



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH GRADIEN KETINGGIAN TERHADAP VARIASI
MORFOLOGI ROTAN *Calamus javensis* Blume (ARECACEAE)
DI GUNUNG KENDENG, TAMAN NASIONAL GUNUNG
HALIMUN SALAK, JAWA BARAT**

SKRIPSI

**NIARSI MERRY HEMELDA
0706264085**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN BIOLOGI
DEPOK
JANUARI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH GRADIEN KETINGGIAN TERHADAP VARIASI
MORFOLOGI ROTAN *Calamus javensis* Blume (ARECACEAE)
DI GUNUNG KENDENG, TAMAN NASIONAL GUNUNG
HALIMUN SALAK, JAWA BARAT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memenuhi gelar Sarjana Sains

**NIARSI MERRY HEMELDA
0706264085**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN BIOLOGI
DEPOK
JANUARI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : Niarsi Merry Hemelda
NPM : 0706264085
Tanda Tangan :**



Tanggal : 3 Januari 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Niarsi Merry Hemelda
NPM : 0706264085
Program Studi : Biologi
Judul Skripsi : Pengaruh Gradien Ketinggian terhadap Variasi
Morfologi Rotan *Calamus javensis* Blume
(Arecaceae) di Gunung Kendeng, Taman
Nasional Gunung Halimun Salak, Jawa Barat

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Pembimbing I : Mega Atria, M.Si. ()
Pembimbing II : Dr. Noviar Andayani, M.Sc. ()
Penguji I : Dra. Lestari Rahayu, M.Sc. ()
Penguji II : Drs. Erwin Nurdin, M.Si. ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 3 Januari 2012

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim. Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, atas segala nikmat dan karunia-Nya. Shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW. Alhamdulillah, akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar Sarjana Sains Departemen Biologi FMIPA Universitas Indonesia.

Penulis menyadari segala hambatan dan kesulitan selama penulisan ini tidak dapat dilewati tanpa bantuan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Mega Atria, M.Si. selaku pembimbing I dan Dr. Noviar Andayani, M.Sc. selaku pembimbing II, yang telah memberikan waktu, bimbingan, kesabaran, pengertian, dukungan, dan tempat untuk berdiskusi sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Dra. Lestari Rahayu, M.Sc. selaku penguji I dan Drs. Erwin Nurdin, M.Si. selaku penguji II atas waktu, saran, perbaikan, serta dukungan bagi penulis dalam pembuatan dan perbaikan skripsi.
3. Dra. Setiorini, M.Kes. selaku Penasihat Akademik selama penulis berkuliah di Biologi, atas saran, bantuan, dan semangat yang selalu diberikan.
4. Dr.rer.nat. Mufti P. Patria, M.Sc. selaku Ketua Departemen Biologi FMIPA UI, Dra. Nining B. Prihantini, M.Sc. selaku Sekretaris Departemen Biologi FMIPA UI, Dra. Titi Soedjiarti, S.U. selaku Koordinator Pendidikan, dan seluruh dosen Biologi UI, Dian Hendrayanti, M.Sc., Dra. Sitaresmi, M.Sc., Dr. Upi Chairun Nisa, M.Sc., dan Dr. Susiani Purbaningsih, DEA., yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan wawasan kepada penulis selama perkuliahan di Biologi. Terima kasih juga kepada seluruh karyawan Biologi UI, terutama pak Taryono, mbak Asri, mbak Ida, dan bu Ros atas segala bantuan yang telah diberikan.
5. Keluarga tercinta, Mama Niar, Almarhum Ayah, serta kedua abangku, mas Bujang dan mas Erdwinsyah, atas semua cinta dan kasih sayang, dukungan moral dan materi, semangat, dukungan, nasihat, serta doa yang tak pernah terputus, yang selalu diberikan untuk penulis.

6. Natural Environment Foundation (NEF) NAGAO yang telah membiayai perkuliahan selama penulis berkuliah di Biologi UI.
7. Dr. Himmah Rustiami S.P., M.Sc. dan Alex Sumadijaya S.Si. dari LIPI atas diskusinya yang bermanfaat.
7. Seluruh keluarga Laboratorium Taksonomi Tumbuhan Vaskular, bapak Dimas H. Pradana, M.Si., kak Nugroho P. Sumanto, M.Si., kak Lina Herliana, S.Si., dan kak Fajriah Laili, S.Si., atas bantuan, diskusi, dan semangat yang selalu diberikan. Untuk sahabat seperjuanganku, Nabilah, terima kasih untuk segala bantuan, saran, semangat, serta doa yang selalu diberikan untuk penulis.
8. Teman-teman yang turut membantu bersusah payah dalam pengambilan sampel di Halimun, Febrial, Naba, Eja, Rete, dan Reksa. Terima kasih juga untuk para polhut TNGHS, pak Momo, pak Odi, Pak Amir, dan pak Paul.
9. Sahabat-sahabat terbaikku, Nabilah, Febrial, Fika, Putri Sandy, Gita, Tiara, Tri Wahyuni, dan Nabila. Terima kasih untuk doa, semangat, keceriaan, nasihat, saran, dan persahabatan yang indah.
10. Teman-teman seperjuangan BLOSSOM 2007, Adhitya Bayu, atas kebersamaan dan keceriaan, duka, dan hari-hari indah yang telah dilalui. Teman-teman Zygomorphic (2009), Fachrul Razi, Sendy, Sasha, Pipit, Pita, Wei, Hanna, dan Firdha, terima kasih untuk semangat, dukungan, dan canda tawa yang diberikan. Teman-teman Baliveau (2004), Andi E. Maryanto, S.Si.; Felix (2006), Erna Fristian, S.Si.; Biosentris (2008) Diny, Eza, Ria, Babas, Enung, Dyla, Oji, Yudi, dan Wendy; serta Biogenesis (2010), Aulia J.R., Ayu Novita, dan Wisnu. Teman-teman COMATA, CANOPY, SIGMA, terima kasih untuk pengalaman lapangannya.

Akhir kata, penulis memohon maaf jika terdapat kesalahan dan kekhilafan. Tiada gading yang tak retak, skripsi ini pun masih jauh dari sempurna. Namun demikian, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 3 Januari 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Niarsi Merry Hemelda
NPM : 0706264085
Program Studi : Biologi (S1)
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Pengaruh Gradien Ketinggian terhadap Variasi Morfologi Rotan *Calamus javensis* Blume (Arecaceae) di Gunung Kendeng, Taman Nasional Gunung Halimun Salak, Jawa Barat.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bertukar pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 3 Januari 2012
Yang menyatakan



(Niarsi Merry Hemelda)

ABSTRAK

Nama : Niarsi Merry Hemelda
Program Studi : Biologi
Judul : Pengaruh Gradien Ketinggian terhadap Variasi Morfologi Rotan *Calamus javensis* Blume (Arecaceae) di Gunung Kendeng, Taman Nasional Gunung Halimun Salak, Jawa Barat.

Penelitian mengenai pengaruh gradien ketinggian terhadap variasi morfologi rotan *Calamus javensis* Blume (Arecaceae) telah dilakukan di Gunung Kendeng, Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNGHS), Jawa Barat. Penelitian tersebut bertujuan mengetahui variasi morfologi, sebaran variasi morfologi populasi *C. javensis* terhadap ketinggian, serta mengidentifikasi karakter morfologi tertentu yang dipengaruhi ketinggian. Sebanyak 16 karakter morfologi *C. javensis* yang meliputi organ batang dan daun dianalisis menggunakan *Cluster Analysis* (CA) dan *Principal Component Analysis* (PCA). Penelitian dilakukan pada kisaran ketinggian 1000--1300 mdpl, namun populasi *C. javensis* di Gunung Kendeng sudah tidak dijumpai pada ketinggian 1200--1300 mdpl. Hasil CA menunjukkan adanya 3 kelompok *C. javensis* berdasarkan variasi morfologi di Gunung Kendeng, TNGHS. Kelompok 3 yang memiliki karakter jumlah duri jarang serta leaflet basal spreading merupakan *C. javensis* var. *inermis*. Hasil PCA menunjukkan bahwa karakter yang berperan dalam variasi morfologi populasi *C. javensis* meliputi leaflet basal, jumlah duri upih, panjang petiolus, bentuk leaflet basal, diameter batang, dan panjang duri upih. Sebaran variasi morfologi berdasarkan ketinggian masih tumpang tindih. Hasil analisis regresi linier sederhana menunjukkan bahwa gradien ketinggian tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada ke-16 karakter morfologi populasi *C. javensis* pada ketinggian 1000--1200 mdpl. Dapat disimpulkan bahwa karakter morfologi dari *C. javensis* pada ketinggian 1000--1200 mdpl di gunung Kendeng belum menunjukkan *clinal variation*

Kata kunci : *Calamus javensis*, *Cluster Analysis*, Gradien Ketinggian, *Principal Component Analysis*, Variasi Morfologi.

xii + 54 hlm.

Bibliografi : 44 (1847--2011)

ABSTRACT

Name : Niarsi Merry Hemelda
Study Program : Biology
Title : Altitudinal Gradient Effect on Morphological Characters of Rattan *Calamus javensis* Blume (Arecaceae) in Mountain Kendeng, Mountain Halimun Salak National Park, West Java

Altitudinal gradient effect on morphological characters of *Calamus javensis* Blume (Arecaceae) has been studied in Mountain Kendeng, Mountain Halimun Salak National Park (MHSNP), West Java. The goals of this study were to analyze morphological variation and variation distribution of *C. javensis* population, also to identify certain characters that affected by altitudinal gradient. 16 morphological characters from stem and leaf were analyzed using Cluster Analysis (CA) and Principal Component Analysis (PCA). The range of altitude that used in this study was 1000--1300 mdpl, but *C. javensis* population was absent in 1200--1300 mdpl. CA classified *C. javensis* specimens into 3 groups. The third group, characterized by few spines on its leaf sheath and spreading basal leaflet, was identified as *C. javensis* var. *inermis*. Characters that were analyzed using PCA showed that basal leaflet, spine abundance of leaf sheath, petiole length, basal leaflet shape, stem diameter, and leaf sheath spine length were important characters in morphological variation of *C. javensis*. Morphological variation of *C. javensis* showed overlapped distribution. Simple linear regression analysis showed there was no character of *C. javensis* that significantly affected by altitudinal gradient. In conclusion, morphological characters of *C. javensis* population in Mountain Kendeng, MHSNP, from 1000 to 1200 m.a.s.l. had not showed the clinal variation yet.

Key words : Altitudinal Gradient, *Calamus javensis*, Cluster Analysis, Morphological Variation, Principal Component Analysis,

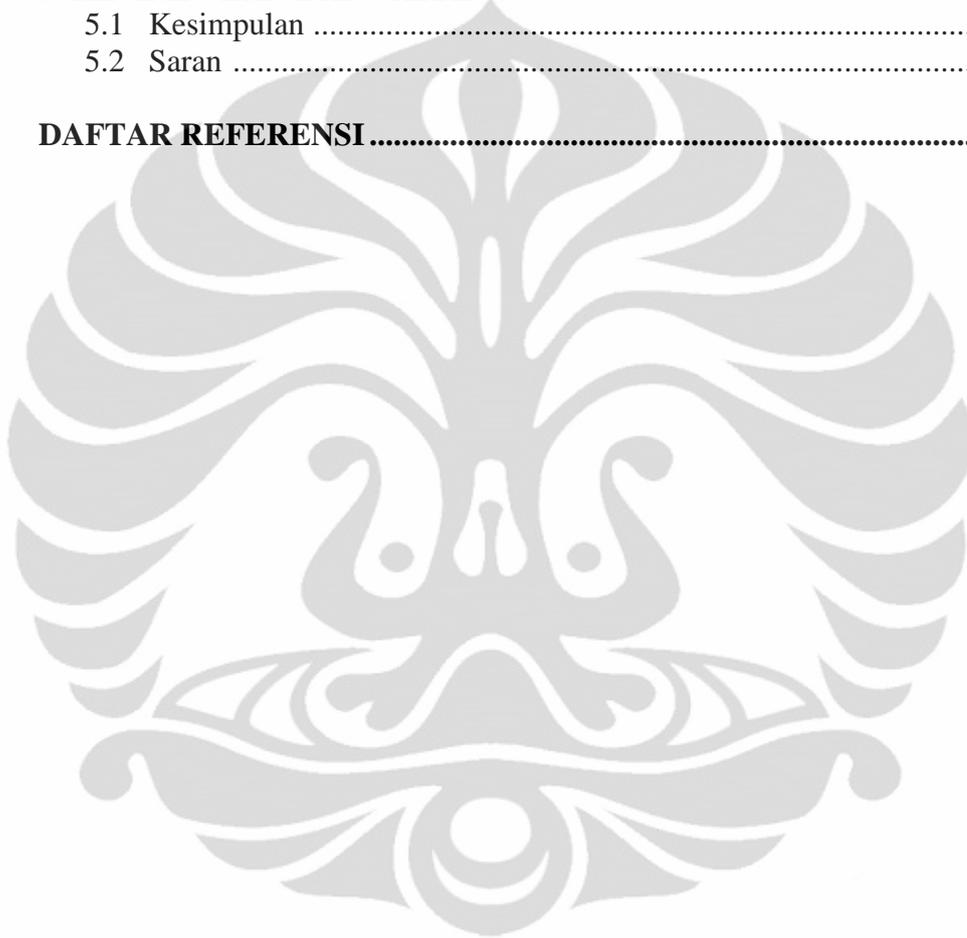
xii + 54 pages.

Bibliography : 44 (1847--2011)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xii
1. PENDAHULUAN.....	1
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Rotan <i>Calamus javensis</i> Blume.....	4
2.1.1 Biologi <i>Calamus javensis</i>	4
2.1.2 Ekologi <i>Calamus javensis</i>	6
2.1.3 Deskripsi <i>Calamus javensis</i>	7
2.2 Polimorfisme pada <i>Calamus javensis</i>	8
2.2.1 Polimorfisme	8
2.2.2 Variasi morfologi <i>Calamus javensis</i>	10
2.3 Ketinggian (<i>Altitude</i>).....	13
2.4 Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNGHS).....	16
3. METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	18
3.2 Alat	18
3.2.1 Alat di Lapangan	18
3.2.2 Alat di Laboratorium.....	18
3.3 Bahan.....	19
3.3.1 Sampel.....	19
3.3.2 Bahan Preservasi	19
3.4 Cara Kerja	19
3.4.1 Pengambilan Sampel <i>Calamus javensis</i>	19
3.4.2 Pengambilan Data Abiotik	21
3.4.3 Pengambilan Data Variasi Morfologi <i>Calamus javensis</i>	22
3.5 Metode Analisis Data.....	22
3.5.1 Variasi Morfologi <i>Calamus javensis</i> di Gunung Kendeng, TNGHS.....	23
3.5.2 Sebaran Variasi Morfologi <i>Calamus javensis</i> terhadap Ketinggian di Gunung Kendeng, TNGHS	25
3.5.3 Karakter Morfologi yang Dipengaruhi oleh Ketinggian	25

4. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Variasi Morfologi <i>Calamus javensis</i> di Gunung Kendeng, TNGHS.....	27
4.2 Sebaran Variasi Morfologi <i>Calamus javensis</i> terhadap Ketinggian di Gunung Kendeng, TNGHS	36
4.3 Karakter Morfologi yang Dipengaruhi oleh Ketinggian	47
5. KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR REFERENSI	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1(1)	Herbarium <i>Calamus javensis</i>	6
Gambar 2.1(2)	<i>Calamus javensis</i> Blume	8
Gambar 2.4	Peta Taman Nasional Gunung Halimun (TNGHS)	17
Gambar 3.4(1)	Ilustrasi pengambilan sampel	20
Gambar 3.4(2)	<i>Rain gauge</i> yang digunakan dalam penelitian	21
Gambar 3.5(1)	Pengukuran beberapa karakter morfologi <i>C. javensis</i> yang digunakan dalam penelitian	23
Gambar 3.5(2)	Alur analisis data	26
Gambar 4.1(1)	Jalur Cikaniki--Bukit Andam pada ketinggian 1200--1300 mdpl	28
Gambar 4.1(2)	<i>Calamus acuminatus</i> (spesimen nomor 91) dari Herbarium Bogoriense	30
Gambar 4.1(3)	<i>Calamus corrugatus</i> (spesimen nomor 92) dari Herbarium Bogoriense	30
Gambar 4.1(4)	Dendrogram hasil CA	33
Gambar 4.1(5)	Spesimen <i>C. javensis</i> gunung Kendeng nomor 50 dan 59	34
Gambar 4.1(6)	Spesimen <i>C. javensis</i> gunung Kendeng yang termasuk ke dalam kelompok 3	34
Gambar 4.1(7)	Spesimen <i>C. javensis</i> gunung Kendeng yang termasuk ke dalam kelompok 1	35
Gambar 4.1(8)	Spesimen <i>C. javensis</i> gunung Kendeng yang termasuk ke dalam kelompok 2	36
Gambar 4.2(1)	<i>Scree plot eigenvalue</i> terhadap jumlah PC	38
Gambar 4.2(2)	Diagram pencar (<i>scatter plot</i>) antara PC1 dan PC2	42
Gambar 4.2(3)	Spesimen herbarium <i>C. javensis</i> daerah Borneo pada elevasi rendah	43
Gambar 4.2(4)	Spesimen herbarium <i>C. javensis</i> daerah Borneo pada elevasi tinggi	44
Gambar 4.3	Grafik regresi linier faktor abiotik terhadap ketinggian	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan variasi morfologi pada 7 varietas <i>C. javensis</i>	12
Tabel 3.5	Karakter morfologi yang digunakan dalam penelitian	24
Tabel 4.1	Karakter morfologi masing-masing kelompok	32
Tabel 4.2(1)	Total varian yang dapat dijelaskan oleh PC	38
Tabel 4.2(2)	Matriks komponen yang telah dirotasi	39
Tabel 4.2(3)	Perbandingan karakter penting hasil PCA yang diperoleh dengan hasil PCA Atria (2008)	40
Tabel 4.3	Hasil regresi linier sederhana antara karakter morfologi dengan ketinggian	47

BAB 1 PENDAHULUAN

Sebagian besar tumbuhan liana di hutan tropis Asia Tenggara adalah rotan. Rotan memiliki peran penting dalam fisiognomi dan biomassa hutan tropis, serta sebagai habitat dan sumber makanan bagi hewan (Appanah *dkk.* 1992: 117; Gentry 1991: 5--6). Selain itu, rotan juga memiliki peran penting dalam perekonomian Indonesia. Rotan sebagai salah satu produk unggulan hasil hutan non-kayu, menyumbang sekitar 6,5% dari pemasukan Indonesia. Dalam kehidupan sehari-hari, rotan juga sering dimanfaatkan sebagai bahan baku kerajinan tangan, makanan, dan obat-obatan di berbagai wilayah di Asia Tenggara, termasuk Indonesia (Harada *dkk.* 2005: 29; Dransfield & Manokaran 1994: 13).

