

This file has been cleaned of potential threats.

If you confirm that the file is coming from a trusted source, you can send the following SHA-256 hash value to your admin for the original file.

52860aa98d6a13603f5a83b92cdb2884240968f63a889fb185bb0e990950c386

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

**Variasi Fenotipe Polong dan Biji Malapari (*Pongamia pinnata* Linn)  
(*Phenotypic Variability of Pod and Seed of Malapari (Pongamia pinnata Linn)*)**

**Deddy Dwi Nur Cahyono\*, Nurmawati Siregar, Dharmawati Djam'an, Hani Sitti Nuroniah, Aam Aminah, Danu, Abdul Hakim Lukman, Dida Syamsuwida, Eliya Suita, Kresno Agus Hendarto dan/and Nina Mindawati**

Pusat Riset Konservasi Tumbuhan, Kebun Raya dan Kehutanan, BRIN  
Gedung Kusnoto Jl. Ir. H. Juanda No. 18 Bogor, Indonesia 16122

\*E-mail: dedd005@brin.go.id

Tanggal diterima: 11 Oktober 2022; Tanggal disetujui: 28 November 2022; Tanggal direvisi: 6 Desember 2022

**Abstract**

*Malapari is a versatile plant mainly used for biofuel and medicine. Efforts to obtain malaparian genetic resources with high productivity are a challenge for malaparian breeding. This study aims to analyze the morphological character pod and seed from the malaparian provenance test plot at KHDTK Parungpanjang by calculating: (a) the diversity of provenance data based on the pod and seed phenotypic, (b) the correlation between pod and seed phenotypic characters, and (c) genetic influence on pod and seed phenotype. A total of 200 pods were collected from 4 provenances (Alas Purwo, Bangka, Batu Karas, and Carita). The pod and seed characters measured included length, width, thickness, weight, and the ratio of width to thickness. Correlation between characters is calculated based on Pearson correlation. The estimation was analyzed by calculating the coefficient of variance of the genotype. Studies on divergence calculated by Principal Component Analysis and cluster analysis. The results showed that all phenotypic of malapari pods and seeds were significantly different between provenances except for the ratio of width to thickness of pods. Bangka provenance was the provenance with the best pod and seed phenotypic characters. Correlation occurs only in each character of pods and seeds so it is not possible to predict each other. Most of the characteristics of pods and seeds are more influenced by genetic factors than the environment, which is indicated by the higher value of genetic diversity. Based on the characteristics of the pods and seeds of the 4 provenances tested, there were 3 groups, namely Alas Purwo provenance, Batu Karas, and Carita provenance group and the Bangka provenance.*

**Keywords:** Provenance, *Pongamia pinnata*, domestication, pod, seed.

**Abstrak**

Malapari merupakan tanaman serbaguna yang dimanfaatkan terutama untuk biofuel dan obat. Upaya untuk memperoleh sumber daya genetik malapari dengan produktivitas tinggi menjadi tantangan pemuliaan malapari. Studi ini bertujuan untuk menganalisis karakter morfologi polong dan biji yang dihasilkan dari plot uji provenan malapari di KHDTK Parungpanjang dengan menghitung (a) data keragaman provenan berdasarkan fenotipe polong dan biji, (b) korelasi antara karakter fenotipe polong dan biji, dan (c) pengaruh genetik terhadap fenotipe polong dan biji. Sebanyak 200 polong dikoleksi dari empat

provenan (Alas Purwo, Bangka, Batu Karas dan Carita). Karakter polong dan biji yang diukur meliputi panjang, lebar, tebal, berat dan rasio lebar tebal. Korelasi antar karakter dihitung berdasarkan korelasi *Pearson*. Estimasi genetik dianalisis melalui penghitungan koefisien varian genotipe. Pola keragaman antar provenan diketahui dengan menggunakan metode analisis komponen utama (PCA) dan analisis kluster. Hasil studi menunjukkan seluruh karakter fenotipe polong dan biji malapari berbeda nyata antar provenan, kecuali pada rasio antara lebar dan tebal polong. Provenan Bangka merupakan provenan dengan karakter fenotipe polong dan biji terbaik. Korelasi hanya terjadi antar karakter polong dengan karakter polong lainnya dan antar karakter biji dengan karakter biji lainnya, sehingga tidak dapat untuk menduga satu sama lain. Sebagian besar karakter polong dan biji lebih dipengaruhi faktor genetik dibanding lingkungan yang ditunjukkan dengan nilai keragaman genetik yang lebih tinggi. Berdasarkan karakteristik polong dan biji dari empat provenan yang diuji, terdapat tiga kelompok, yaitu provenan Alas Purwo, kelompok dari gabungan provenan Batu Karas dan Carita serta provenan Bangka.

**Kata kunci:** Provenan, *Pongamia pinnata*, domestikasi, polong, biji

## 1. Pendahuluan

*Pongamia pinnata* L. atau disebut juga dengan malapari merupakan salah satu tanaman serbaguna dari famili *Fabaceae* (*Leguminosae*). Secara alami, malapari tersebar di Myanmar, India, Bangladesh, Thailand dan Nepal ((Nadeem, Inam, Rashid, Kainat, & Iftikhar, 2016). Di Indonesia, malapari ditemukan di Sumatera, Jawa, Madura, Bali, Nusa Tenggara dan Kalimantan (Leksono et al., 2018). Jenis tersebut mampu tumbuh di ketinggian 0-1.200 m dpl dan dapat mengikat nitrogen dari udara melalui simbiosis dengan rizhobia dari genus *Bradyrhizobium* (Samuel et al., 2013). Berdasarkan kemampuan tersebut, malapari dapat tumbuh pada tanah marginal serta dapat digunakan untuk tujuan rehabilitasi lahan karena mampu memperbaiki kesuburan tanah (Leksono et al., 2018).

