJND 5 aksesori terhadap jumlah bunga betina/malai, jumlah bunga jantan/malai, berat buah/tanaman (kg), berat biji/tanaman (kg), dan jumlah biji/tanaman di lapangan mulai umur 1 bulan HST – 10 bulan HST.	33
Tabel 10.	BJND 15 aksesori terhadap panjang buah (cm), diameter buah (cm) panjang biji (cm), dan diameter biji (cm)	

	di lapangan mulai umur 1 bulan HST – 10 bulan (HST).	35
Tabel 11.	Nilai rata-rata 15 aksesi terhadap pertambahan tinggi tanaman (cm), persentase bunga jadi buah (%), minyak biji (%) dan produksi hasil (berat kernel x minyak biji) (kg) di lapangan mulai umur 1 bulan-10 bulan (HST).	35
Tabel 12.	Karakter kualitatif yang diamati pada 15 aksesi jarak pagar.....	36
Tabel 13.	Korelasi antara karakter	38
Tabel 14.	Matrik perkiraan jarak genetik (koefisien DICE) dari 14 aksesi jarak pagar berdasarkan data RAPD.	41
Tabel 15.	Matrik perkiraan jarak genetik (koefisien DICE) dari 15 aksesi jarak pagar berdasarkan data morfologi.	43
Tabel 16.	Rata-rata diameter biji (cm), panjang biji (cm), berat buah/5 buah (g), dan diameter buah (cm) pada 16 hasil silangan.	44
Tabel 17.	Rata-rata panjang buah (cm), jumlah biji/buah, berat biji/5 buah (g) dari 16 perolehan silangan.....	45
Tabel 18.	Sidik ragam dari progeni jarak pagar pada nitrat reduktase ($\mu\text{M NO}_2/\text{gbb/jam}$), laju tumbuh relatif (g/g/hari) dan klorofil daun di pembibitan.	46
Tabel 19.	BJND pada laju tumbuh relatif (g/g/hari), rata – rata nilai nitrat reduktase ($\mu\text{M NO}_2/\text{gbb/jam}$), dan khlorofil daun dari 16 progeni	46
Tabel 20.	Sidik ragam dari progeni jarak pagar pada karakter kuantitatif di lapangan.....	47
Tabel 21.	BNJD α 0.05 pada jumlah cabang primer, waktu berbunga (HST), jumlah bunga betina/malai, dan jumlah bunga jantan/malai dari 16 progeni.....	48
Tabel 22.	BNJD α 0.05 pada berat buah (kg), berat biji (kg) jumlah biji, dan panjang biji (cm) dari 16 progeni.....	49
Tabel 23.	Rata-rata dari pertambahan tinggi tanaman (cm), pertambahan diameter batang (cm), jumlah buah,	

	jumlah malai, dan persentase bunga jadi buah (%) dari 16 progeni.....	50
Tabel 24.	Rata-rata dari kadar minyak biji (%), panjang buah (cm), diameter buah (cm), diameter biji (cm), dan produksi minyak (berat kernel x kadar minyak biji) (kg) dari 16 progeni.....	51
Tabel 25.	Heterosis (%) dari produksi biji (kg) dan kadar minyak biji (%).....	51
Tabel 26.	Rekapulasi sidik ragam dari progeni, pupuk dan interaksi progeni dan pupuk pada karakter kuantitatif jarak pagar di lapangan yang diberi perlakuan Mg dan Zn.	52
Tabel 27.	BJND interaksi progeni dengan pupuk pada waktu berbunga (HST), berat buah/tanaman (kg), panjang biji (cm) dan kandungan Mg daun (%).	53
Tabel 28.	BJND progeni pada waktu berbunga (HST), jumlah buah, dan jumlah malai.	54
Tabel 29.	BJND nilai progeni pada berat buah/tanaman, jumlah biji/tanaman (buah), kadar minyak biji (%), dan diameter buah (cm).....	55
Tabel 30.	BJND efek pupuk pada waktu berbunga (HST), jumlah buah/tanaman, dan jumlah bunga jantan/malai.	55
Tabel 31.	BJND efek pupuk pada berat buah/tanaman, jumlah biji/ tanaman, kadar minyak biji (%), dan diameter buah (cm).....	56
Tabel 33.	Rata-rata interaksi progeni dan pupuk pada pertambahan diameter batang (cm), jumlah cabang primer/tanaman, persentase bunga betina jadi buah (%), jumlah bunga betina/malai, panjang buah (cm), diameter biji (cm), dan produksi minyak (kg).	58
Tabel 34.	Rata-rata progeni pada jumlah bunga jantan/malai, berat biji/tanaman (kg), panjang biji (cm), Mg daun (%), pertambahan tinggi tanaman (cm), dan pertambahan diameter batang (cm).	59

Tabel 35.	Rata-rata progeni pada jumlah cabang primer/tanaman, persentase bunga betina jadi buah (%), jumlah bunga betina/malai, panjang buah (cm), diameter biji (cm), dan produksi minyak biji (kg).	60
Tabel 36.	Nilai rata-rata perlakuan pupuk pada jumlah bunga jantan/malai, kadar minyak biji (%), diameter buah (cm), Mg daun (%), pertambahan tinggi tanaman (cm), dan pertambahan diameter batang (cm).....	61
Tabel 37.	Nilai rata-rata perlakuan pupuk pada jumlah cabang primer/tanaman, persentase bunga betina jadi buah (%), jumlah bunga betina/malai, panjang buah (cm), diameter biji (cm), dan produksi minyak biji (kg).	61



BAB I

MENGAPA MEMILIH JARAK PAGAR?

Tanaman jarak pagar, yang secara ilmiah dikenal sebagai *Jatropha curcas* Linn., telah lama menjadi familiar bagi masyarakat Indonesia. Tanaman ini digunakan sebagai batas pekarangan, daunnya dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional. Biji jarak mengandung lemak yang dapat diolah menjadi sumber bahan bakar alternatif, seperti biodiesel yang dapat menggantikan solar dan minyak tanah. Berdasarkan penelitian Lele (2005), biji jarak memiliki kandungan minyak sekitar 25-30%, sementara kernelnya memiliki kandungan minyak mencapai 50-60%. Menurut Balitbang Provinsi Kalimantan Timur (2006), kandungan minyak biji jarak berkisar antara 32.4% hingga 33.12%. Oleh karena itu, tanaman jarak pagar semakin menjadi perhatian saat ini.

Jarak pagar merupakan salah satu sumber alternatif pengolahan minyak bumi. Cadangan minyak diperkirakan akan habis. Mahmoud, *et al.*, (2006) memperkirakan cadangan minyak bumi Indonesia akan habis dalam waktu 17 tahun ke depan. Keunggulan tanaman jarak pagar adalah nilai kalori minyaknya berkisar antara 41,77 – 57,12 KJ/g. Nilai ini sebanding dengan nilai kalor standar bahan bakar solar sebesar 42,57 KJ/g (Santoso, 2005). Keunggulan lainnya adalah biodiesel dari pabrik jarak pagar tidak mengandung sulfur dan benzena sehingga mudah terurai dan secara signifikan dapat mengurangi asap hitam pada knalpot mesin diesel (Effendi, 2006). Guna mendukung pengembangan biodiesel jarak pagar, kegiatan eksplorasi plasma nutfah telah dilakukan di seluruh Indonesia sejak tahun 2005, dan telah dikumpulkan 50-100 plasma nutfah jarak pagar di Indonesia (Marchiono, *et al.*, 2006).

Tanaman jarak memiliki kemampuan untuk tumbuh di lahan-lahan yang marginal dan kritis, sehingga memiliki potensi untuk dikembangkan di Indonesia yang memiliki luas lahan tersebut. Menurut Irfan (2006), luas lahan kritis di Indonesia mencapai lebih dari 20 juta hektare. Meskipun jarak pagar telah banyak ditanam di beberapa wilayah, tantangan dalam pengembangannya adalah kurangnya teknologi budidaya yang memadai dan kurangnya varietas unggul yang mampu memberikan hasil produksi tinggi dan kandungan minyak biji yang tinggi. Salah satu upaya untuk meningkatkan potensi hasil dari tanaman jarak pagar adalah dengan menyusun progeni jarak pagar.

Pada proses menyusun progeni jarak pagar, diperlukan tetua persilangan, evaluasi terhadap F1, dan upaya untuk meningkatkan produksi F1. Penentuan tetua persilangan memerlukan sumber keragaman genetik dari plasma nutfah, informasi tentang tingkat keragaman genetik di dalam plasma nutfah tersebut, dan informasi tentang kekerabatan di antara plasma nutfah tersebut. Kekerabatan dalam plasma nutfah tanaman jarak pagar dapat diidentifikasi menggunakan marka morfologi dan marka molekuler (RAPD).

Marka morfologi melibatkan identifikasi ciri-ciri morfologis tanaman seperti bentuk daun, tinggi tanaman, warna daun, warna batang, jumlah dan bentuk buah, dan lain sebagainya. Meskipun sistem ini telah digunakan sejak lama, menurut Hadiati dan Sukmadjaja (2002), marka morfologi memiliki beberapa kelemahan, seperti karakteristik penampilan yang seringkali terpengaruh oleh lingkungan dan subjektivitas peninjau, keterbatasan karakter yang dapat digunakan untuk identifikasi fase vegetatif, dan waktu yang diperlukan hingga tanaman mencapai dewasa yang cukup lama. Oleh karena itu, penggunaan marka morfologi sebaiknya disertai dengan penggunaan marka DNA. Penanda *Random Amplified Polymorphic DNA* (RAPD) merupakan teknik sidik jari DNA yang digunakan untuk mendeteksi polimorfisme genom berdasarkan PCR (*Polimerase Chain Reaction*) (Somantri, *et al.*, 2002).

Tanaman jarak adalah tanaman tahunan yang menghasilkan biji dalam waktu relatif lama, sehingga diperlukan suatu metode untuk mendeteksi produksi lebih awal. Salah satu cara untuk mengevaluasi progeni yang memiliki potensi produksi tinggi adalah melalui analisis

aktivitas nitrat reduktase. Aktivitas nitrat reduktase dapat digunakan sebagai kriteria seleksi untuk mendeteksi hasil (Nur & Mawardi, 1987). Setiamiharja, *et al.* (1993) menambahkan bahwa keuntungan penggunaan nitrat reduktase adalah dapat mempercepat proses seleksi dalam pemuliaan tanaman tahunan. Nitrat reduktase merupakan enzim yang berperan pertama dalam mengurangi nitrat menjadi ammonia (Kleinhofs & Warner, 1990). Alnopri, *et al.* (2004) menjelaskan bahwa rangkaian senyawa yang terlibat meliputi nitrat, nitrit, hiponitrit, hidrosilamin, dan ammonia. Ammonia yang dihasilkan kemudian diubah menjadi asam amino dengan bantuan katalisator asam α -ketoglutarat dan glutamat dehidrogenase. Asam amino ini membentuk rantai polipeptida yang akhirnya menjadi senyawa protein yang penting dalam proses metabolisme. Aktivitas nitrat reduktase telah diamati pada tanaman tahunan seperti tanaman kopi yang ditinjau oleh Alnopri, *et al.* (2004).

Produksi biji dan minyak yang tinggi pada tanaman jarak sangat dipengaruhi oleh jumlah bunga betina yang dihasilkan. Salah satu strategi untuk meningkatkan jumlah bunga betina pada progeni adalah melalui pemupukan. Menurut peninjauan yang dilakukan oleh Hartati (2006), pembentukan bunga betina dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Faktor genetik termasuk potensi tanaman untuk menghasilkan bunga jantan dan betina, sedangkan faktor lingkungan meliputi ketersediaan air, kesuburan tanah, cahaya, curah hujan, angin, serangga, dan lain-lain. Heller (1996) menyatakan bahwa curah hujan yang tinggi dapat mengakibatkan produksi biji yang rendah dan menurunkan kandungan minyak biji. Tanaman jarak cenderung berproduksi lebih baik di daerah dengan curah hujan rendah atau daerah kering. Untuk pengembangan tanaman jarak, curah hujan ideal berkisar antara 300 hingga 1000 mm per tahun dengan rentang latitude 50° LU hingga 40° LS. Kekurangan air pada tanaman dapat menghambat pertumbuhan, sehingga mengurangi hasil fotosintesis (Harjadi, 2002). Tanah yang kurang subur juga dapat menyebabkan penurunan hasil fotosintesis, yang pada akhirnya dapat mengurangi pembentukan bunga dan produksi minyak pada tanaman jarak.

Wahid (2006) menyatakan bahwa untuk mencapai pertumbuhan optimal dan hasil yang tinggi pada tanaman jarak pagar, dianjurkan untuk

menanamnya di daerah yang kering dengan sinar matahari yang cukup. Jarak pagar termasuk dalam jenis tanaman sukulen yang memiliki kecenderungan untuk menutup daunnya saat musim kering. Pertumbuhan tanaman dapat terhambat di bawah naungan, menyebabkan elongasi, pengecilan diameter batang, dan penipisan daun. Tanaman jarak cenderung lebih toleran terhadap kekeringan dibandingkan dengan genangan air. Mereka dapat menghasilkan dengan baik pada tanah yang gembur dan subur. Akan tetapi, penting untuk lebih memahami kebutuhan nutrisi dan pengaruh pemupukan untuk mengoptimalkan hasil produksi.

Usaha untuk meningkatkan kesuburan tanah dilakukan melalui proses pemupukan, yang bertujuan untuk menambah unsur hara tertentu yang kurang dalam tanah dan diperlukan oleh tanaman (Muhammad dan Idaryani, 2005). Tanaman jarak membutuhkan nutrisi atau pupuk dalam bentuk unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro yang penting meliputi nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Penelitian oleh Prihandana dan Hendroko (2006) menunjukkan bahwa dosis pupuk fosfor harus ditingkatkan dibandingkan dengan pupuk nitrogen dan kalium. Selain itu, unsur hara makro lain yang penting untuk pembentukan klorofil, proses fotosintesis, dan aktivitas enzim adalah magnesium, seperti yang disebutkan oleh Marschner (2002). Seng (Zn) merupakan unsur hara mikro yang memainkan peran kunci dalam aktivitas enzim yang terlibat dalam sintesis hormon seperti auksin, seperti yang telah diselidiki oleh Gardner, *et al.* (1991). Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi keragaman genetik dari plasma nutfah jarak pagar, seleksi tetua, perakitan progeni, melakukan persilangan, melakukan evaluasi terhadap progeni (F1), dan upaya perbaikan genetik daya hasil dengan pemupukan.

Esensi pendalaman peninjauan ini mencakup terbatasnya informasi tentang identifikasi aksesori dan hasil evaluasi plasma nutfah tanaman jarak pagar di Indonesia, keterbatasan varietas jarak pagar yang berproduksi tinggi, kurangnya informasi tentang faktor yang mempengaruhi pembentukan bunga betina, dan terbatasnya informasi tentang dosis pupuk yang tepat untuk meningkatkan produksi biji dan minyak biji. Sedangkan intensi dilakukannya peninjauan ini adalah untuk mengkaji hubungan jarak genetik tetua dengan efek heterosis, mengevaluasi potensi hasil dan karakter morfologi F1, mengkaji dan mengevaluasi perlakuan pemupukan

terhadap pembentukan bunga betina untuk mendapatkan proporsi bunga betina yang lebih tinggi, serta menganalisis dan menentukan dosis pemupukan tepat yang dapat menghasilkan biji dan minyak tinggi. Kontemplasi pemikiran yang diajukan pada peninjauan ini yaitu adanya keragaman genetik antara plasma nutfah jarak pagar yang diuji, terdapat efek heterosis antara F1 dengan tetuanya, progeni memiliki potensi hasil yang lebih tinggi dan karakter morfologi yang berbeda dari induknya, pemberian pupuk dapat meningkatkan proporsi bunga betina, dan pupuk N, P, K, Mg, serta Zn dapat meningkatkan produksi biji dan minyak jarak pagar.



BAB II

ANATOMI JARAK PAGAR DAN KEBUTUHAN LINGKUNGANNYA

A. Morfologi dan Syarat Tumbuh Jarak Pagar

Jarak pagar termasuk dalam keluarga Euphorbiaceae, seperti yang dikemukakan oleh Heller (1996). Ini adalah semak yang memiliki struktur pohon dengan tinggi mencapai 1,7 meter, memiliki cabang yang tumbuh tidak teratur, dan batang yang berbahan kayu dengan bentuk silindris. Tanaman ini mengeluarkan getah jika batangnya terluka, seperti yang dijelaskan oleh Irfan (2006). Jarak pagar memiliki umur panjang yang dapat mencapai 50 tahun. Pembiakan tanaman jarak dapat dilakukan melalui biji atau setek. Jika dibiakkan melalui biji, tanaman akan memiliki akar tunggang yang bercabang, sementara jika dibiakkan melalui setek, tanaman tidak akan memiliki akar tunggang, seperti yang disebutkan oleh Prihandana dan Hendroko (2006).

Tanaman jarak memiliki daun tunggal yang tersebar sepanjang batangnya. Permukaan atas dan bawah daun berwarna hijau, namun permukaan bawahnya cenderung lebih pucat daripada permukaan atasnya. Daun berbentuk lebar dengan pola jantung atau bulat telur yang melebar, dengan panjang dan lebar yang hampir sama, berkisar antara 5 cm hingga 15 cm. Helai daun memiliki berlekuk sudut 3 atau 5, sementara pangkal daunnya berlekuk dan ujungnya meruncing. Tulang daun terjari dengan 5 hingga 7 tulang utama. Tangkai daunnya memiliki panjang sekitar 4 cm hingga 15 cm, seperti yang dijelaskan oleh Sinaga (2006).

Bunga jarak memiliki warna kuning kehijauan dan terdiri dari kelompok bunga majemuk yang membentuk malai, serta bersifat uniseks. Jumlah bunga betina biasanya 4 hingga 5 kali lebih banyak daripada bunga jantan. Bunga betina tersusun dalam rangkaian bentuk cawan dan muncul

di ujung batang atau di ketiak daun sebagai bunga terminal. Proses penyerbukan dilakukan oleh serangga, seperti yang dijelaskan oleh Prihandana dan Hendroko (2006). Akan tetapi, menurut Hartati (2006), jumlah bunga betina biasanya berkisar antara 1 hingga 2 dari setiap 10 bunga jantan.

Menurut Hasnam (2006), bunga majemuk terbentuk setelah terbentuk 8 – 10 helai daun pada setiap cabang. Jika kondisi pertumbuhannya baik, setiap cabang akan memiliki 3-4 bunga ganda, dan cabang baru akan terbentuk setelah 3 bunga ganda. Jika kondisinya tidak bagus, bunga majemuk akan menurun. Masa pembungaan bunga ganda adalah 10-15 hari, dan kapsul matang 40-50 hari setelah penyerbukan. Saat matang, warna kapsul berubah dari kuning kehijauan menjadi cokelat tua.

Buah berbentuk lonjong/oval, berupa kotak dengan diameter 2-4 cm. Pembentukan buah membutuhkan waktu 90 hari. Buah jarak pagar dibagi menjadi 3 ruang yang masing-masing ruang berisi 3-4 biji. Bijinya berbentuk lonjong dan berwarna cokelat tua. Panjang benih 2 cm, tebal 1 cm, dan berat benih 0,4-0,6 g/biji (Prihandana & Hendroko, 2006). Heller (1996) menganggap *Jatropha* sebagai spesies diploid dengan 22 kromosom (2n).

Jarak pagar adalah tanaman yang mampu bertahan pada berbagai kondisi lingkungan tempat tumbuhnya. Tanaman ini akan mencapai pertumbuhan optimal pada lintang 50° LU hingga 40° LS, pada ketinggian 0 hingga 2000 meter di atas permukaan laut, dengan suhu berkisar antara 18°C hingga 30°C. Pertumbuhan tanaman akan terhambat jika suhu turun di bawah 18°C, dan jika suhu naik di atas 30°C, daun dan bunga dapat gugur, buah menjadi kering, dan produksi menurun. Jarak juga dapat tumbuh di tanah yang kurang subur, tetapi drainase yang baik diperlukan, dengan rentang pH tanah antara 5,0 hingga 6,5, seperti yang disebutkan oleh Irfan (2006).

Tanaman jarak pagar dapat tumbuh mulai dari dataran rendah hingga ketinggian 5000 meter di atas permukaan laut, dengan suhu di bawah 20°C (Mahmud, *et al.*, 2006). Akan tetapi, menurut Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan (2006), pertumbuhan dan produksi jarak pagar di Indonesia lebih dipengaruhi oleh tipe iklim. Pertumbuhan dan produksi optimal diperoleh pada lahan kering, dataran rendah, dengan

iklim kering, dan ketinggian di bawah 500 meter dari permukaan laut, dengan suhu lebih dari 20°C.

Jarak pagar dapat tumbuh di daerah tropis dan subtropis dengan curah hujan antara 200 – 2000 mm/tahun (Heller, 1996). Kisaran lainnya mencakup curah hujan 900 – 1200 mm/tahun (Becker dan Makkar, 1999), 300 – 2380 mm/tahun (Hambali, 2005), 300 – 1000 mm/tahun (Mahmud, *et al.*, 2006) dan 300 – 1200 mm/tahun/tahun (Irfan, 2006).

Jarak pagar dapat tumbuh di berbagai jenis tanah, meskipun pertumbuhannya optimal terjadi pada tanah ringan yang mengandung 60% hingga 90% pasir. Peninjauan yang dilakukan oleh Okabe dan Somabhi (1989) menunjukkan bahwa jarak pagar cenderung memberikan hasil yang lebih baik pada tanah lempung berpasir dibandingkan dengan jenis tanah lainnya. Jones dan Miller (1992) merekomendasikan penambahan pupuk organik dan anorganik pada penanaman di tanah yang miskin unsur hara dan bersifat basa. Bagi tanah yang kekurangan fosfat, penggunaan mikoriza menjadi penting.

B. Keragaman Genetik dan Nitrat Reduktase

Penanda genetik merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi genotipe dan hubungan kekerabatan antar individu. Penanda ini adalah ekspresi yang dapat dilihat secara langsung atau dideteksi menggunakan alat tertentu, yang menunjukkan genotipe individu tersebut. Terdapat beberapa cara untuk mengidentifikasi keragaman genotipe tanaman, yaitu dengan menggunakan penanda morfologi, molekuler, dan analisis aktivitas nitrat reduktase (biokimia). Hubungan kekerabatan yang didasarkan pada sifat fenotipe dianalisis melalui penampilan fenotipe organisme. Hubungan kekerabatan antar populasi dapat diukur dari kesamaan karakteristik yang dimiliki. Perbedaan karakteristik ini dipengaruhi oleh variasi genetik. Gen mengendalikan karakteristik pada semua makhluk hidup, dan aktivitas gen ini dapat diamati melalui karakter morfologi (Kartikaningrum, *et al.*, 2003).

Karakterisasi berdasarkan marka morfologi mempunyai beberapa kelemahan yaitu dipengaruhi oleh lingkungan makroskopis dan mikroskopis serta umur tanaman. Oleh karena itu, sifat morfologi harus didukung oleh penanda molekuler (Dwiatmini, *et al.*, 2003). Lingkungan

dapat membingungkan munculnya sifat-sifat, selain itu hanya sedikit sifat yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi tahapan vegetatif dan waktu yang dibutuhkan tanaman untuk mencapai kematangan cukup lama (Hadiati & Sukmadjaja, 2002).

Penanda molekuler mampu memberikan gambaran hubungan kekerabatan yang lebih akurat karena analisis DNA, sebagai material genetik, tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Dwiatmini, *et al.*, 2003). Penanda molekuler didasarkan pada sifat-sifat biokimia tertentu atau senyawa molekuler didasarkan pada sifat-sifat biokimia tertentu atau senyawa molekuler yang dapat diukur sesuai dengan prinsip pewarisan Mendel (Walton, 1993). Teknik RAPD adalah salah satu penanda molekuler yang sering digunakan. Pada teknik ini, DNA genom dideteksi di bawah kondisi strigensi rendah menggunakan primer oligonukleotida tunggal dan pendek, biasanya terdiri dari 10 nukleotida yang urutannya acak. Kondisi PCR yang rendah strigensi ini memungkinkan primer menempel di banyak lokasi pada genom, menghasilkan sejumlah pita fragmen DNA (Somantri, *et al.*, 2002). Segmen DNA yang dianalisis pada tingkat molekuler dapat mengkode protein tertentu pada makhluk hidup, dan pola perubahan karakter morfologi dapat diamati melalui segmen DNA ini (Liu, 1998).

Keuntungan dari penggunaan teknik RAPD adalah kesederhanaannya dan kebutuhan DNA yang relatif sedikit (5-25 ng) dalam setiap rantar PCR (Pandey, *et al.*, 1996). Teknik ini mampu memberikan hasil dalam waktu singkat karena DNA dapat segera divisualisasikan setelah proses amplifikasi (Prana & Hartati, 2003). Namun, kelemahan teknik RAPD termasuk biaya yang lebih tinggi dan memerlukan pengetahuan khusus.