Rotan merupakan nama umum dari 13 genus anggota suku Arecaceae, anak suku Calamoideae (Uhl & Dransfield 1987: 233--284). *Calamus* merupakan genus rotan anggota anak suku Calamoideae dengan jumlah spesies terbanyak (sekitar 370 spesies). *Calamus* memiliki distribusi geografis yang luas dengan pusat keragaman spesies terletak di Malesia Barat (Uhl & Dransfield 1987: 257; Dransfield & Manokaran 1994: 15).

Calamus javensis merupakan salah satu spesies rotan anggota genus *Calamus* yang tersebar luas di Asia tenggara, mulai dari bagian selatan Thailand, Malaysia, Singapura, Sumatera, Jawa, Borneo, hingga Palawan (Dransfield & Manokaran 1994: 48). Habitat *C. javensis* dijumpai di hampir seluruh tipe hutan, kecuali hutan mangrove. Spesies tersebut memiliki kisaran distribusi yang luas pada berbagai jenis tanah. Berdasarkan ketinggian, *C. javensis* dapat dijumpai dari dataran rendah hingga pegunungan dengan tinggi lebih dari 2000 mdpl (Dransfield & Manokaran 1994: 49; Dransfield 1992: 153).

Calamus javensis bersifat polimorfik dengan bentuk morfologi yang bervariasi. Selain itu, *C. javensis* juga membentuk spesies kompleks dengan beberapa spesies kerabatnya. *Calamus javensis complex* merupakan salah satu taksa yang secara taksonomi sulit untuk diklasifikasikan (Dransfield 1999: 13 & 16). Dransfield (1999: 16) menyatakan ada 9 spesies yang termasuk ke dalam

Calamus javensis complex di Borneo, yaitu *C. acuminatus*, *C. amplijugus*, *C. congestiflorus*, *C. corrugatus*, *C. elopurensis*, *C. hypertrichosus*, *C. javensis*, *C. nielsenii*, dan *C. tenompokensis*.

Variasi dari bentuk morfologi *Calamus javensis* sering digolongkan menjadi varietas baru dari spesies tersebut. Furtado (1956: 175--185) mengenali adanya 7 varietas dari *C. javensis*, yaitu *C. javensis* var. *inermis*, var. *tenuissimus*, var. *laevis*, var. *polyphyllus*, var. *peninsularis*, var. *purpurascens*, dan *pinangianus*. Akan tetapi, pengelompokan yang dilakukan Furtado berdasarkan spesimen herbarium dan beberapa varietas dibentuk hanya berdasarkan jumlah spesimen yang sedikit. Variasi tersebut dibedakan berdasarkan karakter morfologi vegetatif, seperti ada tidaknya duri pada upih, jumlah, dan bentuk anak daun (*leaflet*). Menurut Stuessy (1990: 219), kondisi lingkungan diduga berperan penting dalam variasi-variasi tersebut mengingat organ vegetatif bersifat plastis.

Atria (2008) berusaha menginterpretasikan fenomena variasi *Calamus javensis* yang terjadi dengan memeriksa spesimen-spesimen herbarium *C. javensis* yang berasal dari Jawa, Sumatra, dan Borneo. Hasil penelitian Atria (2008: 57) menunjukkan bahwa variasi *C. javensis* dapat dikelompokkan menjadi 3 ekotipe, yaitu ekotipe Borneo, Sumatra, dan Jawa. Variasi morfologi dari ekotipe Jawa dan Sumatera dapat mengelompok dengan jelas, sedangkan variasi morfologi ekotipe Borneo masih tersebar. Akan tetapi, jumlah sampel herbarium *C. javensis* yang digunakan pada penelitian Atria sangat sedikit sehingga masih diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi *C. javensis* di Jawa.

Berdasarkan karakter morfologi vegetatif yang digunakan Furtado (1956) untuk mengelompokkan varietas *C. javensis* dan hasil penelitian Atria (2008) yang menunjukkan adanya perbedaan morfologi *C. javensis* pada ekotipe yang berbeda, maka diduga variasi morfologi *C. javensis* dipengaruhi oleh lingkungan. Salah satu faktor lingkungan yang dapat memengaruhi variasi morfologi suatu tumbuhan adalah ketinggian (*altitude*). Kondisi lingkungan cenderung berubah seiring dengan naiknya ketinggian. Faktor-faktor abiotik, seperti suhu, kelembapan, tekanan atmosfer, dan curah hujan terkait dengan gradien ketinggian. Faktor-faktor tersebut saling berinteraksi satu sama lain sehingga memberikan efek yang lebih signifikan terhadap tumbuhan. Selain itu, gradien ketinggian juga

menyediakan kondisi yang ideal untuk menelaah proses adaptasi evolusi dalam skala geografis yang sempit (Korner 2007: 569).

Fenomena pengaruh gradien ketinggian dapat diamati pada daerah pegunungan. Pegunungan dengan ekosistem hutan hujan tropis terluas di Jawa Barat adalah wilayah Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNGHS) dengan luas ± 113.157 ha. Wilayah TNGHS memiliki 16 spesies rotan dari 25 spesies rotan yang ada di Jawa (Harada *dkk.* 2005: 25). Selain itu, penelitian mengenai distribusi variasi morfologi *C. javensis* di TNGHS belum pernah dilakukan.

Konsep spesies berdasarkan morfologi (*morphological species concept*) yang digunakan dalam taksonomi Arecaceae (Dransfield 1999: 6) serta sifat polimorfik dari *Calamus javensis* (Dransfield 1992: 153) menyebabkan *C. javensis* sering mengalami salah identifikasi dan dijadikan sebagai spesies baru. Selain itu, pembentukan baik varietas baru dari *C. javensis*, maupun spesies baru yang termasuk ke dalam spesies kompleks *C. javensis* hanya berdasarkan jumlah individu yang sangat sedikit dan karakter morfologi yang bersifat plastis. Oleh karena itu, penelitian mengenai variasi morfologi *C. javensis* dan distribusi variasinya terhadap ketinggian penting untuk dilakukan, terutama di daerah Jawa, tempat *C. javensis* pertama kali dikoleksi dan dideskripsikan oleh Blume (1847).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi morfologi *Calamus javensis* dan sebaran variasinya terhadap ketinggian di TNGHS, serta mengetahui karakter morfologi dari *C. javensis* yang dipengaruhi oleh ketinggian. Gambaran variasi morfologi dan sebaran variasi dari *C. javensis* diharapkan dapat memberikan informasi sejauh mana proses adaptasi dan evolusi yang terjadi pada *C. javensis*. Dengan mengetahui karakter morfologi tertentu yang dipengaruhi ketinggian, diharapkan karakter tersebut tidak dijadikan karakter kunci untuk mengelompokkan varietas *C. javensis* atau spesies kompleks lainnya.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rotan *Calamus javensis* Blume

2.1.1 Biologi *Calamus javensis*

Rotan merupakan tumbuhan Arecaceae (=Palmae) yang memiliki habitus memanjat (*climbing palm*). Habitus *climbing palm* dicirikan sebagai tumbuhan palem yang memiliki batang dengan internodus yang panjang, sehingga batang tidak dapat menopang tubuhnya untuk tumbuh tegak (Dransfield 1978: 250). Batang rotan yang panjang, namun menjuntai, membuat rotan kalah berkompetisi dengan pepohonan yang tinggi dalam memperoleh cahaya matahari. Akan tetapi, rotan memiliki alat panjat sehingga rotan dapat memanjat pepohonan di sekitarnya untuk mencapai kanopi teratas dan mendapatkan cahaya matahari yang optimal bagi pertumbuhannya (Watanabe & Suzuki 2007: 552).

Terdapat dua tipe alat panjat pada rotan, yaitu *cirrus* dan *flagellum*. Kedua tipe alat pemanjat tersebut memiliki duri-duri yang berfungsi seperti kait. *Cirrus* merupakan alat panjat yang berasal dari perpanjangan rakhis daun, sedangkan *flagellum* berasal dari modifikasi perbungaan steril (Uhl & Dransfield 1987: 233). *Cirrus* dan *flagellum* tidak pernah dijumpai bersamaan pada satu spesies rotan yang sama.

Semua tumbuhan rotan termasuk ke dalam subfamili Calamoideae, namun tidak semua anggota subfamili Calamoideae merupakan tumbuhan rotan. Hanya 13 genus dari 22 genus anggota subfamili Calamoideae yang termasuk tumbuhan rotan. Beberapa genus anggota subfamili Calamoideae yang termasuk tumbuhan rotan antara lain, *Calamus*, *Daemonorops*, *Plectocomia*, dan *Korthalsia* (Uhl & Dransfield 1987: 233--284). Subfamili Calamoideae dapat dikenali dari ciri khasnya, yaitu memiliki duri pada banyak organ, serta memiliki sisik pada lapisan luar buah (Uhl & Dransfield 1987: 67).

Calamus merupakan genus tumbuhan rotan anggota famili Arecaceae dengan jumlah spesies terbanyak (sekitar 370 spesies). Genus *Calamus* dapat

dengan mudah dikenali dengan adanya *flagellum* sebagai alat pemanjat, meskipun tidak semua spesies anggota genus *Calamus* memiliki *flagellum* (Uhl & Dransfield 1987: 233). Akan tetapi, dapat dipastikan apabila suatu spesies rotan memiliki *flagellum*, spesies tersebut termasuk ke dalam genus *Calamus*.

Calamus javensis Blume adalah salah satu spesies rotan anggota genus *Calamus*. Klasifikasi *C. javensis* berdasarkan Uhl & Dransfield (1987) sebagai berikut:

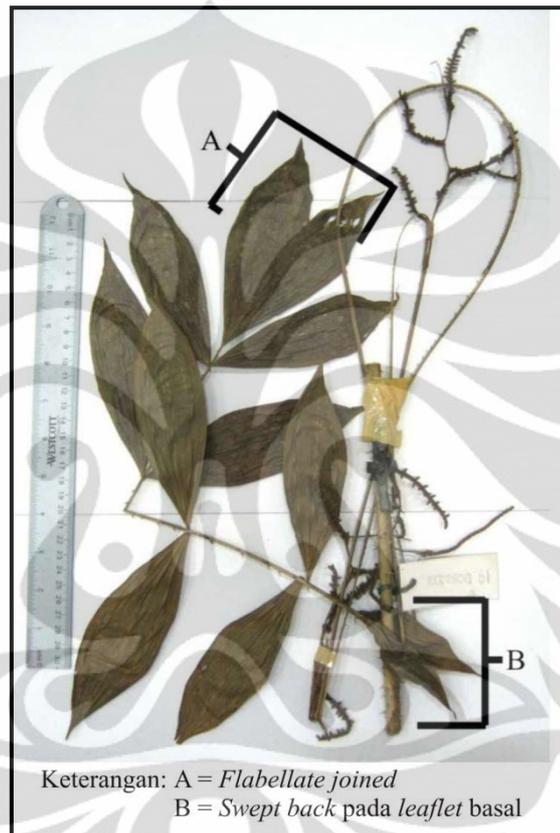
Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida (Monocotyledonae)
Ordo	: Arecales
Famili	: Arecaceae (Palmae)
Subfamili	: Calamoideae
Genus	: <i>Calamus</i>
Spesies	: <i>Calamus javensis</i> Blume

Calamus javensis merupakan spesies rotan dengan habitus memanjat (*climbing palm*). Diameter batang kecil, sekitar 2--6 mm tanpa upih. Spesies tersebut memiliki *flagellum* dan daun yang tidak ber-*cirrus* (*ecirrate*), serta dapat dikenali dari sepasang anak daun (*leaflet*) bagian terminal yang menyatu (*flabellate joined*). Selain itu, sepasang *leaflet* bagian basal yang mengarah pada batang (*swept back*) juga menjadi salah satu ciri khas *C. javensis* (Dransfield & Manokaran 1994: 49) (Gambar 2.1(1)).

Calamus javensis bereproduksi secara seksual menggunakan perbungaan *dioecious* (perbungaan jantan dan betina berada pada individu yang berbeda). Dalam proses reproduksi seksual, polinasi merupakan hal yang sangat penting. Polinasi pada *C. javensis* masih belum banyak dipelajari. Akan tetapi, secara umum, polinasi pada famili Arecaceae terjadi dengan bantuan angin dan serangga (Silberbauer-Gottsberger 1990: 215).

Polinasi pada spesies anggota famili Arecaceae lebih sering terjadi dengan bantuan serangga daripada angin. Terdapat tiga kelompok serangga yang sering terlibat dalam proses polinasi Arecaceae, yaitu kelompok lalat, lebah, dan

kumbang (Silberbauer-Gottsberger 1990: 215). Akan tetapi, satu spesies anggota Arecaceae tidak secara spesifik diserbuki oleh serangga tertentu. Bunga palem yang diserbuki oleh kelompok lalat dan lebah umumnya menghasilkan nektar, sedangkan bunga palem yang diserbuki oleh kelompok kumbang tidak menghasilkan nektar (Silberbauer-Gottsberger 1990: 216--218).



Gambar 2.1(1). Herbarium *Calamus javensis*
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

2.1.2 Ekologi *Calamus javensis*

Genus *Calamus* memiliki distribusi geografis yang luas, meliputi Afrika, India, Burma, Cina, kepulauan Malaya, hingga Queensland dan Fiji. Keanekaragaman dan jumlah spesies tertinggi dari genus *Calamus* terdapat di daerah Paparan Sunda, terutama Borneo (Uhl & Dransfield 1987: 257). Dransfield dan Manokaran (1994: 15) juga menyatakan bahwa keanekaragaman

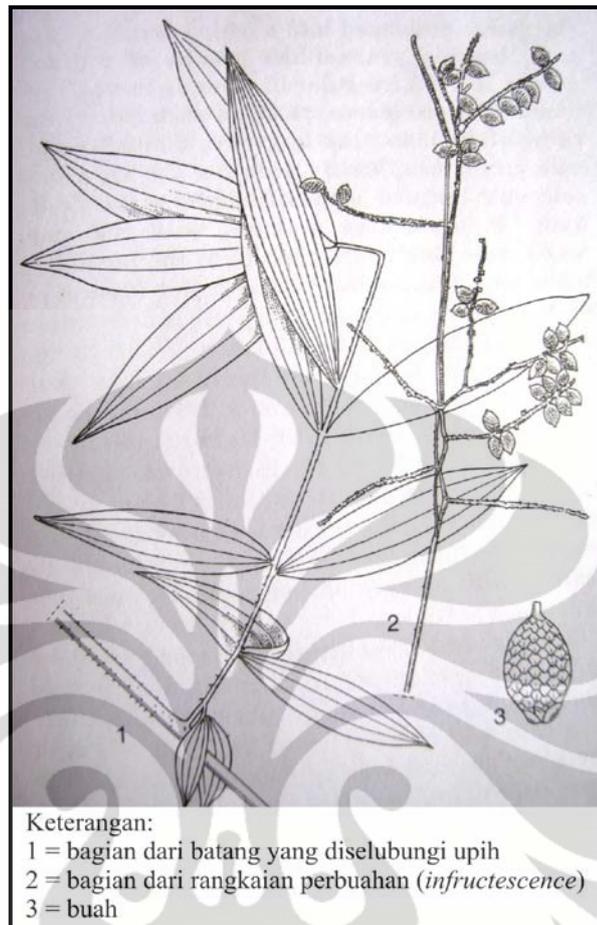
genus *Calamus* baik pada tingkat genetik, maupun spesies, terdapat di daerah Malesia barat.

Calamus javensis pertama kali dikoleksi di Jawa, Indonesia. Distribusi *C. javensis* cukup luas, meliputi bagian selatan Thailand, Malaysia, Singapura, Sumatra, Jawa, Borneo, hingga Palawan (Dransfield & Manokaran 1994: 48). Selain memiliki distribusi geografi yang luas, *C. javensis* juga memiliki kisaran habitat yang luas. Spesies tersebut dijumpai pada hampir seluruh tipe hutan, kecuali hutan mangrove, serta dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah. Berdasarkan ketinggian, *C. javensis* dapat dijumpai dari dataran rendah hingga pegunungan dengan ketinggian 1200 hingga lebih dari 2000 mdpl (Dransfield & Manokaran 1994: 49; Dransfield 1979: 198).

2.1.3 Deskripsi *Calamus javensis*

Blume dalam Rumphia (1847) Furtado dalam *Palmae Malesicae XIX: The genus Calamus in the Malayan Peninsula* (1956); Dransfield dalam *The Rattans of Sarawak* (1992); Dransfield dan Manokaran dalam *PROSEA 6: Rattans* (1994).

Tumbuhan rotan yang mengelompok (*cluster*) dan bersifat *dioecious*. Memiliki batang yang ramping, diameter batang 3--12 mm dengan upih daun. Panjang internodus sekitar 30 cm. Upih berwarna hijau terang, dengan duri yang jarang sampai rapat. *Ocrea* terlihat dengan jelas. Memiliki *flagellum* dengan panjang mencapai 1 m. Daun *ecirrate* (tanpa *cirrus*) dengan panjang sekitar 40 cm. Petiolus tidak ada atau hanya sepanjang 5 cm. Jumlah anak daun 4--10 pasang, tersusun mengelompok atau beraturan. Dua anak daun bagian terminal menyatu sekitar 2/3 dari panjang anak daun. Bentuk anak daun sangat beragam, biasanya *lanceolate* atau *spathulate*. Sepasang anak daun bagian basal berukuran paling kecil dan biasanya menghadap ke arah batang (*swept back*). Perbungaan jantan dan betina sangat mirip, panjangnya sekitar 1 m. Buah berbentuk lonjong hingga membulat, berukuran 12 mm x 8 mm. Buah diselubungi oleh 15--21 sisik yang berwarna hijau pucat dalam satu baris vertikal. Biji memiliki panjang 10 mm (Gambar 2.1(2)).



Gambar 2.1(2). *Calamus javensis* Blume
 [Sumber: Dransfield & Manokaran 1994: 49.]