Tumbuhan malapari dapat dimanfaatkan baik hasil kayu maupun bukan kayunya. Kemanfaatan malapari utamanya sebagai biofuel dan pengobatan. Biji malapari mengandung minyak dengan kadar lemak 23-26% yang kaya akan asam oleat (Aminah, Supriyanto, Siregar, & Suryani, 2017). Untuk mendapatkan minyak tersebut, dapat dengan metode kempa secara mekanik maupun ekstraksi menggunakan pelarut (Hasnah et al., 2020). Minyak malapari yang dihasilkan dapat

diolah menjadi biodiesel (Rengasamy, Anbalagan, Mohanraj, & Pugalenth, 2014). Biji malapari yang digunakan untuk keperluan biodiesel optimal pada kadar air 51,37% (Aminah & Syamsuwida, 2013). Sisa pengepresan bijinya dapat diproses menjadi bioetanol melalui fermentasi (Radhakumari et al., 2017). Beberapa bagian tanaman malapari digunakan oleh masyarakat tradisional untuk berbagai pengobatan dan saat ini telah diketahui kandungan senyawa aktifnya, seperti *flavonoid* dan turunannya, *sesquiterpene*, *diterpene*, *triterpenes*, *steroids*, asam amino dan turunannya, *disaccharide*, asam lemak, dan *ster*. (Yadav, Jain, Alok, Prajapati, & Verma, 2011; Sajid et al., 2012; Al Muqarrabun, Ahmat, Ruzaina, Ismail, & Sahidin, 2013; Ghumare, Jirekar, Farooqui, & Naikwade, 2014).

Malapari merupakan salah satu tanaman potensial untuk dikembangkan menjadi sumber bahan baku *biofuel*. Dalam pengembangannya, dibutuhkan penanaman malapari di lahan yang luas untuk mempersiapkan bahan baku *biofuel* skala komersial. Karenanya upaya untuk memperoleh sumber daya genetik malapari dengan produktivitas tinggi menjadi tantangan pemuliaan malapari, karena biji dan minyak malapari produktivitasnya masih rendah dengan variabilitas yang tinggi (Dalemans, et al., 2022). Domestikasi

malapari dibangun di KHDTK (Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus) Parungpanjang pada tahun 2011 dalam bentuk uji provenan dan mulai berbuah sejak umur 3 tahun, namun studi terhadap uji provenan hasil domestikasi malapari di KHDTK Parungpanjang belum dilakukan. Studi ini bertujuan untuk mendapatkan (a) data keragaman provenan berdasarkan fenotipe polong dan biji, (b) korelasi antara karakter fenotipe polong dan biji, dan (c) pengaruh genetik terhadap fenotipe polong dan biji. Informasi tersebut diharapkan bermanfaat untuk kegiatan konservasi dan pemuliaan sebagai informasi awal keragaman genetik untuk mendukung seleksi dan budi daya tanaman malapari terutama peningkatan produktivitasnya.

## **2. Metodologi**

### **2.1. Lokasi penelitian**

Plot malapari dibangun tahun 2011, terletak di KHDTK Parungpanjang, Kabupaten Bogor. Secara geografis terletak pada 06°22'47,57"-06°22'52,5"LS dan 106°31'6,71"-106°31'9,59"BT. Plot dibangun dalam bentuk uji provenan yang benihnya diambil dari provenan Alas Purwo (Jawa Timur), Carita (Banten), Batu Karas (Jawa Barat), dan Pulau Bangka (Sumatera) (Tabel 1). Penanaman menggunakan rancangan acak kelompok dengan perlakuan empat provenan dan dikelompokkan menjadi empat blok. Setiap provenan ditanam sebanyak 81 tanaman.

Jarak tanam yang digunakan 3 m x 3 m sehingga luas total ± 1 ha.