Beberapa hasil peninjauan yang menggunakan teknik RAPD untuk analisis genotipe antara lain meliputi perbedaan antara anggrek *Phalaenopsis* normal dan variasi somaklonalnya (Chen, *et al.*, 1998), identifikasi anggrek *Cymbidium* (Obara-Okeyo & Kaho, 1998), Pinus radiata (Stange, *et al.*, 1998), bunga lili (Purwantoro, *et al.*, 1999), serta tanaman ubi jalar dan padi (Somantri, *et al.*, 2002). Peninjauan lainnya mencakup analisis genotipe pada jeruk (Karsinah, *et al.*, 2002) dan kelapa dari Banyuwangi, Lubuk Pakam, dan Paslaten (Roslim, *et al.*, 2003).

Aktivitas nitrat reduktase dapat digunakan sebagai kriteria seleksi untuk mendeteksi potensi hasil, karena enzim ini dikendalikan oleh gen yang terlibat langsung dalam sintesis protein. Nilai aktivitas enzim nitrat reduktase merupakan karakter yang diatur oleh faktor genetik (Nur & Mawardi, 1987). Keuntungan penggunaan nitrat reduktase adalah dapat memperpendek siklus seleksi dalam pemuliaan tanaman tahunan, karena potensi hasil dapat diseleksi pada tahap juvenil (Setiamiharja, *et al.*, 1993). Peninjauan oleh Traore dan Maranville (1999) menunjukkan bahwa pada tanaman sorgum, aktivitas nitrat reduktase berkurang selama pertumbuhan, dengan penurunan tajam mulai dari anthesis hingga masak.

Beberapa peninjauan telah menggunakan nitrat reduktase untuk memperkirakan potensi hasil, antara lain tanaman kelapa (Hartiko, 1983), tanaman teh (Sriyadi, *et al.*, 1993), tanaman kopi (Alnopri, *et al.*, 2004), dan tanaman manggis (Alnopri, 2004).

C. Tanaman Progeni dan Evaluasi Progeni

Progeni adalah keturunan pertama dari persilangan dua tetua. Keturunan ini dapat menunjukkan penampilan yang lebih baik dibandingkan rata-rata kedua tetuanya, lebih baik daripada tetua terbaik, atau lebih rendah dari tetuanya. Penampilan unggul dari tanaman progeni ini dikenal sebagai heterosis (Mangoendidjojo, 2003).

Tingkat heterosis yang tinggi dipengaruhi oleh perbedaan jarak genetik antara kedua tetua. Hal ini dibuktikan oleh peninjauan Moll, *et al.* (1965), yang mengumpulkan delapan populasi jagung dari delapan lokasi berbeda di Amerika. Berdasarkan sumber genetik jagung tersebut, jarak genetik ditentukan. Persilangan kedelapan populasi tersebut menghasilkan tanaman F1. Hasil menunjukkan bahwa semakin besar jarak genetik, semakin tinggi tingkat heterosis, namun heterosis tersebut memiliki titik optimal. Persilangan antara tetua dengan jarak genetik yang sangat jauh justru menurunkan nilai heterosis. Peninjauan ini juga menunjukkan bahwa efek heterosis dapat terjadi pada populasi heterozigot, asalkan kedua tetua tidak berkerabat.

Efek heterosis yang meningkatkan hasil telah banyak diterapkan pada berbagai spesies tanaman, seperti jagung (Becker, 1994; Mangoendidjojo, 2003), padi (Yuan, 2004; Wijaya, 2004), tanaman

hortikultura, dan tanaman perkebunan. Penelitian paling banyak dilakukan pada jagung, dan dari studi ini diketahui bahwa semakin kompleks suatu karakter, atau semakin banyak gen yang terlibat, maka tingkat heterosis pada individu F1 akan semakin tinggi. Produksi biji adalah karakter yang melibatkan banyak gen, sehingga tingkat heterosis pada karakter produksi tergolong tinggi. Inilah alasan mengapa produktivitas tanaman F1 umumnya jauh lebih tinggi dibandingkan tetuanya (Becker, 1984).

Tanaman jarak merupakan tanaman yang menyerbuk silang karena perbedaan waktu matang antara kepala sari dan kepala putik. Selain itu, tanaman ini bersifat *self-compatible* (Dehgan, 1984 dalam Heller, 1996). Pada spesies tanaman liar, kehadiran induk dengan sifat cytoplasmic *male sterile* (tanaman yang bunga jantannya steril) adalah syarat mutlak dalam produksi tanaman F1, karena tanaman *male sterile* ini akan menghasilkan benih F1. Namun, tanaman F2 dari tanaman F1 tidak lagi menunjukkan keunggulan karena efek heterosis menurun (Wijaya, 2004). Pada tanaman jarak, karakter *male sterile* tidak diperlukan. Persilangan dapat dilakukan secara manual, dan setelah F1 terbentuk, perbanyakan dapat dilakukan secara vegetatif. Perbanyakan vegetatif tidak menyebabkan perubahan genetik, sehingga efek heterosis tidak menurun pada generasi berikutnya. Menurut Heller (1992), tanaman jarak dapat diperbanyak secara vegetatif melalui stek.

Dehgan (1984) dalam Heller (1996) menyatakan bahwa persilangan antar genotipe tanaman jarak relatif mudah dilakukan, bahkan persilangan antar spesies yang berbeda (*interspecific hybridization*) juga telah berhasil. Persilangan ini melibatkan 20 spesies dari genus *Jatropha*, dan hasilnya menunjukkan bahwa semua hibrida yang dihasilkan bersifat vigor, kecuali persilangan antara *J. curcas* x *J. multifida*. Namun, hingga kini belum ada laporan mengenai hibrida intraspesifik pada tanaman jarak.

D. Upaya Perbaikan Genetik Daya Hasil Progeni Tanaman Jarak Pagar

Produksi tanaman jarak pagar dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Guna mengatasi faktor genetik, seleksi tanaman merupakan salah satu strategi yang digunakan. Seleksi dilakukan terhadap tanaman yang menghasilkan lebih banyak bunga betina, karena pembentukan buah

bergantung pada bunga betina. Faktor lingkungan juga dapat diperbaiki dengan memperhatikan kondisi seperti kecukupan air, nutrisi, cahaya matahari, dan lainnya. Perlakuan pemangkasan juga diperlukan. Semua faktor ini perlu diperhatikan dengan cermat agar target produksi benih tanaman jarak pagar dapat tercapai (Hartati, 2006). Tanaman jarak pagar ebrusia tiga bulan memiliki presentase bunga betina per rangkaian bunga yang sangat rendah. Bunga cenderung mudah gugur, sehingga jika kondisi ini terus berlanjut, produksi tanaman jarak pagar akan menurun.

Nutrisi dan sejumlah hormon merupakan faktor penting yang mempengaruhi pembungaan dan pembentukan buah pada tanaman. Gugur bunga merupakan hasil dari interaksi antara auksin, sikonin, dan etilen. Auksin memiliki peran dalam merangsang pembungaan, pembentukan, dan perkembangan buah, serta mengurangi gugur bunga dan buah (Salisbury & Ross, 1995). Kombinasi BA 25 ppm dan GA₃ 25 ppm telah terbukti lebih efektif dalam mengurangi kerontokan bunga dan buah pada tanaman lombok besar (Koesriharti, *et al.*, 1999). Giberelin yang dihasilkan oleh daun dapat meningkatkan pembentukan bunga jantan pada tanaman mentimun, sementara sitokinin yang dihasilkan oleh akar dapat meningkatkan pembentukan bunga betina pada tanaman bayam (Chailakhyan & Khrianin, 1987 dalam Salisbury & Ross, 1995). Pemberian etilen dalam konsentrasi 100 ppm (Ethepon) dapat mengurangi jumlah bunga jantan dan cenderung meningkatkan jumlah bunga betina pada tanaman mentimun (Syammiah, 1983).

Pupuk mikro memiliki dampak pada ekspresi kelamin bunga dengan merangsang aktivitas hormon auksin. Kombinasi 1,5% B + 1,5% Zn dari unsur hara mikro, bersamaan dengan 500 g ZA + 1500 g SP-36 + 100 g KCl, telah terbukti meningkatkan jumlah cabang malai bunga, persentase bunga jantan dan hermaprodit, serta jumlah buah per malai pada tanaman mangga (Hidayat, 2005). Menurut Ohki (1978) sebagaimana dikutip oleh Gardner, *et al.* (1991), nilai kritis Zn (12 µg/g) pada daun ketiga tanaman kedelai menyebabkan penurunan fotosintesis dan aktivitas anhidrase karbonat menurun. Penambahan ZnSO₄ sebesar 4 – 5 kg/ha setiap 5 – 8 tahun telah terbukti meningkatkan produksi tanaman.

Salah satu unsur makro yang berperan dalam pembentukan klorofil dan berhubungan dengan fotosintesis adalah magnesium yang antara lain

berfungsi sebagai kofaktor enzim yang mengaktifkan fosforilasi glikosis pada respirasi (Gardner, *et al.*, 1991), sehingga unsur ini dapat merangsang pembentukan senyawa lemak dan minyak. Senyawa lemak terbentuk dari gliserol yang dihasilkan dari dihidroksiaseton fosfat, dan asam lemak terbentuk dari asetil koenzim A yang dihasilkan dari piruvat. Ion Mg adalah koenzim piruvat kinase. Piruvat kinase merupakan enzim yang mengkatalisis pembentukan piruvat dari fosfoenol piruvat (Marschner, 2002). Penggunaan pupuk 60 kg/ha MgO + 200 kg/ha P₂O₅ + 150 kg/ha K₂O menghasilkan umbi bawang putih yang lebih besar dan tanaman yang lebih tinggi (Subhan & Nurtika, 2004). Menurut Lahutomo, *et al.* (2004), penggunaan dolomit dan superdolomit sebagai sumber magnesium pada tanaman kelapa sawit memberikan efek yang baik dalam meningkatkan bobot kering tanaman dan meningkatkan penyerapan magnesium daun.

Balai Penelitian dan Pengembangan Perkebunan (dalam Prihandana & Hendroko, 2006) merekomendasikan dosis pupuk untuk meningkatkan hasil jarak pagar yaitu 50 kg/ha urea, 150 kg/ha SP-36 dan 30 kg/ha kalium klorida. Laju pemberian pupuk fosfat lebih tinggi dibandingkan pupuk nitrogen karena rendemen minyak pupuk fosfat lebih tinggi. Menurut Marschner (2002), fosfat berperan sebagai penyedia energi dalam sintesis sukrosa, secara tidak langsung mengatur fiksasi karbon dioksida (CO₂), dan memodulasi translokasi sukrosa. Sukrosa adalah molekul yang digunakan sebagai bahan baku glikolisis.



BAB III

IDENTIFIKASI GENETIKA DAN PERSILANGAN TANAMAN JARAK PAGAR

Peninjauan dilakukan di Kebun Balai *Agro Techno Park* (ATP) Desa Bakung, Kecamatan Indralaya Utara, Ogan Ilir. Pemeriksaan RAPD dilakukan di Laboratorium RGCI (*Research Group on Crop Improvement*) Fakultas Pertanian IPB, Bogor. Pemeriksaan minyak biji dilakukan di Laboratorium Kimia Hasil Pertanian, pemeriksaan Nitrat Reduktase dilakukan di Laboratorium Fisiologi, dan pemeriksaan kandungan Mg daun dilakukan di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Indralaya.

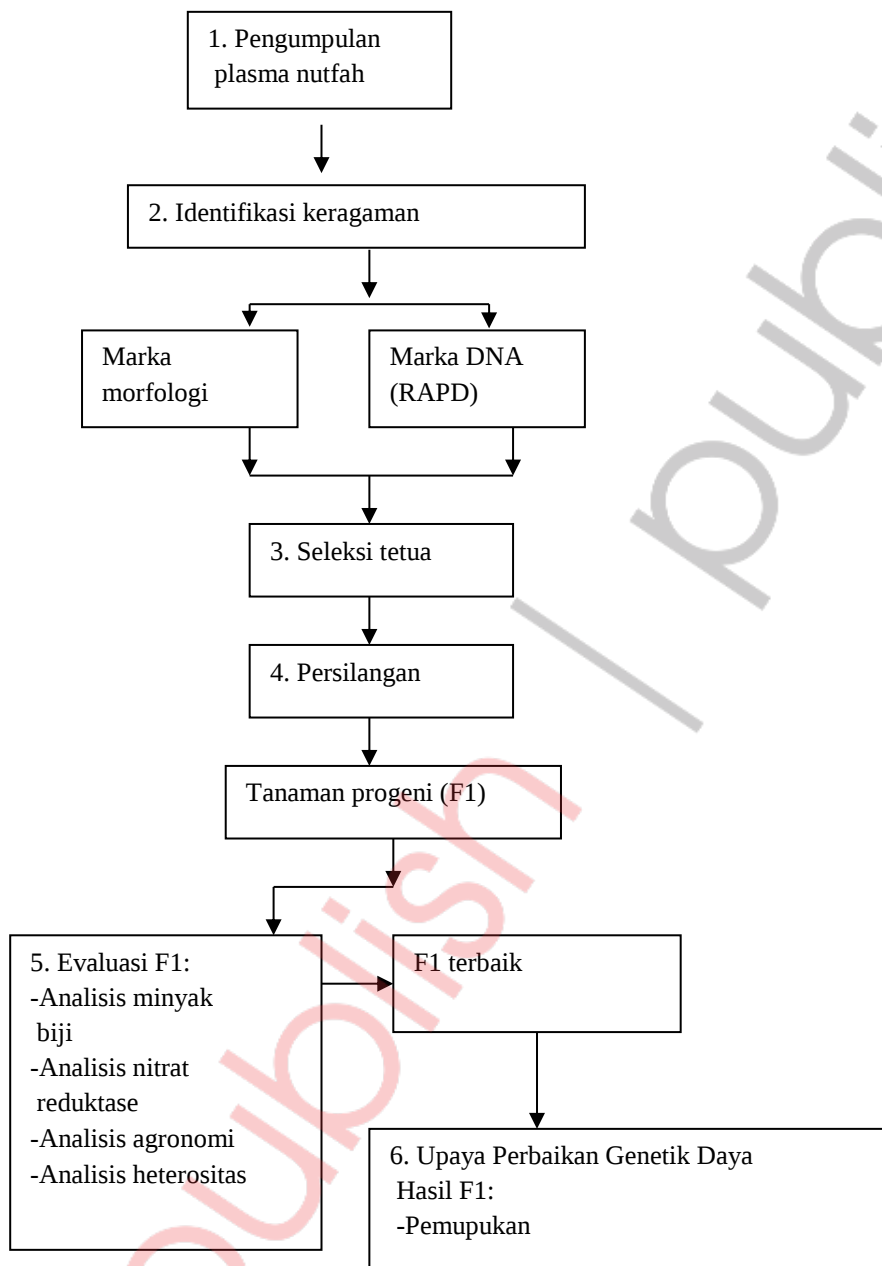
Peninjauan ini dibagi menjadi enam tahap, yaitu:

1. Pengumpulan plasma nutfah
2. Identifikasi keanekaragaman plasma nutfah
3. Seleksi tetua
4. Persilangan
5. Evaluasi hasil persilangan
6. Upaya untuk menghasilkan F1 yang lebih baik secara genetik.

Proses peninjauan ditunjukkan pada Gambar 1.

1. Pengumpulan Plasma Nutfah

Tanaman jarak yang diteliti terdiri dari 15 aksesori yang berasal dari Komerling OKUT, Palembang, Yogyakarta, Indralaya, ATP1 (Batan), ATP2 (Batan), Pontianak, Lahat, Pagaram, Curup, Lampung (klon), Medan, Aceh Besar, Pidi, dan Gorontalo (Tabel 1). Tanaman ini ditanam dari biji dalam polybag berisi $\frac{1}{2}$ kg campuran tanah, pupuk kandang, dan pasir dengan perbandingan 1:1:1. Setiap polybag disemai dengan satu biji.



Gambar 1. Skema Identifikasi Genetika dan Persilangan Tanaman Jarak Pagar

Pengamatan dilakukan dua hari setelah penyemaian, meliputi laju perkecambahan dan presentase daya tumbuh. Setelah benih berkecambah, bibit yang seragam dipilih untuk pengamatan lebih lanjut terhadap tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, kandungan klorofil daun, dan laju tumbuh relatif (LTR). Peninjauan ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok yang diulang tiga kali, dengan jumlah sampel sebanyak 15 tanaman per genotipe. Setelah tiga bulan, bibit dipindahkan ke lapangan dengan menggunakan Rancangan Axak Kelompok yang diulang tiga kali. Setiap genotipe ditanam dalam petak berukuran 7 m x 6 m, dengan jarak tanam 1,5 m x 1,5 m. setiap petak terdiri atas 20 tanaman, dan 4 tanaman digunakan untuk menghitung laju tumbuh relatif. Sampel yang diamati adalah 6 tanaman. Data diuraikan menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan perangkat lunak komputer SAS, dan jika hasil uraian ragam menunjukkan perbedaan nyata, dilanjutkan dengan telaah Beda Jarak Nuata Duncan (BJND).

Tabel 1. Daftar aksesi yang digunakan

No.	Nama Aksesi	Kode Perlakuan	Keterangan
1.	Komering	KMR	Daerah dataran rendah merupakan kawasan DAS Sungai Komering.
2.	Palembang	PLG	Dataran rendah
3.	Indralaya	IND	Dataran rendah
4.	ATP 1	ATP1	Terbaik ke satu dari 90 klon hasil mutasi BATAN
5.	ATP 2	ATP2	Terbaik ke dua dari 90 klon hasil mutasi BATAN
6.	Lahat	LHT	Dataran menengah
7.	Pagaralam	PGR	Dataran tinggi, di kaki Gunung Dempo
8.	Curup	CRP	Dataran tinggi di daerah Bengkulu
9.	Lampung	LMP	Hasil seleksi BALITBUN Bogor
10.	Pidi	PDI	Dataran rendah
11.	Aceh Besar	ABS	Dataran tinggi
12.	Yogyakarta	JGY	Dataran rendah
13.	Medan	MDN	Dataran rendah
14.	Pontianak	PNT	Dataran rendah
15.	Gorontalo	GRT	Dataran rendah

2. Identifikasi Keragaman Plasma Nutfah

Keanekaragaman genotipe diidentifikasi menggunakan dua metode, yang pertama menggunakan penanda morfologi, dan kedua menggunakan penanda DNA (teknologi RAPD).

2.1. Identifikasi menggunakan marka morfologi dan pertumbuhan

Pada kegiatan ini dilakukan pengamatan morfologi dan pertumbuhan setiap aksesori untuk membedakan aksesori. Guna memahami apakah suatu sifat yang diamati dipengaruhi oleh lingkungan atau ditentukan oleh faktor genetik, dapat dilihat dari nilai heritabilitasnya.

τ^2G = varian genetik

τ^2E = varian lingkungan

Karakter morfologi dan pertumbuhan yang diamati adalah sebagai berikut:

1. Tingkat perkecambahan (hari). Jika hipokotil muncul di atas permukaan tanah, maka benih dikatakan berkecambah. Hitung sejak hipokotil muncul (kurang lebih 50%).
2. Persentase kapasitas tumbuh (%), dihitung setelah benih belum berkecambah (dua bulan setelah tanam).

$$\text{Persentase daya tumbuh} = \frac{\text{Jumlah Bibit Yang Tumbuh}}{\text{Jumlah Seluruh Benih Yang Ditanam}} \times 100\%$$

3. Tinggi tanaman (cm). Di persemaian, pengukuran dilakukan setiap minggu mulai satu minggu setelah tanam. Pengukuran di tempat dilakukan setiap bulan. Pengukuran dilakukan mulai dari pangkal batang hingga titik tumbuh.
4. Jumlah daun, dihitung satu minggu setelah tanam. Penghitungan hanya dilakukan di pembibitan.
5. Diameter batang (cm), diukur setiap minggu (di persemaian) dan setiap bulan di lapangan, diukur pada ketinggian 10 cm dari permukaan tanah.

6. Jumlah cabang, diamati hanya di lapangan, dihitung setiap satu bulan sekali.
7. Bentuk daun, diamati setelah daun berkembang penuh.
8. Warna daun diamati pada saat fase generatif dengan menggunakan *munsell collour chart* pada daun keempat dari pucuk.
9. Laju tumbuh relatif (RGR (g/g/hari)), menunjukkan laju peningkatan berat kering selama interval waktu tertentu dalam hubungan dengan berat awal.

$$RGR = \frac{(\ln W_2 - \ln W_1)}{T_2 - T_1}$$

W₁ = berat pengamatan ke-1

W₂ = berat pengamatan ke-2

T₁ = umur tanaman 1 bulan

T₂ = umur tanaman 2 bulan

10. Warna tangkai daun, diamati pada fase generatif dengan menggunakan *munsell collour chart* dengan mengamati tangkai daun keempat.
11. Kandungan khlorofil daun, diukur selama pembibitan menggunakan alat klorofil meter, pada daun ketiga.
12. Waktu mulai berbunga, dihitung jika 80 % dari sampel sudah berbunga.
13. Jumlah bunga betina per malai, dihitung setelah satu bulan terbentuk.
14. Kelamin bunga diamati untuk menentukan apakah bunga bersifat jantan, betina, atau hermaprodit.
15. Warna bunga, diamati satu minggu setelah bunga terbentuk.
16. Persentase bunga betina menjadi buah (%), dihitung dua bulan setelah bunga terbentuk.

$$\text{Persentase bunga betina jadi buah (\%)} = \frac{\text{Jumlah buah}}{\text{Jumlah bunga betina}} \times 100\%$$

17. Jumlah malai per tanaman dihitung satu bulan setelah bunga terbentuk.
18. Jumlah buah, dihitung dua bulan setelah terbentuk bunga.
19. Jumlah biji per buah, dihitung pada saat panen
20. Panjang buah dan diameter buah (cm), buah diambil secara acak saat panen, pengukuran dilakukan pada 10 sampel buah.
21. Panjang dan diameter biji (cm), biji diambil secara acak dan diukur dari 10 sampel buah.
22. Produksi buah dan biji per pohon (kg), ditimbang setelah panen. Panen dilakukan sampai tanaman berumur delapan bulan di lapangan.
23. Kadar minyak biji (%) dan produksi minyak (kg). Kadar minyak biji diukur setelah biji dikeringkan, menggunakan metode Soxhlet untuk analisis minyak. Produksi minyak biji dihitung dari perkalian berat biji dengan kadar minyak biji.

2.2. Identifikasi menggunakan marka molekuler

Identifikasi marka molekuler menggunakan teknologi RAPD. Tahapan-tahapan analisis RAPD yang akan dilaksanakan adalah sebagai berikut:

a. Pengambilan contoh daun

Daun yang digunakan adalah daun muda, yaitu daun kedua atau ketiga dari atas tanaman. Tangkai daun dipotong, kemudian daun dibersihkan dari kotoran dengan mencucinya menggunakan air.

b. Isolasi dan Pemurnian DNA

Isolasi dan pemurnian DNA dilakukan dengan metode Semikit DNAzol (2008). Daun ditimbang sebanyak 0,1 g dan digerus dalam lumpang porselen menggunakan N_2 cair dan polivinilpolipirilidon (PVPP) untuk mencegah pencokelatan akibat polifenol. Serbuk halus yang dihasilkan dimasukkan ke dalam 0,3 ml cairan DNAzol, dibiarkan semalam, kemudian ditambahkan 1,0 ml kloroform dan disentrifugasi pada 12000 rpm selama 10 menit hingga terbentuk dua lapisan larutan.

Supernatan diambil dan dimasukkan ke dalam micro tube baru, lalu ditambahkan 0,22 ml etanol 100%. *Micro tube* digoyang untuk melihat agregat DNA, kemudian disentrifugasi pada 5000 rpm selama 5 menit. Setelah pelet (DNA) terlihat, pelet diambil dan etanol dibuang.