2.2 Polimorfisme pada *Calamus javensis*

2.2.1 Polimorfisme

Individu dalam suatu populasi di alam dapat memiliki variasi karakter morfologi. Karakter morfologi seperti ukuran tubuh, dapat bervariasi antara satu individu dengan individu lainnya. Variasi tersebut dikatakan sebagai variasi yang bersifat kontinu. Karakter morfologi seperti jenis kelamin (jantan atau betina), dikatakan sebagai variasi diskontinu (*discrete*). Variasi yang bersifat diskontinu merupakan variasi yang memiliki jumlah kategori yang terbatas (Ridley 1993: 69).

Istilah polimorfisme merujuk kepada variasi dalam suatu populasi. Suatu populasi dikatakan bersifat polimorfik apabila individu-individu dalam populasi

tersebut memiliki lebih dari satu bentuk yang dapat dikenali (Ridley 1993: 69). Populasi dari spesies yang bersifat polimorfik terkadang memiliki karakter yang sangat berbeda dengan populasi “normal” sehingga sering disalah artikan sebagai suatu spesies yang terpisah atau spesies baru (Mayr 1970: 89).

Terdapat 3 tipe variasi dalam suatu populasi, yaitu *developmental variation*, *environmental variation*, dan *genetic variation* (Radford 1986: 199; Jones & Luchsinger 1987: 158). *Developmental variation* merupakan variasi dari suatu individu yang disebabkan adanya perbedaan dalam tahapan perkembangan siklus hidup individu tersebut. *Environmental variation* adalah variasi yang disebabkan adanya pengaruh dari kondisi lingkungan yang berbeda-beda. Variasi tersebut berasal dari satu genotip yang dapat menghasilkan banyak fenotip sesuai dengan kondisi lingkungan. *Genetic variation*, disebut juga sebagai variasi genotip, merupakan variasi yang terjadi pada tingkat genotip suatu individu dan dapat diwariskan. Variasi tersebut dapat disebabkan karena mutasi, aliran genetik (*gene flow*), dan rekombinasi gen (Jones & Luchsinger 1987: 158).

Fenomena polimorfisme merupakan tantangan dalam pengklasifikasian *Arecaceae*. Hal tersebut disebabkan karena konsep spesies yang digunakan dalam sistem klasifikasi *Arecaceae* adalah konsep spesies berdasarkan morfologi (*morphological species concept*). Polimorfisme dapat menyebabkan terbentuknya spesies kompleks.

Fenomena spesies kompleks sering terjadi pada spesies anggota famili *Arecaceae*. Genus *Bactris* merupakan genus yang paling kompleks di antara semua genus palem di Amerika. De Granville (1999) menganalisis variasi morfologi dari 4 spesies kompleks dari genus *Bactris*, yaitu *B. simplicifrons*, *B. hirta*, *B. pectinata*, dan *B. acanthocarpa*. Akan tetapi, hasil penelitian de Granville (1999: 33) menyatakan bahwa karakter morfologi kurang dapat menerangkan dengan jelas tentang kompleksitas dari genus *Bactris*.

Salah satu spesies kompleks yang secara taksonomi tergolong rumit di wilayah Asia Tenggara adalah *Calamus javensis* dan kerabatnya. Morfologi *C. javensis* sangat bervariasi pada daerah Semenanjung Malaysia, sedangkan di Jawa, tempat spesies tersebut pertama kali dikoleksi, tidak menunjukkan karakter morfologi yang sangat bervariasi (Dransfield 1999: 13--14). Terdapat 9 spesies

yang termasuk ke dalam *C. javensis* kompleks di Borneo, antara lain: *C. acuminatus*, *C. amplijugus*, *C. congestiflorus*, *C. corrugatus*, *C. elopurensis*, *C. hypertrichosus*, *C. javensis*, *C. nielsenii*, dan *C. tenompokensis* (Dransfield 1999: 14 & 15).

2.2.2 Variasi morfologi *Calamus javensis*

Sifat polimorfik *Calamus javensis* tidak hanya menyebabkan *C. javensis* sulit dibedakan dengan kerabatnya yang termasuk ke dalam kompleks *C. javensis*, tetapi juga memberikan masalah tersendiri pada tingkat intraspecies. *Calamus javensis* memiliki morfologi yang sangat bervariasi. Hal tersebut menyebabkan *C. javensis* sering mengalami salah identifikasi. Variasi dari *C. javensis* sering digolongkan menjadi spesies baru meskipun hanya berdasarkan satu spesimen saja (Furtado 1956: 170). Furtado mendeskripsikan *Calamus kemamanensis* yang dikoleksi dari daerah Ulu Kemaman. Spesies tersebut hanya memiliki 2 anak daun (*leaflet*) yang menyatu atau dengan 4 *leaflet* pada fase roset. Akan tetapi, spesies tersebut belum pernah dijumpai lagi hingga saat ini. Oleh karena itu, Dransfield (1979: 198) memasukkan *C. kemamanensis* ke dalam variasi dari *C. javensis* mengingat *C. javensis* sangat bersifat polimorfik.

Furtado (1956: 175--185), mengenali adanya 7 varietas pada *Calamus javensis*, yaitu *C. javensis* var. *inermis*, *C. javensis* var. *tenuissimus*, *C. javensis* var. *laevis*, *C. javensis* var. *polyphyllus*, *C. javensis* var. *peninsularis*, *C. javensis* var. *purpurascens*, dan *C. javensis* var. *pinangianus*. Tiga dari tujuh varietas tersebut (*C. javensis* var. *inermis*, *C. javensis* var. *pinangianus*, dan *C. javensis* var. *tenuissimus*) pernah mengalami kesalahan identifikasi sebagai varietas *Calamus penicillatus* Roxb., padahal *C. penicillatus* bukan merupakan kerabat dekat dari *C. javensis* dan bukan termasuk ke dalam *C. javensis* kompleks, melainkan *Calamus insignis* kompleks (Dransfield 1999: 14).

Pengelompokan varietas yang dikemukakan oleh Furtado (1956) hanya berdasarkan variasi morfologi karakter vegetatif, seperti jumlah pasangan *leaflet*, ukuran *leaflet*, dan duri (Tabel 2.1). Karakter vegetatif bersifat lebih plastis daripada karakter reproduktif sehingga variasi dari karakter vegetatif diduga dapat

disebabkan karena pengaruh lingkungan (Stuessy 1990: 219). Oleh karena itu, penelitian-penelitian mengenai variasi morfologi sering dikaitkan dengan faktor ekologi, geografi, dan polinasi untuk memahami potensi terjadinya aliran genetik (*gene flow*) antar populasi (Dransfield 1999: 13).

Variasi morfologi dari suatu spesies dapat dianalisis menggunakan statistika multivariat. Beberapa teknik statistika multivariat yang sering digunakan adalah *Cluster Analysis* (CA) dan *Principal Component Analysis* (PCA). CA adalah teknik analisis multivariat yang digunakan untuk mengklasifikasikan obyek penelitian. CA akan mengelompokkan obyek yang memiliki kemiripan ke dalam satu kelompok (grup) (Henderson 2006: 105). Hasil dari CA akan ditampilkan dalam bentuk dendrogram untuk menunjukkan pengelompokan yang terbentuk dari data yang dianalisis.

Selain CA, *Principal Component Analysis* (PCA) juga sering digunakan untuk menganalisis variasi morfologi. PCA menganalisis hubungan antar variabel dengan menjumlahkan koefisien korelasi antar variabel (Waite 2000: 279). PCA dapat menyederhanakan informasi yang terdapat dalam banyak variabel menjadi suatu variabel baru hasil kombinasi linear yang disebut dengan *principal component* (PC) (McGarigal *dkk.* 2000: 23). Oleh karena itu, PCA juga disebut sebagai metode reduksi dimensi (Henderson 2006: 105).

Studi morfometri pada palem pertama kali dilakukan oleh Madulid (1981). Madulid (1981) menganalisis variasi pada morfologi daun *Calamus javensis* dengan tujuan memperoleh pengelompokan *C. javensis* berdasarkan karakter morfologi. Madulid menganalisis 35 karakter morfologi daun pada 125 spesimen *C. javensis*. Madulid menggunakan CA dan PCA untuk menganalisis variasi tersebut, namun hasilnya belum dapat menggambarkan variasi *C. javensis* secara jelas (Henderson 2006: 107).

Borchsenius (1999: 131--139) menganalisis variasi morfologi interpopulasi dan intrapopulasi dari spesies *Geonoma cuneata* kompleks (Arecaceae). Variabel yang digunakan berasal dari 17 karakter morfologi (12 karakter vegetatif dan 5 karakter perbungaan) pada empat varietas *G. cuneata*. Analisis variasi dilakukan menggunakan PCA. Hasil PCA menunjukkan bahwa keempat varietas mengelompok secara terpisah pada *scatter plot* berdasarkan

Tabel 2.1. Perbandingan variasi morfologi pada 7 varietas *C. javensis* (Furtado 1956: 175--186)

Karakter	<i>Calamus javensis</i>						
	<i>var. inermis</i>	<i>var. tenuissimus</i>	<i>var. laevis</i>	<i>var. polyphyllus</i>	<i>var. peninsularis</i>	<i>var. purpurascens</i>	<i>var. pinangianus</i>
Diameter batang dengan upih	5--7 mm	3--7 mm	6--12 mm	-	7--10 mm	-	-
Uph daun	Berduri atau tidak	Berduri	Tidak berduri	Berduri padat	Berduri	-	-
Duri pada upih	Pendek, <i>reflexed</i>	Kecil, <i>reflexed</i> , cenderung seperti cakar (<i>claw</i>)	-	Menghadap bawah; jarang <i>deflexed</i> ; panjang 5--6 cm	Soliter; 1--3 mm atau 6--8 mm; <i>reflexed</i>	-	Paling berduri daripada varietas yang lain
<i>Ocrea</i>	Berambut, gugur	1--1,5 cm; <i>marcescent</i>	-	-	-	-	-
Panjang daun	30--35 cm	30--40 cm	60 cm	-	40--50 cm	-	-
Panjang petiolus	-	1,5--8 cm	-	-	Subsesil atau dengan petiolus 1--2 cm	-	-
Rakhis	-	-	-	-	Berduri pada bagian tengah dan tepi	-	-
Duri pada rakhis	-	-	-	-	<i>Simple</i> atau 2--3 cakar yang menjari dengan ujung hitam	-	-
Anak daun	-	-	-	-	Memiliki 3 tulang daun; berduri di bagian tepi	-	-
Jumlah anak daun (tidak termasuk sepasang anak daun terminal yang menyatu)	3--4 pasang	3 pasang, jarang 4 pasang	4--7 pasang	8 pasang atau lebih	6 pasang	6 pasang	-
Letak anak daun	<i>Opposite</i> atau <i>subopposite</i> , <i>inequidistant</i>	-	-	<i>equidistant</i>	-	-	-
Sepasang anak daun bagian basal	Paling kecil, sangat <i>reflexed</i>	<i>Spreading</i> atau <i>reflexed</i>	-	Paling kecil, biasanya <i>reflexed</i> ,	Paling kecil, <i>reflexed</i> , memeluk batang	Paling kecil, <i>reflexed</i> , memeluk batang	-
Sepasang anak daun bagian terminal yang menyatu	Paling panjang	-	-	-	Sepasang anak daun kedua sangat dekat dengan sepasang anak daun bagian terminal yang menyatu	-	-
Anak daun bagian tengah	Panjang 12--14 cm; lebar 2,25--2,5 cm	-	-	-	Paling besar; panjang 15--25 cm; lebar 4--5 cm	Paling besar; panjang 15--25 cm; lebar 5--6 cm	Panjang 15--18 cm; lebar 2,5--4 cm

karakter morfologi vegetatif, sedangkan pada karakter perbungaan tidak menunjukkan pengelompokan yang jelas. Hal tersebut menyimpulkan bahwa pada *Geonoma cuneata*, varietas dapat dikenali dengan menggunakan karakter morfologi vegetatif.

Atria (2008) berusaha menginterpretasikan fenomena variasi morfologi pada *Calamus javensis*. Variabel yang digunakan berjumlah 44 karakter yang berasal dari karakter upih, *leaflet*, duri, perbungaan, rakhilla, dan buah. Sampel yang digunakan sebanyak 74 spesimen herbarium yang berasal dari Jawa, Sumatra, dan Borneo. Atria menggunakan PCA untuk menentukan variabel tertentu, dalam hal ini adalah karakter morfologi, yang berperan dalam variasi morfologi *C. javensis*. Hasil dari PCA pada diagram pencar (*scatter plot*) menunjukkan bahwa sampel yang berasal dari Jawa dan Sumatera mengelompok dan terpisah satu sama lain, sedangkan sampel yang berasal dari Borneo masih tersebar (Atria 2008: 66--67). Hal tersebut diduga terkait dengan kondisi fisik pada daerah Borneo yang sangat beragam serta masih terjadinya aliran genetik (*gene flow*) antar populasi. Penelitian Atria (2008) menyimpulkan bahwa variasi morfologi dapat dikelompokkan menjadi 3 ekotipe, yaitu ekotipe Jawa, Sumatera, dan Borneo (Atria 2008: 71).

2.3 Ketinggian (*Altitude*)

Tumbuhan merupakan organisme yang tidak dapat berpindah tempat sehingga tumbuhan harus beradaptasi dengan kondisi lingkungan tempat tumbuhan tersebut tumbuh. Perbedaan kondisi lingkungan pada tempat tumbuh dapat memengaruhi struktur, fisiologi, dan reproduksi suatu tumbuhan (Jones & Luchsinger 1987: 168).

Faktor lingkungan yang memengaruhi variasi dari suatu spesies tumbuhan dapat berupa faktor abiotik dan biotik. Faktor abiotik meliputi suhu, kelembapan, curah hujan, tanah, dan cahaya. Faktor biotik meliputi interaksi intraspesifik dan interaksi interspesifik, seperti predasi dan kompetisi (Cox & Moore 1980: 31).

Variasi yang terjadi karena adanya kondisi lingkungan menunjukkan bahwa suatu tumbuhan melakukan adaptasi. Suatu populasi tumbuhan yang

bersifat adaptif terhadap suatu kondisi lingkungan tertentu disebut dengan ekotipe. Ekotipe yang berbeda dari suatu populasi tumbuhan akan membentuk pola berdasarkan perubahan kondisi lingkungan pada daerah distribusi geografis dari spesies tersebut (Jones & Luchsinger 1987: 165).

Faktor-faktor abiotik yang memengaruhi distribusi tumbuhan membentuk suatu tahapan perubahan yang disebut dengan gradien. Tumbuhan dapat bertahan hidup dan membentuk populasi yang besar apabila tumbuhan tersebut tumbuh pada kisaran optimum dari gradien lingkungan. Akan tetapi, batas bawah dan batas atas dari suatu gradien lingkungan merupakan kondisi ekstrim bagi tumbuhan. Tumbuhan akan mengalami tekanan fisiologis. Tekanan fisiologis yang terjadi masih memungkinkan tumbuhan tersebut untuk bertahan hidup, namun hanya dalam populasi kecil (Cox & Moore 1980: 31).

Gradien ketinggian merupakan faktor yang sering digunakan untuk mempelajari *clinal variation*. *Cline* merupakan gradien dari variasi yang bersifat kontinu, baik pada karakter fenotip maupun genotip, dari suatu spesies (Ridley 1993: 411). Kondisi lingkungan akan berubah seiring dengan naiknya elevasi sehingga tumbuhan yang bersifat adaptif akan dijumpai pada setiap tahap perubahan kondisi lingkungan di sepanjang gradien ketinggian. Oleh karena itu, gradien ketinggian dapat menyediakan kondisi lingkungan yang ideal untuk menelaah proses adaptasi evolusi dalam skala geografis yang sempit (Korner 2007: 569).

Kondisi lingkungan di sepanjang gradien ketinggian tidak hanya dipengaruhi oleh satu faktor fisik, tetapi interaksi dari banyak faktor fisik, seperti suhu, cahaya matahari, kelembapan, dan tekanan atmosfer (Korner 2007: 569--570). Serangkaian faktor yang berinteraksi akan memberikan efek yang lebih ekstrim pada fisiologi dan perilaku tumbuhan jika dibandingkan dengan efek yang diberikan hanya oleh satu faktor (Cox & Moore 1980: 37). Selain itu, kondisi lingkungan di sepanjang gradien ketinggian dari suatu daerah juga dapat merepresentasikan kondisi yang serupa pada daerah lain, setidaknya pada lintang yang sama.

Gradien ketinggian merupakan faktor yang menarik untuk diteliti pada ekosistem pegunungan karena beberapa faktor iklim terkait, baik secara langsung

maupun tidak langsung, dengan gradien ketinggian. Faktor-faktor tersebut saling berinteraksi satu sama lain dan menciptakan suatu kondisi lingkungan yang berbeda-beda. Faktor-faktor iklim yang terkait secara langsung dengan ketinggian, antara lain suhu, cahaya matahari, dan tekanan atmosfer. Faktor-faktor iklim yang terkait secara tidak langsung dengan ketinggian, antara lain: curah hujan, angin, dan musim (Korner 2007: 569).

Tumbuhan dapat menyediakan banyak bukti mengenai perubahan iklim. Hal tersebut disebabkan adanya korelasi antara iklim dan karakter daun. Ukuran daun dan tepi daun dapat menyediakan informasi bagi proses adaptasi tumbuhan terhadap rata-rata curah hujan dan suhu (Cox & Moore 1980: 176).

Tekanan atmosfer dan tekanan parsial dari gas-gas komponen atmosfer mengalami penurunan sekitar 11% untuk setiap kenaikan 1 kilometer ketinggian. Penurunan tekanan atmosfer dan tekanan parsial tersebut memberikan dampak terhadap pertukaran gas pada tumbuhan. Akan tetapi, dampak dari penurunan tekanan tersebut tidak terlalu besar dan bukan menjadi penyebab utama perubahan morfologi dari suatu populasi tumbuhan (Korner 2007: 571).

Tekanan udara yang semakin rendah pada elevasi yang lebih tinggi, menyebabkan laju pantulan panas dari matahari ke atmosfer menjadi lebih tinggi. Hal tersebut menyebabkan turunnya suhu pada elevasi yang semakin tinggi (Brown & Lomolino 1998: 42). Rata-rata suhu udara menurun $0,6^{\circ}\text{C}$ per 100 meter kenaikan elevasi (Cox & Moore 1980: 42). Akan tetapi, setiap organisme mengalami perubahan suhu yang berbeda-beda. Pohon dengan batang yang tinggi mengalami perubahan suhu yang berbeda jika dibandingkan dengan semak yang tumbuh di bawah naungan (Korner 2007: 571). Perubahan suhu memberikan dampak yang signifikan terhadap proses fotosintesis (Cabrera *dkk.* 1998: 149--150).