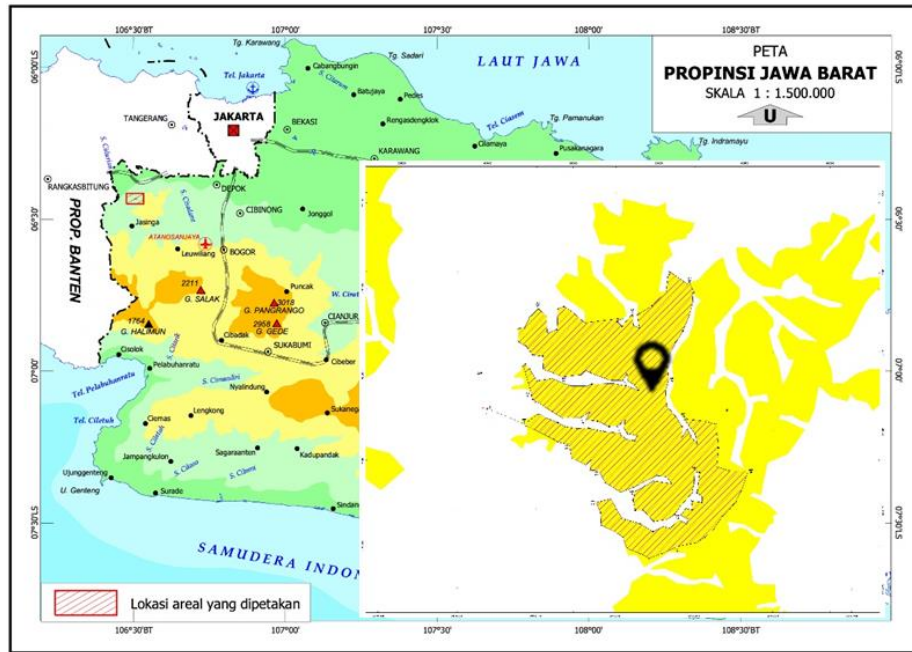
### **2.2. Material**

Pengunduhan polong dilakukan pada plot hasil penanaman malapari di KHDTK Parungpanjang saat periode berbuah April-Juni 2021. Setiap provenan diwakili empat pohon induk yang berbuah dari beberapa blok secara random untuk memastikan keterwakilan provenan. Polong dan biji dibuat komposit dengan mencampur proporsi yang sama dari setiap pohon induk. Polong masak memiliki ciri warna kulit hijau kecokelatan sampai coklat. Selanjutnya polong dijemur di bawah sinar matahari hingga beratnya konstan dan selama penyimpanan ditempatkan dalam laboratorium berpendingin dengan suhu 24°C. Kondisi polong dan biji kering udara yang didapatkan dengan kadar air 15-17%. Polong yang diukur memiliki penampakan fisik yang baik, tidak keriput, bebas hama penyakit dan bebas luka mekanis.

### **2.3. Pengukuran karakter polong dan biji**

#### **2.3.1. Karakter polong**

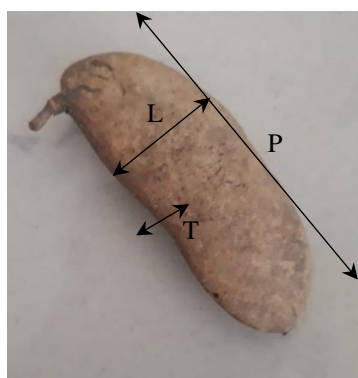
Sebanyak 200 polong (50 polong yang dikelompokkan menjadi empat blok per provenan) dipilih untuk diukur karakter fenotipenya. Pengukuran karakter fenotipe polong meliputi panjang, lebar, tebal dan berat polong. Pengukuran dimensi polong dilakukan dengan menghitung rasio lebar terhadap tebal polong.



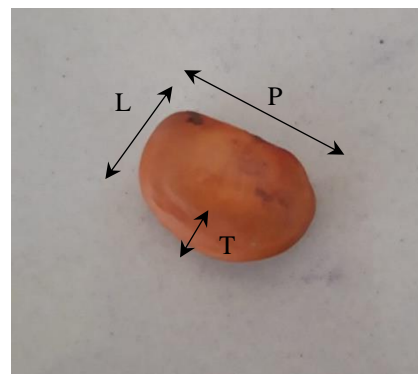
Gambar (Figure) 1. Lokasi penelitian di KHDTK Parungpanjang Kabupaten Bogor (*Study area in KHDTK Parungpanjang Bogor Distric*)

Tabel (Table) 1. Informasi sumber materi yang digunakan pada plot uji provenan malapari (*Source material information used in the malapari provenance test plots*)

Provenan (Provenance)	Ketinggian tempat (Elevation) (m dpl)	Curah hujan (Precipitation) (mm/th)	Suhu (Temperature) (°C)	Kelembapan (Relative humidity) (%)	Lokasi geografis (Coordinates)	
					LS	BT
Alas Purwo	0-15	1.500	20-34	75-81	08°39'25,00"	114°21'40,00"
Carita	0-5	3.950	23-32	84	6°22'00,00"	106°06'36,00"
Batu Karas	0-22	3.196	25-30	80-90	07°43'55,00"	108°30'0"
Bangka	0-7	2.896	25-30	75-80	02°34'43,99"	106°50'34,33"



(a)



(b)

Keterangan (Remarks): P = Panjang (Length), L = Lebar (Width), T = Tebal (Thickness)

Gambar (Figure) 2. Pengukuran polong (a) dan biji (b) malapari (*Measurement of malapari pods (a) and seeds*)

### 2.3.2. Karakter biji

Biji diekstraksi dari polong secara manual. Sebanyak 200 biji hasil ekstraksi (50 biji yang dikelompokkan menjadi empat kelompok per provenan) dilakukan pengukuran karakter fenotipe biji meliputi panjang, lebar, tebal, dan berat biji. Pengukuran dimensi biji dilakukan dengan menghitung rasio lebar terhadap tebal biji.

### 2.4. Analisis data

Untuk mengetahui keragaman dari karakteristik polong dan biji antar provenan dilakukan uji F satu arah (*one-way anova*) dan dilakukan uji beda rata-rata menggunakan uji *Tukey* pada taraf uji 1%. Untuk mengetahui hubungan antar karakter polong dan biji dilakukan analisis korelasi Pearson.