DNA dicuci menggunakan campuran DNAzol dan etanol serta buffer ekstraksi dengan perbandingan 1:1 sebanyak 0,3 ml, kemudian divortex menggunakan Thermolyne. Setelah itu, campuran disentrifugasi pada 5000 rpm selama 5 menit. Larutan supernatan dibuang, sementara pelet DNA tetap berada dalam *micro tube* dan ditambahkan 0,3 ml etanol 75%, kemudian divortex lagi dan disentrifugasi pada 5000 rpm selama 5 menit. Selanjutnya, etanol dibuang, dan DNA dikeringkan dengan cara membalikkan tube di atas kertas tisu hingga tidak ada etanol yang tersisa. DNA kemudian dilarutkan dalam 50 ml tris-EDTA (TE) dan diencerkan dengan aquades dengan perbandingan 1:5.

c. Analisis RAPD

Amplifikasi dengan mesin PCR dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. 5 μ l DNA template (50 ng), 12.5 μ l green tag pol 2x, 2.5 μ l primer (100 pM), 2.5 μ l buffer, dan 2.5 μ l aquades dimasukkan ke dalam *micro tube*.
2. *Micro tube* yang telah berisi bahan disusun dalam mesin PCR (Polymerase Chain Reaction).
3. Reaksi amplifikasi dilakukan menggunakan alat Thermal Cycler (Thermolyne Amplithrone) dengan siklus termal sebagai berikut:
 - 1) Pemanasan selama 5 menit pada 94°C; 2) Denaturasi selama 12,5 detik pada 94°C; 3) Annealing selama 30 detik pada temperatur annealing ($T_m - 4^\circ\text{C}$); 4) Perpanjangan selama 1 menit pada 72°C, siklus ini diulang sebanyak 45 kali; dan 5) Elongasi selama 10 menit pada 72°C.
4. Hasil amplifikasi DNA dipisahkan dengan elektroforesis pada gel agarose 2,0% setelah DNA dicampur dengan loading dye dan direndam di etidium bromida (EtBr) selama 5 menit.

Elektroforesis dilakukan menggunakan buffer TAE dengan kecepatan 50 volt selama sekitar 2 jam.

5. Hasil elektroforesis divisualisasikan di atas UV transiluminator dan didokumentasikan dengan kamera digital.

Analisis RAPD menggunakan 20 primer, yaitu: OPE-01, OPE-03, OPE-05, OPE-07, OPE-08, OPE-09, OPE-16, OPE-19, OPH-04, OPH-07, OPH-08, OPH-13, OPH-14, OPH-16, OPM-02, OPM-12, OPM-16, OPM-17, OPM-20, dan OPM-24. Jenis dan urutan basa dari 20 primer yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis dan urutan basa dari 20 primer yang digunakan untuk polimorfisme DNA tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.).

No	Jenis Primer	Urutan Basa 3'-----5'
1	OPE-01	CCCAAGGTCC
2	OPE-03	CCAGATGCAC
3	OPE-05	TCAGGGAGGT
4	OPE-07	AGATGCAGCC
5	OPE-08	TCACCACGGT
6	OPE-09	CTTCACCCGA
7	OPE-15	ACGCACAACC
8	OPE-19	ACGGCGTATG
9	OPH-04	GGAAGTCGCC
10	OPH-07	CTGCATCGTG
11	OPH-08	GAAACACCCC
12	OPH-13	GACGCCACAC
13	OPH-14	ACACAGTTGG
14	OPH-16	TCTCAGCTGG
15	OPM-02	ACAACGCCTC
16	OPM-12	GGGACGTTGT
17	OPM-16	GTAACCAGCC
18	OPM-17	TCAGTCCGGG
19	OPM-20	AGGTCTTGGG
20	OPM-24	GGCGGTTGTC

Data morfologi dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dengan perangkat lunak komputer SAS. Jika hasil analisis ragam menunjukkan signifikansi, dilakukan uji Beda Jarak Nyata Duncan

(BJND). Untuk menguji korelasi antar karakter, dilakukan analisis korelasi. Selain itu, data morfologi juga dianalisis menggunakan analisis kluster. Data RAPD dianalisis berdasarkan keberadaan (1) atau ketiadaan (0) pita yang dimiliki oleh masing-masing aksesori. Data biner ini dianalisis menggunakan metode UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) dan similarity matrix dengan menggunakan program komputer NTSYS-pc atau Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System (Rohlf, 1998).

3. Seleksi Tetua dan Persilangan

Tetua dipilih berdasarkan analisis jarak genetik dan karakter morfologi. Persilangan dilakukan menggunakan kombinasi tetua yang telah terpilih. Kriteria pemilihan tetua mencakup produksi yang tinggi dan kandungan minyak yang tinggi (berdasarkan data morfologi), jarak genetik yang jauh (berdasarkan analisis RAPD), dan kemampuan untuk selfing (digunakan sebagai pembandingan). Persilangan dilakukan antara: Pidi (PDI) x Lampung (LMP), Pontianak (PNT) x Pontianak (PNT), Lampung (LMP) x Curup (CRP), Lampung (LMP) x Lampung (LMP), Medan (MDN) x Medan (MDN), Medan (MDN) x Curup (CRP), Pontianak (PNT) x Indralaya (IND), Palembang (PLG) x Indralaya (IND), Lampung (LMP) x Pidi (PDI), Medan (MDN) x Pidi (PDI), Pidi (PDI) x Curup (CRP), Pidi (PDI) x Pidi (PDI), Palembang (PLG) x Palembang (PLG), Indralaya (IND) x Indralaya (IND), Komering (KMR) x Komering (KMR), dan Komering (KMR) x Jogya (JGY).

4. Persilangan pada Kombinasi Induk Terpilih

Persilangan dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- a. Pemilihan bunga dilakukan sekitar 40 hari setelah bunga mulai terbentuk.
- b. Kastrasi dilakukan terhadap bunga jantan dengan mengangkatnya sehingga hanya bunga betina yang tersisa.
- c. Penyerbukan dilakukan menggunakan pinset dan kuas kecil. Polen yang sudah matang dari etua jantan dipilih untuk penyerbukan. Penyerbukan dilakukan pada bunga betina yang sudah mulai membuka mahkotanya.

- d. Alat-alat seperti pinset, kuas, dan tangan harus dibersihkan dengan lakohol 70% sebelum digunakan, hal ini dilakukan untuk mencegah kontaminasi dengan polen dari tanaman lain.
- e. Bunga yang telah diserbuki perlu diisolasi agar tidak terserbuki oleh polen dari tanaman lain. Hal ini dilakukan dengan menutup bunga yang telah diserbuki menggunakan kertas khusus yang tahan basah.
- f. Setelah penyerbukan selesai, label diberikan pada bunga yang telah diserbuki. Pada label tersebut dicantumkan data mengenai tanggal persilangan, tetua betina, dan asal polen yang digunakan.

5. Ulasan terhadap Tanaman F1

Sebagian dari biji yang dihasilkan dari persilangan dianalisis untuk menentukan kadar minyaknya. Biji tersebut ditanam dalam polybag, dan bibit yang tumbuh sebagian digunakan untuk analisis aktivitas nitrat reduktase, sementara sisanya ditanam kembali. Analisis aktivitas nitrat reduktase dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok yang diulang sebanyak tiga kali. Setiap pengulangan terdiri dari 30 tanaman, dengan 6 tanaman diamati untuk setiap sampel.

5.1. Aktivitas nitrat reduktase

Nitrat reduktase dikaji dengan metode Alnopri (2004). Daun muda yang telah sepenuhnya terbuka diambil pada pagi hari antara pukul 07.30 hingga 09.00 WIB. Daun dibersihkan dengan air suling, kemudian dimasukkan ke dalam termos es. Setelah itu, daun dipotong menjadi seukuran 1 cm x 0,1 cm dengan mempertahankan tulang daun. Sebanyak 200 gram potongan daun ditempatkan dalam tabung hitam yang telah diisi dengan 10 ml buffer fosfat dan diinkubasi selama 24 jam. Setelah proses inkubasi, buffer fosfat diganti dengan 0,9 ml buffer fosfat yang mengandung 0,08 SDS (Sodium dodecyl sulfate) dan 0,2 ml natrium nitrat (NaNO_3) 0,1 M. Campuran tersebut kemudian diinkubasi selama 3 jam. Selanjutnya, sebanyak 0,1 ml larutan pewarna (0,05 ml 0,02% NED dan 0,05 ml 0,1% sulfanilamida dalam HCl 3N), lalu dikocok. Biarkan warna berkembang selama 15 menit, lalu tambahkan air suling hingga volumenya menjadi 5 ml. Pindahkan larutan ke kuvet spektrometer dan ukur serapannya pada panjang gelombang 540 nm.

Kemudian, data nilai aktivitas nitrat reduktase diolah dan dianalisis variannya, serta dilakukan analisis terkait terhadap beberapa ciri morfologi tanaman khususnya komponen produksi tanaman.

5.2. Telaah minyak

Analisis minyak dilakukan pada produksi biji F1 menggunakan metode Soxhlet. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Labu lemak kosong dipanaskan di dalam oven selama 30 menit, kemudian dipindahkan ke desikator selama 30 menit untuk stabilisasi. Setelah itu, labu ditimbang dan hasilnya dicatat.
2. Pembuatan sampel dilakukan dengan membuang kulit biji jarak dan menghaluskan bijinya menggunakan mortal. Kertas saring berukuran 10 cm x 10 cm disiapkan. Sejumlah 2 gram biji jarak yang telah dihaluskan ditimbang menggunakan timbangan elektrik, kemudian diletakkan di atas kertas saring yang telah diberi kapas. Kertas saring dilipat dan dijahit dengan benang agar sampel tidak keluar.
3. Kondensor berukuran 250 ml dipasang di atas labu lemak, lalu sampel biji jarak dimasukkan. Petroleum benzine sebanyak 250 ml ditambahkan secara berkala ke dalam kondensor dengan dua kali sirkulasi.
4. Proses ekstraksi dilakukan dengan memasang kondensor dan labu ke dalam Soxhlet, dengan suhu diatur pada 40°C selama 2 jam.
5. Setelah ekstraksi selesai, labu lemak dipanaskan di dalam oven selama 30 menit, kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit untuk stabilisasi. Labu kemudian ditimbang dan hasilnya dicatat. Proses pengovenan dan pendesikatoran labu yang berisi minyak biji jarak diulang sebanyak 3 kali.

Persentase minyak biji jarak dihitung menggunakan rumus yang telah ditetapkan sebagai berikut.

$$\text{Persentase minyak} = \frac{\text{Berat labu akhir} - \text{Berat labu awal}}{\text{Berat sampel}} \times 100\%$$

6. Upaya Perbaikan Genetik Daya Perolehan F1.

Perlakuan pemupukan menggunakan unsur hara makro yaitu magnesium (MgO) dan seng (ZnSO_4). Pagar ditanam dengan jarak 2m x 2m dan ukuran petak 8m x 3m. Setiap petak berisi 10 tanaman, dengan 3 tanaman contoh.

Pada percobaan ini, bentuk pemberian pupuk dasar yang diberikan adalah pupuk kandang sebanyak 5 kg/pohon, urea sebanyak 50 kg/ha. SP-36 sebanyak 150 kg/ha, dan kalium klorida sebanyak 30 kg/ha. Percobaan ini menggunakan rancangan acak kelompok faktorial. Faktor pertama adalah keturunan dan faktor kedua adalah dosis pupuk makro dan mikro (M).

Progeni (F1):

1. MDN x PDI
2. LMP x CRP
3. PDI x PDI
4. LMP x PDI
5. LMP x LMP
6. MDN x MDN

Dosis pupuk makro dan mikro (M):

1. P0: kontrol tanpa pupuk mikro
2. P1: 40 kg/ha MgO + 1,5 % Zn
3. P2: 60 kg/ha MgO + 1,5 % Zn
4. P3: 80 kg/ha MgO + 1,5 % Zn

Ada 24 variasi perlakuan yang diujicobakan dengan tiga ulangan, sehingga total terdapat 72 percobaan dalam penelitian ini. Perlakuan pupuk magnesium (Mg) dan seng (Zn) diberikan melalui akar (melalui tanah) satu minggu sebelum tanam. Berbagai variabel yang diamati meliputi jumlah cabang, tinggi tanaman, periode berbunga, jumlah bunga jantan per tanaman, jumlah bunga betina per tanaman, respirasi tanaman yang diukur dengan respirator, laju pertumbuhan relatif, kandungan klorofil daun, persentase bunga yang menjadi buah per tanaman, jumlah buah per tanaman, jumlah biji per buah, berat biji per tanaman, kadar minyak dalam biji, dan kandungan magnesium dalam daun. Sebagai data pendukung,

dilakukan pengukuran analisis tanah awal dan pencatatan suhu harian. Data hasil percobaan dianalisis menggunakan analisis varians (uji F). Jika terdapat pengaruh yang signifikan dari hasil uji, dilakukan uji lanjutan dengan Beda Nyata Jujur Terkecil (BJND) pada tingkat signifikansi α sebesar 0,05.

6.1. Telaah Mg daun

Cara kerja yang dilakukan yaitu 1. Persiapan ekstrak sampel. Daun jarak ditimbang sebanyak 0,2 g lalu dimasukkan dalam beker gelas 100 ml dan ditambah larutan HClO_4 dan HNO_3 (1: 2) sebanyak 10 ml. Didiamkan selama 24 jam, kemudian dipanaskan. Suhu pemanasan awal 80 °C lalu suhu ditingkatkan menjadi 120 °C sampai larutan bening. Setelah itu larutan didinginkan. Setelah dingin ditambah HCl dan H_2O (1: 1) sebanyak 1 ml dan dipanaskan selama 30 menit, kemudian angkat dan diencerkan menjadi 50 ml. 2. Titrasi, dimasukkan 2 ml ekstraksi sampel + 48 ml H_2O + 5 ml Buffer Mg pH 10 + 10 tetes KCN 1 % + 10 tetes Hidroksilamin Hidroklorit 5 % + 10 tetes trietanolamin + 10 tetes trietanolamin + 10 tetes potasium peroksiamina + 10 tetes indikator EBT dalam beker, lalu dikocok dan dititrasi dengan EDTA 0,01 N sampai berwarna biru. Dihitung berapa hasil tirtasi. Analisis Mg juga analisis Ca. Penghitungan terhadap Mg menggunakan rumus:

Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Persiapan ekstrak sampel dimulai dengan menimbang 0,2 gram daun jarak, kemudian dimasukkan ke dalam beaker kaca berukuran 100 ml. Larutan campuran asam perchloric (HClO_4) dan nitric (HNO_3) dengan perbandingan 1:2 sebanyak 10 ml ditambahkan ke dalam beaker tersebut. Campuran didiamkan selama 24 jam, kemudian dipanaskan. Pemanasan dimulai dari suhu awal 80°C dan ditingkatkan menjadi 120°C hingga larutan menjadi bening. Setelah itu, larutan didinginkan. Setelah dingin, larutan ditambahkan larutan campuran asam klorida (HCl) dan air (H_2O) dengan perbandingan 1:1 sebanyak 1 ml, kemudian dipanaskan selama 30 menit. Setelah proses pemanasan, larutan diangkat dan diencerkan menjadi 50 ml.
2. Tahap selanjutnya adalah titrasi. Sebanyak 2 ml ekstrak sampel ditambahkan ke dalam beaker bersama dengan 48 ml air (H_2O), 5

ml Buffer Mg pH 10, 10 tetes kalium sianida (KCN) 1%, 10 tetes hidroksilamin hidroklorida 5%, 10 tetes trietanolamin, 10 tetes potasium peroksiamina, dan 10 tetes indikator Eriochrome Black T (EBT). Kemudian campuran dikocok dan dititrasikan dengan larutan EDTA 0,01 N sampai terjadi perubahan warna menjadi biru. Hasil titrasi kemudian dihitung.

Analisis magnesium (Mg) juga dilakukan bersamaan dengan analisis kalsium (Ca). Penghitungan konsentrasi magnesium menggunakan rumus yang telah ditetapkan.

$$\text{Mg} = \frac{\text{T.N.} \cdot 12 \cdot 10}{10.000}$$

$$\text{Persentase Mg} = (\text{Ca} - \text{Mg}) - \text{Ca}$$

Keterangan:

T	= Titrasi
N	= Normalitas EDTA
P	= Pengenceran
12	= ekui. Mg

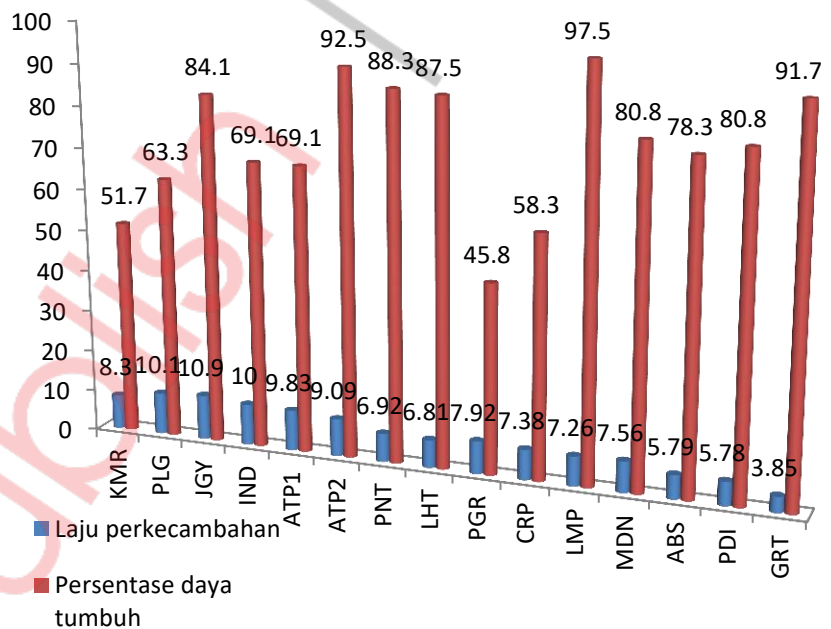
BAB IV

MORFOLOGI DAN EKOLOGI

JARAK PAGAR

1. Karakter Morfologi Jarak Pagar di Pembibitan

Tingkat perkecambahan dan persentase pertumbuhan bervariasi antar kultivar (Gambar 2). Bahan dengan tingkat perkecambahan paling cepat adalah bahan GRT (3,85 HSS), sedangkan bahan dengan tingkat perkecambahan lambat adalah bahan JGY (10,9 HSS). Persentase kemampuan tumbuh tertinggi terdapat pada aksesori LMP (97,5%) dan terendah pada aksesori ZPT (45,8%).



Gambar 2. Laju perkecambahan (Hari Setelah Semai (HSS)) dan persentase daya tumbuh (%).

Berdasarkan analisis varians terhadap karakteristik vegetatif yang diamati, terlihat bahwa tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, dan kandungan klorofil daun menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan, sedangkan laju pertumbuhan relatif (LTR) menunjukkan perbedaan yang signifikan (lihat Tabel 3). Nilai heritabilitas dari karakteristik pada tahap pembibitan adalah tinggi (lihat Tabel 4). Aksesori JGY, LMP, IND, KMR, dan PLG menunjukkan tinggi tanaman yang lebih besar dibandingkan dengan aksesori lain. Sementara itu, aksesori ATP2, ATP1, JGY, PLG, KMR, CRP, PGR, LMP, dan IND memiliki diameter batang yang lebih besar dibandingkan dengan aksesori lain. Aksesori PLG, KMR, ATP1, LMP, CRP, PGR, dan IND menunjukkan jumlah daun yang lebih banyak daripada aksesori lainnya. Aksesori ABS dan JGY memiliki kandungan klorofil daun yang lebih tinggi dibandingkan dengan aksesori lainnya. Aksesori ABS menunjukkan LTR yang sama tinggi dengan aksesori lainnya, kecuali dengan IND, KMR, JGY, dan PLG (lihat Tabel 5).

Tabel 3. Ragam dari aksesori jarak pagar terhadap tinggi tanaman (cm) diameter batang (cm), jumlah daun, kandungan klorofil daun, dan LTR (g/g/hari).

Karakter pengamatan	F Hitung	Pr > F
1.Tinggi tanaman	10.39**	0.0001
2.Diameter batang	14.03**	0.0001
3.Jumlah daun	7.07**	0.0001
4.Kandungan klorofil daun	11.84**	0.0001
5.LTR	3.22*	0.0041

Keterangan: ** = sangat nyata, * = nyata

Tabel 4. Nilai heritabilitas dari aksesori jarak pagar terhadap tinggi tanaman (cm), diameter batang (cm), jumlah daun, kandungan klorofil daun, dan LTR (g/g/hari).

Karakter pengamatan	Heritabilitas (%)
1.Tinggi tanaman	90.4
2.Diameter batang	92.9
3.Jumlah daun	98.4
4.Kandungan klorofil daun	91.6
5.LTR	67.5

Tabel 5. BJND 15 aksesi terhadap tinggi tanaman (cm), diameter batang (cm), jumlah daun, klorofil daun, dan LTR (g/g/hari) di pembibitan umur 10 hari sampai 92 hari.

Aksesi	Karakter Pengamatan				
	Tinggi tanaman (cm)	Diameter batang (cm)	Jumlah daun	Klorofil daun	LTR (g/g/hari)
KMR	23.01 abcd	0.64 a	7.75 ab	0.36 cd	35.43 def
PLG	22.81 abcd	0.67 a	7.92 a	0.31 d	34.23 efg
JGY	24.63 a	0.67 a	6.61 cd	0.33 d	41.47 ab
IND	24.42 abc	0.60 ab	7.05 abcd	0.39 bcd	37.77 cd
ATP1	20.27 de	0.68 a	7.60 ab	0.41 abcd	37.47 cd
ATP2	18.95 ef	0.69 a	6.68 cd	0.48 abc	38.67 bc
PNT	19.25 ef	0.55 bc	6.99 bcd	0.40 abcd	33.87 fgh
LHT	20.57 bcde	0.55 bc	6.92 bcd	0.41 abcd	32.17 gh
PGR	17.67 efg	0.63 ab	7.35 abc	0.41 abcd	31.63 gh
CRP	20.38 cde	0.60 ab	7.38 abc	0.52 ab	32.23 gh
LMP	23.52 ab	0.60 ab	7.60 ab	0.41 abcd	31.03 h
MDN	19.91 de	0.49 cd	6.43 de	0.53 ab	36.53 cdef
ABS	15.10 g	0.42 de	5.77 ef	0.54 a	41.93 a
PDI	16.79 fg	0.48 cd	6.91 bcd	0.52 ab	37.27 cde
GRT	14.73 g	0.36 e	5.37 f	0.52 ab	36.73 cdef

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada α 5%

2. Karakter Morfologi Jarak Pagar di Lapangan

Berdasarkan analisis varians untuk karakteristik morfologi di lapangan, hasil menunjukkan bahwa semua karakter menunjukkan perbedaan yang signifikan, kecuali pertumbuhan tinggi tanaman, persentase bunga yang menjadi buah, dan kadar minyak biji (Tabel 6). Beberapa aksesi menunjukkan nilai heritabilitas yang tinggi, kecuali untuk kadar minyak biji, pertumbuhan tinggi tanaman, dan persentase bunga yang menjadi buah (Tabel 7). Kadar minyak biji menunjukkan nilai heritabilitas sedang, sementara pertumbuhan tinggi tanaman dan persentase bunga yang menjadi buah memiliki nilai heritabilitas yang sama dengan nol..

Tabel 6. Rekapitulasi sidik ragam dari karakter kuantitatif pada aksesi yang diamati di lapangan.

Karakter yang diamati	F Hitung	Pr > F
1. Pertambahan tinggi tanaman (cm)	0.91tn	0.5587
2. Pertambahan diameter batang (cm)	4.87**	0.0002
3. Jumlah cabang primer	7.63**	0.0001
4. Waktu berbunga (HST)	4.29**	0.0005
5. Jumlah buah/tanaman	4.89**	0.0002
6. Jumlah malai/tanaman	3.71*	0.0015
7. Jumlah bunga betina/malai	3.04*	0.0060
8. Jumlah bunga jantan/malai	3.51*	0.0023
9. Persentase bunga betina menjadi buah (%)		
10. Berat buah basah/tanaman (kg)	0.86tn	0.6042
11. Berat biji basah/tanaman (kg)	3.75*	0.0014
12. Jumlah biji/tanaman	4.22*	0.0006
13. Kadar minyak biji (%)	3.70*	0.0016
14. Panjang buah (cm)	1.69tn	0.1157
15. Diameter buah (cm)	4.38**	0.0004
16. Panjang biji (cm)	6.2**	0.0001
17. Diameter biji (cm)	3.01*	0.0064
	2.76*	0.0108

Keterangan: * = nyata, ** = sangat nyata, tn = tidak nyata

Tabel 7. Heritabilitas (%) dari karakter kuantitatif pada aksesi yang diamati di lapangan.

Karakter yang diamati	Nilai Heritabilitas (%)
1. Pertambahan tinggi tanaman (cm)	0
2. Pertambahan diameter batang (cm)	79.45
3. Jumlah cabang primer	86.9
4. Waktu berbunga (HST)	76.69
5. Jumlah buah/tanaman	79.55
6. Jumlah malai/tanaman	73.29
7. Jumlah bunga betina/malai	67.10
8. Jumlah bunga jantan/malai	71.54
9. Persentase bunga betina menjadi buah (%)	0
10. Berat buah/tanaman (kg)	73.31
11. Berat biji/tanaman (kg)	76.3

Karakter yang diamati	Nilai Heritabilitas (%)
12. Jumlah biji/tanaman	72.97
13. Kadar minyak biji (%)	40.78
14. Panjang buah (cm)	91.02
15. Diameter buah (cm)	83.86
16. Panjang biji (cm)	66.74
17. Diameter biji (cm)	63.75

Aksesi ATP2 menunjukkan peningkatan diameter batang yang lebih signifikan dibandingkan dengan aksesi lainnya. Selain itu, aksesi ini memiliki jumlah cabang primer yang setara dengan ATP1 dan LMP. Jumlah buah yang serupa terdapat pada aksesi PDI, LMP, MDN, dan PLG. Aksesi GRT menunjukkan periode berbunga yang sama lambatnnya dengan JGY, ABS, KMR, ATP2, PGR, dan ATP1. Sedangkan aksesi PDI memiliki jumlah malai yang sama dengan aksesi MDN, LMP, KMR, PLG, IND, PNT, dan LHT (lihat Tabel 8).