Faktor-faktor iklim saling berinteraksi satu sama lain sepanjang gradien ketinggian, memengaruhi baik morfologi, anatomi, dan fisiologi tumbuhan. Interaksi tersebut sangat kompleks sehingga sulit untuk menentukan faktor mana yang paling memengaruhi variasi yang terjadi dalam populasi tumbuhan. Montesinos-Navarro *dkk.* (2011) menganalisis *clinal variation* dari populasi *Arabidopsis thaliana* pada gradien iklim yang terkait dengan ketinggian.

Penelitian tersebut dilakukan menggunakan 11 karakter fenotip dari populasi *A. thaliana*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakter pertumbuhan vegetatif, jumlah biji yang dihasilkan mengalami penurunan seiring naiknya ketinggian. Beberapa karakter seperti jumlah daun pada roset, usia saat berbunga, dan berat biji mengalami peningkatan seiring naiknya ketinggian (Montesinos-Navarro *dkk.* 2011: 292).

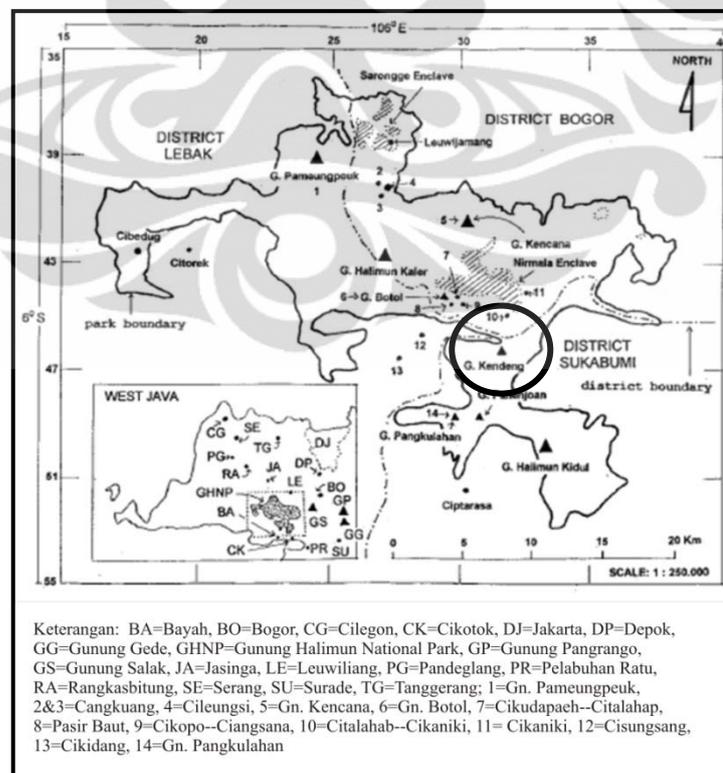
Kodifis & Bosabalidis (2008) menganalisis pengaruh ketinggian dan musim terhadap kelenjar rambut dan karakter daun dari *Nepeta nuda*. Karakter yang digunakan berasal dari karakter morfologi dan anatomi daun *N. nuda*. Karakter morfologi yang digunakan meliputi tinggi tumbuhan, luas daun, rasio panjang dan lebar daun, dan ketebalan daun. Karakter anatomi yang digunakan meliputi kepadatan stomata dan kepadatan kelenjar rambut yang diamati pada bagian adaksial dan abaksial daun, serta persentase volum kloroplas dan plastoglobuli per sel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk daun cenderung lebih membulat pada elevasi yang lebih tinggi. Kepadatan stomata tertinggi pada kedua sisi permukaan daun terdapat pada ketinggian 1480 mdpl, jika dibandingkan dengan kepadatan stomata pada 950 mdpl dan 1760 mdpl (Kofidis & Bosabalidis 2008: 365).

2.4 Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNGHS)

Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNGHS) adalah salah satu taman nasional yang terdapat di daerah Jawa Barat. TNGHS merupakan kawasan dengan ekosistem hutan hujan tropis terluas yang tersisa di Jawa Barat (luas \pm 113.157 ha). TNGHS terletak di dua propinsi, yaitu propinsi Jawa Barat (meliputi Kabupaten Sukabumi dan Bogor) serta propinsi Banten (Kabupaten Lebak) dengan koordinat 106°13'--106°46' BT dan 06°32'--06°55' LS. Curah hujan rata-rata di TNGHS 4.000--6.000 mm/tahun dengan kisaran suhu 20°C--30°C. Bulan Oktober--April merupakan musim hujan dengan curah hujan antara 400--600 mm/bulan, sedangkan bulan Mei--September merupakan musim kemarau dengan curah hujan sekitar 200 mm/ bulan.

Terdapat 3 zona ekosistem pada kawasan TNGHS berdasarkan zonasi yang dibuat oleh Van Steenis (1972), yaitu zona collin (500--1000 mdpl), zona submontana (1000--1400 mdpl), dan zona montana (di atas 1500 mdpl). Spesies tumbuhan yang terdapat di zona collin, antara lain rasamala (*Altingia exelsa*), puspa (*Schima wallichii*), dan saninten (*Castanopsis javanica*). Spesies tumbuhan yang terdapat di zona submontana, antara lain kayu manis (*Cinnamomum* sp.), ki leho (*Saurauia pendula*), dan ki merak (*Weinmania blumei*). Tumbuhan yang terdapat di zona montana umumnya Gimnospermae, seperti *Podocarpus blumei*, *Podocarpus imbricatus*, dan *Dacrycarpus imbricatus* (TNGHS 2007: 19).

Salah satu gunung yang terdapat di TNGHS adalah gunung Kendeng, kabupaten Sukabumi (Gambar 2.4). Terdapat dua zonasi vegetasi gunung Kendeng, yaitu zona submontana, dan zona montana. Ketinggian di gunung Kendeng mencapai 1764 mdpl. Tanah di gunung Kendeng sebagian besar merupakan asosiasi antara Latosol cokelat kemerahan dan Latosol cokelat, namun tanah pada bagian puncak gunung merupakan asosiasi antara Andosol cokelat dan Regosol cokelat (TNGHS 1999: 31).



Gambar 2.4. Peta Taman Nasional Gunung Halimun (TNGHS)
[Sumber: Harada *dkk.* 2005: 26.]

BAB 3 METOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh gradien ketinggian terhadap variasi morfologi rotan *Calamus javensis* Blume (Arecaceae) dilakukan di Gunung Kendeng, Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNGHS) dan di Laboratorium Taksonomi Tumbuhan, Departemen Biologi FMIPA UI. Penelitian dilaksanakan selama 5 bulan, mulai dari bulan Juni 2011--Oktober 2011. Pengambilan sampel *C. javensis* di Gunung Kendeng, TNGHS dilakukan selama 5 hari, mulai tanggal 15--19 Juni 2011.

3.2 Alat

3.2.1 Alat di Lapangan

Peralatan yang digunakan untuk mengambil sampel di lapangan adalah kamera digital Canon Powershot A495 10 MP, *thermo-hygrometer*, GPS Garmin, *rain gauge* (alat pengukur curah hujan), *lux meter*, DA2108 (*digital altimeter*, *barometer*, *thermometer*, *compass*, *weather forecast*, and *time*), plastik sampel, meteran, gunting tanaman, tali rafia, alat tulis, buku catatan lapangan, kaliper, transek, lup, dan buku identifikasi *The Rattans of Sarawak* (Dransfield 1992) dan *Palmae Malesicae XIX: The Genus Calamus in the Malayan Peninsula* (Furtado 1956).

3.2.2 Alat di Laboratorium

Peralatan yang digunakan di laboratorium adalah *long-armed microscope*, Dinolite *digital microscope* AM-451 Version 2.9.0.0, sasak, jangka sorong, meteran, dan *mechanical convection oven* Napco E Series Model 603.

3.3 Bahan

3.3.1 Sampel

Sampel yang digunakan adalah sampel *Calamus javensis* yang dikoleksi dari Gunung Kendeng, TNGHS. Dokumentasi spesimen *C. javensis* dari Herbarium Bogoriense (BO) dan Herbarium Rijksherbarium (L) digunakan sebagai data sekunder untuk pembandingan.

3.3.2 Bahan Preservasi

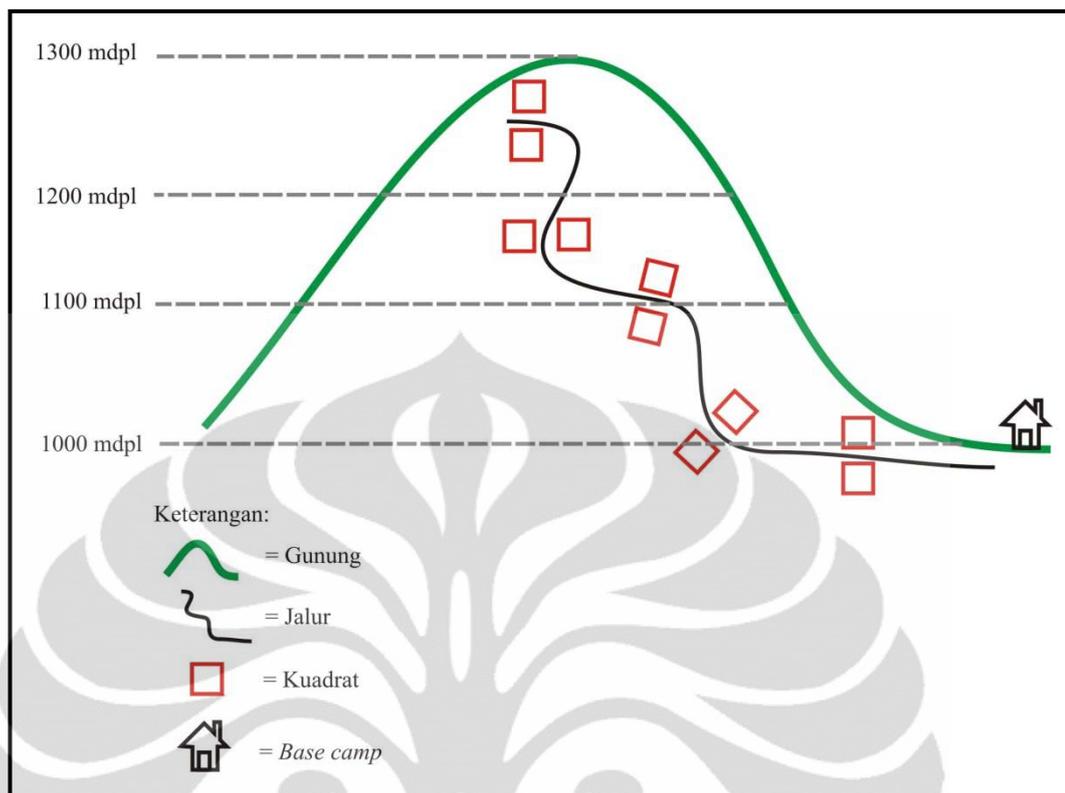
Bahan preservasi yang digunakan, antara lain koran, kertas label, label gantung, kertas dupleks putih, lem kayu, selotape, *silica gel*, kapur barus, dan alkohol 70%.

3.4 Cara Kerja

3.4.1 Pengambilan Sampel *Calamus javensis*

Pengambilan data meliputi pengambilan data faktor abiotik dan data variasi morfologi *C. javensis*. Lokasi pengambilan sampel dibagi menjadi 4 jalur berdasarkan jalur yang telah ada, yaitu (1) jalur Cikaniki--Bukit Andam, (2) jalur Cikaniki--Cikudapaeh, (3) jalur Cikaniki--Citalahab, dan (4) jalur Cikaniki--Wates. Ketinggian lokasi pengambilan sampel berkisar 1000--1300 mdpl. Berdasarkan pengamatan pendahuluan, pada ketinggian di atas 1300 mdpl sudah tidak dijumpai lagi adanya *C. javensis*. Vegetasi yang dijumpai pada ketinggian di atas 1300 mdpl adalah tumbuhan kelompok Pteridophyta dan Gimnospermae.

Pengambilan sampel dilakukan pada setiap interval ketinggian 100 mdpl sehingga diperoleh 3 kelompok ketinggian, yaitu (1) 1000--1100 mdpl, (2) 1100--1200 mdpl, dan (3) 1200--1300 mdpl. Setiap kenaikan elevasi 100 mdpl, suhu akan mengalami penurunan sebesar 0,6°C (Whitten *dkk.* 1996: 499).



Gambar 3.4(1). Ilustrasi pengambilan sampel

Kuadrat (5 m x 5 m) disebar di kanan dan kiri jalur yang telah ada pada masing-masing lokasi. Jarak antara dua kuadrat terdekat adalah 5 m (Gambar 3.4(1)).

Pada setiap jalur pengambilan sampel di lapangan, *C. javensis* yang ditemui diambil sampelnya menggunakan gunting tanaman dan diberi label gantung yang berisi informasi mengenai tanggal dan nomor spesimen. Setelah selesai disampel, sampel *C. javensis* dimasukkan ke dalam *trash bag* dan dibawa ke base camp. Sesampainya di base camp, sampel *C. javensis* dibersihkan dan dipreservasi.

Metode preservasi sampel *C. javensis* dilakukan sesuai metode Dransfield (1986). Sampel diatur sedemikian rupa dalam sehelai koran, ditumpuk, dan dimasukkan ke dalam *trash bag*. Tumpukan sampel tersebut lalu disiram dengan alkohol 70% hingga basah. *Trash bag* yang berisi sampel tersebut ditutup rapat menggunakan selotip. Sampel yang telah dipreservasi dapat bertahan hingga 2--5 bulan (Dransfield 1986: 165) sampai akhirnya dibawa ke laboratorium untuk dibuat herbarium.

3.4.2 Pengambilan Data Abiotik

Data faktor abiotik yang diambil meliputi data ketinggian, suhu, kelembapan, curah hujan, intensitas cahaya, dan tekanan atmosfer. Data ketinggian diambil dengan menggunakan GPS. Data suhu dan kelembapan diambil dengan menggunakan *thermo-hygrometer*. Data intensitas cahaya diambil dengan menggunakan *lux meter*. Data tekanan atmosfer dilakukan dengan menggunakan alat pengukur tekanan atmosfer. Pengukuran semua faktor abiotik dilakukan pada setiap lokasi ditemukannya individu *C. javensis*, kecuali data curah hujan. Data curah hujan diambil dengan menggunakan *rain gauge* (alat pengukur curah hujan) yang diletakkan di depan base camp (Gambar 3.4.(2)). Pengukuran curah hujan dilakukan setiap pagi selama penelitian berlangsung.



Gambar 3.4.(2). *Rain gauge* yang digunakan dalam penelitian

[Sumber: Dokumentasi pribadi]

3.4.3 Pengambilan Data Variasi Morfologi *Calamus javensis*

Sampel *Calamus javensis* yang telah dipreservasi di lapangan lalu di bawa ke laboratorium untuk dikeringkan. *Trash bag* dibuka terlebih dahulu, kemudian sampel dikeluarkan dari *trash bag*. Sampel kemudian diatur sedemikian rupa pada sehelai koran yang kering, ditumpuk, dan diletakkan di antara sepasang sasak. Tumpukan yang berisi sampel dan sasak tersebut lalu diikat dengan kuat menggunakan sabuk dan dimasukkan ke dalam oven untuk dikeringkan. Proses pengeringan dilakukan pada suhu 55°C selama 3--4 hari.

Pengukuran karakter morfologi dilakukan setelah sampel *C. javensis* benar-benar kering. Pengukuran karakter morfologi dilakukan dengan menggunakan penggaris, jangka sorong, dan meteran. Karakter morfologi yang diukur berasal dari organ vegetatif. Menurut Stuessy (1990: 219), organ vegetatif lebih bersifat plastis terhadap lingkungan jika dibandingkan dengan organ reproduktif.

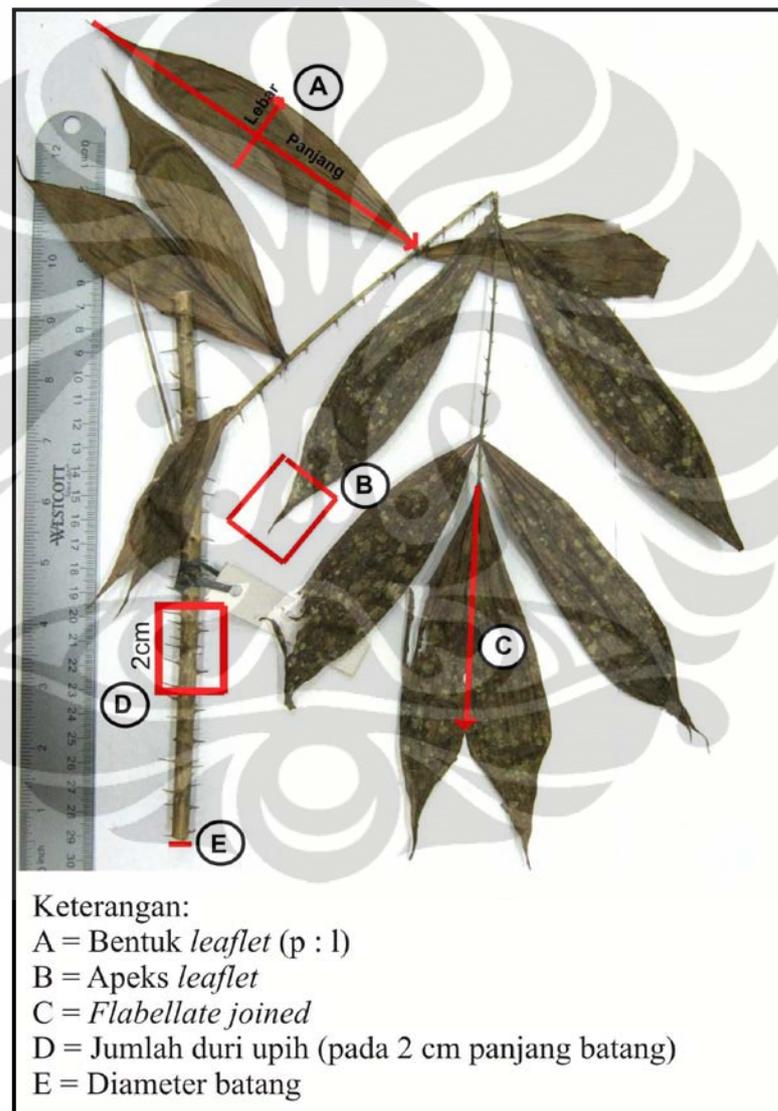
Karakter morfologi yang diamati berjumlah 16 karakter (11 karakter kuantitatif dan 5 karakter kualitatif) (Tabel 3.5) (Gambar 3.5(1)). Pembuatan kategori dilakukan pada semua karakter agar pengolahan data menjadi lebih ringkas. Karakter morfologi yang diamati mengikuti variasi karakter pada varietas *C. javensis* yang dideskripsikan Furtado (1956: 175--185) (Tabel 2.1).