Estimasi keragaman genetik dianalisis melalui penghitungan keragaman fenotipe (PV), keragaman genotipe (GV), keragaman lingkungan (EV), koefisien keragaman fenotipe (PCV), koefisien keragaman genotipe (GCV), koefisien keragaman lingkungan (ECV), heritabilitas (*He*), kemajuan genetik (GA) dan perolehan genetik (GAM) (Jaisankar et al., 2014; Zaki & Radwan, 2022). Variasi genetik yang diekspresikan oleh polong dan biji dinilai dari koefisien variasi fenotipe (PCV) dan koefisien variasi genotipe (GCV). PCV dan CGV dinilai dalam persentase dan diklasifikasikan dalam tiga kelas, yaitu rendah (<10%), sedang (10-20%) dan tinggi (>20%) (Zaki & Radwan, 2022). Nilai PV, GV, dan EV diperlukan untuk menghitung CGV dan CPV. Varian fenotipe (PV) adalah varian total antar fenotipe pada lingkungan tumbuhnya, varian genotipe (GV) adalah bagian dari varian fenotipe yang menunjukkan adanya perbedaan genotipe diantara fenotipe, dan varian *error* (VE) adalah bagian dari varian fenotipe karena pengaruh lingkungan. Heritabilitas dihitung sebagai rasio VG terhadap PV. Heritabilitas diklasifikasikan menjadi tiga kelas, yaitu rendah (0-30%), sedang (31-60%) dan

tinggi (>60%) (Comstock et al., 1949). GV, VP, dan EV dihitung menggunakan rumus:

$$GV = \frac{(KTf - KTe)}{r} \dots\dots\dots (1)$$

$$PV = GV + EV \dots\dots\dots (2)$$

$$EV = Kte \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

KTf = Kuadrat tengah perlakuan (provenan) (*Middle square treatment* (provenan))

KTe = Kuadrat tengah sisa, dan r = jumlah kelompok (*Remaining mean square, and r = number of groups*)

Nilai parameter PCV, GCV, dan ECV dihitung menggunakan rumus:

$$PCV = \frac{\sqrt{PV}}{x} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

$$GCV = \frac{\sqrt{GV}}{x} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

$$ECV = \frac{\sqrt{EV}}{x} \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

Dimana : x = Rata-rata provenan untuk setiap parameter (*Provenance mean for each parameter*)

Selanjutnya *He* ditentukan dari rasio antara GV dan PV. GA dengan rumus:

$$GA = K \times He \times \sqrt{PV} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana: K = Intensitas seleksi (2,06) (*Selection intensity*)

Perolehan genetik (GAM) dinyatakan dalam persen yang dihitung dengan rumus:

$$GAM = \frac{GA}{x} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

Analisis komponen utama/*Principal Component Analysis* (PCA) dan analisis kluster digunakan untuk menerangkan pola keragaman antar provenan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil

##### 3.1.1. Karakter fenotipe polong

Berdasarkan hasil uji F bahwa provenan berpengaruh pada semua karakter polong, kecuali rasio lebar tebal. Hasil uji lanjut *Tukey* (Tabel 2) menunjukkan provenan yang berpengaruh nyata pada fenotipe. Provenan Bangka berbeda nyata dengan provenan lainnya untuk tiga karakter polong, yaitu: panjang, tebal, dan berat. Alas Purwo memiliki perbedaan nyata dengan provenan lainnya untuk karakter panjang polong. Perbedaan tidak nyata pada karakter lebar, tebal, berat dan rasio lebar tebal teramati pada provenan Alas Purwo, Batu Karas, dan Carita

##### 3.1.2. Karakter fenotipe biji

Hasil uji F menunjukkan bahwa provenan berpengaruh pada semua karakter biji yang diamati. Hasil uji lanjut *Tukey* (Tabel 3) menunjukkan provenan yang berpengaruh nyata pada fenotipe biji. Provenan Bangka menunjukkan perbedaan nyata dengan provenan lainnya untuk karakter biji, yaitu lebar, tebal, dan berat. Provenan Batu Karas memiliki perbedaan nyata dengan provenan lainnya untuk karakter panjang biji. Perbedaan tidak nyata pada karakter panjang biji teramati pada tiga provenan Alas Purwo, Batu Karas, dan Carita.

Tabel (Table) 2. Variasi karakter polong antar provenan (*Variation of pod trait among provenances*)

Provenan (Provenance)	Panjang (Length) (mm)	Lebar (Width) (mm)	Tebal (Thickness) (mm)	Berat (Weight) (gram)	Rasio lebar tebal (Width thickness ratio)
Alas Purwo	48,17 ± 4,50c	20,81 ± 3,10b	10,67 ± 1,10b	2,954 ± 0,80b	1,98 ± 0,41a
Bangka	53,05 ± 5,40a	21,61 ± 1,70a	11,34 ± 1,20a	3,509 ± 0,70a	1,93 ± 0,31a
Batu Karas	50,46 ± 5,10b	21,31 ± 1,80ab	10,67 ± 1,20b	3,118 ± 0,60b	2,03 ± 0,32a
Carita	50,31 ± 4,30b	21,38 ± 1,90ab	10,87 ± 1,20b	3,171 ± 0,70b	2,00 ± 0,35a

Keterangan (Remarks): Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji *Tukey* taraf 1% (*Numbers followed by the same letter in the same column mean that they are not significantly different in the 1% Tukey test*)

Tabel (Table) 3. Variasi karakter biji antar provenan (*Variation of seed trait among provenances*)