Tabel 8. BJND 15 aksesi terhadap pertambahan diameter batang (cm), jumlah cabang primer, waktu berbunga (HST), jumlah buah/tanaman, dan jumlah malai /tanaman mulai umur 1 bulan HST sampai 10 bulan HST.

Aksesi	Karakter Pengamatan				
	Pertambahan diameter batang (cm)	Jumlah cabang primer	Waktu berbunga (HST)	Jumlah buah/tanaman	Jumlah malai/tanaman
KMR	0.82 ef	4.07 bcde	122.67 abc	147.50 bcd	133.70 b
PLG	1.02 bcdef	4.07 bcde	90.66 c	248.17 abc	136.73 b
JGY	1.04 bcde	2.97 ef	168.33 a	28.17 d	125.00 b
IND	0.87 cdef	3.47 ef	121.00 c	135.17 bcd	128.40 b
ATP1	1.07 bc	6.10 a	119.00 abc	85.33 d	222.77 a
ATP2	1.33 a	6.07 a	121.00 abc	169.93 bcd	239.03 a
PNT	0.85 cdef	3.77 cde	116.33 bc	168.98 bcd	113.97 b
LHT	0.82 ef	3.47 def	113.33 bc	101.89 cd	134.37 b
PGR	0.83 def	4.67 bcd	120.33 abc	81.50 d	131.93 b
CRP	0.81 f	3.87 bcde	99.69b c	64.39 d	122.30 b
LMP	1.05 bcd	5.00 ab	71.67 c	264.06 ab	117.33 b
MDN	0.92 bcdef	4.83 bc	74.00 c	251.94 ab	135.67 b

Aksesi	Karakter Pengamatan				
	Pertambahan diameter batang (cm)	Jumlah cabang primer	Waktu berbunga (HST)	Jumlah buah/tanaman	Jumlah malai/tanaman
ABS	1.12 cb	2.4 f	143.67 ab	55.00 d	134.17 b
PDI	1.12 b	3.9 bcde	70.67 c	367.28 a	109.23 b
GRT	1.05 bcd	2.87 ef	169.67 a	18.72 d	98.67 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada α 5%

Aksesi ATP2, ATP1, PDI, dan LHT menunjukkan jumlah bunga betina yang setara. Sementara itu, ATP1 dan ATP2 memiliki jumlah bunga jantan yang sama. Buah dengan berat yang sama terdapat pada PDI, MDN, LMP, PLG, IND, PNT, dan KMR. Aksesi PDI, LMP, MDN, PLG, dan PNT menunjukkan jumlah biji yang lebih banyak daripada aksesi lainnya. Selain itu, aksesi PDI, LMP, PLG, dan IND memiliki biji yang memiliki berat lebih besar dibandingkan dengan aksesi lainnya (Tabel 9).

Tabel 9. BJND 5 aksesi terhadap jumlah bunga betina/malai, jumlah bunga jantan/malai, berat buah/tanaman (kg), berat biji/tanaman (kg), dan jumlah biji/tanaman di lapangan mulai umur 1 bulan HST – 10 bulan HST.

Aksesi	Karakter Pengamatan				
	Jumlah bunga betina/malai	Jumlah bunga jantan/malai	Berat buah/tanaman (kg)	Berat biji/tanaman (kg)	Jumlah biji/tanaman
KMR	10.87 bcd	133.70 b	1.27 abc	0.43 bcd	378.72
PLG	9.37 bcd	136.73 b	2.21 abc	0.73 ab	bcd
JGY	9.43 bcd	125.00 b	0.27 d	0.10 ab	637.22
IND	8.33 cd	128.40 b	1.57 abcd	0.59 abc	abc
ATP1	13.60 ab	222.77 a	0.56 d	0.19 cd	81.56 d
ATP2	15.23 a	239.03 a	0.99 bcd	0.31 bcd	368.94
PNT	9.10 cd	113.97 b	1.44 abcd	0.16 cd	bcd
LHT	11.40 abc	134.37 b	0.74 cd	0.25 cd	180.11 cd
PGR	10.23 bcd	131.93 b	0.56 d	0.20 cd	324.06
CRP	10.67 bcd	122.30 b	0.39 d	0.16 cd	bcd
LMP	11.00 bcd	117.33 b	2.48 ab	0.85 ab	421.56

Aksesi	Karakter Pengamatan				
	Jumlah bunga betina/malai	Jumlah bunga jantan/malai	Berat buah/ tanaman (kg)	Berat biji/ tanaman (kg)	Jumlah biji/ tanaman
MDN	9.93b cd	135.67 b	2.59 a	0.72 bcd	bcd
ABS	8.27 cd	134.17 b	0.50 d	0.16 cd	254.11 cd
PDI	13.37 ab	109.23 b	2.78 a	0.99 a	204.17 cd
GRT	7.03 d	98.37 b	0.21 d	0.08 d	123.38 d
					749.22 ab
					700.48 ab
					142.27 d
					831.22 a
					63.94 d

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada α 5%

Diameter buah pada aksesi ABS memiliki ukuran yang sama dengan GRT, JGY, LMP, ATP2, LHT, ATP1, dan PDI. Panjang buah pada aksesi ABS juga setara dengan aksesi LMP, JGY, PNT, PLG, PDI, ATP2, LHT, IND, ATP1, dan MDN. Diameter biji pada aksesi JGY tidak berbeda dengan aksesi MDN, PDI, ATP1, GRT, ATP2, PLG, LMP, ABS, IND, LHT, dan KMR. Panjang biji pada aksesi JGY juga sama dengan aksesi LMP, ABS, MDN, PLG, GRT, LHT, PDI, KMR, ATP1, PNT, dan ATP2 (Tabel 10). Jika dilihat dari tabel, pertumbuhan tinggi tanaman yang paling signifikan terjadi pada aksesi ATP2. Aksesi LHT, ATP1, ATP2, CRP, PGR, IND, JGY, PDI, MDN, LMP, dan PNT menunjukkan persentase bunga betina yang menjadi buah sebesar 100%, sementara aksesi lainnya memiliki persentase di bawah 100%. Aksesi CRP memiliki kadar minyak biji yang lebih tinggi dibandingkan dengan aksesi lainnya. Rerata produksi minyak tertinggi ditemukan pada aksesi LMP, diikuti oleh MDN (Tabel 11).

Tabel 10. BJND 15 aksesi terhadap panjang buah (cm), diameter buah (cm) panjang biji (cm), dan diameter biji (cm) di lapangan mulai umur 1 bulan HST – 10 bulan (HST).

Aksesi	Karakter pengamatan			
	Panjang buah (cm)	Diameter buah (cm)	Panjang biji (cm)	Diameter biji (cm)
KMR	3.44 bc	2.35 ef	1.91 ab	0.93 ab
PLG	3.85 ab	2.51 cde	1.99 ab	0.95 ab
JGY	3.99 a	2.95 ab	2.10 a	1.01 a
IND	3.71 ab	2.59 bcde	1.67 cd	0.94 ab
ATP1	3.70 ab	2.74 abcd	1.89 abc	0.98 ab
ATP2	3.78 ab	2.79 abcd	1.89 abc	0.96 ab
PNT	3.96 ab	2.67 bcde	1.89 abc	0.88 b
LHT	3.77 ab	2.75 abcd	1.93 ab	0.93 ab
PGR	2.97 c	2.31 ef	1.81 bcd	0.74 c
CRP	2.99 c	2.02 f	1.65 d	0.87 b
LMP	4.05 a	2.87 abc	2.07 a	0.96 ab
MDN	3.70 ab	2.45 de	1.99 ab	0.98 ab
ABS	4.11 a	3.12 a	2.00 ab	0.94 ab
PDI	3.79 ab	2.74 abcd	1.91 ab	0.98 ab
GRT	3.87 ab	2.59 ab	1.98 ab	0.97 ab

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada α 5%.

Tabel 11. Nilai rata-rata 15 aksesi terhadap pertambahan tinggi tanaman (cm), persentase bunga jadi buah (%), minyak biji (%) dan produksi hasil (berat kernel x minyak biji) (kg) di lapangan mulai umur 1 bulan-10 bulan (HST).

Aksesi	Karakter pengamatan			
	Pertambahan tinggi tanaman (cm)	Persentase bunga jadi buah (%)	Kadar minyak biji (%)	Produksi minyak (berat kernel x minyak biji) (kg)
KMR	21.23	96.40	33.16	0.26
PLG	24.60	96.80	35.18	0.47
JGY	24.76	100.00	37.06	0.06
IND	21.99	100.00	41.87	0.29
ATP1	26.08	100.00	32.17	0.10

Aksesi	Karakter pengamatan			
	Pertambahan tinggi tanaman (cm)	Persentase bunga jadi buah (%)	Kadar minyak biji (%)	Produksi minyak (berat kernel x minyak biji) (kg)
ATP2	27.59	100.00	26.27	0.18
PNT	24.55	100.00	35.51	0.32
LHT	22.66	100.00	35.55	0.17
PGR	21.97	100.00	34.97	0.14
CRP	18.45	100.00	46.94	0.14
LMP	23.52	100.00	40.45	0.61
MDN	24.78	100.00	42.20	0.58
ABS	27.03	96.30	38.17	0.10
PDI	22.84	100.00	31.79	0.48
GRT	23.67	93.50	36.22	0.05

Karakteristik kualitatif pada sifat morfologi yang diamati menunjukkan bahwa aksesi yang diselidiki memiliki sifat kualitatif yang relatif serupa, seperti bentuk ujung daun yang cenderung meruncing. Warna tangkai daun, warna daun, warna bunga, dan warna tangkai bunga secara umum seragam, umumnya berwarna hijau kekuningan. Meskipun begitu, bunga betina dan bunga jantan dipisahkan dalam satu malai pada semua aksesi (unisexual), kecuali pada ATP2 di mana putik dan benang sari terdapat dalam satu bunga (hermaprodit/biseksual) (Tabel 12).

Tabel 12. Karakter kualitatif yang diamati pada 15 aksesi jarak pagar

No	Aksesi	Bentuk ujung daun	Warna tangkai daun	Warna daun	Warna bunga	Warna Tangkai bunga	Letak kelamin bunga
1	KMR	Runcing	6/10	3/4	6/8 5	6/10	unisexual
2	PLG	Runcing	5GY	5GY	GY	5GY	unisexual
3	JGY	Runcing	7/8	4/8	7/8 5	7/8 5GY	unisexual
4	IND	Runcing	5GY	5GY	GY	6/10	unisexual
5	ATP1	Runcing	6/10	3/4	6/8 5	5GY	unisexual
6	ATP2	Runcing	5GY	5GY	GY	7/8 5GY	hermaprodit
7	PNT	Runcing	7/8	3/4	7/8 5	6/10	unisexual
8	LHT	Runcing	5GY	5GY	GY	5GY	unisexual

No	Aksesi	Bentuk ujung daun	Warna tangkai daun	Warna daun	Warna bunga	Warna Tangkai bunga	Letak kelamin bunga
9	PGR	Runcing	6/10	3/4	6/8 5	7/8 5GY	uniseksual
10	CRP	Runcing	5GY	5GY	GY	6/6 5GY	uniseksual
11	LMP	Runcing	7/8	3/4	7/6 5	6/10	uniseksual
12	MDN	Runcing	5GY	5GY	GY	5GY	uniseksual
13	ABS	Runcing	6/6	3/45GY	7/8 5	7/8 5GY	uniseksual
14	PDI	Runcing	5GY	3/45GY	GY	7/8 5GY	uniseksual
15	GRT	Runcing	6/10	4/8	7/8 5	6/10	uniseksual
			5GY	5GY	GY	5GY	
			7/8	4/8	7/8 5	7/8 5GY	
			5GY	5GY	GY	6/10	
			7/8	4/8	7/8 5	5GY	
			5GY	5GY	GY	6/10	
			6/10	3/45GY	7/8 5	5GY	
			5GY	3/45GY	GY	6/10	
			7/8	3/45GY	7/8 5	5GY	
			5GY	3/45GY	GY		
			6/10		7/6 5		
			5GY		GY		
			6/10		7/8 5		
			5GY		GY		
			6/10		7/8 5		
			5GY		GY		

Berdasarkan hasil analisis korelasi antar karakter (Tabel 13), terlihat bahwa karakter produksi biji memiliki korelasi positif dan signifikan dengan pertumbuhan tinggi tanaman ($r = 0.298$) dan peningkatan diameter batang ($r = 0.331$). Produksi biji juga memiliki korelasi sangat signifikan dengan waktu berbunga ($r = 0.422$), jumlah buah per tanaman ($r = 0.792$), jumlah malai per tanaman ($r = 0.598$), dan berat buah ($r = 0.806$). Karakter produksi minyak juga memiliki korelasi sangat signifikan dengan karakteristik jumlah malai ($r = 0.722$), jumlah buah ($r = 0.909$), waktu berbunga ($r = -0.827$), berat buah ($r = 0.973$), jumlah biji ($r = 0.967$), dan berat biji ($r = 0.809$).

Tabel 13. Korelasi antara karakter

	TT	DT	CP	WB	JBH	JM	JBB	JBJ	PBB	BBH	BBJ	JBJ	KMB	PBH	DBH	PBJ	DBJ	PH
TT	1																	
DT	.602**	1																
CP	.189tn	.358*	1															
WB	.145tn	.009tn	-.278tn	1														
JBH	.391**	.342*	.351*	.582**	1													
JM	.232tn	.102tn	.254tn	.594**	.806**	1												
JB	.110tn	.372*	.530**	-.167tn	.290tn	.090tn	1											
JB	.401**	.449**	.550**	.045tn	.078tn	-.075tn	.615**	1										
PBB	-.336*	-.280tn	.190tn	-.190tn	.032tn	.003tn	.141tn	.141tn	1									
BBH	.395**	.242tn	.233tn	.545**	.940**	.746**	.106tn	.004tn	.233tn	1								
BBJ	.298*	.331*	-.162tn	.422**	.792**	.598**	.177tn	-.050tn	.011tn	.806**	1							
JB	.416**	.280tn	.320*	.559**	.973**	.810**	.154tn	.025tn	.025tn	.963**	.794**	1						
KMB	-.209tn	-.320*	-.167tn	-.076tn	-.141	-.050tn	-.200tn	-.186tn	-.023tn	-.062tn	-.038tn	-.119tn	1					
PBH	.185tn	.346*	-.153tn	.480tn	.089tn	-.003tn	-.122tn	-.041tn	-.013tn	.120tn	.150tn	.108tn	.295*	1				
DBH	.354*	.329*	-.168tn	.231tn	-.048tn	-.140tn	-.092tn	.036tn	-.042tn	-.108tn	-.023tn	-.008tn	.378*	.788**	1			
PBJ	.354*	.329*	.035tn	.143tn	.195tn	.187tn	.005tn	-.025tn	-.104tn	.101tn	.110tn	.250tn	-.164tn	.437**	.572**	1		
DBJ	.243tn	.372*	.026tn	-.025tn	.179tn	.091tn	-.029tn	.099tn	-.087tn	.176tn	.204tn	.179tn	-.055tn	.337*	.318*	.337*	1	
PH	-.035tn	-.015tn	.277tn	-.827**	.909**	.722**	.278tn	.228tn	.245tn	.973**	.809**	.967**	.166tn	.203tn	.184tn	-.153tn	.184tn	1

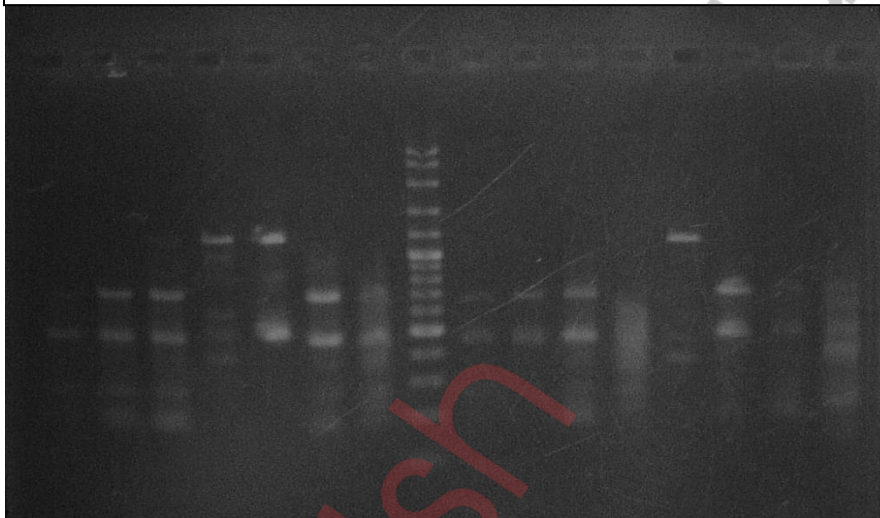
Keterangan * = nyata pada $\alpha 0.05$, ** = nyata pada $\alpha 0.01$, tn = tidak nyata

TT = Pertambahan tinggi tanaman, DT = Pertambahan diameter batang, CP = Jumlah cabang primer, WB = Waktu berbunga JBH = Jumlah buah/tanaman, JM = Jumlah malai/tanaman, JBB = Jumlah bunga betina/malai, JBJ = Jumlah bunga jantan/malai, PBB = Persentase bunga menjadi buah, BBH = Berat buah/tanaman, BBJ = Berat biji/tanaman, JBJ = Jumlah biji/tanaman, KMB = Kadar minyak biji, PBH = Panjang buah, DBH = Diameter buah, PBJ = Panjang biji, DBJ = Diameter biji. PH = Produksi hasil (Berat biji x kadar minyak)

3. Keragaman Jarak Pagar Menggunakan Marka Molekuler (RAPD)

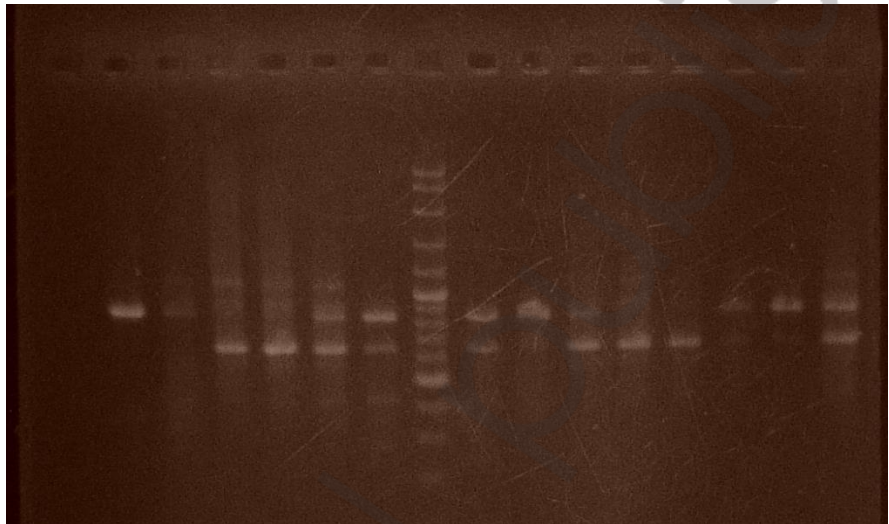
Berdasarkan hasil seleksi primer awal, hanya sepuluh primer yang menunjukkan hasil amplifikasi yang jelas dan relatif tajam. Primer-primer tersebut adalah: OPE-01, OPE-08, OPE-09, OPE-15, OPE-19, OPH-08, OPH-13, OPM-12, OPM-16, dan OPM-20. Contoh hasil amplifikasi dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Data dari sepuluh primer tersebut kemudian disesuaikan dengan skor dan dilakukan analisis dendogram.

12 27 25 37 38 42 2 Id 49 35 39 9 48 26 34 45



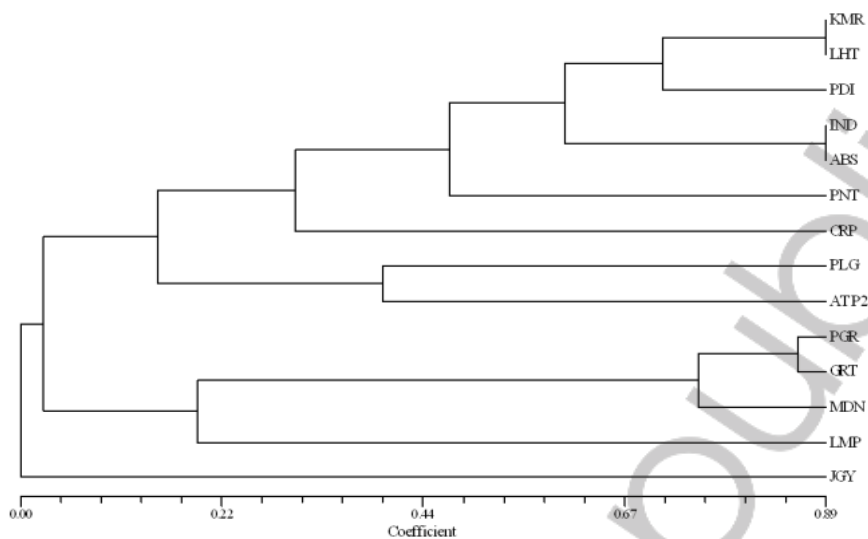
Gambar 3. Penampilan pita DNA hasil amplifikasi dari beberapa aksesori jarak pagar menggunakan primer OPE-15. Lajur atas: 37) Pontianak, 38) Aceh, 39) Pidi, 42) Indralaya, 45) Curup, 48) Lampung, 49) ATP2, dan Id) leader/pembanding.

01 44 19 30 31 07 12 ld 27 25 37 38 42 2 49 35



Gambar 3. Penampilan pita DNA hasil amplifikasi dari beberapa aksesori jarak pagar menggunakan primer OPH-13. Lajur atas: 37) Pontianak, 38) Aceh, 42) Indralaya, 44) Palembang, 49) ATP2, dan ld) leader/pembanding.

Tabel 14 memperlihatkan matriks kemiripan berdasarkan pola pita DNA. Hasil dendrogram (Gambar 5) menunjukkan bahwa pada tingkat kemiripan 0.22, terdapat lima kelompok tanaman yang dapat dibedakan. Kelompok 1 terdiri dari Komering, Lahat, Pidi, Indralaya, Aceh Besar, Pontianak, dan Curup. Kelompok 2 terdiri dari Palembang dan ATP2. Kelompok 3 terdiri dari Pagaralam, Gorontalo, dan Medan. Kelompok 4 terdiri dari Lampung, sementara Yogyakarta termasuk dalam kelompok 5. Aksesori yang memiliki tingkat kemiripan tertinggi adalah antara Komering dengan Lahat, serta antara Indralaya dengan Aceh Besar.

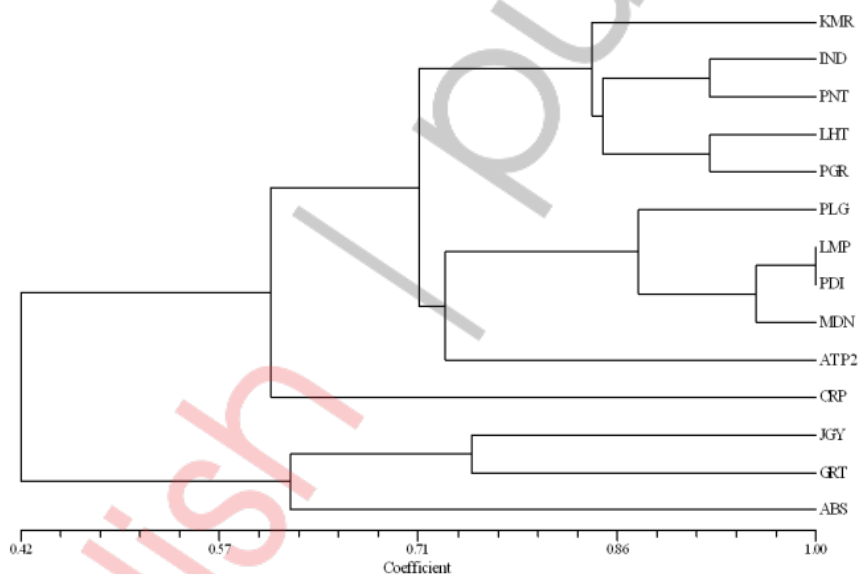


Gambar 5. Dendrogram dari 14 genotipe jarak pagar pada klaster berdasarkan penanda RAPD dengan sistem UPGMA.