3.5 Metode Analisis Data

3.5.1 Variasi Morfologi *Calamus javensis* di Gunung Kendeng, TNGHS

Cluster Analysis (CA) digunakan untuk mengelompokkan sampel *C. javensis* berdasarkan variasi morfologinya. CA dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 17. CA akan mengelompokkan obyek yang memiliki kemiripan ke dalam satu kelompok (grup) (Henderson 2006: 105). Hasil dari CA akan ditampilkan dalam bentuk dendrogram untuk menunjukkan pengelompokan yang terbentuk dari data yang dianalisis.

Data yang digunakan dalam CA adalah data 16 karakter morfologi dari *Calamus javensis*. Pengelompokan menggunakan CA dilakukan dengan *Polythetic Agglomerative Hierarchical Clustering* (PAHC) dengan metode *average linkage (between neighbor)*. Koefisien yang digunakan adalah *Euclidean distance coefficients*.



Gambar 3.5(1). Pengukuran beberapa karakter morfologi *C. javensis* yang digunakan dalam penelitian

Tabel 3.5. Karakter morfologi yang digunakan dalam penelitian

No.	Karakter	Tipe	Kategori	Label	Keterangan
1	Diameter batang	Kuantitatif	Dikategorikan	1 = kecil 2 = sedang 3 = besar	2 mm--5,49 mm 5,50 mm--8,99 mm 9 mm--12 mm
2	Panjang internodus	Kuantitatif	Dikategorikan	1 = pendek 2 = sedang 3 = panjang	0 cm--9,9 cm 10 cm--19,9 cm 20 cm--29,9 cm
3	Jumlah duri upih per 2 cm	Kuantitatif	Dikategorikan	0 = tidak ada 1 = jarang 2 = sedang 3 = padat	tidak ada duri 1--6 duri 7--13 duri 14--20 duri
4	Panjang duri upih	Kuantitatif	Dikategorikan	0 = tidak ada 1 = pendek 2 = sedang 3 = panjang	0 mm 2 mm--4,19 mm 4,2 mm--6,39 mm 6,4 mm--8,59 mm
5	Panjang petiolus	Kuantitatif	Dikategorikan	0 = tidak ada 1 = pendek 2 = sedang 3 = panjang	0 cm 0,3 cm--3,9 cm 4 cm--7,9 cm 8 cm--11,9 cm
6	Panjang rakhis	Kuantitatif	Dikategorikan	1 = pendek 2 = sedang 3 = panjang	11 cm--17,9 cm 18 cm--24,9 cm 25 cm --31,9 cm
7	Jumlah <i>leaflet</i>	Kuantitatif	Dikategorikan	1 = 3 pasang 2 = 4 pasang 3 = 5 pasang 4 = 6 pasang	
8	<i>Leaflet</i> basal	Kualitatif	Dikategorikan	1 = swept back 2 = spreading	
9	Permukaan <i>leaflet</i>	Kualitatif	Dikategorikan	1 = tidak ada bristle 2 = ada bristle	
10	Bentuk <i>leaflet</i> terminal	Kuantitatif	Dikategorikan	1 = ovalis	p:l = 3--3,59:1
11	Bentuk <i>leaflet</i> tengah	Kuantitatif	Dikategorikan	2 = oblongatus	p:l = 3,6--6,99:1
12	Bentuk <i>leaflet</i> basal	Kuantitatif	Dikategorikan	3 = lanceolatus	p:l = 7--10:1
13	Susunan <i>leaflet</i>	Kualitatif	Dikategorikan	1 = mengelompok 2 = tersebar	
14	Duduk <i>leaflet</i>	Kualitatif	Dikategorikan	1 = opposita 2 = subopposita 3 = sparsa	
15	<i>Flabellate joined leaflet</i>	Kuantitatif	Dikategorikan	1 = 1/2 2 = 2/3 3 = 3/4	
16	Apeks <i>leaflet</i>	Kualitatif	Dikategorikan	1 = acutus 2 = acuminatus	

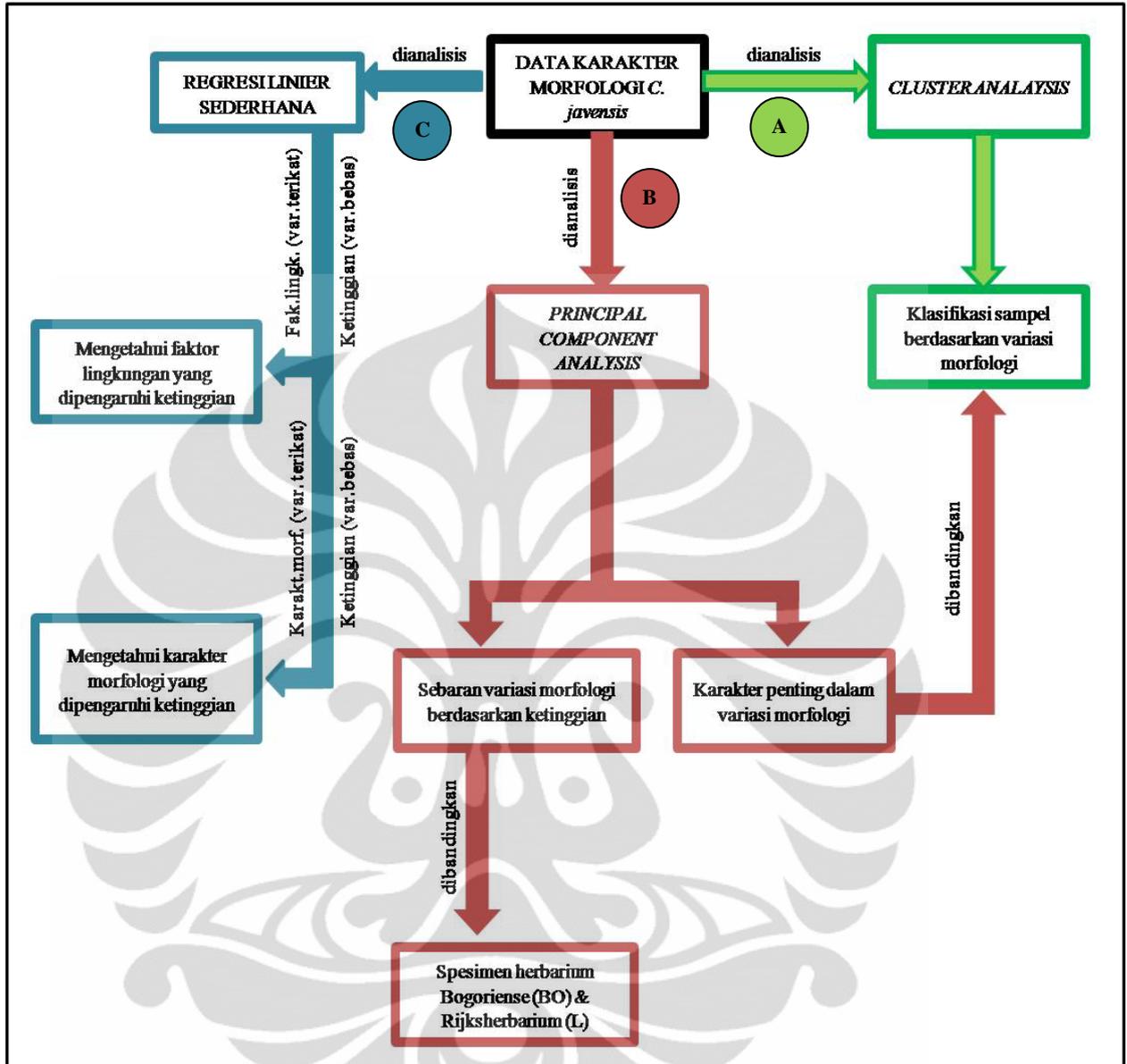
3.5.2 Sebaran Variasi Morfologi *Calamus javensis* terhadap Ketinggian di Gunung Kendeng, TNGHS

Sebaran variasi morfologi *Calamus javensis* terhadap ketinggian dianalisis menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). PCA menganalisis hubungan antar variabel dengan menjumlahkan koefisien korelasi antar variabel (Waite 2000: 279). PCA dapat menyederhanakan informasi yang terdapat dalam banyak variabel menjadi suatu variabel baru hasil kombinasi linear yang disebut dengan *principal component* (PC) (McGarigal *dkk.* 2000: 23). PCA sering digunakan untuk menganalisis distribusi variasi morfologi dari suatu spesies serta mengetahui variasi tertentu yang memiliki peran penting dalam keseluruhan variasi morfologi *C. javensis*.

Data yang akan dianalisis menggunakan PCA adalah data 16 karakter morfologi *C. javensis*. Hasil PCA akan ditampilkan dalam bentuk diagram pencar (*scatter plot*). Penggunaan PCA pada variabel yang berjumlah banyak dinilai efektif karena PCA mampu menyederhanakan variabel yang akan digunakan untuk mendeskripsikan data (Waite 2000: 282). PCA dilakukan menggunakan SPSS ver. 17.

3.5.3 Karakter Morfologi yang Dipengaruhi oleh Ketinggian

Faktor-faktor abiotik yang dicatat diasumsikan terkait dengan ketinggian. Untuk membuktikan hal tersebut, analisis regresi linier sederhanadilakukan, dengan ketinggian sebagai variabel bebas dan faktor lingkungan (suhu, kelembapan, tekanan atmosfer, dan intensitas cahaya) sebagai variabel terikat. Selain itu, regresi linier sederhana juga dilakukan untuk mengetahui karakter morfologi tertentu yang dipengaruhi ketinggian (Gambar 3.5(2)). Analisis regresi dilakukan menggunakan SPSS ver. 17.



Gambar 3.5(2). Alur analisis data

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Variasi Morfologi *Calamus javensis* di Gunung Kendeng, TNGHS

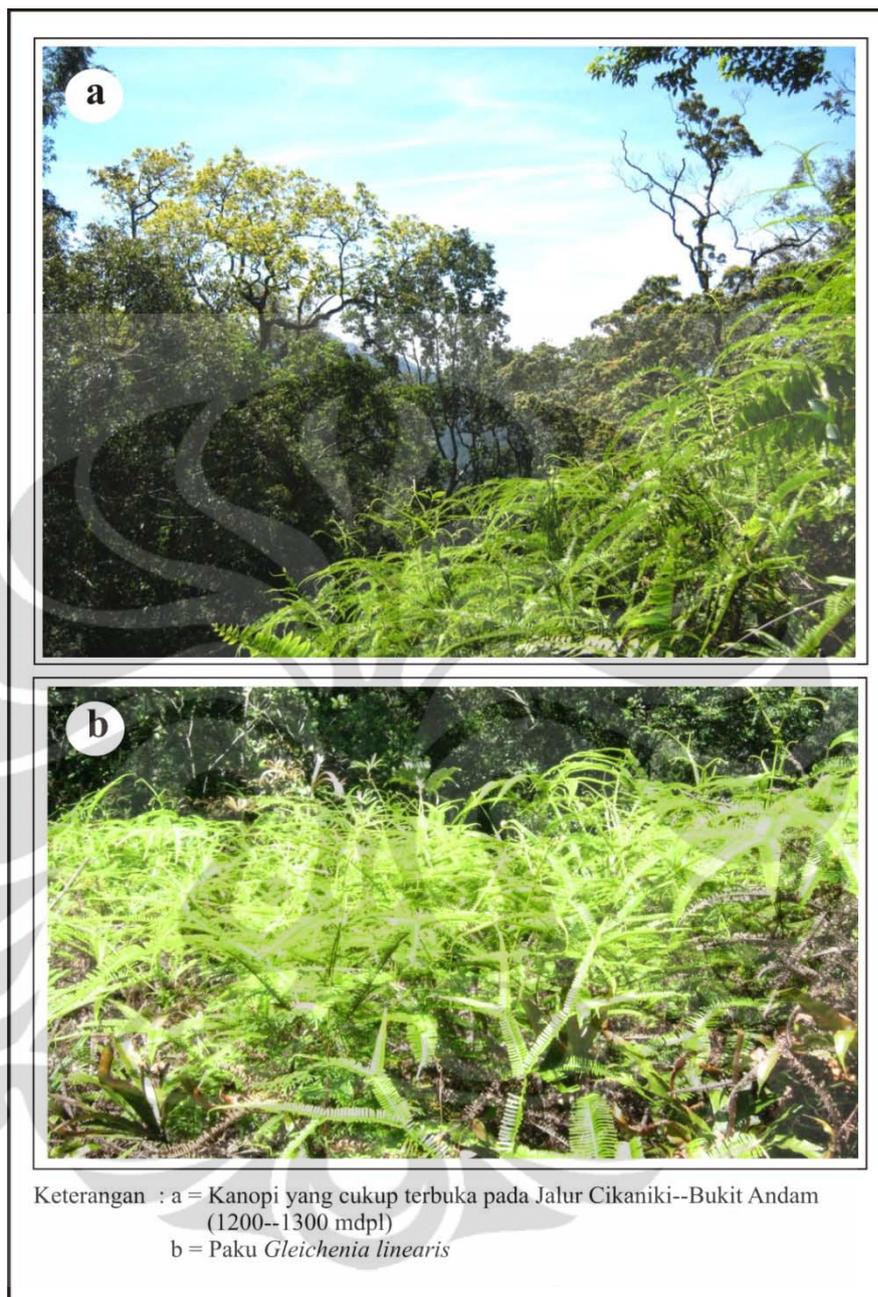
Sampel *Calamus javensis* yang berhasil dikoleksi dari Gunung Kendeng, TNGHS berjumlah 90 sampel. 47 sampel dikoleksi dari subpopulasi 1000--1100 mdpl dan 43 sampel dikoleksi dari subpopulasi 1100--1200 mdpl. *Calamus javensis* yang dijumpai pada ketinggian 1200--1300 mdpl hanya ada satu individu juvenil *C. javensis* sehingga belum dapat dikoleksi.

Menurut Dransfield (1979: 198), *Calamus javensis* dapat dijumpai dari dataran rendah hingga pegunungan dengan tinggi mencapai lebih dari 2000 mdpl. Akan tetapi, di area penelitian, *C. javensis* sudah tidak dijumpai pada ketinggian 1200--1300 mdpl, kecuali hanya satu individu *C. javensis* yang masih juvenil. Hal tersebut diduga disebabkan karena adanya interaksi biotik dengan paku *Gleichenia linearis* pada ketinggian 1200--1300 mdpl (Gambar 4.1(1)).

Kanopi pada jalur Cikaniki--Bukit Andam, pada ketinggian 1200--1300 mdpl cukup terbuka dengan lantai hutan yang ditumbuhi oleh paku *Gleichenia linearis*. Spesies tersebut sering dijumpai pada daerah terbuka di hutan. Spesies tersebut dapat tumbuh dengan padat pada lantai hutan sehingga tidak ada tumbuhan lain yang dapat tumbuh di antara spesies tersebut (Holttum 1966: 61).

Keberadaan paku *G. linearis* dapat memengaruhi keberadaan *Calamus javensis* di jalur Cikaniki--Bukit Andam, ketinggian 1200--1300 mdpl, baik secara langsung, maupun tidak langsung. Keberadaan paku *G. linearis* memengaruhi keberadaan *C. javensis* secara langsung karena kedua spesies tersebut harus berkompetisi dalam hal penyerapan air dan nutrisi dari tanah. Selain itu, kondisi kanopi yang terbuka menyebabkan cahaya matahari yang diterima *C. javensis* terlalu berlebih. Hal tersebut dapat menyebabkan kematian bagi kecambah rotan. Menurut INBAR-FRIM (2001: 17), kecambah rotan membutuhkan naungan, cahaya, dan air yang cukup untuk dapat tumbuh dengan baik.

Paku *Gleichenia linearis* juga dapat memengaruhi keberadaan *Calamus javensis* secara tidak langsung. Menurut Holttum (1966: 61), pepohonan tidak



Gambar 4.1(1). Jalur Cikaniki--Bukit Andam pada ketinggian 1200--1300 mdpl

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

dapat tumbuh di antara paku *G. linearis* apabila spesies paku tersebut tumbuh sangat rapat pada lantai hutan. Pepohonan yang tumbuh di sekitar *Calamus javensis* memiliki peran yang penting bagi kelangsungan hidup spesies rotan tersebut karena pepohonan digunakan sebagai tempat memanjat *C. javensis*.

Menurut Siebert (2005: 155) , ketersediaan pohon untuk memanjat bagi rotan dapat memengaruhi distribusi rotan pada suatu wilayah. Gutierrez *dkk.*

(*unpublished data*) meneliti distribusi dan kelimpahan rotan pada hutan yang telah mengalami penebangan dan hutan yang tidak mengalami penebangan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa jumlah juvenil rotan pada hutan yang telah mengalami penebangan lebih sedikit jika dibandingkan dengan hutan yang tidak mengalami penebangan. Hal tersebut diduga disebabkan meningkatnya kompetisi pada hutan yang telah mengalami penebangan. Lantai hutan menjadi banyak ditumbuhi oleh spesies pionir sehingga sulit bagi kecambah rotan untuk tumbuh menjadi juvenil.

Hasil *Cluster Analysis* (CA) menunjukkan bahwa terdapat dua spesimen yang merupakan outgroup, yaitu spesimen nomor 91 dan 92. Kedua spesimen tersebut bukan merupakan *Calamus javensis*, melainkan spesies kerabat dari *C. javensis* yang termasuk ke dalam *C. javensis complex*. Spesimen nomor 91 merupakan *C. acuminatus*, sedangkan spesimen nomor 92 merupakan *C. corrugatus*.