Provenan (Provenance)	Panjang (Length) (mm)	Lebar (Width) (mm)	Tebal (Thickness) (mm)	Berat (Weight) (gram)	Rasio lebar tebal (Width thickness ratio)
Alas Purwo	18,51 ± 2,30a	14,29 ± 1,20b	8,05 ± 1,10b	1,313 ± 0,20b	1,82 ± 0,37bc
Bangka	19,29 ± 2,30a	14,75 ± 1,30a	8,55 ± 1,10a	1,453 ± 0,20a	1,76 ± 0,35c
Batu Karas	17,60 ± 2,80b	14,27 ± 1,60b	7,50 ± 1,40c	1,144 ± 0,30c	1,98 ± 0,49a
Carita	18,63 ± 3,60a	14,21 ± 1,50b	7,73 ± 1,30bc	1,259 ± 0,30b	1,90 ± 0,41ab

Keterangan (Remarks): Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji *Tukey* taraf 1% (*Numbers followed by the same letter in the same column mean that they are not significantly different in the 1% Tukey test*)

Tabel (Table) 4. Matrik korelasi karakter fenotipe polong dan biji malapari (*Correlation matrix of malapari's pods and seeds*)

	Panjang polong (Pod length)	Lebar polong (Pod width)	Tebal polong (Pod thickness)	Berat polong (Pod weight)	Rasio polong (Pod width thickness ratio)	Panjang biji (Seed length)	Lebar biji (Seed width)	Tebal biji (Seed thickness)	Berat biji (Seed width)
Lebar polong (Pod width)	0,172**	-							
Tebal polong (Pod thickness)	0,077*	-0,166**	-						
Berat polong (Pod weight)	0,458**	0,238**	0,451**	-					
Rasio polong (Pod ratio)	0,062	0,746**	-0,75**	-0,158**	-				
Panjang biji (Seed length)	0,206**	0,138**	0,134**	0,145**	0	-			
Lebar biji (Seed width)	0,132**	0,093**	0,158**	0,151**	-0,046	0,21**	-		
Tebal biji (Seed thickness)	0,117**	0,086*	0,193**	0,185**	-0,77*	-0,131**	-0,125**	-	
Berat biji (Seed weight)	0,182**	0,201**	0,24**	0,249**	-0,032	0,489**	0,414**	0,385**	-
Rasio biji (Seed width thickness ratio)	-0,026	-0,025	-0,077*	-0,074*	0,036	0,192**	0,567**	-0,853**	-0,127**

Keterangan (Remarks): \*\* = Berbeda nyata pada taraf 1% (Significant at 1% level), \* = Berbeda nyata pada taraf 5% (Significant at 5% level)

### 3.1.3. Korelasi antar karakter polong dan biji

Arah korelasi pada umumnya bersifat searah (positif). Tingkat korelasi pada umumnya lemah ( $r < 0,25$ ). Korelasi yang bersifat cukup ( $r < 0,5$ ) ditemukan pada korelasi antara panjang dan tebal polong terhadap berat polong dan panjang, lebar, dan tebal biji terhadap berat biji. Korelasi yang bersifat kuat ( $0,5 < r < 0,75$ ) ditemukan pada korelasi lebar polong dan tebal polong terhadap rasio polong serta lebar biji terhadap rasio biji. Korelasi sangat kuat ( $r > 0,75$ ) didapati antara tebal biji terhadap rasio polong dan rasio biji.

### 3.1.4. Pengaruh faktor genetik dan lingkungan terhadap karakter polong dan biji

Pada studi ini terlihat bahwa keragaman genetik (GV) berkontribusi tinggi terhadap keragaman total fenotipe (PV) untuk semua karakter (Tabel 5). Ekspresi genetik panjang dan tebal polong serta panjang, tebal dan berat biji termasuk kelas tinggi dilihat dari nilai GVC dan PVC.

Estimasi heritabilitas umumnya termasuk kategori tinggi dengan nilai  $H_e$  berkisar antara 27% (untuk rasio polong) hingga 91% (berat biji). Nilai  $H_e$  yang termasuk kategori rendah adalah rasio polong, kategori sedang untuk karakter lebar polong dan lebar biji, sedangkan yang masuk kategori tinggi adalah panjang polong, tebal polong, berat polong, panjang biji, tebal biji, berat biji dan rasio biji. GCV umumnya berada dalam kategori kelas tinggi menunjukkan besarnya faktor genetik terhadap fenotipe polong dan biji. Karakter lebar polong menunjukkan ekspresi genetik terkecil.

### 3.1.5. Keragaman antar provenan

Analisis PCA menghasilkan dua komponen utama karakter tanaman yang berkontribusi besar terhadap keragaman. Komponen satu berkontribusi sebesar 24,7% terdiri dari karakter tebal polong, berat polong dan berat biji, sedangkan komponen dua berkontribusi sebesar 21,9% terdiri dari lebar biji dan rasio biji. PCA dan analisis kluster menunjukkan pola yang sama



dengan hasil klasifikasi menjadi tiga kelompok provenan (Gambar 3). Masing-masing kelompok tersebut mempunyai karakter polong dan biji yang sama. Kesamaan karakteristik fenotipe merupakan salah satu ciri kedekatan secara genetik. Provenan yang berbeda pulau berada dalam kelompok klaster yang berbeda. Provenan dengan lokasi dari Jawa (Alas Purwo, Batu Karas dan Carita) lebih berdekatan jarak genetiknya dibandingkan dengan provenan dari Sumatera (Bangka).