Tabel 14. Matrik perkiraan jarak genetik (koefisien DICE) dari 14 aksesi jarak pagar berdasarkan data RAPD.

	KMR	PLG	JGY	IND	ATP2	PNT	LHT	PGR	CRP	LMP	MDN	ABS	PDI	GRT
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	1.00													
2.	0.72	1.00												
3.	0.76	0.95	1.00											
4.	0.72	0.52	0.57	1.00										
5.	0.67	0.86	0.81	0.48	1.00									
6.	0.48	0.57	0.62	0.19	0.43	1.00								
7.	0.95	0.76	0.81	0.76	0.71	0.43	1.00							
8.	0.67	0.76	0.71	0.67	0.71	0.33	0.71	1.00						
9.	0.81	0.90	0.95	0.62	0.86	0.57	0.86	0.76	1.00					
10.	0.62	0.81	0.86	0.43	0.67	0.67	0.67	0.67	0.81	1.00				
11.	0.62	0.71	0.76	0.33	0.57	0.86	0.57	0.48	0.72	0.62	1.00			
12.	0.72	0.52	0.57	0.90	0.48	0.19	0.76	0.76	0.62	0.52	0.33	1.00		
13.	0.86	0.76	0.81	0.76	0.71	0.43	0.90	0.71	0.86	0.67	0.57	0.76	1.00	
14.	0.57	0.67	0.71	0.29	0.52	0.90	0.52	0.43	0.67	0.67	0.86	0.29	0.52	1.00

Tabel 15 memperlihatkan matriks kemiripan berdasarkan penanda morfologi. Berdasarkan analisis kluster dari penanda morfologi (Gambar 6), pada tingkat kemiripan 0.72, ditemukan lima kelompok. Kelompok pertama terdiri dari Komering, Indralaya, Pontianak, Lahat, dan Pagaralam. Palembang, Lampung, Pidi, Medan, dan ATP2 masuk dalam kelompok kedua. Curup termasuk dalam kelompok ketiga. Kelompok keempat terdiri dari Yogyakarta dan Gorontalo, sementara Aceh Besar termasuk dalam kelompok kelima. Semakin besar nilai kemiripan, semakin dekat tingkat kekerabatan dari masing-masing aksesori, dan sebaliknya.



Gambar 6. Dendrogram 15 aksesori jarak pagar pada kalster berdasarkan penanda morfologi dengan sistem UPGMA.

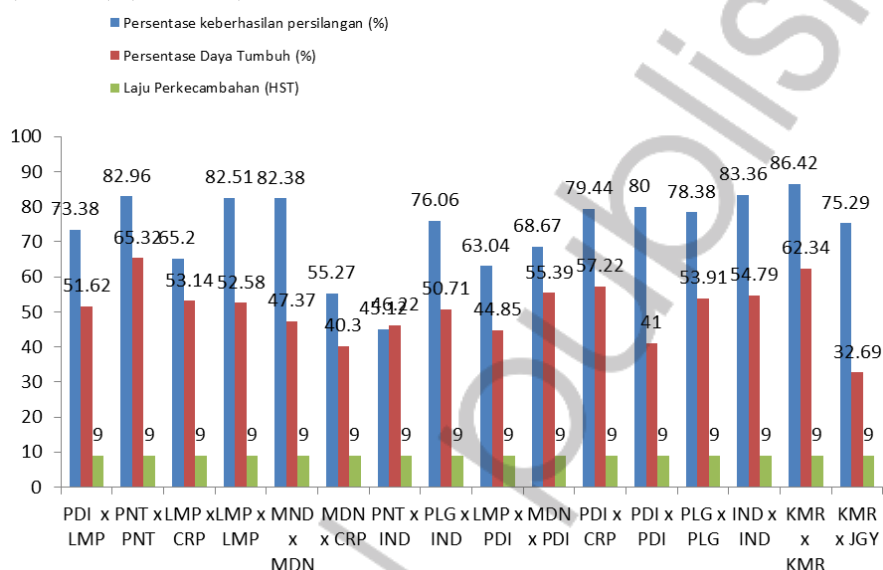
Tabel 15. Matrik perkiraan jarak genetik (koefisien DICE) dari 15 aksesi jarak pagar berdasarkan data morfologi.

	KMR	PLG	JGY	IND	ATP2	PNT	LHT	PGR	CRP	LMP	MDN	ABS	PDI	GRT
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	1.00													
2.	0.78	1.00												
3.	0.33	0.17	1.00											
4.	0.88	0.75	0.40	1.00										
5.	0.71	0.59	0.36	0.67	1.00									
6.	0.80	0.80	0.22	0.92	0.57	1.00								
7.	0.88	0.75	0.20	0.86	0.67	0.92	1.00							
8.	0.80	0.67	0.22	0.77	0.57	0.83	0.92	1.00						
9.	0.71	0.43	0.50	0.67	0.62	0.55	0.67	0.73	1.00					
10.	0.86	0.86	0.40	0.74	0.80	0.67	0.74	0.67	0.59	1.00				
11.	0.80	0.90	0.43	0.78	0.74	0.71	0.67	0.59	0.50	0.96	1.00			
12.	0.31	0.31	0.57	0.36	0.67	0.20	0.18	0.20	0.44	0.50	0.53	1.00		
13.	0.86	0.86	0.40	0.74	0.80	0.67	0.74	0.67	0.59	1.00	0.96	0.50	1.00	
14.	0.57	0.43	0.75	0.67	0.46	0.55	0.50	0.55	0.60	0.59	0.63	0.67	0.59	1.00

4. Persilangan Antar Aksesi

Hasil dari persilangan menunjukkan bahwa persentase keberhasilan persilangan tertinggi terjadi pada persilangan antara KMR x KMR (86.42%), sementara persentase terendah terjadi pada persilangan antara PNT x IND (45.12%). Waktu perkecambahan untuk semua F1 adalah 9 HSS (jam setelah semai). Persentase perkecambahan F1 tertinggi terjadi pada persilangan IND x IND (95%), sedangkan persentase terendah terjadi pada persilangan antara PDI x CRP dan PDI x PDI (30%) (Gambar 7). Diameter biji terbesar ditemukan pada persilangan PNT x PNT (1.26 cm), sedangkan panjang biji terpanjang terjadi pada persilangan antara PDI x CRP dan PDI x PDI (1.99 cm). Diameter buah terbesar terjadi pada persilangan PDI x CRP (3.10 cm) (Tabel 16). Berat buah tertinggi ditemukan pada persilangan antara LMP x PDI (75.80 g), sementara F1 yang memiliki buah paling panjang adalah persilangan antara PDI x LMP (3.78 cm). Persilangan PLG x PLG memiliki rata-rata 2.88 biji per buah, dan berat biji per 5 buah terbesar terjadi pada persilangan PDI x PDI. Kadar minyak biji tertinggi ditemukan pada persilangan PNT x PNT

(65.32%), sementara kadar terendah terjadi pada persilangan KMR x JGY (32.69%) (Tabel 17).



Gambar 7. Rata-rata persentase keberhasilan persilangan (%), persentase daya tumbuh (%), dan kadar minyak biji (%).

Tabel 16. Rata-rata diameter biji (cm), panjang biji (cm), berat buah/5 buah (g), dan diameter buah (cm) pada 16 hasil silangan.

Progeni	Diameter biji (cm)	Panjang biji (cm)	Berat buah/5 buah (g)	Diameter buah (cm)
PDI x LMP	1.02	1.89	75.2	3
PNTXPNT	1.26	1.66	58.2	2.9
LMP x CRP	1.00	1.90	65.5	3.0
LMPXLMP	1.00	1.96	74.6	2.9
MND XMDN	0.97	1.89	59.9	2.9
MDN x CRP	0.96	1.87	62.2	2.9
PNT x IND	0.94	1.9	56.5	2.7
PLG x IND	0.97	1.86	63.2	3.0
LMP x PDI	1.02	1.95	75.8	3.0
MDN x PDI	0.96	1.85	70.2	2.7
PDI x CRP	1.05	1.99	74.7	3.1
PDI X PDI	1.02	1.99	75.7	3.0

Progeni	Diameter biji (cm)	Panjang biji (cm)	Berat buah/ 5buah (g)	Diameter buah (cm)
PLG X PLG	1.05	1.98	75.7	3.1
IND X IND	0.95	1.82	58.1	2.8
KMR X KMR	1.00	1.94	66.9	2.9
KMR x JGY	1.03	1.88	55.2	2.7

Tabel 17. Rata-rata panjang buah (cm), jumlah biji/buah, berat biji/5 buah (g) dari 16 perolehan silangan.

Progeni	Panjang buah (cm)	Jumlah biji/ buah	Berat biji (g)	Kadar minyak biji (%)
PDI x LMP	3.78	2.71	16.89	51.62
PNTXPNT	3.52	2.68	14.46	65.32
LMP x CRP	3.6	2.82	14.87	53.14
LMPXLMP	3.03	2.78	17.11	52.58
MND XMDN	3.6	2.36	15.89	47.37
MDN x CRP	3.6	2.41	13.48	40.3
PNT x IND	3.34	2.45	13.34	46.22
PLG x IND	3.55	2.68	15.15	50.71
LMP x PDI	3.74	2.74	17.8	44.85
MDN x PDI	3.41	2.6	17.38	55.39
PDI x CRP	3.6	2.8	18.5	57.22
PDI X PDI	3.69	2.78	18.61	41
PLG X PLG	3.51	2.88	18.47	53.91
IND X IND	3.18	2.7	13.57	54.79
KMR X KMR	3.49	2.74	17.2	62.34
KMR x JGY	3.26	2.7	14.54	32.69

Berdasarkan analisis ragam pada keturunan di tahap pembibitan, ditemukan bahwa perbedaan pada aktivitas nitrat reduktase dan kandungan klorofil daun tidak signifikan, sementara laju pertumbuhan relatif (LTR) menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan (Tabel 18). LTR yang dimiliki oleh persilangan KMR x KMR tidak berbeda dengan PLG x PLG, IND x IND, PDI x LMP, KMR x JGY, MDN x CRP, PNT x IND, LMP x CRP, PNT x PNT, dan PDI x PDI. Aktivitas nitrat reduktase tertinggi tercatat pada persilangan MDN x PDI, sedangkan kandungan klorofil daun tertinggi dimiliki oleh persilangan PNT x IND (Tabel 19).

Ketidaksignifikan dalam nilai aktivitas nitrat reduktase dan kandungan klorofil daun antar keturunan menunjukkan bahwa potensi produksi dari semua keturunan adalah serupa.

Korelasi positif yang tidak signifikan terlihat antara produksi minyak biji dengan aktivitas nitrat reduktase ($r = 0.0643$) dan kandungan klorofil daun ($r = 0.1150$). Namun, produksi minyak biji menunjukkan korelasi positif yang signifikan dengan LTR ($r = 0.5925$).

Tabel 18. Sidik ragam dari progeni jarak pagar pada nitrat reduktase ($\mu\text{M NO}_2^-/\text{gbb/jam}$), laju tumbuh relatif (g/g/hari) dan klorofil daun di pembibitan.

Karakter pengamatan	F Hitung	Pr > F
1. Nitrat reduktase	1.71tn	0.1040
2. Laju tumbuh relatif	3.96**	0.0007
3. Klorofil daun	1.53tn	0.1582

Keterangan: ** = sangat nyata, tn= tidak nyata

Tabel 19. BJND pada laju tumbuh relatif (g/g/hari), rata – rata nilai nitrat reduktase ($\mu\text{M NO}_2^-/\text{gbb/jam}$), dan klorofil daun dari 16 progeni

Progeni	Laju tumbuh relatif (g/g/hari)	Nilai nitrat reduktase ($\mu\text{M NO}_2^-/\text{gbb/jam}$)	Klorofil daun
PDI x LMP	0.05 ab	25.36	35.61
PNTXPNT	0.03 abcde	32.30	32.99
LMP x CRP	0.04 abc	37.61	35.19
LMPXLMP	0.03 cdef	24.82	35.02
MND XMDN	0.03 cdef	31.73	33.90
MDN x CRP	0.04 abcde	28.25	30.58
PNT x IND	0.04 abcd	29.09	38.29
PLG x IND	0.02 ef	31.61	34.93
LMP x PDI	0.03 bcdef	35.22	35.13
MDN x PDI	0.01 f	39.92	33.77
PDI x CRP	0.02 def	31.31	35.81
PDI X PDI	0.03 abcde	36.37	34.50
PLG X PLG	0.05 a	32.12	33.88
IND X IND	0.05 abc	31.01	31.65
KMR X KMR	0.05 a	30.72	31.98
KMR x JGY	0.03 abcde	21.03	33.82

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada α 5%

5. Karakter dan Produksi Progeni

Hasil analisis ragam terhadap keturunan di lapangan menunjukkan bahwa karakteristik yang berpengaruh secara signifikan adalah jumlah cabang primer, jumlah bunga betina per malai, dan jumlah bunga jantan per malai. Karakteristik yang berpengaruh sangat signifikan meliputi waktu berbunga, berat buah, berat biji, jumlah biji, dan diameter biji. Sementara itu, karakteristik lainnya tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan (Tabel 20).

Tabel 20. Sidik ragam dari progeni jarak pagar pada karakter kuantitatif di lapangan.

Karakter pengamatan	F Hitung	Pr > F
1. Pertambahan tinggi tanaman (cm)	1.86tn	0.0724
2. Pertambahan diameter batang (cm)	0.83tn	0.6397
3. Jumlah cabang primer	2.62*	0.0119
4. Waktu berbunga (HST)	125.87**	0.0001
5. Jumlah buah/tanaman	1.67tn	0.1139
6. Jumlah malai/tanaman	1.79tn	0.0862
7. Jumlah bunga betina/malai	2.31*	0.0288
8. Jumlah bunga jantan/malai	3.26*	0.0028
9. Persentase bunga menjadi buah (%)	0.79tn	0.6704
10. Berat buah/tanaman (kg)	6.62**	0.0001
11. Berat biji/tanaman (kg)	4.24**	0.0004
12. Jumlah biji/tanaman	4.85**	0.0001
13. Kadar minyak biji (%)	0.93tn	0.5425
14. Panjang buah (cm)	1.02tn	0.4665
15. Diameter buah (cm)	1.35tn	0.2337
16. Panjang biji (cm)	3.98**	0.0006
17. Diameter biji (cm)	1.67tn	0.1119

Keterangan: ** = sangat nyata, * = nyata, tn= tidak nyata

Jumlah cabang primer pada persilangan PDI x LMP, PDI x CRP, dan PLG x PLG lebih tinggi dibandingkan dengan genotipe lainnya. MDN x PDI memiliki waktu berbunga yang lebih lambat daripada genotipe lainnya. KMR x JGY memiliki jumlah bunga betina yang setara dengan PDI x LMP, LMP x CRP, LMP x LMP, MDN x CRP, LMP x PDI, MDN x PDI, PDI x CRP, dan IND x IND. Jumlah bunga jantan pada KMR x

JGY sama dengan PDI x LMP, LMP x CRP, LMP x LMP, MDN x MDN, PNT x IND, LMP x PDI, MDN x PDI, PDI x PDI, dan KMR x KMR (lihat Tabel 21).

Berat buah pada PNT x IND, PLG x IND, dan PLG x PLG lebih tinggi daripada genotipe lainnya. Berat biji pada PNT x IND, PLG x IND, PLG x PLG, PNT x PNT, dan PDI x LMP lebih tinggi dibandingkan dengan genotipe lainnya. PLG x PLG memiliki jumlah biji yang setara dengan PDI x LMP, PNT x PNT, PNT x IND, PLG x IND, KMR x KMR, dan KMR x JGY. Genotipe PNT x PNT memiliki panjang biji yang sama dengan PDI x LMP, LMP x LMP, MDN x CRP, PNT x IND, PLG x IND, LMP x PDI, PDI x CRP, PLG x PLG, KMR x KMR, dan KMR x JGY (Tabel 22).

Tabel 21. BNJD α 0.05 pada jumlah cabang primer, waktu berbunga (HST), jumlah bunga betina/malai, dan jumlah bunga jantan/malai dari 16 progeni.

progeni	Jumlah cabang primer	Waktu berbunga (HST)	Jumlah bunga betina/malai	Jumlah bunga jantan/malai
PDI x LMP	4.76 a	76.33 g	16.23 abc	192.00 ab
PNTXPNT	3.33 bcd	69.00 h	10.50 c	103.73 e
LMP x CRP	3.00 bcd	85.00 c	16.10 abc	174.00 abc
LMPXLMP	2.23 d	82.33 cdef	16.90 ab	194.90 ab
MND XMDN	2.90 bcd	81.00 cdef	10.57 c	171.00 abcd
MDN x CRP	3.23 bcd	78.33 efg	14.23 abc	129.10 cde
PNT x IND	3.00 bcd	66.33 hi	11.47 bc	152.90 abcde
PLG x IND	3.43 bcd	64.67 i	11.23 bc	120.23 de
LMP x PDI	3.43 bcd	77.67 fg	16.33 abc	157.10 abcd
MDN x PDI	3.33 bcd	133.33 a	16.33 abc	149.00 abcde
PDI x CRP	4.00 ab	81.67 cdef	15.77 abc	142.57 bcde
PDI X PDI	3.43 bcd	91.00 b	14.00 abc	162.43 abcd
PLG X PLG	4.00 ab	80.33 defg	13.00 bc	128.47 cde
IND X IND	2.87 bcd	83.00 cd	15.90 abc	130.47 cde
KMR X KMR	3.80 abc	82.33 cde	13.57 bc	170.77 abcd
KMR x JGY	2.53 cd	83.67 cd	19.97 a	201.00 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada α 5%.

Tabel 22. BNJD α 0.05 pada berat buah (kg), berat biji (kg) jumlah biji, dan panjang biji (cm) dari 16 progeni.

Progeni	Berat buah (kg)	Berat biji (kg)	Jumlah biji	Panjang biji (cm)
PDI x LMP	0.98 b	0.28 ab	291.77 ab	1.89 ab
PNTXPNT	0.83 bc	0.25 abc	248.33 abc	1.92 a
LMP x CRP	0.55 cde	0.16 cd	162.63 cd	1.80 cde
LMPXLMP	0.35 e	0.13 d	117.00 d	1.89 ab
MND XMDN	0.45 de	0.13 d	142.67 cd	1.83 bcd
MDN x CRP	0.49 de	0.15 cd	149.33 cd	1.86 abcd
PNT x IND	1.21 a	0.35 a	317.78 ab	1.87 abc
PLG x IND	0.98 ab	0.32 ab	298.23 ab	1.87 abc
LMP x PDI	0.52 cde	0.16 cd	158.67 cd	1.86 abcd
MDN x PDI	0.35 e	0.13 d	113.90 d	1.79 de
PDI x CRP	0.46 de	0.15 cd	152.10 cd	1.89 ab
PDI X PDI	0.36 e	0.12 d	120.33 d	1.83 bcd
PLG X PLG	0.92 ab	0.26 abc	325.69 a	1.89 ab
IND X IND	0.51 cde	0.14 cd	151.80 cd	1.73 e
KMR X KMR	0.68 bcde	0.21 bcd	227.57 abc	1.87 abc
KMR x JGY	0.74 bcd	0.22 bcd	209.87 abcd	1.87 abc

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada α 5%.

Pertumbuhan tinggi tanaman paling tinggi tercatat pada persilangan PDI x LMP. Persilangan PNT x PNT, LMP x LMP, dan KMR x KMR menunjukkan peningkatan diameter batang yang lebih besar dibandingkan dengan keturunan F1 lainnya. Persilangan PNT x PNT memiliki jumlah buah terbanyak. Jumlah malai tertinggi terjadi pada persilangan PDI x LMP. Persentase bunga betina yang menjadi buah kurang dari 100% diamati pada persilangan PDI x LMP, PNT x PNT, LMP x PDI, dan PDI x CRP. Sedangkan genotipe lainnya menunjukkan persentase bunga betina yang menjadi buah sebesar 100% (Tabel 23).

Tabel 23. Rata-rata dari pertambahan tinggi tanaman (cm), pertambahan diameter batang (cm), jumlah buah, jumlah malai, dan persentase bunga jadi buah (%) dari 16 progeni.

Progeni	Pertambahan tinggi tanaman (cm)	Pertambahan diameter batang (cm)	Jumlah buah	Jumlah malai	Persentase bunga betina jadi buah (%)
PDI x LMP	31.01	0.75	96.87	14.00	98.13
PNTXPNT	24.82	0.84	295.77	12.50	98.43
LMP x CRP	25.53	0.75	60.90	7.33	100.00
LMPXLMP	26.45	0.84	42.13	9.23	100.00
MND XMDN	25.49	0.67	52.67	5.77	100.00
MDN x CRP	23.78	0.68	59.23	5.57	100.00
PNT x IND	24.39	0.65	132.27	11.77	100.00
PLG x IND	22.38	0.75	107.77	9.57	100.00
LMP x PDI	26.73	0.71	59.80	8.87	100.00
MDN x PDI	26.31	0.75	42.73	7.40	96.97
PDI x CRP	27.09	0.73	55.57	8.10	94.73
PDI X PDI	28.18	0.77	47.70	6.00	100.00
PLG X PLG	25.56	0.81	114.77	12.03	100.00
IND X IND	24.51	0.74	55.33	6.68	100.00
KMR X KMR	26.73	0.84	78.23	7.00	100.00
KMR x JGY	27.63	0.79	78.23	9.13	100.00

Kandungan minyak yang tinggi terdapat pada persilangan LMP x CRP. Keturunan dari persilangan PDI x CRP menunjukkan buah dengan panjang dan diameter yang lebih besar daripada keturunan F1 lainnya. Persilangan PDI x CRP dan MDN x PDI memiliki biji dengan diameter yang lebih besar dibandingkan dengan keturunan lainnya. Produksi minyak biji yang tinggi terdapat pada persilangan PLG x PLG dan PNT x IND (Tabel 24). Heterosis tertinggi untuk berat biji terjadi pada persilangan PDI x LMP. Sedangkan untuk kandungan minyak biji, heterosis tertinggi terjadi pada persilangan PLG x IND (Tabel 25).

Tabel 24. Rata-rata dari kadar minyak biji (%), panjang buah (cm), diameter buah (cm), diameter biji (cm), dan produksi minyak (berat kernel x kadar minyak biji) (kg) dari 16 progeneri.

Progeneri	Kadar minyak biji (%)	Panjang buah (cm)	Diameter buah (cm)	Diameter biji (cm)	Produksi minyak (berat kernel (kg) x kadar minyak)
PDI x LMP	50.14	3.38	2.60	0.96	0.17
PNTXPNT	42.21	3.28	2.45	0.93	0.40
LMP x CRP	53.89	3.10	2.45	0.93	0.28
LMPXLMP	48.70	3.37	2.55	0.95	0.19
MND XMDN	43.81	3.30	2.52	0.95	0.20
MDN x CRP	43.10	3.25	2.52	0.92	0.22
PNT x IND	46.90	3.33	2.46	0.91	0.48
PLG x IND	53.15	3.23	2.43	0.95	0.56
LMP x PDI	46.12	3.25	2.51	0.95	0.24
MDN x PDI	45.88	3.19	2.41	0.97	0.19
PDI x CRP	49.55	3.40	2.62	0.97	0.28
PDI X PDI	46.75	3.24	2.59	0.93	0.20
PLG X PLG	46.44	3.24	2.52	0.96	0.62
IND X IND	46.81	3.26	2.58	0.93	0.21
KMR X KMR	50.24	3.28	2.59	0.96	0.48
KMR x JGY	46.44	3.39	2.61	0.96	0.36

Tabel 25. Heterosis (%) dari produksi biji (kg) dan kadar minyak biji (%)

Induk	Progeneri				Nilai heterosis (%)	
	Produk si biji (kg)	Kadar minyak biji (%)	Produksi biji (kg)	Kadar minyak biji (%)	Produksi biji	Kadar minyak biji
PDI x PDI	0.12	46.75	PDI x LMP	0.28	50.14	5.1
LMP x LMP	0.13	48.70	LMP x CRP	0.16	53.89	12.7
CRP x CRP	0.03	46.94	MDN x CRP	0.15	43.10	-5.0
MDN x MDN	0.13	43.81	PNT x IND	0.35	46.90	5.3
PNT x PNT	0.25	42.21	PLG x IND	0.32	53.15	14.8
IND x IND	0.14	46.81	LMP x PDI	0.16	46.12	-3.4
PLG x PLG	0.26	46.44	MDN x PDI	0.13	45.88	1.3
KMR x KMR	0.21	50.24	PDI x CRP	0.15	49.55	5.8
JGY x JGY	0.04	37.06	KMR x JGY	0.04	46.44	6.4

6. Upaya Perbaikan Genetik Daya Perolehan dengan Perlakuan Mg dan Zn

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa keturunan yang menerima perlakuan Mg dan Zn menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam jumlah buah, kadar minyak biji, dan diameter buah. Perbedaan yang sangat signifikan juga terlihat dalam waktu berbunga, jumlah malai, jumlah bunga jantan, berat buah per tanaman, dan jumlah biji. Sementara itu, perlakuan pupuk secara signifikan memengaruhi waktu berbunga, jumlah buah per tanaman, jumlah bunga jantan per malai, berat biji basah per tanaman, jumlah biji per tanaman, dan panjang biji.