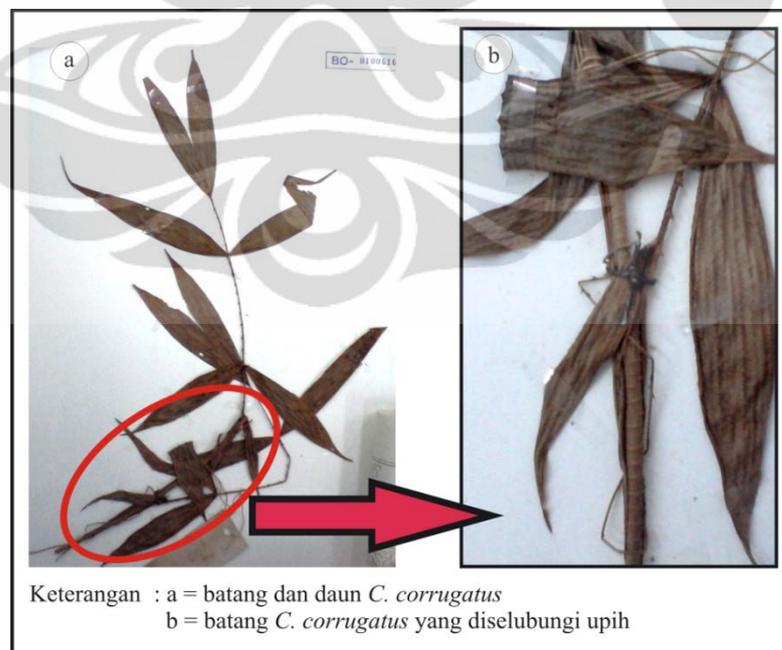
Berdasarkan hasil CA, *Calamus acuminatus* (spesimen nomor 91) merupakan spesimen yang paling berbeda dari spesimen lainnya. Hal tersebut dapat terlihat dari jumlah *leaflet* yang banyak (10--11 pasang). Upih yang menyelubungi batang tidak berduri. Ukuran *leaflet* yang panjang (16--24 cm) dengan bentuk daun yang sangat lanceolatus (rasio p: l = 10--24) (Gambar 4.1(2)).

Calamus corrugatus (spesimen nomor 92) dipisahkan dari spesimen lainnya karena upih yang menyelimuti batang membentuk lipatan-lipatan horizontal (Gambar 4.1(3)). Selain itu, jarak antara *flabellate joined leaflet* dan sepasang *leaflet* sebelumnya tidak begitu dekat. Dransfield (1992: 161) menyatakan bahwa *C. corrugatus* merupakan spesies rotan endemik Borneo yang ditemukan di hutan Dipterocarpaceae dan hutan kerangas, dari 0 hingga 900 mdpl..

Hasil *Cluster Analysis* (CA) menunjukkan adanya tiga kelompok besar (*group*) *Calamus javensis* berdasarkan variasinya (Gambar 4.1(4)). Terdapat dua spesimen yang tidak dimasukkan ke dalam kelompok, yaitu spesimen nomor 50 dan 59. Kedua spesimen tersebut dapat dibedakan dengan spesimen-spesimen yang lain berdasarkan susunan anak daun yang *sparsa* dan tidak beraturan, serta posisi sepasang anak daun yang berdekatan dengan *flabellate joined leaflet* tidak



Gambar 4.1(2). *Calamus acuminatus*
(spesimen nomor 91)
dari Herbarium
Bogoriense
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



Gambar 4.1(3). *Calamus corrugatus* (spesimen nomor 92)
dari Herbarium Bogoriense
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

berhadapan (*opposita*) (Gambar 4.1(5)). Akan tetapi, kedua spesimen tersebut masih termasuk ke dalam spesies *C. javensis*. Hal tersebut disebabkan kedua spesimen masih memiliki karakter diagnostic *C. javensis*, yaitu *flabellate joined leaflet* dan *leaflet* basal yang menghadap ke batang.

Ketiga kelompok tersebut menunjukkan adanya perbedaan pada beberapa karakter, antara lain diameter batang, jumlah duri upih, panjang duri upih, *leaflet* basal, dan bentuk *leaflet* basal (Tabel 4.1.1). Berdasarkan dendrogram pada Gambar 4.1(4), dapat dilihat bahwa kelompok 1 dan 2 memiliki banyak kesamaan jika dibandingkan dengan kelompok 3. Hal tersebut ditandai dengan koefisien jarak (*distance coefficient*) antara kelompok 1 dan 2 lebih dekat jika dibandingkan dengan kelompok 3. Koefisien jarak menunjukkan besarnya nilai perbedaan antar *cluster* sehingga semakin besar nilai koefisien jarak maka semakin besar pula perbedaan antar kedua *cluster* (McGarigal *dkk.* 2000: 98).

Spesimen *Calamus javensis* yang termasuk ke dalam kelompok 3 dapat dipisahkan dari kedua kelompok lainnya berdasarkan karakter jumlah duri pada upih dan karakter *leaflet* basal. Jumlah duri pada upih sedikit (jarang), serta *leaflet* basal *spreading* dengan bentuk oblongus (Gambar 4.1(6)). Selain itu, spesimen kelompok 3 memiliki diameter batang yang berukuran kecil (3,37--4,68 mm) dan ukuran duri yang pendek (3,2--3,9 mm).

Spesimen *Calamus javensis* yang termasuk ke dalam kelompok 1, sebagian besar memiliki diameter batang yang kecil (3,47--5,43 mm), meskipun beberapa spesimen memiliki diameter batang yang berukuran sedang (5,5--6,52 mm). Duri pada upih sebagian besar spesimen *C. javensis* jarang, tetapi beberapa spesimen memiliki duri yang tidak terlalu padat (sedang). Duri pada upih berukuran pendek (2,16--4,1 mm) hingga sedang (4,2--5,7 mm). *Leaflet* basal *spreading* dan *swept back*. Bentuk *leaflet* basal sebagian besar oblongus, tetapi beberapa spesimen memiliki bentuk lanceolatus dan ovalis (Gambar 4.1(7)).

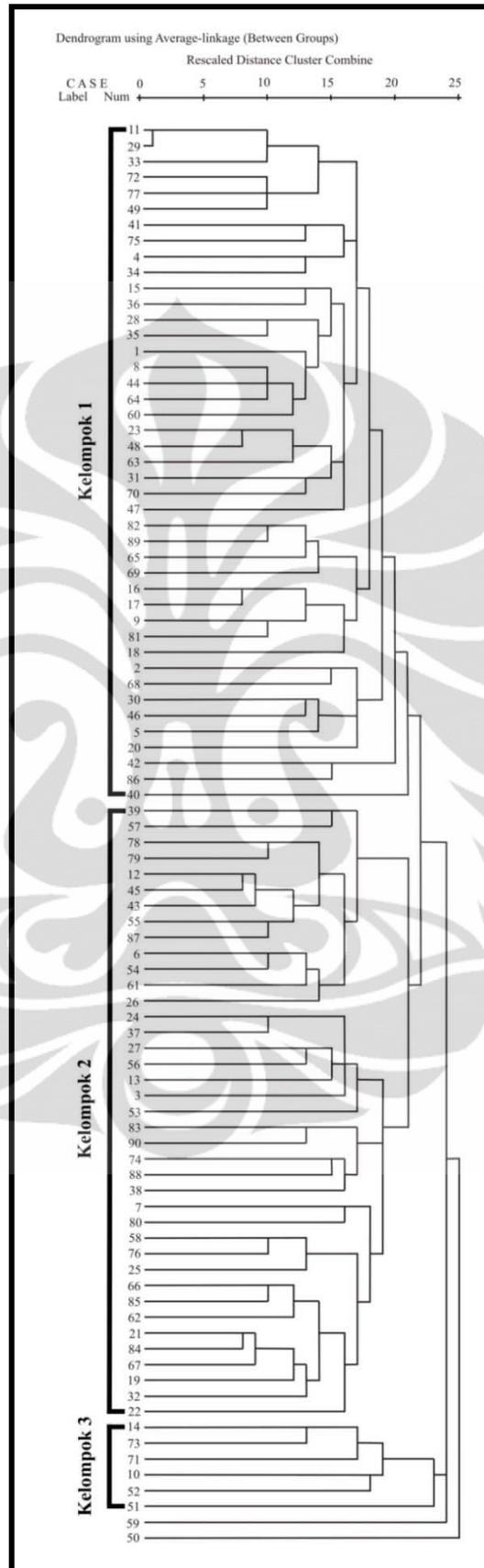
Spesimen *Calamus javensis* yang termasuk ke dalam kelompok 2, sebagian besar memiliki diameter batang berukuran sedang (5,68--8,35 mm), tetapi beberapa spesimen memiliki diameter batang berukuran kecil (4,64--5,42 mm). Jumlah duri pada upih sebagian besar sedang, meskipun beberapa spesimen memiliki jumlah duri yang padat. Duri pada upih berukuran sedang (4,2--6,3

mm), tetapi beberapa spesimen dengan duri yang panjang (6,7--8,2 mm) juga ditemukan pada kelompok 2. *Leaflet* basal *swept back*. *Leaflet* basal sebagian besar sampel berbentuk ovalis, tetapi beberapa berbentuk oblongus (Gambar 4.1(8)).

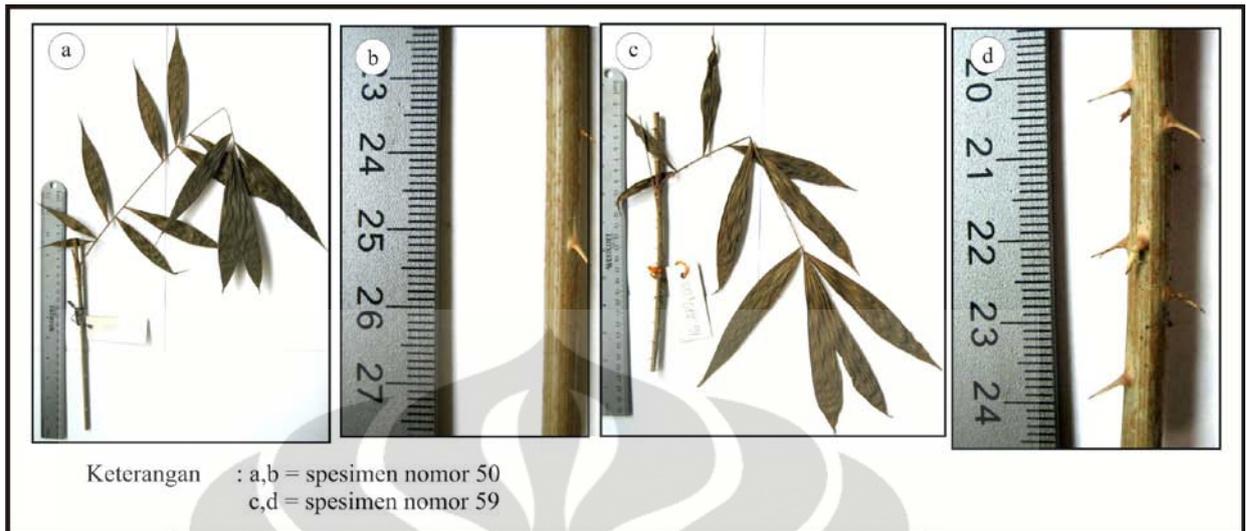
Berdasarkan ketujuh varietas *Calamus javensis* (Furtado 1956), spesimen pada kelompok 3 dapat diidentifikasi sebagai *C. javensis* var. *inermis*, sedangkan kelompok 1 dan 2 masih dapat diidentifikasi sebagai *C. javensis* yang sesuai dengan deskripsi protolog Blume (1847). *Calamus javensis* var. *inermis* tersebut dapat dikenali dengan mudah dari upihnya yang tidak berduri, atau memiliki sedikit duri yang berukuran pendek. *Leaflet* basal *spreading* (tidak memeluk batang) serta berukuran paling kecil dibandingkan *leaflet* tengah dan terminal (Furtado 1956: 175).

Tabel 4.1. Karakter morfologi masing-masing kelompok berdasarkan CA

No.	Karakter	Kelompok 1	Kelompok 2	Kelompok 3
1	Diameter batang	kecil (3,47--5,43 mm) hingga besar (5,5--6,52 mm), tetapi umumnya kecil	kecil (4,64--5,42 mm) hingga sedang (5,68--8,35 mm), tetapi umumnya sedang	kecil (4,53--4,61 mm)
2	Jumlah duri upih per 2 cm	jarang (1--6 duri/2cm) hingga sedang (8--11 duri/2 cm), tetapi sebagian besar jarang	Sedikit jarang (4--6 duri/2 cm), beberapa padat (14--20 duri/2 cm), umumnya sedang (7--13 duri/2 cm)	Tidak ada duri hingga jarang berduri (1--6 duri/2 cm)
3	Panjang duri upih	Pendek (2,16--4,1 mm) hingga sedang (4,2--5,7 mm)	Beberapa pendek (3,2--4,13 mm) dan panjang (6,7--8,2 mm), tetapi umumnya sedang (4,2--6,3 mm)	Pendek (3,02--3,9 mm)
4	<i>Leaflet</i> basal	<i>Spreading</i> dan <i>swept back</i>	<i>Swept back</i>	<i>Spreading</i>
5	Bentuk basal	Beberapa ovalis, sebagian besar oblongus	Sedikit oblongus, sebagian besar ovalis	Sebagian besar oblongus



Gambar 4.1(4). Dendrogram hasil CA



Gambar 4.1(5). Spesimen *C. javensis* gunung Kendeng nomor 50 dan 59.
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



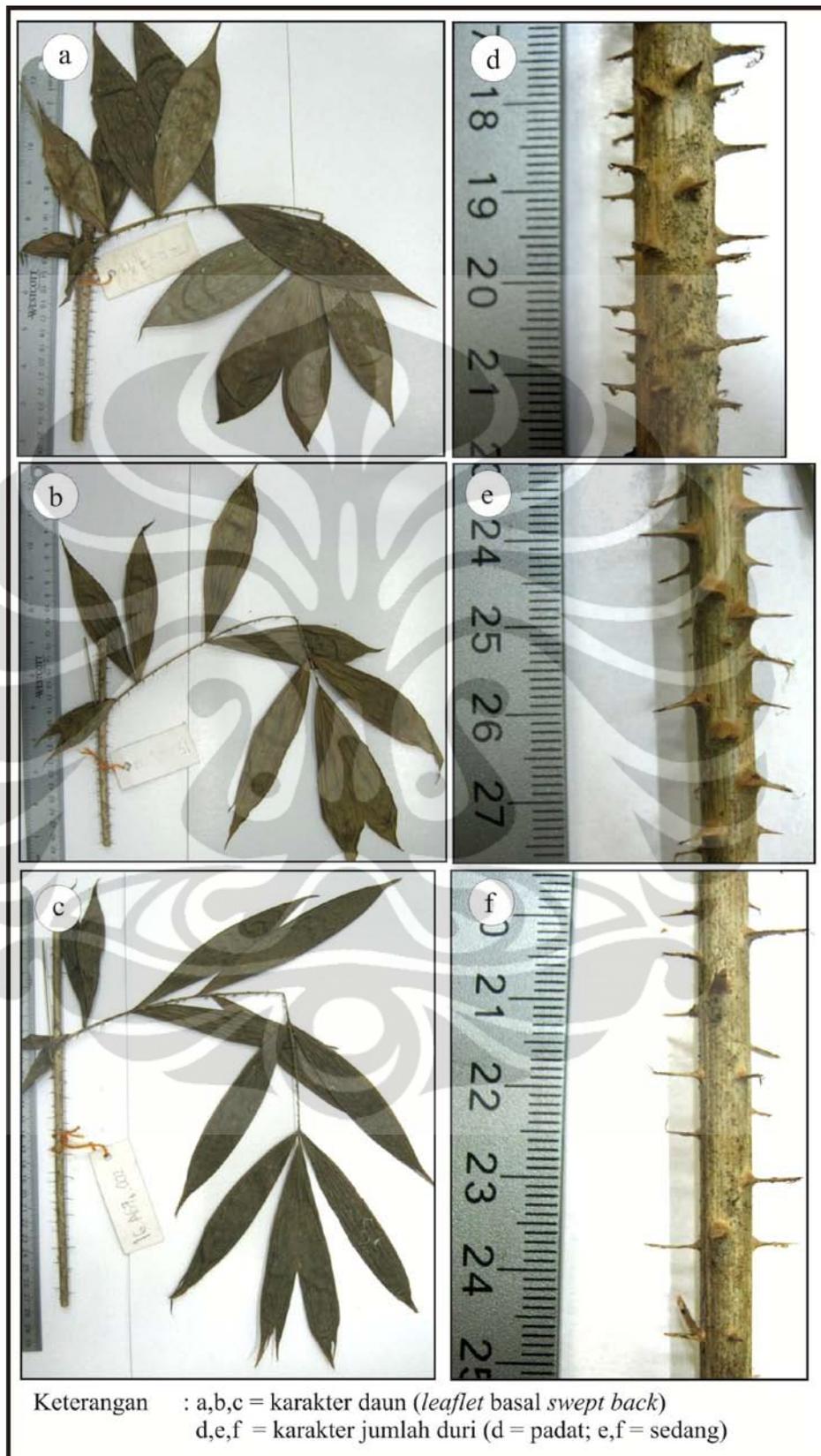
Gambar 4.1(6). Spesimen *C. javensis* gunung Kendeng yang termasuk ke dalam kelompok 3.

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



Gambar 4.1(7). Spesimen *C. javensis* gunung Kendeng yang termasuk ke dalam kelompok 1.

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



Gambar 4.1(8). Spesimen *C. javensis* gunung Kendeng yang termasuk ke dalam kelompok 2.

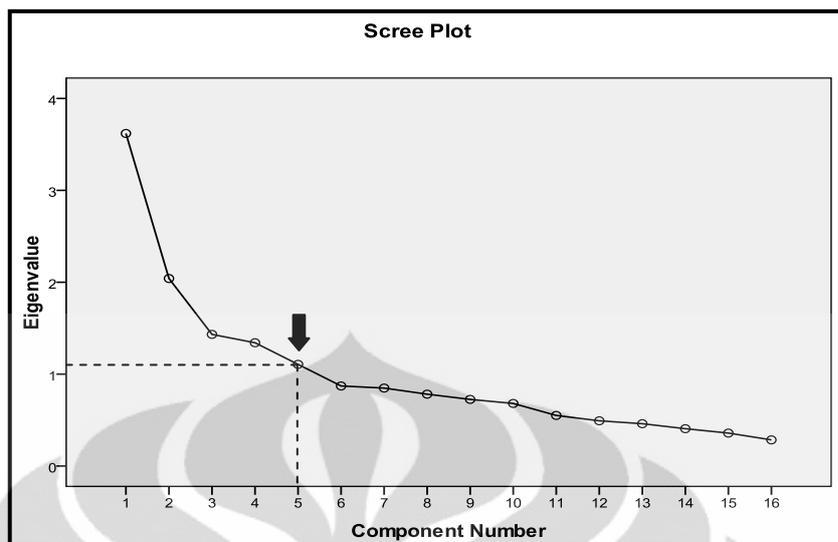
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

4.2 Sebaran variasi morfologi *Calamus javensis* terhadap ketinggian di gunung Kendeng, TNGHS

Sebaran variasi morfologi *Calamus javensis* terhadap ketinggian dianalisis menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) dengan karakter morfologi sebagai variabelnya. Variabel yang digunakan sebanyak 16 karakter morfologi yang berasal dari karakter batang dan daun (Tabel 3.5.1). *Principal Component Analysis* (PCA) akan mereduksi variabel-variabel tersebut menjadi komponen baru yang disebut *Principal Component* (PC) (McGarigal dkk. 2000: 23).