### 3.2. Pembahasan

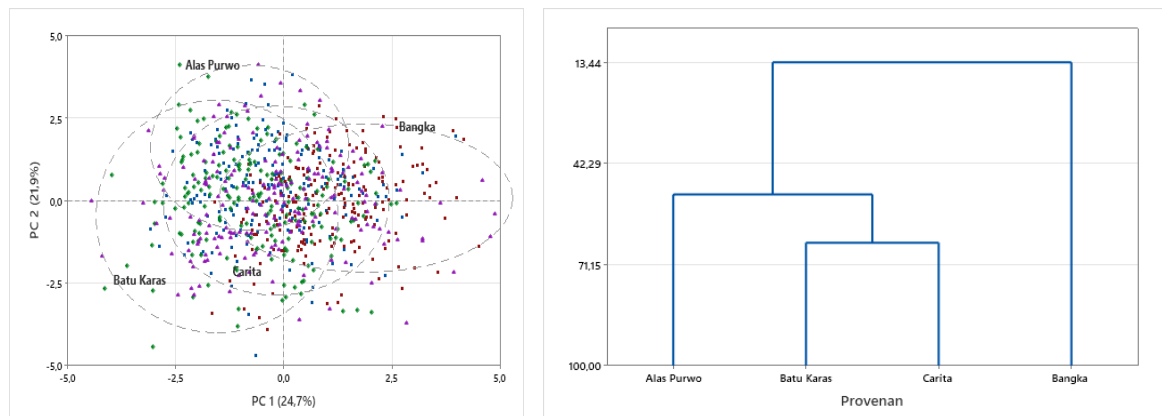
Studi karakter fenotipe polong dan biji seringkali digunakan dalam studi variabilitas genetik pada jenis malapari (Divakara et al., 2010, 2011; Raut et al., 2011; Gawali et al., 2015; Jaisankar et al., 2014; Patil & Naik, 2016) dan juga pada jenis yang lain misalnya tembesu (Bramasto & Sudrajat, 2018). Benih malapari dari berbagai lokasi menunjukkan variabilitas yang signifikan dalam sifat polong dan biji yang dapat dikaitkan dengan isolasi geografis. Pada penelitian ini provenan Bangka terlihat dominan dan menunjukkan perbedaan nyata dari tiga provenan lainnya pada enam karakter (panjang polong, tebal polong, berat polong, lebar biji, tebal biji, dan berat biji) dari 10 karakter yang diamati.

Sebaliknya, tiga provenan lainnya yang berada di Pulau Jawa (Alas Purwo, Batu Karas, dan Carita) memiliki lima karakter yang tidak berbeda nyata (lebar polong, tebal polong, berat polong, rasio polong, dan panjang biji) dari 10 karakter yang diamati. Hasil studi ini menunjukkan bahwa keragaman genetik malapari hasil domestikasi dipengaruhi oleh asal geografis malapari.

Sifat kuantitatif yang berkorelasi berguna sebagai acuan dalam program peningkatan, karena peningkatan satu karakter mungkin menyebabkan perubahan simultan pada karakter lainnya. Korelasi yang kuat dan sangat kuat antara karakter rasio terhadap lebar atau tebal dapat dipahami sebagai konsekuensi nilai rasio diperoleh atas pembagian lebar terhadap tebal. Korelasi yang penting untuk dicatat adalah 1. panjang dan tebal polong terhadap berat polong (korelasi cukup kuat); dan 2. panjang, lebar, dan tebal biji terhadap berat biji (korelasi cukup kuat). Korelasi antar karakteristik fenotipe polong dan biji menunjukkan bahwa korelasi hanya terjadi antar karakter polong dengan karakter polong lainnya dan antar karakter biji dengan karakter biji lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa karakter polong dan biji tidak dapat dijadikan ukuran untuk saling menduga satu sama lain.

Tabel (Table) 5. Estimasi genetik karakter polong dan biji (*Genetic estimates of pod and seed traits*)

Karakter	PV	GV	EV	PCV	GCV	ECV	He (%)	GA	GAM%
Panjang polong ( <i>Pod length</i> )	217,01	193,15	23,86	29,17	27,52	9,67	89	27,01	53,49
Lebar polong ( <i>Pod width</i> )	9,44	4,32	5,12	14,44	9,77	10,64	46	2,89	13,61
Tebal polong ( <i>Pod thickness</i> )	6,20	4,63	1,56	22,87	19,77	11,49	75	3,83	35,22
Berat polong ( <i>Pod weight</i> )	3,15	2,57	0,58	55,63	50,26	23,84	82	2,98	93,55
Rasio polong ( <i>Pod ratio</i> )	0,17	0,05	0,12	20,71	10,73	17,72	27	0,23	11,44
Panjang biji ( <i>Seed length</i> )	30,36	22,17	8,19	29,77	25,44	15,47	73	8,29	44,78
Lebar biji ( <i>Seed width</i> )	4,71	2,55	2,16	15,09	11,11	10,22	54	2,42	16,84
Tebal biji ( <i>Seed thickness</i> )	11,50	9,87	1,63	42,60	39,46	16,04	86	6,00	75,31



Gambar (Figure) 3. *Biplot dan dendrogram provenan malapari berdasarkan karakteristik polong dan biji (PCA biplot graphical and cluster analysis of malapari provenances based on pod and seed characteristics)*

Faktor genetik lebih berpengaruh daripada faktor lingkungan terhadap ekspresi fenotipe polong dan biji dengan tingginya nilai GCV terhadap total nilai PCV (Tabel 5), kecuali pada lebar polong dan rasio polong. Demikian juga nilai heritabilitas kedua karakter polong dan biji yang umumnya memperlihatkan nilai tinggi. Kondisi ini juga terjadi pada karakter polong dan biji yang diamati dari provenan asalnya (Supriyanto et al., 2017). Nilai GCV dan PCV yang berdekatan juga menunjukkan bahwa parameter fenotipe (dalam hal ini karakter polong dan karakter biji) sekaligus dapat dipakai sebagai parameter genotipe malapari.