Interaksi antara keturunan dan pupuk secara sangat signifikan hanya memengaruhi waktu berbunga, dan secara signifikan memengaruhi berat buah per tanaman, panjang biji, dan kandungan Mg daun (Tabel 26).

Tabel 26. Rekapitulasi sidik ragam dari progeni, pupuk dan interaksi progeni dan pupuk pada karakter kuantitatif jarak pagar di lapangan yang diberi perlakuan Mg dan Zn.

Karakter yang diamati	F Hitung		
	Progeni	Pupuk	Interaksi
1. Pertambahan tinggi tanaman (cm)			
2. Pertambahan diameter batang (cm)	1.34tn	0.14tn	1.06tn
3. Jumlah cabang primer			
4. Waktu berbunga (HST)	0.97tn	1.05tn	0.55tn
5. Jumlah buah/tanaman	0.53tn	2.54tn	1.15tn
6. Jumlah malai/tanaman	13.64**	69.87**	31.13**
7. Jumlah bunga betina/malai	3.81*	10.74**	1.01tn
8. Jumlah bunga jantan/malai	3.61**	0.54tn	1.29tn
9. Persentase bunga betina menjadi buah (%)	0.84tn 1.41tn	1.65tn 12.26**	1.64tn 1.40tn
10. Berat buah/tanaman (kg)			
11. Berat biji/tanaman (kg)	0.82tn	1.78tn	0.82tn
12. Jumlah biji/tanaman	5.73**	5.89**	2.11*
13. Kadar minyak biji (%)	2.29tn	8.56**	0.67tn
14. Panjang buah (cm)	3.69**	9.09**	0.84tn
15. Diameter buah (cm)	2.61*	1.16tn	0.63tn
16. Panjang biji (cm)	1.09tn	1.26tn	0.73tn
17. Diameter biji (cm)	2.85*	1.51tn	0.61tn

Karakter yang diamati	F Hitung		
	Progeni	Pupuk	Interaksi
18. Kandungan Mg daun	1.71tn	4.96**	2.04*
	2.13tn	1.00tn	0.80tn
	2.02tn	1.97tn	2.65*

Keterangan: ** = sangat nyata, * = nyata, tn= tidak nyata

Interaksi antara MDN x PDI dan P0 menyebabkan penundaan waktu berbunga. Kombinasi perlakuan MDN x PDI dengan P3, P1, dan P2, serta LMP x CRP dengan P2 dan P3, PDI x PDI dengan P1 dan P2, serta MDN x MDN dengan P1 memiliki waktu berbunga yang sama cepat. Berat buah pada kombinasi MDN x MDN + P1 sama dengan berat buah yang ditemukan pada MDN x MDN + P2, LMP x LMP + P1, dan LMP x LMP + P2. Kombinasi LMP x PDI + P3 memiliki panjang biji yang serupa dengan progeni lainnya, kecuali pada PDI x PDI + P3, MDN x PDI + P0, dan LMP x CRP + P0. Sementara itu, kombinasi LMP x PDI + P2 memiliki kandungan Mg daun yang sebanding dengan LMP x CRP + P1, LMP x PDI + P1, dan MDN x PDI + P1 (Tabel 27)

Tabel 27. BJND interaksi progeni dengan pupuk pada waktu berbunga (HST), berat buah/tanaman (kg), panjang biji (cm) dan kandungan Mg daun (%).

Dosis pupuk	Pengaruh progeni					
	MDN x PDI	LMP x CRP	PDI x PDI	LMP x PDI	MDN x MDN	LMP x LMP
Waktu berbunga (HST)						
P0	133.3a	85.0 c	91.0 b	77.7d ef	81.0 cd	82.0 cd
P1	76.7 def	79.7 cde	76.7 def	75.0d ef	76.7 def	77.0 def
P2	73.0 ef	77.3 def	77.3 def	78.3 cde	79.0 cde	77.0 def
P3	71.0 f	77.0 def	80.3 cd	81.0 cd	79.7 cde	78.3 cde
Berat buah/tanaman (kg)						
P0	0.35 d	0.66	0.36 d	0.58 cd	0.93 abc	0.59 cd
P1	0.45 d	bcd	0.36 d	0.79	1.18 a	1.08 ab
P2	0.73 bcd	0.59 cd	0.68 bcd	abcd	1.17 a	0.78 abcd
P3	0.69 bcd	0.66	0.52 cd	0.74 bcd	0.35 d	0.35 d
		bcd		0.45 d		
		0.56 cd				

Dosis pupuk	Pengaruh progener					
	MDN PDI	x	LMP CRP	x	PDI PDI	x
Panjang biji (cm)						
P0	1.79 de		1.80 cde		1.83abcde	1.86
P1	1.91 ab		1.86		1.92 a	abcde
P2	1.91 ab		abcde		1.91 ab	1.85
P3	1.88		1.81		1.78 e	abcde
	abcd		abcde			1.85
			1.91			abcde
			abcde			1.92 a
						1.93 a
Kandungan Mg daun (%)						
P0	0.14 bc		0.15 bc			0.15 bc
P1	0.18 abc		0.23 ab			0.21 abc
P2	0.16 bc		0.12 c			0.27 a
P3	0.15 bc		0.22 abc			0.16 bc

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada α 5%.

Progeni yang berasal dari persilangan MDN dan PDI memerlukan waktu lebih lama untuk berbunga, sementara persilangan antara LMP dan PDI, LMP dan CRP, serta LMP dan LMP cenderung berbunga lebih cepat. Progeni dari MDN dan MDN memiliki jumlah buah yang lebih banyak daripada persilangan lainnya. Malai yang banyak umumnya terdapat pada persilangan MDN dan PDI, MDN dan MDN, serta LMP dan LMP. (Tabel 28).

Tabel 28. BJND progener pada waktu berbunga (HST), jumlah buah, dan jumlah malai.

Progener	Waktu (HST)	Berbunga	Jumlah (buah)	Buah	Jumlah (buah)	Malai
MDN x PDI	88.50 a		62.82 b		9.54 a	
LMP x CRP	79.76 bc		65.90 b		6.77 bc	
PDI x PDI	81.33 b		73.48 b		6.02 c	
LMP x PDI	78.00 c		68.34 b		6.88 bc	
MDN x MDN	80.25 b		103.34 a		6.67 ab	
LMP x LMP	78.58 bc		74.93 b		7.72 abc	

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada α 5%.

Progeni MDN x MDN mempunyai bobot buah dan jumlah biji lebih banyak dibandingkan progeni lainnya. kandungan minyak biji pada keturunaan LMP x CRP, LMP x LMP dan MDN x PDI lebih tinggi dibandingkan keturunan lainnya. keturunan LMP x CRP mempunyai diameter buah yang sama dengan keturunan lainnya kecuali MDN x PDI (Tabel 29). Perlakuan P0 menyebabkan tanaman berbunga lebih lambat. P2 menghasilkan buah lebih banyak dibandingkan perlakuan lainnya. perlakuan P1 dan P2 menghasilkan bunga jantan lebih sedikit dibandingkan perlakuan P0 dan P3 (Tabel 30).

Bobot buah lebih tinggi pada perlakuan P1 dan P2 dibandingkan P0 dan P3. Perlakuan P2 dan P3 menghasilkan bobot benih lebih tinggi dibandingkan P0 dan P2. Jumlah benih pada perlakuan P2 lebih banyak dibandingkan pada perlakuan lainnya. Perlakuan P0 menghasilkan panjang benih kecil dibandingkan perlakuan lainnya (Tabel 31).

Tabel 29. BJND nilai progeni pada berat buah/tanaman, jumlah biji/tanaman (buah), kadar minyak biji (%), dan diameter buah (cm).

Progeni	Berat Buah/ Tanaman (kg)	Jumlah Biji/Tanaman	Kadar Minyak Biji (%)	Diameter Buah (cm)
MDN x PDI	0.55 c	147.9 b	48.6 ab	2.4 b
LMP x CRP	0.59 c	180.4 b	51.7 a	2.5 ab
PDI x PDI	0.48 c	194.5 b	45.9 b	2.64 a
LMP x PDI	0.64 bc	177.4 b	46.1 b	2.62 a
MDN x MDN	0.91 a	254.7 a	43.9 b	2.58 a
LMP x LMP	0.82 ab	196.6 b	46.8 ab	2.60 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada α 5%.

Tabel 30. BJND efek pupuk pada waktu berbunga (HST), jumlah buah/tanaman, dan jumlah bunga jantan/malai.

Progeni	Waktu Berbunga (HST)	Jumlah Buah	Jumlah Bunga Jantan/Malai
P0	91.67 a	60.99 c	168.07 a
P1	77.72 b	70.29 b	134.47 b
P2	77.00 b	99.74 a	127.34 b
P3	77.89 b	78.18 b	174.93 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada α 5%.

Tabel 31. BJND efek pupuk pada berat buah/tanaman, jumlah biji/ tanaman, kadar minyak biji (%), dan diameter buah (cm).

Progeni	Berat Buah/Tanaman (kg)	Berat Biji/Tanaman (kg)	Jumlah Biji/Tanaman	Panjang Biji (cm)
P0	0.56 b	0.14 c	135.9 c	1.83 b
P1	0.75 a	0.20 b	186.9 b	1.89 a
P2	0.79 a	0.26 a	246.4 a	1.88 a
P3	0.51 b	0.22 ab	198.5 b	1.88 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada α 5%.

Pada tabel kombinasi yang disajikan, kombinasi MDN x MDN + P2 menunjukkan jumlah buah dan biji yang lebih banyak, dengan berat biji dan diameter buah yang lebih besar daripada kombinasi lainnya. Kombinasi MDN x PDI + P2 memiliki jumlah malai terbanyak, sementara kombinasi LMP x LMP + P0 menghasilkan jumlah bunga jantan yang lebih banyak. Kombinasi LMP x CRP + P0 menunjukkan tingkat kadar minyak biji yang tinggi. Kombinasi LMP x LMP + P2 menunjukkan pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih besar.

Kombinasi MDN x PDI + P3 dan PDI x PDI + P1 menunjukkan peningkatan diameter batang yang lebih tinggi daripada kombinasi lainnya. Kombinasi MDN x PDI + P0 dan LMP x CRP + P0 menunjukkan persentase bunga betina yang tidak mencapai 100%, sementara kombinasi lain mencapai 100%. Kombinasi MDN x PDI + P0, LMP x PDI + P3, dan LMP x LMP + P2 menunjukkan diameter biji yang lebih tinggi.

Kombinasi MDN x MDN + P2 menunjukkan jumlah bunga betina yang lebih banyak, buah yang lebih panjang, dan produksi minyak biji yang lebih tinggi dibandingkan dengan kombinasi lainnya. Progeni dari MDN x MDN menunjukkan jumlah bunga jantan yang lebih banyak dan berat biji yang lebih tinggi dibandingkan dengan progeni lainnya. Progeni dari LMP x LMP memiliki biji yang lebih panjang, pertumbuhan tinggi tanaman, dan peningkatan diameter batang yang lebih besar. LMP x PDI menunjukkan kandungan Mg daun yang lebih tinggi.

Progeni dari MDN x PDI menunjukkan jumlah cabang primer yang lebih banyak. Persentase bunga betina yang tidak mencapai 100% terjadi

pada MDN x PDI dan LMP x PDI, sementara progeni lainnya mencapai 100%. Jumlah bunga betina yang lebih banyak terdapat pada LMP x LMP. Buah yang lebih panjang dan produksi minyak biji yang tinggi terlihat pada MDN x MDN. Progeni dari PDI x PDI, LMP x PDI, dan LMP x LMP menunjukkan diameter buah yang lebih besar dibandingkan dengan progeni lainnya (Tabel 35).

Tabel 32. Rata-rata interaksi progeni dan pupuk pada jumlah buah/tanaman, jumlah malai/tanaman, jumlah bunga jantan/malai, berat biji (kg), jumlah biji/tanaman, kadar minyak biji (%), diameter buah (cm), dan pertambahan tinggi tanaman (cm).

Dosis pupuk	Pengaruh progeni					
	MDN x PDI	LMP x CRP	PDI x PDI	LMP x PDI	MDN x MDN	LMP x LMP
Jumlah buah/tanaman						
P0	42.70	60.90	47.70	59.80	52.67	42.13
P1	53.43	70.43	74.10	55.77	93.90	74.13
P2	80.77	71.07	103.20	78.23	153.80	111.33
P3	74.33	61.20	68.90	79.57	113.00	72.10
Jumlah malai/tanaman						
P0	7.40	7.33	6.00	8.87	5.77	9.23
P1	8.20	6.00	5.87	6.67	10.57	7.10
P2	11.47	6.77	7.53	6.00	9.43	8.10
P3	11.10	6.97	4.67	6.00	8.90	6.43
Jumlah bunga jantan/malai						
P0	149.00	174.00	162.43	157.10	171.00	194.90
P1	126.57	127.03	100.34	137.10	172.90	142.90
P2	144.13	100.67	134.20	119.20	131.57	134.57
P3	153.67	208.00	151.67	190.90	179.33	166.33
Berat biji (kg)						
P0	0.13	0.16	0.12	0.16	0.13	0.13
P1	0.16	0.22	0.22	0.17	0.26	0.19
P2	0.19	0.22	0.30	0.21	0.35	0.31
P3	0.18	0.19	0.20	0.21	0.33	0.21
Jumlah biji/tanaman						
P0	113.90	162.63	120.333	148.03	142.67	117.00
P1	135.33	201.43	201.47	148.03	249.00	186.00
P2	205.67	195.47	276.47	205.67	335.33	289.90
P3	166.87	162.00	179.67	197.10	291.90	193.67

Dosis pupuk	Pengaruh progeni					
	MDN x PDI	LMP x CRP	PDI x PDI	LMP x PDI	MDN x MDN	LMP x LMP
Kadar minyak biji (%)						
P0	45.88	53.89	46.75	46.12	43.81	48.70
P1	50.58	46.63	47.84	44.82	42.24	42.74
P2	48.50	52.56	48.70	48.56	45.70	50.53
P3	49.49	53.74	40.24	44.76	43.54	45.44
Diameter buah (cm)						
P0	2.41	2.45	2.59	2.51	2.52	2.58
P1	2.56	2.58	2.67	2.66	2.54	2.55
P2	2.28	2.49	2.64	2.57	2.69	2.63
P3	2.48	2.58	2.76	2.73	2.58	2.65
Pertambahan tinggi tanaman (cm)						
P0	28.18	25.53	28.18	26.73	25.49	26.45
P1	24.33	25.93	26.92	26.28	27.43	26.43
P2	24.67	21.67	26.95	24.14	25.97	32.97
P3	28.18	28.07	26.30	24.05	24.19	28.76

Tabel 33. Rata-rata interaksi progeni dan pupuk pada pertambahan diameter batang (cm), jumlah cabang primer/tanaman, persentase bunga betina jadi buah (%), jumlah bunga betina/malai, panjang buah (cm), diameter biji (cm), dan produksi minyak (kg).

Dosis pupuk	Pengaruh progeni					
	MDN x PDI	LMP x CRP	PDI x PDI	LMP x PDI	MDN x MDN	LMP x LMP
Pertambahan diameter batang (cm)						
P0	0.75	0.75	0.77	0.71	0.67	0.84
P1	0.73	0.67	0.89	0.74	0.70	0.83
P2	0.82	0.78	0.79	0.79	0.80	0.88
P3	0.89	0.75	0.79	0.77	0.87	0.79
Jumlah cabang primer/tanaman						
P0	3.33	3.00	3.43	3.43	2.90	2.23
P1	2.72	2.87	3.67	2.90	3.00	3.13
P2	3.67	3.67	2.31	4.00	4.57	4.63
P3	4.47	3.00	2.90	3.43	3.57	4.03
Persentase bunga betina jadi buah (%)						
P0	96.97	98.43	100.00	100.00	100.00	100.00
P1	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Dosis pupuk	Pengaruh progeni					
	MDN x PDI	LMP x CRP	PDI x PDI	LMP x PDI	MDN x MDN	LMP x LMP
P2	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
P3	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Jumlah bunga betina/malai						
P0	16.33	16.10	14.00	16.33	10.58	16.90
P1	13.00	12.33	12.33	12.90	16.30	14.77
P2	10.37	16.10	16.23	14.67	17.57	14.43
P3	14.43	16.23	17.10	15.20	15.13	17.63
Panjang buah (cm)						
P0	3.19	3.1	3.24	3.25	3.30	3.37
P1	3.34	3.25	3.37	3.29	3.27	3.32
P2	3.34	3.28	3.21	3.26	3.54	3.31
P3	3.32	3.26	3.33	3.38	3.32	3.31
Diameter biji (cm)						
P0	0.97	0.93	0.93	0.95	0.95	0.95
P1	0.83	0.95	0.96	0.96	0.95	0.95
P2	0.85	0.91	0.96	0.96	0.92	0.97
P3	0.93	0.97	0.1	0.97	0.95	0.95
Produksi minyak biji (kg)						
P0	0.19	0.28	0.20	0.24	0.20	0.18
P1	0.25	0.37	0.38	0.22	0.37	0.28
P2	0.29	0.49	0.52	0.36	0.62	0.57
P3	0.27	0.39	0.30	0.32	0.46	0.34

Tabel 34. Rata-rata progeni pada jumlah bunga jantan/malai, berat biji/tanaman (kg), panjang biji (cm), Mg daun (%), pertambahan tinggi tanaman (cm), dan pertambahan diameter batang (cm).

Progeni	Jumlah Bunga Jantan/Malai	Berat Biji/Tanaman (kg)	Panjang Biji (cm)	Mg daun (%)	Pertambahan Tinggi Tanaman (cm)	Pertambahan Diameter Batang (cm)
MDN x PDI	143.34	0.16	1.87	0.16	26.32	0.80
LMP x CRP	152.43	0.20	1.85	0.18	25.30	0.74
PDI x PDI	137.16	0.21	1.86		27.09	0.80
LMP x PDI	151.43	0.19	1.88	0.20	25.30	0.75
MDN x MDN	163.70	0.26	1.89		25.88	0.76
LMP x LMP	159.59	0.21	1.90		28.51	0.83

Tabel 35. Rata-rata progeni pada jumlah cabang primer/tanaman, persentase bunga betina jadi buah (%), jumlah bunga betina/malai, panjang buah (cm), diameter biji (cm), dan produksi minyak biji (kg).

Progeni	Jumlah Cabang Primer/Tanaman	Persentase Bunga Betina Jadi Buah (%)	Jumlah Bunga Betina/Malai	Panjang Buah (cm)	Diameter Biji (cm)	Produksi Minyak Biji (kg)
MDN x PDI	3.60	99.24	13.53	3.30	0.90	0.25
LMP x CRP	3.13	99.61	15.19	3.22	0.94	0.38
PDI x PDI	3.08	100.00	14.92	3.29	0.96	0.35
LMP x PDI	3.44	100.00	14.78	3.32	0.96	0.29
MDN x MDN	3.51	100.00	14.89	3.36	0.94	0.41
LMP x LMP	3.51	100.00	15.93	3.33	0.96	0.34

Perlakuan P2 menunjukkan peningkatan jumlah bunga jantan yang lebih signifikan dan memiliki kadar minyak biji yang tinggi. Jumlah buah yang melimpah terjadi pada perlakuan P3, sementara P0 dan P3 menunjukkan pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih besar. Perlakuan P3 juga menunjukkan diameter buah yang lebih besar. Pertumbuhan diameter batang yang lebih besar diamati pada perlakuan P2 dan P3.

Perlakuan P2 menghasilkan jumlah cabang primer yang lebih banyak dan produksi minyak biji yang tinggi. Perlakuan P1, P2, dan P3 menghasilkan persentase bunga betina yang menjadi buah mencapai 100%, sementara P0 mencatat kurang dari 100%. Peningkatan dosis pupuk cenderung meningkatkan jumlah bunga betina. Perlakuan P3 menunjukkan jumlah bunga betina yang lebih banyak dan diameter biji yang lebih tinggi. Perlakuan P1, P2, dan P3 juga menunjukkan buah yang lebih panjang dibandingkan dengan P0 (Tabel 37).

Tabel 36. Nilai rata-rata perlakuan pupuk pada jumlah bunga jantan/malai, kadar minyak biji (%), diameter buah (cm), Mg daun (%), pertambahan tinggi tanaman (cm), dan pertambahan diameter batang (cm).

Pupuk	Jumlah Bunga Jantan/Malai	Kadar Minyak Biji (%)	Diameter Buah (cm)	Mg daun (%)	Pertambahan Tinggi Tanaman (cm)	Pertambahan Diameter Batang (cm)
P0	7.43	47.52	2.51	0.15	26.76	0.75
P1	7.40	45.89	2.59	0.21	26.23	0.76
P2	8.22	49.09	2.55	0.18	26.03	0.81
P3	7.34	46.20	2.61	0.17	26.76	0.81

Tabel 37. Nilai rata-rata perlakuan pupuk pada jumlah cabang primer/tanaman, persentase bunga betina jadi buah (%), jumlah bunga betina/malai, panjang buah (cm), diameter biji (cm), dan produksi minyak biji (kg).

Progeni	Jumlah Cabang Primer/Tanaman	Persentase Bunga Betina Jadi Buah (%)	Jumlah Bunga Betina/Malai	Panjang Buah (cm)	Diameter Biji (cm)	Produksi Minyak Biji (kg)
P0	3.06	99.23	15.04	3.24	0.95	0.22
P1	3.05	100.00	13.79	3.32	0.93	0.31
P2	3.82	100.00	14.71	3.32	0.93	0.48
P3	3.58	100.00	15.96	3.32	0.96	0.35



BAB V

GENETIKA DAN PERSILANGAN TANAMAN JARAK PAGAR

1. Karakter Morfologi Jarak Pagar di Pembibitan dan di Lapangan

Kecepatan perkecambahan dan persentase daya tumbuh berbeda-beda antara aksesori-aksesori tersebut. Aksesori GRT menunjukkan laju perkecambahan yang paling cepat, sementara LMP memiliki persentase daya tumbuh tertinggi. Variasi dalam persentase daya tumbuh ini diduga disebabkan oleh perbedaan sifat genetik di antara aksesori-aksesori tersebut. Tanaman jarak memiliki bunga majemuk, yang berarti satu malai memiliki bunga jantan dan bunga betina. Proporsi bunga jantan biasanya lebih tinggi daripada bunga betina. Kebanyakan bunga jantan dan bunga betina mekar pada waktu yang berbeda, sehingga proses penyerbukan dan pembuahan juga berlangsung secara berbeda. Variasi dalam perkecambahan biji diduga terjadi karena tingkat kematangan biji yang berbeda di dalam satu malai. Menurut Sutopo (2004), tingkat kematangan biji berpengaruh pada perkecambahan biji. Biji yang sudah matang lebih dulu memiliki pertambahan berat embrio dan cadangan makanan yang lebih besar dibandingkan dengan biji yang belum matang. Oleh karena itu, biji yang sudah matang lebih dulu kemungkinan akan berkecambah lebih cepat daripada biji yang belum matang.

Biji yang telah mengalami proses seleksi menunjukkan persentase daya tumbuh yang tinggi dan laju perkecambahan yang cepat, seperti yang diamati pada aksesori GRT dan LMP. Aksesori LMP terutama menonjol dengan persentase daya tumbuh tertinggi, menunjukkan keunggulan dibandingkan dengan aksesori lainnya. Keunggulan ini tercermin dalam karakteristik tanaman yang tinggi, diameter batang yang besar, jumlah

daun yang banyak, dan kandungan klorofil daun yang tinggi, meskipun laju pertumbuhannya relatif lebih lambat. Aksesori ini merupakan hasil seleksi dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Pertanian di Bogor, di mana benih telah mengalami proses seleksi dan pengolahan pasca-panen yang lebih baik. Sementara itu, aksesori GRT merupakan hasil seleksi biji jarak yang dilakukan oleh PT Rajawali Nusantara di wilayah Gorontalo.

Aksesori GRT menonjol dengan tingginya kandungan klorofil daun, namun karakteristik lainnya cenderung lebih rendah dibandingkan dengan aksesori lainnya. Biji ATP1 dan ATP2 berasal dari mutasi klon generasi kedua dari BATAN, namun proses perkecambahannya cenderung lambat. Kemungkinan hal ini disebabkan oleh tingginya keragaman genetik pada biji klon tersebut yang masih dipengaruhi oleh mutasi.