Berdasarkan hasil PCA, terdapat lima PC yang terbentuk, dengan *eigenvalue* > 1 (Gambar 4.2(1)). Semakin tinggi *eigenvalue* dari suatu PC menunjukkan bahwa PC tersebut semakin dapat menunjukkan variasi yang ada pada karakter morfologi (McGarigal dkk. 2000: 38). Secara kumulatif, kelima PC yang terbentuk dapat menjelaskan 59,627% variasi dari data karakter morfologi yang digunakan. PC1 dapat menjelaskan variasi data sebesar 22,619%, PC2 sebesar 12,756%, PC3 sebesar 8,954%, PC4 sebesar 8,384%, dan PC5 sebesar 6,914% (Tabel 4.2(1)).

Nilai korelasi antara variabel dan PC yang terbentuk ditunjukkan pada tabel matriks komponen yang telah dirotasi (Tabel 4.2(2)). Berdasarkan tabel tersebut, diketahui bahwa variabel-variabel yang berperan penting dalam PC1, antara lain: *leaflet* basal (0,768), jumlah duri upih (0,672), panjang petiolus (0,643), bentuk *leaflet* basal (0,584), diameter batang (0,571), dan panjang duri upih (0,367). Variabel-variabel yang berperan dalam PC2, antara lain: bentuk *leaflet* tengah (0,780), bentuk *leaflet* terminal (0,693), duduk *leaflet* (0,536), dan apeks *leaflet* (0,496). Variabel-variabel yang berperan penting dalam PC3, antara lain: susunan *leaflet* (0,842) dan jumlah *leaflet* (0,763). Variabel-variabel yang berperan penting dalam PC4, antara lain: panjang internodus (0,821) dan panjang rakhis (0,627). Variabel-variabel yang berperan penting dalam PC5, antara lain: permukaan *leaflet* (0,798), dan *flabellate joined leaflet* (0,543).



Gambar 4.2(1). *Scree plot eigenvalue* terhadap jumlah PC.

Tabel 4.2(1). Total varian yang dapat dijelaskan oleh PC.

Com- ponent	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	3.619	22.619	22.619	3.619	22.619	22.619	2.669	16.683	16.683
2	2.041	12.756	35.374	2.041	12.756	35.374	1.956	12.224	28.906
3	1.433	8.954	44.328	1.433	8.954	44.328	1.948	12.176	41.083
4	1.341	8.384	52.713	1.341	8.384	52.713	1.629	10.180	51.262
5	1.106	6.914	59.627	1.106	6.914	59.627	1.338	8.364	59.627
6	.871	5.445	65.072						
7	.848	5.302	70.373						
8	.782	4.887	75.260						
9	.725	4.532	79.792						
10	.681	4.255	84.047						
11	.551	3.441	87.488						
12	.492	3.076	90.564						
13	.461	2.879	93.443						
14	.406	2.539	95.981						
15	.359	2.241	98.222						
16	.284	1.778	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Tabel 4.2(2). Matriks komponen yang telah dirotasi^a.

	Komponen				
	1	2	3	4	5
Diameter batang	-.571	-.242	.444	.010	-.261
Panjang internodus	.062	.026	-.092	.821	.107
Jumlah duri upih	-.672	-.284	-.002	-.190	-.232
Panjang duri upih	-.367	-.124	.257	.139	-.330
Panjang petiolus	.643	.064	-.022	-.180	-.052
Panjang rakhis	.006	-.139	.432	.627	-.006
Jumlah <i>leaflet</i>	-.193	-.210	.763	.080	.001
<i>Leaflet</i> basal	.768	.024	-.178	.045	-.074
Permukaan <i>leaflet</i>	.134	-.044	.099	.099	.798
Bentuk <i>leaflet</i> terminal	.263	.693	-.214	.172	.107
Bentuk <i>leaflet</i> tengah	.162	.780	.144	-.096	.078
Bentuk <i>leaflet</i> basal	.584	.252	.028	.338	.033
Susunan <i>leaflet</i>	-.014	-.172	-.842	.026	-.046
Duduk <i>leaflet</i>	-.027	.536	-.008	.510	-.061
<i>Flabellate joined</i>	-.497	.127	-.231	-.042	.543
Apeks <i>leaflet</i>	-.101	-.496	.187	.198	.363

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 8 iterations.

Penggunaan PCA sebagai analisis multivariat dianggap tepat karena PCA mereduksi informasi dengan menghilangkan komponen yang memiliki eigenvalue yang kecil (Cassie 1969: 55). Hasil dari PCA menunjukkan bahwa karakter yang berperan penting pada variasi morfologi *C. javensis* di gunung Kendeng. TNGHS adalah *leaflet* basal, jumlah duri upih, panjang petiolus, bentuk *leaflet* basal, diameter batang, dan panjang duri upih (karakter pada PC1). Hasil tersebut menunjukkan adanya perbedaan dengan hasil yang didapat oleh Atria (2008).

Atria (2008) menganalisis variasi morfologi *C. javensis* yang berasal dari Jawa, Sumatra, dan Borneo. Sebagian besar karakter penting yang diperoleh, berbeda dengan karakter hasil PCA Atria (2008: 65) (Tabel 4.2(3)). Beberapa karakter penting yang diperoleh Atria (seperti bentuk duri, basal duri, dan duri lutut) tidak menunjukkan adanya variasi pada populasi *C. javensis* di gunung Kendeng, TNGHS sehingga karakter tersebut tidak digunakan dalam analisis.

Karakter jumlah *leaflet* merupakan karakter penting dalam variasi morfologi *C. javensis* ekotipe Jawa, Sumatra, dan Borneo, tetapi bukan merupakan karakter penting dalam variasi morfologi *C. javensis* di gunung Kendeng.

Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa variasi morfologi dapat dipengaruhi oleh daerah asal sampel. Bentuk morfologi spesimen *C. javensis* yang dikoleksi dari Borneo dapat lebih bervariasi karena spesimen tersebut dikoleksi dari kondisi lingkungan bervariasi pula. Berdasarkan keterangan pada label spesimen, sebagian besar spesimen *C. javensis* dari Borneo dikoleksi dari hutan Dipterocarpaceae, tetapi beberapa dikoleksi dari hutan kerangas. Spesimen tersebut juga dikoleksi dari ketinggian 50 mdpl hingga lebih dari 3000 mdpl dan kondisi tanah yang bervariasi, mulai dari tanah berpasir, tanah liat, hingga tanah gambut. Kondisi lingkungan di Borneo yang telah disebutkan sebelumnya dapat dikatakan lebih bervariasi dari Jawa. Sebagian besar spesimen *C. javensis* dari Jawa dikoleksi dari gunung Gede dan gunung Halimun dengan ekosistem hutan hujan tropis, meskipun beberapa sampel dikoleksi dari Ujung Kulon yang memiliki ekosistem hutan dataran rendah.

Tabel 4.2(3). Perbandingan karakter penting hasil PCA yang diperoleh dengan hasil PCA Atria (2008).

Karakter	Atria (2008)	Hasil PCA
Lebar daun	√	-
Bentuk <i>leaflet</i>	√	√
Basal duri	√	-
Bentuk duri	√	-
Jumlah duri upih	√	√
<i>Leaflet</i> basal	√	√
Duri lutut	√	-
Jumlah <i>leaflet</i>	√	X
Ocrea	√	-
Panjang petiolus	X	√
Diameter batang	X	√
Panjang duri upih	-	√

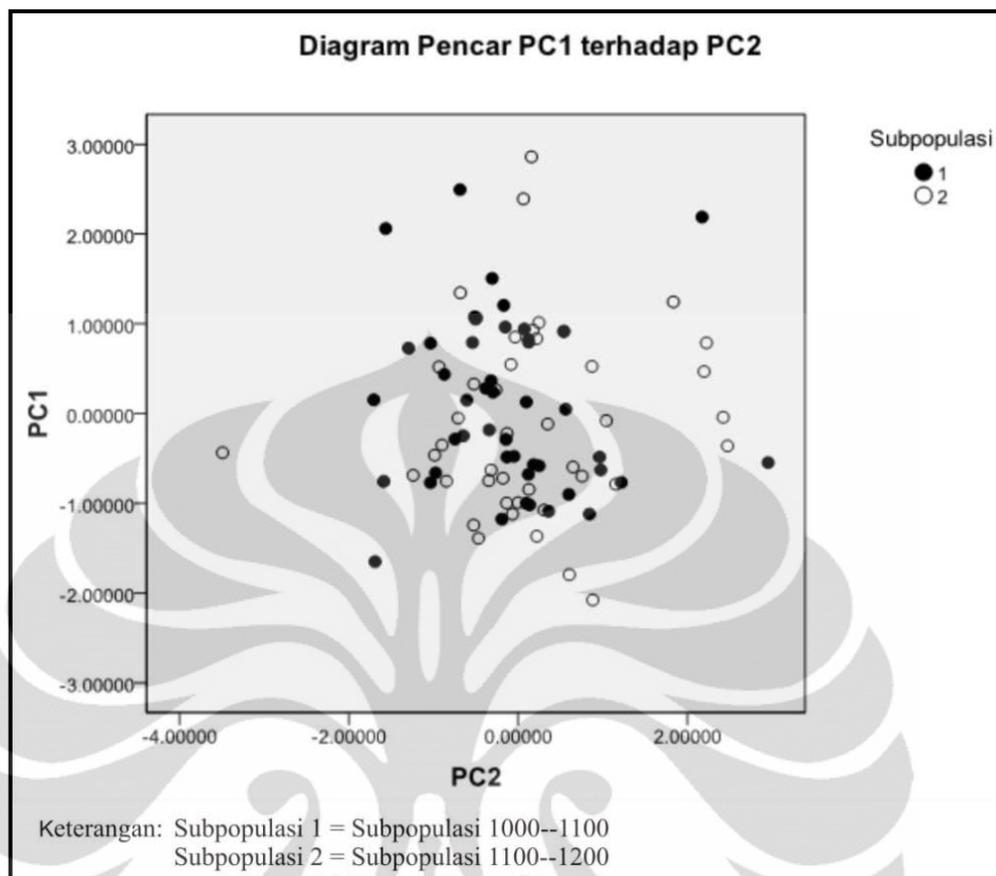
Keterangan: (√) = karakter penting
(X) = bukan karakter penting
(-) = tidak digunakan dalam analisis

Sebaran variasi morfologi *Calamus javensis* berdasarkan ketinggian ditampilkan dalam bentuk diagram pencar (*scatter plot*). Diagram pencar akan difokuskan pada PC1 dan PC2 karena kedua PC tersebut memiliki *eigenvalue* yang tinggi jika dibandingkan dengan ketiga PC lainnya. Wiley (1981: 351) mendefinisikan *eigenvalue* sebagai jumlah dari total variasi yang dapat dijelaskan oleh masing-masing PC. Oleh karena itu, kedua PC tersebut dinilai dapat merepresentasikan variasi yang ada pada data morfologi *C. javensis*.

Diagram pencar antara PC1 dan PC2 dilakukan pada kedua subpopulasi *Calamus javensis*, yaitu subpopulasi 1000--1100 mdpl dan subpopulasi 1100--1200 mdpl. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa distribusi variasi morfologi *C. javensis* pada kedua populasi tersebar dan tumpang tindih (Gambar 4.2(2)). Hal tersebut diduga dapat disebabkan adanya variasi kontinu pada karakter morfologi *C. javensis*, serta kurangnya kisaran ketinggian yang digunakan dalam penelitian

Variasi kontinu pada karakter morfologi *C. javensis* yang digunakan dalam penelitian. Berdasarkan hasil PCA, sebagian besar karakter morfologi *C. javensis* yang berperan dalam variasi merupakan karakter metrik (panjang petiolus, bentuk *leaflet* basal, diameter batang, dan panjang duri upih). Karakter metrik tersebut menyebabkan adanya variasi yang bersifat kontinu (Briggs & Walters 1984: 34) sehingga tidak dapat menunjukkan batas variasi morfologi yang jelas. Karakter kontinu lebih cenderung memperlihatkan pola *cline* (Ridley 1993: 411), yaitu variasi morfologi akan berubah secara bertahap (*gradual*). Selain itu, bentuk-bentuk antara (*intermediet*) dapat terlihat pada variasi yang kontinu sehingga kurang dapat menunjukkan pemisahan yang jelas.

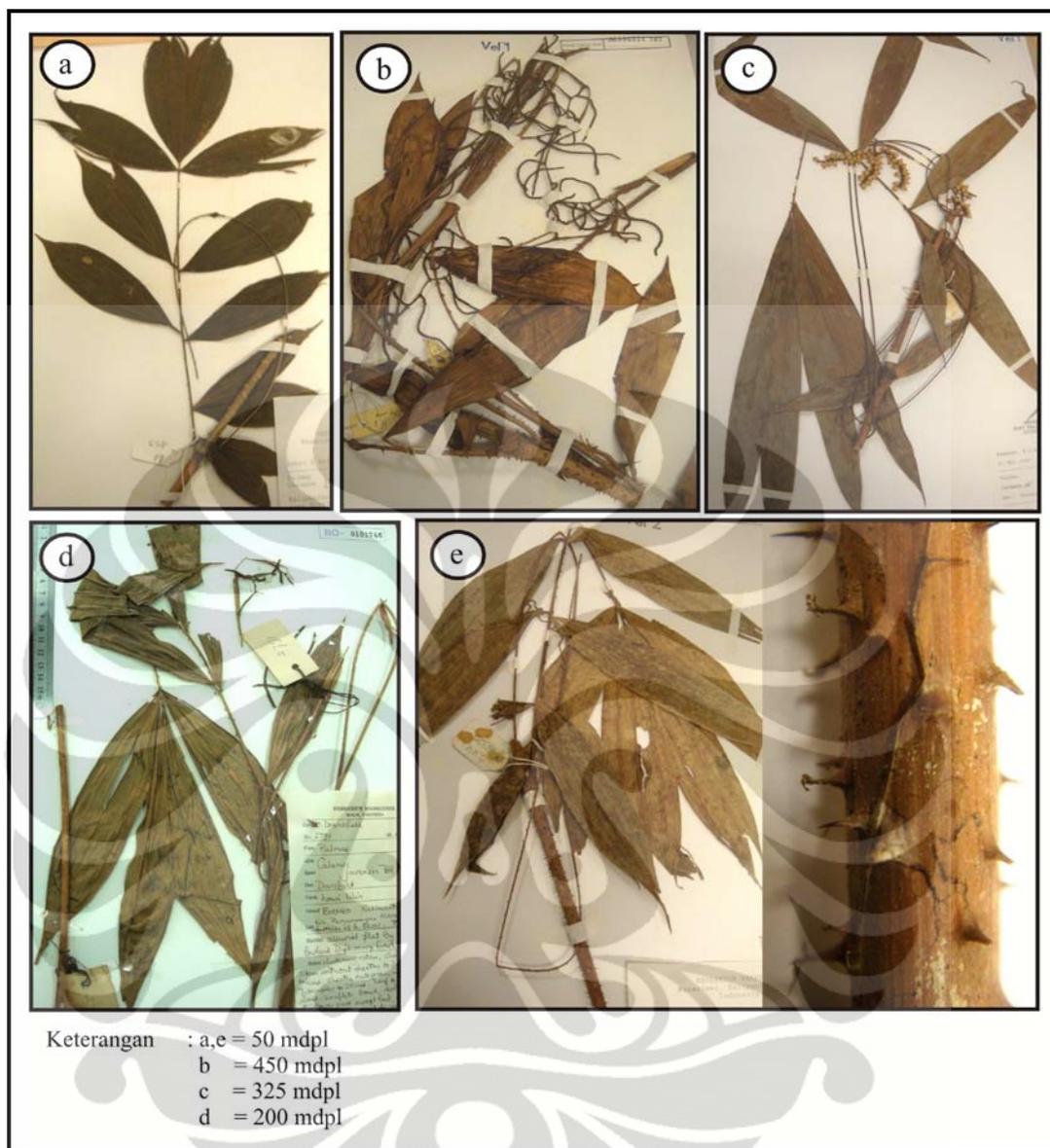
Sebaran variasi morfologi yang masih tersebar berdasarkan ketinggian juga dapat disebabkan kurangnya kisaran ketinggian yang digunakan dalam penelitian. Menurut Dransfield & Manokaran (1994: 49), *C. javensis* dapat dijumpai mulai dari dataran rendah, hingga pegunungan dengan tinggi lebih dari 2000 mdpl Dransfield & Manokaran (1994: 49), bahkan pernah dijumpai pada ketinggian 5000 mdpl (Blume 1847: 63). Akan tetapi, kisaran ketinggian



Gambar 4.2(2). Diagram pencar (*scatter plot*) antara PC1 dan PC2

yang digunakan dalam penelitian hanya 200 mdpl (dari 1000 mdpl--1200 mdpl). Besar kisaran tersebut dinilai belum dapat digunakan untuk melihat pola adaptasi *C. javensis* terhadap ketinggian, karena suatu spesies akan mengalami tekanan fisiologis pada batas-batas ekstrim kisaran distribusinya (Cox & Moore 1980: 31).

Berdasarkan pengamatan pada spesimen herbarium Bogoriense (BO) dan Rijksherbarium (L), spesimen yang berasal dari batas atas dan batas bawah ketinggian yang ekstrim, banyak dikoleksi dari daerah Borneo. Spesimen *C. javensis* yang dikoleksi dari Borneo pada elevasi rendah (50--500 mdpl) cenderung memiliki bentuk *leaflet* oblongus dan ovalis, meskipun beberapa spesimen memiliki bentuk *leaflet* lanceolatus. Duri pada upih cenderung berukuran pendek dengan kepadatan duri jarang hingga sedang (Gambar 4.2(3)).



Gambar 4.2(3). Spesimen herbarium *C. javensis* daerah Borneo pada elevasi rendah [Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Akan tetapi, spesimen-spesimen yang dikoleksi pada daerah dengan elevasi tinggi cenderung memiliki bentuk *leaflet* lanceolatus, namun beberapa spesimen juga memiliki bentuk *leaflet* oblongus. Duri cenderung panjang dan tersusun rapat pada upih (Gambar 4.2(4)). Vermeulen & Duistermaat (1986) mengoleksi sampel *C. javensis* dari Sabah, yang memiliki banyak *leaflet* serta bentuk *leaflet* yang sangat lanceolatus. Dransfield (1994) kemudian mendeterminasi spesimen tersebut sebagai “*extreme mountain form*” dari *C. javensis* (Gambar 4.2(4)b). Bentuk tersebut diduga merupakan hasil adaptasi terhadap kondisi lingkungan pada daerah elevasi tinggi.