Dalam studi ini koefisien variasi genotipe (GCV) dan perolehan genetik (GA%) tertinggi ditunjukkan berat polong dan berat biji. GCV yang lebih tinggi menunjukkan bahwa peningkatan nilai yang dilakukan melalui uji provenan dapat dicapai melalui seleksi sederhana terhadap dua karakter ini. Nilai perolehan genetik yang paling tinggi dapat diperoleh sebesar 136,17% jika dilaksanakan seleksi ketat terhadap karakter berat biji dengan menyeleksi hingga 5% genotipe yang unggul. Karakter-karakter yang mempunyai varian fenotipe yang luas (panjang polong, panjang biji dan berat biji) dapat digunakan dalam mendukung kegiatan seleksi pohon induk, karena diikuti dengan varian

genotipe yang luas dan nilai duga heritabilitas yang tinggi.

Informasi tersebut dapat digunakan sebagai salah satu pertimbangan apabila akan melakukan pembibitan dari benih hasil domestikasi ini. Karakter berat biji yang dominan dari provenan Bangka menjadi salah satu faktor terutama bila akan dikembangkan menggunakan metode perbanyakan secara generatif. Hal ini karena berat biji berkaitan erat dengan daya kecambah, persentase hidup dan pertumbuhan bibit (Supriyanto et al., 2017).

Perbedaan lokasi geografis memberikan pengaruh pada karakteristik polong dan biji, sehingga dapat dibedakan menjadi tiga kelompok klaster (Gambar 3). Jarak geografis yang jauh antar pulau, menjadikan perbedaan karakter provenan Jawa dan Sumatera sangat jelas. Jika melihat pada provenan Jawa saja, provenan Batu Karas (Jawa Barat) lebih dekat karakter polong dan bijinya dengan provenan Carita (Banten) dibandingkan Alas Purwo (Jawa Timur) dan hal ini sejalan dengan jarak geografisnya. Kelompok klaster karakter polong dan biji hasil domestikasi wilayah Jawa tersebut sesuai dengan identifikasi provenan asalnya (Supriyanto et al., 2017).

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1. Kesimpulan

Fenotipe polong dan biji malapari dipengaruhi oleh perbedaan provenan. Berdasarkan fenotipe, provenan Bangka merupakan provenan dengan karakter fenotipe polong dan biji terbaik. Korelasi tidak terjadi antara karakter polong dan biji, sehingga karakteristik polong tidak bisa untuk menduga karakteristik biji dan sebaliknya. Proses seleksi pada uji provenan malapari dapat dilakukan melalui seleksi fenotipe, khususnya pada karakter berat polong dan berat biji. Seleksi ketat pada karakter berat biji dapat berkontribusi menaikkan perolehan genetik hingga 136,17%.

### 4.2. Saran

Perlu dilakukan analisis keragaman berdasarkan kandungan minyak dan penghitungan produksi biji untuk melengkapi proses seleksi berdasarkan fenotipe polong dan biji.

## Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai menggunakan dana DIPA Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Perbenihan Tanaman Hutan tahun 2021. Ucapan terima kasih disampaikan kepada pengelola KHDTK Parungpanjang, serta kepada Pak Adim dan Pak Ateng yang membantu teknis kegiatan.

## Daftar Pustaka

- Al Muqarrabun, L.M.R., Ahmat, N., Ruzaina, S.A.S., Ismail, N.H., & Sahidin, I. (2013). Medicinal uses, phytochemistry and pharmacology of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre: A review. *Journal of Ethnopharmacology*, 150(2), 395-420. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.08.041>
- Aminah, A., Supriyanto, Siregar, I. & Suryani, A. (2017). Kandungan

minyak malapari (*Pongamia pinnata* (L.) Pierre dari pulau Jawa sebagai sumber bahan baku biodiesel. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(4), 255-262. <https://doi.org/doi:10.20886/jpjh.2017.35.3.255-262>

- Aminah, A., & Syamsuwida, D. (2013). Penentuan karakteristik fisiogis benih kranji (*Pongamia pinnata*) berdasarkan nilai kadar air. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 10(1), 1-6. <https://doi.org/10.20886/jpht.2013.10.1.1-6>
- Bramasto, Y., & Sudrajat, D.J. (2018). Karakteristik morfo-fisiologi daun, buah, dan benih tembesu (*Fagraea gragrans* Roxb) dari lima populasi di Jawa bagian barat dan Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 15(1), 1-15. <https://doi.org/10.20886/jpht.2018.15.1.1-15>
- Comstock, R.E., Robinson, H.F., & Harvey, P.H. (1949). Breeding Procedure Designed. *Agronomy Journal*, 41(8), 360-367. <https://doi.org/10.2134/agronj1949.00021962004100080006x>
- Dalemans, F., Fremout, T., Gowda, B., Meerbeek, Van, K., & Muys, B. (2022). Tempering expectations on a novel biofuel tree: Seed and oil yield assessment of pongamia (*Millettia pinnata*) shows low productivity and high variability. *Industrial Crops and Products*, 178(December 2021), 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114384>
- Divakara, B.N., Alur, A.S., & Tripathi, S. (2010). Genetic variability and relationship of pod and seed traits in *Pongamia pinnata* (L.) Pierre., a potential agroforestry tree. *International Journal of Plant Production*, 4(2), 129-141.
- Divakara, B.N., Upadhyaya, H.D., & Krishnamurthy, R. (2011). Identification and evaluation of diverse genotypes in *Pongamia pinnata* (L.) Pierre for genetic improvement in seed traits. *Journal of*