Variasi yang muncul pada karakteristik aksesori-aksesori tersebut kemungkinan lebih dipengaruhi oleh faktor genetik daripada lingkungan, mengingat bahwa aksesori-aksesori tersebut ditanam di lokasi yang sama. Ini menyiratkan bahwa variasi yang diamati disebabkan oleh perbedaan faktor genetik. Hal ini didukung oleh nilai heritabilitas (H) yang tinggi dari karakteristik yang diamati (lihat Tabel 4). Tinggi tanaman memiliki nilai heritabilitas sebesar 90.4%, diameter batang sebesar 92.9%, jumlah daun sebesar 98.4%, kandungan klorofil daun sebesar 91.6%, dan tinggi lahan datar mempunyai nilai heritabilitas sebesar 67.5%. Heritabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa karakteristik tersebut lebih dipengaruhi oleh faktor genetik daripada lingkungan, dengan sedikit kontribusi dari faktor lingkungan. Karakteristik dengan heritabilitas yang tinggi cenderung mudah diwariskan. Oleh karena itu, seleksi terhadap karakteristik unggul yang memiliki heritabilitas tinggi akan menghasilkan keunggulan pada generasi berikutnya.

Tingkat heritabilitas dianggap tinggi jika nilai heritabilitas (H) melebihi 50%, sedangkan jika nilai H berada di kisaran 20% hingga 50%, heritabilitas dianggap rendah, dan jika nilai H kurang dari 20%, maka heritabilitas dianggap sangat rendah (Mangoendidjojo, 2003). Heritabilitas yang tinggi menandakan bahwa karakteristik tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh faktor genetik daripada lingkungan, dengan kontribusi yang kecil dari faktor lingkungan. Faktor genetik dan lingkungan memainkan peran yang sama pentingnya terhadap karakteristik diameter

batang, karena nilai heritabilitasnya termasuk dalam kategori sedang. Menurut Becker (1994), kesuksesan dalam seleksi atau program pemuliaan sangat bergantung pada nilai heritabilitas. Semakin tinggi nilai heritabilitas, semakin efisien dan efektif program seleksi atau pemuliaan yang dilakukan.

Di lapangan, aksesori PDI, LMP, MDN, dan PLG menunjukkan keunggulan dalam karakteristik yang penting dibandingkan dengan aksesori lainnya. Keunggulan tersebut mencakup berbagai aspek seperti berbunga lebih cepat, memiliki jumlah buah dan biji yang lebih banyak, berat buah dan biji yang lebih besar, panjang buah dan biji yang lebih besar, serta diameter biji yang lebih besar dibandingkan dengan aksesori lainnya. Pengaruh faktor genetik cenderung lebih besar terhadap karakteristik di lapangan. Nilai heritabilitas dari semua karakteristik tersebut termasuk tinggi, kecuali kadar minyak biji yang memiliki nilai heritabilitas yang sedang, serta pertumbuhan tinggi tanaman dan persentase bunga betina menjadi buah yang memiliki nilai heritabilitas nol.

Nilai heritabilitas diperoleh dengan menghitung nilai varians (Mangoendidjojo, 2003). nilai varians merupakan hasil estimasi mean square sehingga kemungkinan besar akan menghasilkan nilai negatif. Nilai varians negatif dianggap sama dengan nol. Nilai heritabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa faktor genetik lebih berperan dibandingkan faktor lingkungan. Faktor genetik ini diturunkan ke generasi mendatang. Kandungan minyak biji memiliki nilai heritabilitas sedang, sehingga menunjukkan bahwa faktor genetik dan lingkungan berperan dalam sifat ini. Selain dipengaruhi oleh faktor genetik, minyak jarak juga banyak dipengaruhi oleh faktor iklim dan kesuburan tanah. Menurut Allard (1992), jika faktor lingkungan tidak mendukung ekspresi gen suatu sifat genetik, maka faktor genetik tidak akan mewujudkan sifat genetik tersebut. Namun, manipulasi faktor lingkungan tidak dapat menghasilkan suatu sifat jika tidak ada gen pengendali.

Karakteristik morfologi kuantitatif aksesori menunjukkan perbedaan aksesori yang diamati. Sementara itu, semua aksesori memiliki ciri morfologi kualitatif yang relatif sama, kecuali jenis kelamin bunga pada aksesori ATP 2 yang bersifat hermafrodit. Menurut Crowder (2006), sifat morfologi kuantitatif sangat dipengaruhi oleh lingkungan dan banyak gen pengendali.

Pada saat yang sama, ciri-ciri morfologi kualitatif tidak terlalu terpengaruh oleh lingkungan dan memiliki lebih sedikit gen pengendali. Jika tanaman ditanam pada lingkungan yang sama, variasinya lebih disebabkan oleh faktor genetik (Hartati, 2008). Variasi ini terjadi karena tanaman jarak pagar melakukan penyerbukan silang dan keturunan yang dihasilkan bersifat heterozigot.

Berdasarkan hasil analisis korelasi antar sifat, terdapat korelasi positif dan negatif antar sifat. Nilai korelasi positif artinya semakin bertambahnya jumlah malai, jumlah buah, bobot buah, jumlah biji, dan bobot biji akan meningkatkan hasil. Hasil panen berkorelasi negatif dengan waktu berbunga. Artinya, waktu pembungaan yang lebih cepat akan meningkatkan hasil dan sebaliknya.

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan vegetatif dan reproduksi diduga disebabkan oleh faktor internal dan lingkungan dalam tanaman. Faktor internal diduga disebabkan oleh pengendali genetik dan berbagai hormon. Faktor lingkungan adalah tanah dan iklim. Waktu pembungaan yang lebih awal akan menghasilkan biji yang lebih berat dibandingkan waktu pembungaan yang lebih lambat. Tanaman jarak pagar merupakan tanaman yang mengalami pertumbuhan vegetatif dan reproduktif. Waktu pembungaan yang lebih lambat berarti tanaman mempunyai masa pertumbuhan vegetatif yang lebih lama. Apabila pertumbuhan vegetatif lebih banyak terjadi bersamaan dengan pertumbuhan reproduktif maka akan menurunkan hasil reproduksi tanaman (Gardner, *et al.*, 1991).

Bunga jarak pagar tergolong bunga majemuk/malai. Bunga tumbuh tidak hanya pada batang utama, tetapi juga pada cabang primer dan terminal. Banyaknya jumlah tunas primer tidak menentukan banyaknya bunga betina yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah cabang primer maka semakin sedikit bunga betina yang terbentuk. Semakin banyak jumlah cabang terminal, maka akan semakin banyak buah (bunga betina) yang terbentuk, namun jumlah buah yang banyak hanya dapat terbentuk jika jumlah cabang terminal tertentu tercapai (Makmud, 2006). Aksesori ATP 1 dan ATP 2 memiliki jumlah cabang orde pertama yang lebih banyak (6 cabang orde pertama) dibandingkan aksesori lainnya. ATP1 dan ATP2 memiliki lebih banyak bunga jantan dibandingkan bunga betina. Pada Tabel 19 terdapat korelasi positif antara jumlah cabang primer

dengan bunga jantan. Wijaya, *et al.* (2009) menemukan korelasi negatif antara jumlah bunga jantan dan hasil. Oleh karena itu, menurut Ferry (2006), jumlah cabang primer yang harus dipelihara adalah 3-5 cabang, jika lebih dari 5 cabang akan mengurangi hasil.

Aksesi ATP1 dan ATP2 merupakan aksesi yang berbunga lambat. Perbedaan waktu pembungaan antara PDI dengan ATP1 dan ATP2 kurang lebih 50 hari. Selama 50 hari ini, lebih banyak malai dan bunga betina yang terbentuk. Berdasarkan pengamatan di lapangan, pada cabang apikal yang sudah membentuk malai, cabang apikal berikutnya akan tumbuh satu minggu setelah primordium bunga terbentuk. Pada cabang terminal muncul malai berisi bunga betina dan jantan. Bunga betina menghasilkan buah setelah penyerbukan. Jumlah buah yang banyak akan menghasilkan biji yang lebih banyak.

2. Keragaman Jarak Pagar Menggunakan Marka Molekuler (RAPD)

Berdasarkan seleksi primer awal yang dilakukan, hanya sepuluh primer yang menghasilkan amplifikasi yang jelas dan relatif tajam. Primer-primer tersebut mencakup OPE-01, OPE-08, OPE-09, OPE-15, OPE-19, OPH-08, OPH-13, OPM-12, OPM-16, dan OPM-20. Contoh hasil amplifikasi dapat dilihat pada Gambar 3. Data dari kesepuluh primer tersebut kemudian dijadikan skor dan dianalisis menggunakan dendrogram.

Keberhasilan amplifikasi genom DNA dalam teknik RAPD dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk urutan basa primer yang digunakan dalam setiap reaksi dan kuantitasnya (konsentrasi primer dalam setiap reaksi). Peningkatan kuantitas primer dapat menghasilkan produk amplifikasi DNA yang lebih jelas dan jumlah pita yang maksimum. Kualitas pita yang tajam juga dipengaruhi oleh konsentrasi $MgCl_2$, konsentrasi DNA, konsentrasi enzim polimerase, dan suhu siklus PCR, terutama suhu annealing, seperti yang diungkapkan oleh Prana dan Hartati (2003). Setiawan (2007) menambahkan bahwa adanya pita DNA mencerminkan adanya inverted priming site yang mengapit fragmen DNA yang sekuensinya tidak diketahui.

Polimorfisme dari analisa RAPD berasal dari adanya insersi, delesi, dan mutasi. Hal ini dapat menyebabkan hilangnya *landing site* sehingga

primer gagal menempel, sehingga amplifikasi tidak terjadi dan akhirnya individu tidak memiliki pita DNA.

Pengelompokan berdasarkan ciri morfologi tidak selaras dengan pengelompokan berdasarkan RAPD. Beberapa aksesori yang termasuk dalam satu kelompok morfologi memiliki kelompok terpisah berdasarkan pola pita DNA mereka. Ketidakselarasan ini mungkin disebabkan oleh pita-pita yang dihasilkan oleh analisis RAPD tidak memiliki korelasi langsung dengan karakter morfologi yang diamati dari masing-masing aksesori.

Aksesori jarak pagar dikoleksi dari berbagai wilayah yang mencakup dataran rendah (Komeri, Indralaya, Palembang, Lampung, Pidi, Aceh Besar, Pontianak, Yogyakarta, Medan, dan Gorontalo), dataran tengah (Lahat), dan dataran tinggi (Curup, Pagaralam, Aceh Besar). Meskipun memiliki letak geografis yang berbeda, hal ini tidak menentukan kekerabatan antara tanaman jarak. Hal ini dibuktikan dari hasil pengelompokan baik berdasarkan RAPD maupun morfologi, yang tidak menunjukkan korelasi dengan letak geografis. Hasil analisis RAPD menunjukkan bahwa aksesori yang berasal dari dataran rendah memiliki kedekatan genetik dengan aksesori yang berasal dari dataran tinggi, demikian juga dengan hasil analisis *klaster* morfologi.

Menurut Indriani, *et al.* (2000), aksesori yang berasal dari satu negara atau letak geografis yang sama cenderung memiliki jarak genetik yang serupa. Namun, keragaman genetik yang berasal dari letak geografis yang sama lebih mungkin disebabkan oleh adaptasi yang terus menerus, yang dapat menyebabkan perubahan baik secara biokimia maupun fisiologis. Menurut Hartati, *et al.* (2007), pengelompokan yang tidak berkorelasi dengan letak geografis disebabkan oleh variasi DNA yang terjadi baik pada wilayah yang mengkode maupun tidak mengkode. Selain itu, sifat RAPD yang tidak dapat direproduksi secara konsisten juga menyebabkan pengelompokan aksesori yang akurat memerlukan penggunaan jumlah primer yang lebih besar. Oleh karena itu, berdasarkan uraian tersebut, ditentukan bahwa pemilihan calon tetua persilangan didasarkan pada hasil analisis RAPD, karena gen tidak dipengaruhi oleh lingkungan.

3. Persilangan Antar Aksesi

Hasil peninjauan ini menunjukkan bahwa penyerbukan sendiri lebih berhasil dibandingkan penyerbukan silang. Pada kenyataannya, jarak pagar merupakan tanaman penyerbukan silang yang ditemukan oleh Heller (1996). Tanaman yang melakukan penyerbukan silang, proses *selfing* menghasilkan tanaman yang kurang berketahanan, kurang kuat, dan berukuran lebih tidak normal dibandingkan induknya, serta menurunkan tingkan fekunditas (Mangoendidjojo, 2003). Akan tetapi, sistem penyerbukan jarak pagar masih belum jelas, karena meskipun tanaman jarak pagar melakukan penyerbukan silang, mereka juga melakukan penyerbukan sendiri dnega bantuan penyerbuk, namun tidak jelas seberapa besar dampak negatif penyerbukan sendiri terhadap produksi.

Selama proses *selfing* pada tanaman jarak pagar, tidak terjadi tekanan silang dalam (*inbreeding depression*). Ini kemungkinan karena kedua induk masih heterozigot, sehingga kemungkinan terbentuknya kombinasi gen homozigot resesif sangatlah kecil. Pada penyerbukan silang, induk diduga merupakan tanaman yang heterozigot. Tanaman yang heterozigot cenderung menghasilkan keturunan yang memiliki variasi genetik.

Sebagian besar progeni (keturunan hasil *selfing*) memiliki persentase daya tumbuh yang rendah, sementara dua genotipe progeni menunjukkan persentase daya tumbuh yang tinggi. Penurunan persentase daya tumbuh pada progeni yang lain diduga disebabkan oleh kombinasi faktor genetik dan kekurangan nutrisi. Faktor genetik mungkin termasuk keterlambatan kematangan embrio dan hambatan pembentukan kotiledon pada biji jarak pagar. Gardner, *et al.* (1991) menyatakan bahwa penyerbukan yang tidak sempurna dan nutrisi yang kurang memadai dapat menghambat pembentukan embrio dan kotiledon. Sukrosa adalah salah satu senyawa makromolekul yang penting dalam merangsang perkecambahan serbuk sari. Selain itu, lemak dan protein juga berperan penting. Tanpa nutrisi yang mencukupi, produksi sukrosa, protein, dan lemak dapat terhambat, sehingga kualitas dan tingkat kesuburan polen dapat menurun.

Pada peninjauan ini, buah yang dipanen berwarna kuning tua. Namun dari proses hibridisasi, banyak diperoleh biji jarak kosong. Biji

yang kosong berarti tidak mempunyai embrio dan endosperm, atau embrio dan endosperma belum berkembang sempurna. Penyebab tidak terbentuknya embrio dan endosperma diyakini karena kegagalan hibridisasi, tertundanya proses pengisian benih, faktor lingkungan, dan lain-lain. Menurut Setiamihardja (2000) dan Mangoendidjojo (2003), kegagalan pembentukan embrio dan endosperma disebabkan oleh ketidakcocokan antara tetua dari pihak jantan dan betina, yang dikenal dengan istilah autosterilitas dan ketidakcocokan.

Selama proses pengisian biji, ketersediaan air dan asimilat yang memadai sangat penting. Data curah hujan (Lampiran 2) selama periode persilangan dan pembentukan buah menunjukkan tingkat yang cukup tinggi. Persilangan dilakukan mulai dari bulan November hingga Desember 2008 hingga Januari 2010. Menurut Heliyanto (2007), kekurangan nutrisi dan sistem pengairan yang tidak memadai dapat mengakibatkan biji yang tidak berkembang sempurna. Sutopo (2004) menyatakan bahwa benih yang belum memiliki cadangan makanan yang cukup dan pembentukan embrio yang belum sempurna merupakan benih yang belum mencapai kematangan fisiologis. Benih yang belum mencapai kematangan fisiologis memiliki viabilitas yang rendah dan bahkan mungkin tidak akan berkecambah. Adikadarsih dan Hartono (2007) menemukan bahwa kematangan fisiologis pada tanaman jarak pagar ditandai dengan buah berwarna kuning, yang menghasilkan daya kecambah sebesar 91,67% dan vigor sebesar 84,67%. Namun, penelitian ini hanya berlaku jika buah yang dihasilkan adalah normal, yaitu memiliki embrio dan endosperm yang sempurna.

Hasil produksi buah dan biji dari tanaman induk menunjukkan bahwa PDI memiliki kinerja yang lebih baik daripada yang lain. Dari nilai heritabilitas, diketahui bahwa produksi buah dan biji memiliki tingkat keturunan yang tinggi. Oleh karena itu, induk yang menghasilkan tingkat produksi yang tinggi kemungkinan besar akan mewariskan sifat tersebut kepada keturunannya. Kadar minyak biji tertinggi tercatat pada persilangan PNT x PNT, mencapai 65,32%. Hasil penelitian lain juga mencatat kadar minyak biji yang tinggi, seperti 50%-60% (Lele, 2005) dan 66,4% (Adebawale dan Aderide, 2006). Namun, ada penelitian lain yang menemukan kadar minyak biji yang rendah, seperti 32,4%-33,12%

(Balitbang, 2006), 30,62% (Arjulis dan Ratnasih, 2007), dan 30,63%-40,96% (Surahman, *et al.*, 2009). Perbedaan ini diduga disebabkan oleh variasi dalam metode ekstraksi, faktor genetik, dan lingkungan.

Faktor genetik dapat memengaruhi keberhasilan penyerbukan dan pembentukan endosperm. Menurut Gardner, *et al.* (1991), pembentukan lemak pada biji dikendalikan oleh faktor genetik dan lingkungan. Oleh karena itu, kedua induk tersebut kemungkinan telah memiliki kontrol genetik yang lebih baik daripada induk lainnya. Heller (1996) menyatakan bahwa perbedaan lingkungan tempat tumbuh dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman dan kandungan minyak biji.

Berdasarkan analisis variasi progeni di tahap pembibitan, ditemukan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam aktivitas nitrat reduktase dan kandungan klorofil daun, sementara laju transpirasi daun (LTR) menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan. Progeni yang berasal dari persilangan tertentu menunjukkan aktivitas LTR yang tidak berbeda, seperti KMR x KMR, PLG x PLG, IND x IND, PDI x LMP, KMR x JGY, MDN x CRP, PNT x IND, LMP x CRP, PNT x PNT, dan PDI x PDI. Persilangan MDN x PDI memiliki aktivitas nitrat reduktase tertinggi, sedangkan persilangan PNT x IND memiliki kandungan klorofil daun tertinggi. Meskipun tidak ada perbedaan signifikan antara nilai aktivitas nitrat reduktase dan kandungan klorofil daun di antara progeni, hal ini menunjukkan bahwa semua progeni memiliki potensi produksi yang sama. Korelasi positif yang tidak signifikan antara produksi minyak biji dengan aktivitas nitrat reduktase ($r = 0,0643$) dan kandungan klorofil daun ($r = 0,1150$) menunjukkan bahwa tidak ada hubungan yang kuat antara kedua faktor tersebut dengan produksi minyak biji. Namun, terdapat korelasi positif yang signifikan antara produksi minyak biji dengan laju transpirasi daun ($r = 0,5925$), menunjukkan bahwa semakin tinggi laju transpirasi daun, semakin tinggi pula produksi minyak biji. Aktivitas nitrat reduktase sering digunakan sebagai marka protein untuk mengidentifikasi karakteristik tanaman dalam proses seleksi (Komariah, *et al.*, 2004). Nitrat reduktase memiliki peran yang penting dalam proses asimilasi nitrat dan kontribusinya terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Kaiser & Behnisch 1991)

Tanaman yang mengalami pertumbuhan vegetatif yang lebih baik cenderung juga memiliki pertumbuhan secara keseluruhan yang lebih baik. Genotipe PNT x IND menunjukkan tidak adanya perbedaan signifikan dalam berat biji jika dibandingkan dengan PLG x IND, PDI x LMP, PLG x PLG, dan PNT x PNT. Namun, genotipe MDN x PDI memiliki berat biji yang lebih rendah karena tanaman ini mekar lebih lambat dibandingkan dengan genotipe lainnya.

4. Karakter dan Produksi Progeni

Produksi keturunan di lapangan menunjukkan bahwa induk dari aksesori PDI x LMP lebih unggul dibandingkan dengan yang lain. Namun, produksi minyak biji tertinggi ditemukan pada PLG x PLG. Induk dari aksesori PDI dan LMP menunjukkan keunggulan dalam produksi buah, biji, dan minyak biji. Induk dari aksesori PLG memiliki berat biji yang tidak berbeda signifikan dengan induk dari aksesori PDI. Persilangan antara dua induk dengan sifat berbeda menghasilkan keturunan yang menggabungkan sifat dari induk betina dan jantan, menghasilkan keturunan dengan sifat baru yang lebih baik dari induknya. Keturunan hasil persilangan ini akan bersifat heterozigot, menyebabkan pemisahan sifat pada generasi berikutnya dan menciptakan keragaman genetik yang tinggi. Sebaliknya, keturunan hasil penyerbukan sendiri cenderung tidak mengalami perubahan sifat. Menurut Hartati (2007), tanaman jarak pagar adalah tanaman menyerbuk silang, meskipun tingkat penyerbukan sendiri juga cukup tinggi. Karena penyerbukan silang, keturunan yang dihasilkan bersifat heterozigot dan populasinya tidak homogen. Setiap benih yang dihasilkan merupakan genotipe yang berbeda satu sama lain (one seed one genotype).

Dilihat dari nilai heterosis pada produksi biji dan minyak, genotipe dengan nilai heterosis tinggi ditemukan pada PDI x LMP dan PLG x IND. Berdasarkan pengelompokan secara RAPD, keempat aksesori tersebut berada pada kelompok yang berbeda (aksesori yang berkerabat jauh). Menurut Mangoendidjojo (2003) dan Crowder (2006), heterosis muncul jika kedua induk berkerabat jauh. Heterosis terjadi karena adanya aksi dan interaksi gen-gen dominan serta penampilan dari susunan gen yang heterozigot, yang memiliki sifat dominan lebih, aditif, dan epistasis. Teori

dominan menyatakan bahwa heterosis muncul akibat aksi dan interaksi gen-gen dominan, di mana sepasang alel dominan memberikan kontribusi dua kali lipat dibandingkan alel resesif. Teori over dominan menyatakan bahwa genotipe resesif memberikan kontribusi satu unit, sementara genotipe dominan memberikan satu setengah unit. Pada saat persilangan dua individu, pasangan alel heterozigot menunjukkan penampilan yang lebih baik dibandingkan pasangan alel homozigot, baik resesif maupun dominan. Faktor aditif terjadi ketika masing-masing alel memberikan kontribusi lebih kecil. Epistasis adalah pengaruh gen pada satu lokus yang menutupi pengaruh gen dari lokus lain. Penelitian menunjukkan bahwa heterosis memiliki efek yang tinggi terhadap produksi biji, namun tidak pada kadar minyak biji.

5. Upaya Perbaikan Genetik Daya Perolehan dengan Perlakuan Mg dan Zn

Peningkatan dosis Mg yang diberikan cenderung mempercepat waktu berbunga, mengurangi jumlah bunga jantan, dan meningkatkan jumlah buah, jumlah malai, berat buah, berat biji, jumlah biji, serta kadar minyak biji. Perlakuan P2 (60 kg/ha MgO + 1,5% Zn) adalah yang terbaik untuk sebagian besar karakter yang diamati. Progeni MDN x MDN dan LMP x LMP menunjukkan respons terbaik terhadap perlakuan pemupukan Mg dan Zn. Kombinasi MDN x MDN + P2 memiliki pengaruh terbaik terhadap karakter penting seperti berat biji basah per tanaman dan produksi minyak. Progeni MDN x MDN dan LMP x LMP yang tidak menerima perlakuan Mg dan Zn menghasilkan berat biji dan produksi minyak biji yang rendah. Perlakuan P3 dengan dosis Mg lebih tinggi cenderung menurunkan produksi buah, biji, dan kadar minyak biji.

Pemberian Mg dalam bentuk dolomit sebanyak 60 kg/ha dan 1,5% Zn (P2) mampu menghasilkan produksi minyak biji yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan Mg lainnya. Dosis Mg 60 kg/ha dianggap cukup untuk pertumbuhan dan produksi jarak pagar, sedangkan dosis Mg 80 kg/ha dianggap terlalu tinggi dan dapat menyebabkan keracunan tanaman jarak pagar. Dosis Mg yang cukup dapat meningkatkan produksi. Menurut Dja'far dan Koedadiri (2001), pemberian pupuk Mg dalam jumlah yang

cukup dan seimbang dapat meningkatkan produksi 5%-7% pada tanaman kelapa sawit.

Magnesium (Mg) adalah unsur hara penting dalam pertumbuhan tanaman. Diserap dalam bentuk ion Mg^{2+} , magnesium merupakan salah satu komponen penyusun klorofil. Penyerapan magnesium mempengaruhi distribusinya, di mana magnesium yang diserap dari daun tua akan mendukung perkembangan buah dan organ penyimpanan makanan (Gardner, *et al.*, 1991). Magnesium juga berperan sebagai kofaktor enzim yang mengaktifkan fosforilasi dalam glikolisis, serta mendukung metabolisme nitrogen dan sintesis protein (Hewett dan Smith, 1975 dalam Gardner, *et al.*, 1991). Magnesium dapat meningkatkan fotosintesis, yang pada gilirannya meningkatkan produksi biji dan berat biji. Sebagai kofaktor dalam fosforilasi glikolisis, magnesium juga meningkatkan respirasi tanaman. Menurut Lakitan (2001), lemak adalah salah satu makromolekul yang dihasilkan dari proses respirasi.

Menurut Marschner (2002), fotosintesis menghasilkan sukrosa, yang merupakan bentuk gula paling dominan dalam proses transportasi floem. Salisbury dan Ross (1995) menyatakan bahwa sukrosa adalah produk awal fotosintesis yang stabil dan memainkan peran penting dalam berbagai aktivitas metabolisme tanaman. Sintesis sukrosa terjadi di sitosol, bukan di kloroplas, dan menggunakan glukosa dan fruktosa yang telah mengalami fosforilasi sebagai bahan baku. Enzim yang berperan dalam sintesis sukrosa membutuhkan ion Mg^{2+} sebagai kofaktor.

Seng (Zn) adalah unsur esensial yang diperlukan tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan. Zn memiliki peran signifikan dalam proses fisiologis tanaman (Chang dan Page, 2000). Zn berfungsi sebagai prekursor pembentukan IAA (auksin) dan berperan dalam metabolisme karbohidrat (Marschner, 2002). Auksin, ketika berinteraksi dengan etilen, dapat merangsang pembentukan bunga betina (Hopkins, 1999). Pengaruh dosis Mg dan Zn terhadap pembentukan bunga betina tidak terlihat nyata, kemungkinan karena konsentrasi Zn yang diberikan sama, yaitu 1,5%, serta kemungkinan interaksi antara Zn dan fosfor (P). Kandungan P tanah yang tinggi berdasarkan analisis awal tanah (Lampiran 1) dapat menghambat penyerapan Zn (Gardner, *et al.*, 1991). Aplikasi Zn dapat dilakukan melalui daun. Dalam penelitian ini, progeni memiliki jumlah

bunga betina lebih banyak dibandingkan induknya, sehingga pemberian pupuk Zn dapat meningkatkan jumlah bunga betina.

Genotipe FI MDN x MDN menghasilkan produksi minyak biji yang tinggi karena MDN sebagai induk memiliki produksi minyak biji yang tinggi. Produksi minyak biji pada progeni MDN x MDN meningkat dibandingkan dengan tetuanya. Pada tanaman induk, tidak dilakukan pemupukan baik organik maupun anorganik, sedangkan pada progeni dilakukan pemupukan dengan pupuk kandang dan pupuk N, P, dan K. Dari hasil analisis tanah (Lampiran 1), kandungan fosfor (P) tanah termasuk tinggi, yang kemudian ditambah dengan pupuk P (SP-36) sebesar 50 kg/ha. Tanaman jarak memiliki kadar lemak biji yang tinggi sehingga membutuhkan lebih banyak pupuk P. Menurut Gardner, *et al.* (1991), fosfor adalah komponen penting dalam fosfolipid.

Unsur hara adalah salah satu faktor yang mempengaruhi pembentukan sukrosa dan hasil minyak biji. Unsur hara yang diserap oleh tanaman saling berinteraksi dalam mempengaruhi proses metabolisme tanaman. Menurut Turner dan Gilbanks (1988), Mg^{2+} berperan dalam fotosintesis dan tidak dapat digantikan oleh unsur lain. Unsur ini berasosiasi dengan fosfor (P) untuk membentuk fosfolipid dalam minyak. Menurut Salisbury dan Ross (1995) dan Marschner (2002), fosfor dalam bentuk ATP, UTP, UDP, UDPG, dan P_i merupakan sumber energi yang berperan penting dalam setiap reaksi sintesis sukrosa. Unsur lain yang berperan penting adalah kalium, yang mempengaruhi aktivitas lebih dari 50 enzim. Salah satu enzim yang aktivitasnya dipacu oleh kalium adalah ATPase, yang berperan penting dalam proses sintesis sukrosa.

Terdapat perbedaan genetik antara aksesi-aksesi yang diamati baik di pembibitan maupun di lapangan. Aksesi yang berpotensi memiliki produksi tinggi adalah Lampung (LMP) dan Pidi (PDI), sedangkan yang memiliki kandungan minyak tinggi adalah Curup (CRP). Karakter-karakter yang diamati lebih dipengaruhi oleh faktor genetik, dengan heritabilitas ditunjukkan oleh nilai sedang hingga tinggi. Genotipe yang unggul dalam hal produksi biji adalah PNT x IND, PLG x IND, PDI x LMP, PLG x PLG, dan PNT x PNT. Laju tumbuh relatif dapat digunakan sebagai kriteria seleksi awal pada tanaman jarak pagar karena memiliki korelasi positif yang nyata. Heterosis produksi biji tertinggi terdapat pada PDI x

LMP, sementara heterosis tertinggi untuk kadar minyak biji adalah PLG x IND. Peningkatan dosis pupuk cenderung meningkatkan jumlah bunga betina, yang berkorelasi positif dengan produksi hasil. Perlakuan pupuk P2 (60 kg MgO + 1,5% Zn) dapat meningkatkan produksi biji dan minyak biji. Genotipe MDN x MDN menunjukkan respons terbaik terhadap pemupukan Mg dan Zn, menghasilkan produksi biji dan minyak biji yang tinggi. Kombinasi MDN x MDN + P2 merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan produksi jarak pagar.

Gagasan usul dari tinjauan ini adalah untuk meningkatkan hasil produksi biji dan minyak biji diperlukan pemupukan organik dan anorganik, termasuk pupuk makro dan mikro. Peninjauan lebih lanjut diperlukan untuk mengukur pengaruh hormon yang dikombinasikan dengan pupuk makro dan mikro terhadap pembentukan bunga betina, serta produksi biji dan minyak biji.

DAFTAR PUSTAKA

- Allard, R.W. 1992. *Pemuliaan Tanaman. Terjemahan oleh Manna*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Alnopri. 2004. Optimasi Prosedur Assay Aktivitas Nitrat Reduktase Daun Manggis. *Jurnal Akta Agrosia* 7(2):62-66.
- Alnopri, M. Taufik, D.W. Ganefianti, Prasetyo dan Mukhtasar. 2004. Modifikasi rancangan dialil untuk mendapatkan kopi Arabika unggul berdasarkan aktivitas nitrat reduktase. *Jurnal Akta Agrosia* 7(2):47-51
- Adebowale, K.O and Adedire, C.O. 2006. Chemical composition and insecticidal properties of the underutilized *Jatropha curcas* seed oil. *African Journal of Biotechnology* 5(10):901-906.
- Adikadarsih, S dan J. Hartono. 2007. Pengaruh kemasakan buah terhadap mutu benih jarak pagar (*Jatropha curcas* L). Prosiding *Status Teknologi Tanaman Jarak Pagar. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor.
- Arjulis, H dan R. Ratnasih. 2007. *Analisis kandungan minyak biji Terminalia catappa L. Di tiga lokasi dan potensinya sebagai bahan baku biodiesel*. <http://www.sith.itb.ac.id/sbt/data/nama.Tech Report.2pdf> (diakses 14 September 2010)
- Becker, H.C. 1984. *Theoritiche Ueberlegungen und Experimentelle Untersuchungen zur genetischen Basis der heterosis-Eine Literaturuebersicht*. Vort. Pflanzenzuetung. 5:23-42.
- Becker, H.C. 1994. *Grundlage der Pflanzenzuetung*. UTB Verlag. Germany.
- Becker, K and H.P.S. Makkar. 1999. *Jatropha and Moringa. Source of renewble energy for fuel, edible oil, animal feed and pharmaccutical product ideal trees for increasing cas income*. Presented at *Daimler Chrysler/The World Bank Environment Forum*, Magdebur.

- Balitbang. 2006. *Pengembangan energi alternatif biodiesel dari buah jarak pagar (Jatropha curcas L.)* Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah Propinsi Kalimantan Timur.
- Chen, W.H., T.M. Chen, Y.M. Fu, R.M. Hsien, and W.S. Chen. 1998. *Studies om somaclonal variation in Phalaenopsis*. Plant cell Report18:7-13
- Crowder, V.L. 2006. *Genetika Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Dja'far, A.S dan A.D. Koedadiri. 2001. Defisiensi magnesium (Mg) pada tanaman kelapa sawit muda (Studi kasus di kebun Tanjung Keliling Kabupaten Langkat Sumatera Utara). *Warta* 9(3).
- Dwiatmini, K., N.A. Mattjik, H. Aswidinoor, dan N.I.T. Matius. 2003. Analisis pengelompokan dan hubungan kekerabatan spesies Anggrek *Phalaenopsis* berdasarkan kunci determinasi fenotifik dan marka molekuler RAPD. *J. Hort.* 13(1):16-27.
- Effendi. 2006. *Biodiesel (BBM alternatif pengganti solar)*. <http://www.ristek.go.id/fileupload/lain-lain/biodiesel/proses.htm> (Diakses 20 April 2007).
- Ferry, Y. 2006. Menghitung Perkiraan Produksi Jarak Pagar. *Infotek Jarak Pagar* Vol 1. No. 2. http://perkebunan.litbang.deptan.go.id/upload.file/File/publikasi/infotek.Info_Tek_JP_No.2-2006.pdf (Diakses 10 Mei 2007)
- Gardner, P.F., R.B. Pearce, R.L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. Terjemahan oleh Herawati S dan Subiyanto. Universitas Indonesia-Press.
- Hartiko, H. 1983. *Leaf An Root In Vivo Nitrate Reductase Of Coconut (Cocos Nucifera L.)* University of the Philipphines et Los Banos, Philipphines.
- Heller, J. 1992. *Untersuchungen ueber genotypesche Eigenschaften und Vermerhungen und Anbauverfahren bei der Purgiernuss (Jatropha curcas L.)*. Dr. Kovac, Hamburg.
- Heller, J. 1996. *Physic Nut. Jatropha curcas L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. Institute of Plant genetics an crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome.

- Hopkins. G.W. 1999. *Introduction to Plant Physiology. Second Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Hadiati, S dan D. Sukmadjaja. 2002. Keragaman pola pita beberapa aksesori nenas berdasarkan analisis isozim. *Jurnal Bioteknologi Pertanian*. 7(2):82-70.
- Hambali, E. 2005. Kontribusi PT, Lembaga Litbang untuk pengembangan jarak pagar (*Jatropha curcas* linn) menjadi biodiesel dan minyak bakar. *Makalah Seminar Nasional Pengembangan Jarak Pagar untuk Biodiesel dan Minyak Bakar*. LPPM-IPB tanggal 22 Desember 2005, Bogor.
- Hidayat, R. 2005. Pengaruh pemangkasan produksi dan kombinasi dosis pupuk buatan terhadap pertumbuhan dan pembungaan tanaman mangga (*Mangifera indica* L.) Cv. Arumanis. *Agrosains* 7(1):13-18.
- Hartati, S. 2006. Persentase bunga betina sebagai salah satu faktor penentu produksi jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). *Infotek Jarak Pagar* 1(5): 17. <http://www.deptan.go.id/berita/update27juli2006/infotek%20JP520No%205-2006.pdf> (Diakses 10 Mei 2007).
- Hasnam. 2006. Karakteristik Pembungaan *Jatropha curcas* L. *Infotek Jarak Pagar* 1(5): 18. <http://www.deptan.go.id/berita/update27juli2006/infotek%20JP520No%205-2006.pdf> (Diakses 10 Mei 2007).
- Harjadi, S. S. 2002. *Pengantar Agronomi*. Gramedia, Jakarta
- Hartati, S. 2007. Jarak Pagar, Menyerbuk Silang Atau Menyerbuk Sendiri? *Infotek Jarak Pagar* 2(10): 37. http://www.deptan.go.id/teknologi/INFOTEK/2007/pdf/Info_Tek-JP-No.10-2007.pdf (Diakses 25 Mei 2010).
- Hartati D., A. Rimbawanto, Taryono, E. Sulistyaningsih, dan AYPBC. Widyatmoko. 2007. Pendugaan keragaman genetik di dalam dan antar provena pulau (*Alstonia scholaris* (L.) R. Br.) menggunakan penanda RAPD. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan* vol. 1 No.2.
- Heliyanto, B. 2007. Benih Kopong dan Beberapa Kemungkinan Faktor Penyebabnya. *Info Tek Jarak Pagar* 2(2): 5.
- Hartati. S. 2008. Variasi Tanaman Jarak Pagar dari Satu Sumber Benih Satu Genotipe. *Infotek Jarak Pagar* 3(1): 1.

- http://www.deptan.go.id/teknologi/INFOTEK/2008/Info_Tek-No.1-2008.pdf (Diakses 25 Mei 2010)
- Indriani, C.F., L. Sutopo, Sudjindro, dan A.N. Sugiharto. 2000. Keragaman Genetik Plasma Nutfah Kenaf (*Hibiscus Cannabinus* L.) Dan Beberapa Spesies yang Sekerabat Berdasarkan Analisis Isozim. *Biosain* 2(1):29-39
- Irfan. 2006. *Budidaya Tanaman Jarak Pagar (Jatropha curcas) sebagai Sumber Bahan Bakar Alternative Biofuel*. <http://www.iptek.net.id/ind/?ch=ttq> (Diakses 10 Mei 2007).
- Jones, N. and J.M. Miller. 1992. *Jatropha curcas* a Multipurpose Species For Problematic Site. The World Bank, Asia Technical Department Agriculture Division.
- Kleinhofs, A and Warner, R.L. 1990. Edvances in nitrate assimilation. In Mifflin B.J and Lea p.J. eds *The Biochemistry of Plants* Vol 16. *Inteermidiary Nitrogen Metabolism*. San Diego. CA: Academic Press 16: 89-120.
- Kaiser, W.M. and E. B. Behnisch. 1991. Rapid Nodulation Spinach Leaf Nitrate Reductase Activity By Photosynthesis. *Plant Physiology*. 96(2): 363-367.
- Koesriharti, T. Islami, dan Repatijarti. 1999. Pengaruh pemberian BA, GA3 dan AVG terhadap hasil buah pada 4 kultivar tanaman Lombok besar (*Capsicum annum* L.). *Agrivita* 21(1).
- Karsinah, Sudarsono, L. Setyobudi, dan H. Awidinoor. 2002. Keragaman genetik plasma nutfah jeruk berdasarkan analisis penanda RAPD. *Jurnal Bioteknologi Pertanian*. 7(1):8-16.
- Kartikaningrum, S., N. Hermiati, A. Baihaki, M.H. Karmana, dan N.I.T Mathius. 2003. Kekerabatan 13 genotip Anggrek Subtribe *Sarcanthinae* berdasarkan karakter morfologi dan pola pita DNA. *J.Hort*. 13(1):7-15
- Komariah, A., A. Baihaki, R. Setiamihardja, dan S. Djakasutami. 2004. Hubungan antara nitrat reduktase, kadar N total, dan karakter penting lainnya dengan toleransi tanaman kedelai terhadap genangan. *Zuriat*. 15: 163-169
- Liu, B.H. 1998. *Statistical genomics linkage, Mapping and QTL Analysis*. CRC Press LLC.

- Lakitan, B. 2001. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Rajagrafindo Persada, Jakarta.
- Lele, S. 2005. *The cultivation of Jatropha curcas*. Res:J-22,sector 7. Vashi, Navi Mumbai, India.
- Moll, R.H., J.H.Lonquist, J. Veles Fortuon, E.C. jonson. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics* 52:139-144.
- Marschner, H. 2002. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press INC, London.
- Mangoendidjojo, M. 2003. *Dasar-Dasar Pemuliaan Tanaman*. Kanisius, Yogyakarta.
- Muhammad, H dan Idaryani. 2005. Metode penentuan kebutuhan hara pada tanaman jeruk. *Buletin BPPT Sulawesi Selatan* 1(1). E:\BPPT Sulawesi Selatan-Metode penentuan kebutuhan hara pada tanaman jeruk.htm. (Diakses 2 Juli 2008)
- Mahmud, Z., A.A. Darwis, dan D. Alloserung. 2006. Kultur teknis jarak pagar (*Jatropha curcas* Linn.). *Makalah lokakarya status Teknologi budidaya Jarak Pagar (Jatropha curcas Linn) di Jakarta* Tanggal 11-12 April 2006. Puslitbang Perkebunan, Bogor.
- Mardjono, R., H. Sudarmo, dan Sudarmadji. 2006. Uji daya hasil beberapa genotipe terpilih jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). *Prosiding Seminar Jarak Pagar Nasional* di Bogor 29 November 2006. Hal: 108
- Surahman, M., E. Santoso, dan F. N. Nisya. 2009. Karakterisasi dan analisis gerombol plasma nutfah jarak pagar Indonesia dan beberapa Negara lain menggunakan marka morfologi dan molekuler. *Jurnal Agronomi Indonesia* 37(3):256-264
- Nur, A.M. dan S. Mawardi. 1987. Aktivitas nitrat reduktase sebagai indikator seleksi pada tanaman dan kemungkinan penggunaanya pada tanaman kopi. *Pelita Perkebunan* 3(1):1-6.
- Okabe, T and M. Somabhi. 1989. Eco-physiological studies on drought tolerant crops suited to the Northeast Thailand Technical Paper No. 5. *Agriculture Development Research Center in Northeast Thailand*.
- Obara-Okeyo and S. Kaho. 1998. Genetic diversity and identification of Cymbidium cultivars as measured y Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD) marker. *Euphytica* 99:95-101

- Pandey, R.N., Adam. R.P, and Flournoy, L.E. 1998. Inhibition of Random Amplified Polymorphic DNAs (RAPDs) by plant polysaccarides. *Plant Molec. Boil Reporter* 14:15-22.
- Purwanto A. Supaibuiwatana K, Mii. M, dan Koba. 1999. Cytological and RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) analysis of somaclonal variation in Easter Lily (*Lilium longiflorum* Thumb.). *Plant Biotechnology* 16:247-250
- Prana, K.D dan N.S. Hartati. 2003. Identifikasi sidik jari DNA Talas (*Colocasia esculenta* L. Schott) Indonesia dengan teknik RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA). Skrining primer dan optimalisasi kondisi PCR. *Jurnal Natur Indonesia* 5(2):107-112 (2003)
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan 2006. *Panduan Umum Perkebunan Jarak Pagar (Jatropha curcas L.)*. Edisi 2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor.
- Prihandana, R. dan R. Hendroko. 2006. *Petunjuk Budidaya Jarak Pagar*. Agromedia Pustaka, Jakarta.
- Rolf, R.I.M. 1993. NTSYS-pc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. *Verson 1.80*. Exeter Software, New York.
- Roslim, I.D., A. Hartana, dan Suharsono. 2003. Hubungan genetika populasi kelapa dalam Banyuwangi, Lubuk Pakam, dan Paslaten berdasarkan analisis RAPD (*Random Apmlified Polimorphic DNA*). *Jurnal Natur Indonesia* 6(1):5-10
- Rahutomo, S., E.S. Sutarta, dan N.H. Darlan. 2004. Studi Ketersediaan Mg pada Beberapa Jenis Pupuk Mg Menggunakan Uji Bibit Neubauer. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit* 12(3)
- Syammiah. 1983. Pengaruh beberapa Macam Zat Pengatur Tumbuhan Terhadap Penentuan Kelamin Tanaman Ketimun (*Cucumis sativus*, L). Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala Darussalam, Banda Aceh (*Laporan Penelitian*).
- Sriyadi, B., A. Baihaki, R. Setiamihardja, dan W. Astika. 1993. Aktivitas Nitrat Redyktase Sebagai Penduga Potensi Hasil Klon-Klon Teh. *Zuriat* 4 (1):31-38.
- Setiamiharja, R., Alnopri, dan N. Hermiati. 1993. Upaya Memperpendek Daur Pemuliaan pada Tanaman Tahunan. *Zuriat* 1(1):18-22

- Salisbury, B.F dan C.W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan. Terjemahan oleh Diah, R.I dan Sumaryono. ITB, Bandung.
- Stange, C.D, Prehn and Patricio. 1998. Protocols isolation of *Pinus Radiata* genomic DNA suitable for RAPD analysis. *Plant Molec Biol reporter* 16:1-8.
- Setiamihardja, R. 2002. Teknik Khusus Pemuliaan Tanaman. *Diktat Kuliah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran*, Bandung.
- Somantri, H.I, T.J. Santoso, Minantyorini, A.D. Ambarwati, Sisharmini dan A. Apriana. 2002. Karakterisasi molekuler plasma nutfah tanaman pangan. *Prosiding Seminar Penelitian Rintisan dan Bioteknologi Tanaman*.
- Subhan dan N. Nurtika. 2004. Penggunaan pupuk fosfat, kalium dan magnesium pada tanaman bawang putih dataran tinggi. *Ilmu Pertanian* 11(2): 56-67.
- Sutopo, L. 2004. *Teknologi Benih*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Semikit DNAzol. 2006. *Molekular Research Center, Inc.* 5645 Montgomery Rd., Cincinnati, Ohio 45212.
- Sinaga, E. 2006. *Jatropha curcas* L. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tumbuhan Obat UNAS/P3TO UNAS. http://iptek.apjii.or.id/artikel/ttg_tanaman_obat/unas/jarak%20pagar.pdf (Diakses 10 Mei 2007).
- Santoso, D.A. 2005. Tinjauan kritis terhadap kebijakan pengembangan jarak pagar untuk biodiesel seluas 10 juta hektare di Indonesia. *Makalah seminar Nasional Pengembangan Jarak Pagar Untuk Biodiesel dan Minyak Bakar* di Bogor, LPPM IPB, Tanggal 22 Desember 2005.
- Setiawan. 2007. Marka Molekuler. *Handout Training Bioteknologi Berbasis DNA*. Departemen Agronomi dan Hortikultura IPB.
- Surahman, M., E. Santoso, dan F. N. Nisya. 2009. Karakterisasi dan analisis gerombol plasma nutfah jarak pagar Indonesia dan beberapa Negara lain menggunakan marka morfologi dan molekuler. *Jurnal Agronomi Indonesia* 37(3):256-264
- Turner, D.P and R.A. Gilbangks. 1988. *Oil palm cultivation and management*. The Incorporated Society of Planters, Kualalumpur Malaysia

- Traore, A and W. Maranville. 1999. Nitrate reductase activity of diverse grain wheat genotypes and its relationship to nitrogen use efficiency. *Agronomy Journal* 91: 863-869.
- Yuan, L.P. 2004. Hybrid rice technology for food security in the world. *FAO Rice Conference*. Rome, Italy, 12-13 February 2004.
- Walton, M. 1993. Molekuler markers. Which ones to use? *Seed World* July:22-29
- Wijaya, A. 2004. Perakitan tanaman padi hybrid untuk lahan rawa pasang surut. *Seminar Nasional Teknologi Pertanian Tepat Guna untuk Lahan Pasang Surut*. Palembang, Indonesia, 28-29 Juni 2004.
- Wahid, P. 2006. Karakteristik pembungaan *Jatropha curcas* L.. *Infotek Jarak Pagar* 1(5): 18 <http://www.deptan.go.id/berita/update/27juli2006/infotek%20JP520No%205-2006.pdf> (Diakses 10 Mei 2007).
- Wijaya, A., Susantidiana, M.U. Harun. dan H. Hawalid. 2009. Flower characteristic and the yield of *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) accessions. *Journal of Biosciences Hayati* 16(4):123-126.

LAMPIRAN

1. Kondisi tanah awal

No	Analisa	Satuan	Hasil	Kategori
1	N total	%	0.18	Rendah
2	P-Bray 1	Ppm	32.25	Tinggi
3	K-dd	me/100/g	0.26	Rendah
4	Ca	me/100/g	0.93	Sangat rendah
5	Mg	me/100/g	0.3	Sangat rendah

Sumber: Laboratorium Kimia Tanah FP Unsri

2. Rata-rata suhu dan curah hujan

Tahun	Bulan	Suhu maksimum (°C)	Suhu minimum (°C)	Curah hujan (mm)
2008	Juli	31.4	21	35
	Agustus	32.6	20.4	89.5
	September	32.4	21.9	192
	Oktober	33.8	22.3	184.5
	November	30	20.1	331
	Desember	29.2	20.3	284
2009	Januari	29.4	20.2	179.5
	Pebruari	30.3	20.2	333.5
	Maret	30.4	20.2	331.5
	April	29.3	19.5	177.5
	Mei	29.7	19.7	247
	Juni	30.7	20.3	143
	Juli	30.6	20.2	0
	Agustus	28.8	19.2	81.5
	September	30	19.6	26
	Oktober	30.4	20.2	157