- Biodiversity and Ecological Sciences*, 1(3), 79-190.
- Gawali, A., Wagh, R., & Sonawane, C. (2015). Evaluation of genetic variability and correlation in pod and seed traits of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre. germplasm for genetic tree improvement. *Forest Research*, 4(3), 1-6. <https://doi.org/10.4172/2168-9776.1000149>
- Ghumare, P., Jirekar, D.B., Farooqui, M., & Naikwade, S.D. (2014). A review of *Pongamia pinnata* - An important medicinal plant. *Current Research in Pharmaceutical Sciences*, 04(02), 44-47. <http://www.crpsonline.com/index.php/crps/article/view/121>.
- Hasnah, T., Leksono, B., Sumedi, N., Windyarini, E., Adinugraha, A.H., Baral, H., & Artati, Y. (2020). *Pongamia* as a potential biofuel crop: Oil content of *Pongamia pinnata* from the best provenance in Java, Indonesia. *Proceedings of the 2020 International Conference and Utility Exhibition on Energy, Environment and Climate Change, ICUE 2020*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICUE49301.2020.9307094>
- Jaisankar, I., Sankaran, M., Singh, D.R., & Damodaran, V. (2014). Genetic variability and divergence studies in pod and seed traits of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre., accessions in Bay Islands. *Journal of Forestry Research*, 25(2), 351-358. <https://doi.org/10.1007/s11676-013-0422-1>
- Leksono, B., Rahman, S.A., Purbaya, D.A., Samsudin, Y.B., Lee, S.M., Maimunah, S., Maulana, A.M., ... Baral, H. (2018). *Pongamia* (*Pongamia pinnata*): A sustainable alternative for biofuel production and land restoration in Indonesia. *Preprints*, November, 1-11. <https://doi.org/10.20944/preprints201811.0604.v1>
- Nadeem, F., Inam, S., Rashid, U., Kainat, R., & Iftikhar, A. (2016). A review of geographical distribution, phytochemistry, biological properties and potential applications of *Pongamia pinatta*. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 10, 79-86.
- Patil, V.K., & Naik, G.R. (2016). Variability in pod and seed traits of *Pongamia pinnata* Pierre ecotypes in North Karnataka, India. *Journal of Forestry Research*, 27(3), 557-567. <https://doi.org/10.1007/s11676-015-0191-0>
- Radhakumari, M., Taha, M., Shahsavari, E., Bhargava, S. K., Satyavathi, B., & Ball, A.S. (2017). *Pongamia pinnata* seed residue – A low cost inedible resource for on-site/in-house lignocellulases and sustainable ethanol production. *Renewable Energy*, 103, 682-687. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.10.082>
- Raut, S.S., Narkhede, S.S., Rane, A.D., & Gunaga, R.P. (2011). Seed and fruit variability in *Pongamia pinnata* (L.) Pierre from Konkan Region of Maharashtra. *Journal of Biodiversity*, 2(1), 27-30. <https://doi.org/10.1080/09766901.2011.11884726>
- Rengasamy, M., Anbalagan, K., Mohanraj, S., & Pugalenti, V. (2014). Biodiesel production from *Pongamia pinnata* oil using synthesized iron nanocatalyst. *International Journal of ChemTech Research*, 6(10), 4511-4516.
- Sajid, Z., Anwar, F., Shabir, G., Rasul, G., Alkharfy, K.M., & Gilani, A.H. (2012). Antioxidant, antimicrobial properties and phenolics of different solvent extracts from bark, leaves and seeds of *Pongamia pinnata* (L.) Pierre.pdf. *Molecules*, 17(4), 3917-3932. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules17043917>
- Samuel, S., Scott, P.T., & Gresshoff, P.M. (2013). Nodulation in the legume biofuel feedstock tree *Pongamia pinnata*. *Agricultural Research*, 2(3),

- 207-214. <https://doi.org/10.1007/s40003-013-0074-6>
- Supriyanto, Siregar, I.Z., Suryani, A., Aminah, A., & Sudrajat, D.J. (2017). Keragaman morfologi buah, benih dan bibit pongamia (*Pongamia pinnata* (L) Pierre) di Pulau Jawa. *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 5(2), 103-114. <https://doi.org/https://doi.org/10.20886/bptpth.2017.5.2.103-114>
- Yadav, R.D., Jain, S.K., Alok, S., Prajapati, S., & Verma, A. (2011). *Pongamia pinnata*: An overveiw. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2(3), 494-500. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.2\(3\).494-00](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.2(3).494-00)
- Zaki, H.E.M., & Radwan, K.S.A. (2022). Estimates of genotypic and phenotypic variance, heritability, and genetic advance of horticultural traits in developed crosses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Frontiers in Plant Science*, 13:987985(September), 1-17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.987985>