Gambar 4.2(4). Spesimen herbarium *C. javensis* daerah Borneo pada elevasi tinggi

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Variasi pada organ daun dapat disebabkan adanya pengaruh dari intensitas cahaya. Tumbuhan yang hidup pada daerah dengan kanopi yang tertutup cenderung memiliki helaian daun yang lebih lebar, petiolus yang lebih panjang, dan tutupan kanopi yang lebih luas untuk memperoleh cahaya yang lebih banyak. Akan tetapi, tumbuhan yang hidup pada daerah dengan kanopi yang terbuka memiliki helaian daun yang lebih kecil, petiolus yang lebih pendek, dan tutupan kanopi yang lebih sempit (Abrahamson 2007: 1305).

Sebaran variasi morfologi *Calamus javensis* yang menyebar juga menandakan bahwa pertukaran gen masih dapat terjadi antar subpopulasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa kisaran ketinggian antara 1000--1200 mdpl, bukan merupakan suatu *barrier* geografis bagi populasi *C. javensis* di gunung Kendeng, TNGHS. Adanya aliran genetik antar subpopulasi di TNGHS juga dinyatakan oleh Watanabe & Suzuki (2005). Watanabe & Suzuki (2005: 244) menyatakan bahwa perbanyak jumlah *cluster* pada populasi *C. javensis* di TNGHS berasal dari biji yang tumbuh sebagai hasil dari reproduksi seksual.

4.3. Karakter Morfologi yang Dipengaruhi oleh Ketinggian

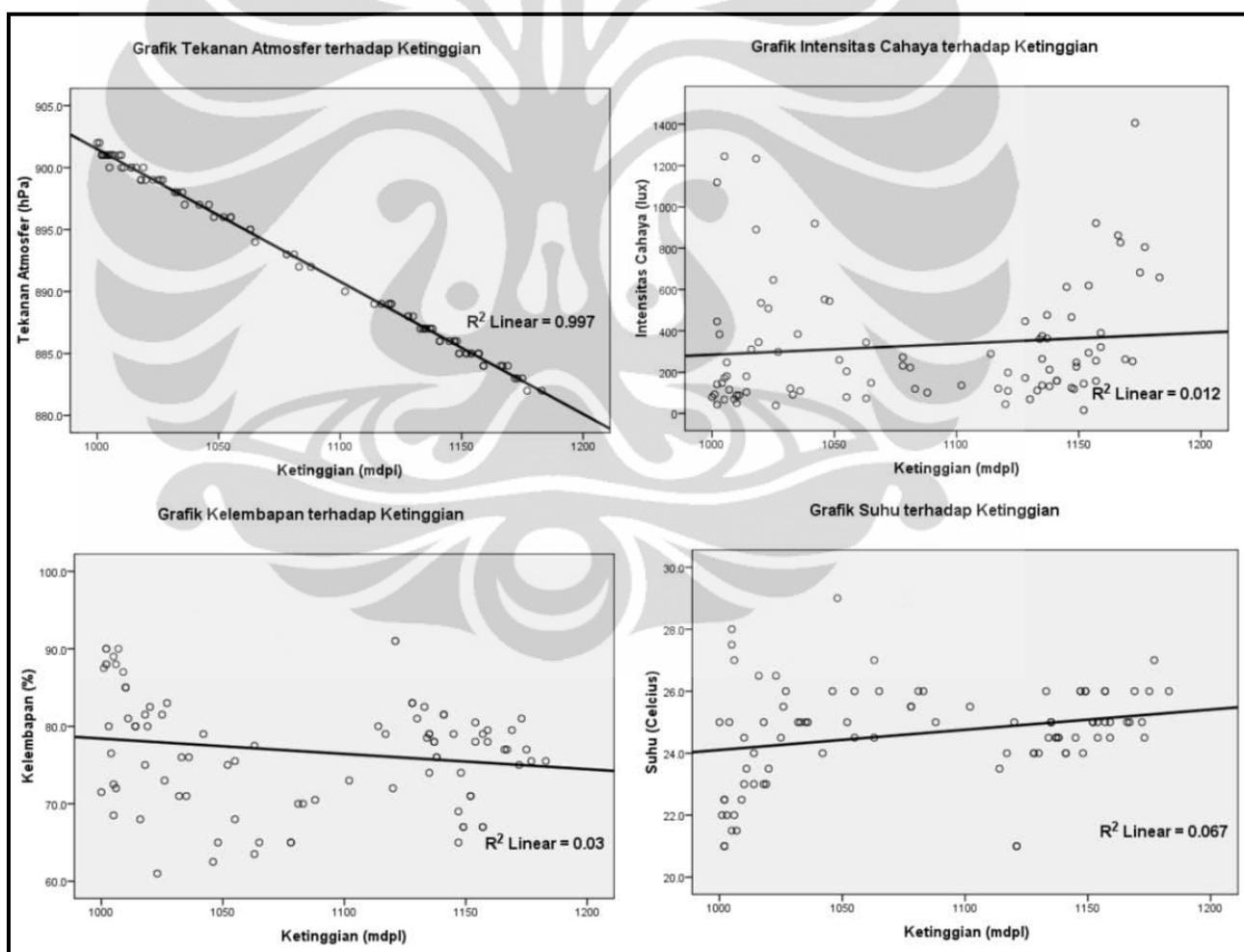
Faktor-faktor abiotik yang terdapat pada lingkungan, seperti suhu, kelembapan, tekanan atmosfer, dan intensitas cahaya berkorelasi, baik secara langsung maupun tidak langsung dengan ketinggian. Untuk membuktikan adanya pengaruh antara ketinggian dengan faktor abiotik tersebut, analisis regresi linier sederhana dilakukan. Variabel bebas yang digunakan adalah data ketinggian, sedangkan variabel terikat yang digunakan adalah data keempat faktor abiotik.

Hasil regresi linier sederhana menunjukkan bahwa tekanan atmosfer memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,997, intensitas cahaya sebesar 0,012, suhu sebesar 0,03, dan kelembapan sebesar 0,067 (Gambar 4.3). Adanya kaitan antara ketinggian dan faktor abiotik dinyatakan dengan koefisien korelasi (R). Nilai R berkisar antara 0 hingga 1. Semakin besar nilai R maka kedua variabel tersebut saling terkait.

Berdasarkan hasil regresi linier sederhana antara faktor abiotik dengan ketinggian, hanya satu dari keempat faktor abiotik yang sangat berkaitan dengan ketinggian pada area penelitian, yaitu tekanan atmosfer. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Korner (2007: 571) bahwa semakin tinggi elevasi maka semakin rendah tekanan atmosfer. Hal tersebut disebabkan berkurangnya konsentrasi CO_2 di udara seiring dengan kenaikan elevasi. Berkurangnya konsentrasi CO_2 di udara pada elevasi yang semakin tinggi, menyebabkan panas matahari yang dipantulkan kembali oleh bumi tidak terhalangi oleh CO_2 . Hal tersebut menyebabkan suhu akan mengalami

penurunan seiring naiknya ketinggian. Akan tetapi, suhu pada lokasi penelitian kurang terkait dengan ketinggian.

Suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya tidak menunjukkan adanya kaitan dengan ketinggian. Hal tersebut disebabkan data suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya yang diukur adalah suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya di bawah naungan. Data abiotik tersebut tidak mencerminkan data iklim global, tetapi data iklim mikro. Kerapatan vegetasi dapat memengaruhi iklim mikro dari suatu wilayah karena vegetasi dapat menahan atau menyerap cahaya matahari, menyerap air, memengaruhi kelembapan dan suhu lingkungan (Sukhla & Chandel 1996: 30).



Gambar 4.3. Grafik regresi linier faktor abiotik terhadap ketinggian.

Semua karakter morfologi *C. javensis* di gunung Kendeng, TNGHS pada ketinggian 1000--1200 mdpl, yang digunakan dalam penelitian hanya menunjukkan adanya sedikit korelasi dengan ketinggian (Tabel 4.3). Hal tersebut diduga disebabkan kurangnya kisaran ketinggian yang digunakan dalam penelitian. Kisaran ketinggian yang digunakan dalam penelitian belum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variasi morfologi pada *C. javensis*. Populasi *C. javensis* di gunung Kendeng pada ketinggian 1000--1200 mdpl diduga masih dapat beradaptasi terhadap perubahan kondisi atmosfer lingkungan tanpa mengubah bentuk morfologi secara signifikan.

Tabel 4.3. Hasil regresi linier sederhana antara karakter morfologi (Y) dengan ketinggian (X).

PC	Karakter (Y)	Koef. Korelasi (R)	Koef. Determinasi (R ²)	Persamaan (Y = a + bX)
1	Diameter batang	0,124	0,015	Y = 3,28 + 0,002x
1	Pj. duri upih	0,053	0,003	Y = 3,343 + 0,001x
1	Pj. Petiolus	0,001	1 x 10 ⁻⁶	Y = 1,768 - 2,209.10 ⁻⁵ x
1	<i>Leaflet</i> basal	0,248	0,062	Y = 3,167 - 0,002x
1	Jml.duri upih	0,015	2,25 x 10 ⁻⁴	Y = 8,988 - 0,001x
1	Bentuk <i>leaflet</i> basal	0,131	0,017	Y = 6,215 - 0,002x
2	Bentuk <i>leaflet</i> terminal	0,047	0,002	Y = 4,807 + 0,001x
2	Bentuk <i>leaflet</i> tengah	0,052	0,003	Y = 4,384 + 0,001x
2	Duduk <i>leaflet</i>	0,069	0,005	Y = 0,930 + 0,001x
2	Apeks <i>leaflet</i>	0,000	0,000	Y = 1,321 + 1,133.10 ⁻⁶ x
3	Jumlah <i>leaflet</i>	0,153	0,23	Y = 2,857 + 0,002x
3	Susunan <i>leaflet</i>	0,124	0,015	Y = 2,681 + 0,000x
4	Pj. Internodus	0,022	4,84 x 10 ⁻⁴	Y = 17,978 + 0,001x
4	Pj. Rakhis	0,055	0,003	Y = 17,469 + 0,004x
5	Permukaan <i>leaflet</i>	0,071	0,005	Y = 1,662 + 0,000x
5	<i>Flabellate joined leaflet</i>	0,154	0,024	Y = 0,513 + 0,001x

Perubahan kondisi lingkungan dapat menjadi cekaman (*stress*) pada tumbuhan. Faktor iklim yang dapat memberikan pengaruh terhadap tumbuhan adalah suhu, kelembapan, tekanan atmosfer, dan cahaya. Suhu merupakan faktor iklim yang paling berperan penting dalam membatasi distribusi dari spesies tumbuhan (Hopkins 1999: 436). Suhu yang diterima oleh tumbuhan terkait oleh radiasi sinar matahari dan kelembapan. Semakin tinggi radiasi sinar matahari, suhu akan semakin tinggi (Strahler 1967: 43). Kelembapan yang tinggi akan meredam panas yang diterima oleh tumbuhan.

Perubahan suhu dan kuantitas cahaya dapat memberikan dampak langsung terhadap pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan (Wilczek *dkk.* 2010: 3130). Tekanan yang dihadapi oleh tumbuhan akibat suhu dan kuantitas cahaya adalah energi yang diabsorpsi oleh daun. Energi tersebut dapat menaikkan suhu daun hingga lebih dari 5°C di atas suhu udara (Hopkins 1999: 463).

Salah satu adaptasi morfologi daun terhadap perubahan suhu adalah *leaf pubescence* (Hopkins 1999: 463). *Leaf pubescence* adalah organ tambahan yang menutupi tubuh tumbuhan, seperti trikoma, lapisan lilin, sisik, dan rambut. *Leaf pubescence* yang terdapat pada *leaflet C. javensis* adalah duri-duri halus (*bristle*) yang tersusun di sepanjang venasi *leaflet*. Berdasarkan pengamatan, sebagian besar spesimen *C. javensis* memiliki *bristle*, hanya beberapa yang tidak memiliki *bristle*. Akan tetapi, hasil PCA menunjukkan karakter *bristle* kurang bervariasi dan berada pada PC5. Selain itu, karakter *bristle* pada permukaan *leaflet* juga memiliki sedikit korelasi dengan ketinggian ($R = 0,071$; $R = 0,005$; $Y = 1,662 + 0,00x$).

Morfologi yang sangat beragam dari populasi *C. javensis* di gunung Kendeng pada ketinggian 1000--1200 mdpl belum menunjukkan korelasi yang signifikan terhadap ketinggian. Selain kisaran ketinggian yang kurang luas, variasi pada karakter morfologi tersebut diduga juga dipengaruhi oleh faktor lain selain ketinggian, misalnya kondisi tanah dan komposisi nutrisi dalam tanah (Jones & Luchsinger 1987: 168).

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Populasi *Calamus javensis* di gunung Kendeng, TNGHS cukup bervariasi. Berdasarkan CA, terdapat pengelompokan variasi *C. javensis* menjadi 3 kelompok. Karakter morfologi yang terlihat berbeda antar ketiga kelompok, antara lain diameter batang, jumlah duri upih, panjang duri upih, basal *leaflet*, dan bentuk basal *leaflet*. Kelompok 3 dapat diidentifikasi sebagai *C. javensis* var. *inermis*, namun kelompok 1 dan 2 belum dapat diidentifikasi menggunakan kunci determinasi varietas *C. javensis* Furtado (1956).
2. Karakter morfologi yang paling dapat menjelaskan variasi pada populasi *Calamus javensis* di gunung Kendeng, TNGHS berdasarkan PCA adalah *leaflet* basal, jumlah duri upih, panjang petiolus, bentuk *leaflet* basal, diameter batang, dan panjang duri upih. Akan tetapi, sebaran variasi morfologi *C. javensis* berdasarkan ketinggian masih tersebar.
3. Karakter morfologi populasi *Calamus javensis* di Gunung Kendeng, TNGHS pada ketinggian 1000--1200 mdpl hanya menunjukkan adanya sedikit korelasi dengan ketinggian.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian pengaruh gradien ketinggian terhadap variasi morfologi *Calamus javensis* menggunakan kisaran ketinggian yang lebih luas. Kisaran ketinggian yang disarankan meliputi batas-batas ekstrim distribusi vertikal *C. javensis*.
2. Perlu dilakukan penelitian variasi morfologi *Calamus javensis* beserta kerabatnya yang termasuk ke dalam spesies kompleksnya untuk mengetahui sejauh mana proses evolusi yang telah terjadi pada *C. javensis*

3. Perlu dilakukan penelitian mengenai adaptasi *Calamus javensis* terhadap jenis tanah dan ketersediaan nutrisi dalam tanah.
4. Perlu dilakukan analisis variasi morfologi *Calamus javensis* secara molekuler sehingga dapat diketahui ada tidaknya mekanisme hibrid pada *C. javensis* yang menyebabkan spesies tersebut sangat adaptif.



DAFTAR REFERENSI

- Abrahamson, W.G. 2007. Leaf traits and leaf life spans of two xeric-adapted palmettos. *American Journal of Botany* **94**(8): 1297--1308.
- Appanah, S., A.H. Gentry, & J.V. LaFrankie. 1992. Liana diversity and species richness of Malaysian rain forest. *Journal of Tropical Forest Science* **6** (2): 116--123.
- Atria, M. 2008. *The genus Calamus L. (Palmae) section Coleospathus Griff. Sensu Furtado in Sumatra*. Tesis Universitas Indonesia, Depok: xi + 83 hlm.
- Blume, C.L. 1847. *Rumphia* 3. Lugduni-Batavorum, Leiden: iv + 465 hlm.
- Borchsenius, F. 1999. Morphological variation in *Geonoma cuneata* in Western Ecuador. *Dalam: Henderson, A. & F. Borchsenius (eds.). 1999. Evolution, variation, and classification of palms*. The New York Botanical Garden Press, New York: 5--20.
- Briggs, D. & S.M. Walters. 1984. *Plant variation and evolution*. 2nd ed. Cambridge University Press, Cambridge: xv + 412 hlm.
- Cabrera, H.M., F. Rada, & L. Cavieres. 1998. Effects of temperature on photosynthesis of two morphologically contrasting plant species along an altitudinal gradient in the tropical high Andes. *Oecologia* **114**: 145--152.
- Cassie, R.M. 1969. Multivariate analysis in ecology. *Proceeding of the New Zealand ecological society* **16**: 53--57.
- Cox, C.B. & P.D. Moore. 1980. *Biogeography: An ecological and evolutionary approach* 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York: xi + 234 hlm.
- De Granville, J.J. 1999. Remarks on vegetatif variation in *Bactris* (Palmae) and associated taxonomic problems. *Dalam: Henderson, A. & F. Borchsenius (eds.). 1999. Evolution, variation, and classification of palms*. The New York Botanical Garden Press, New York: 29--34.
- Dransfield, J. 1978. Growth forms of rain forest palms. *Dalam: Tomlinson, P.B. & M.H. Zimmermann (eds.). 1978. Tropical trees as living systems*. Cambridge University Press, New York: 247--268.

- Dransfield, J. 1979. *A manual of the rattans of the Malay Peninsula*. Forest Department, West Malaysia: 270 hlm.
- Dransfield, J. 1986. A guide to collecting palms. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 73 (1): 166--176.
- Dransfield, J. 1992. *The rattans of Sarawak*. Royal Botanic Gardens & Sarawak Forest Department, Malaysia: 223 hlm.
- Dransfield, J. 1999. Species and species concepts in Old World palms. *Dalam:* Henderson, A. & F. Borchsenius (eds.). 1999. *Evolution, variation, and classification of palms*. The New York Botanical Garden Press, New York: 5--20.
- Dransfield, J. & N. Manokaran 1994. *Plant resources of South-East Asia No. 6: Rattans*. Prosea Foundation, Bogor: 137 hlm.
- Furtado, C.X. 1956. Palmae Malesicae XIX: The genus Calamus in the Malayan Peninsula. *Garden's Bulletin Singapore*. 15: 33--265.
- Gentry, A.H. 1991. The distribution and evolution of climbing plants. *Dalam:* Putz, F.E & H.A. Mooney (eds.). 1991. *The biology of vines*. Cambridge University Press, Cambridge: xvii + 535 hlm.
- Harada, K., J.P. Moge, & M. Rahayu. 2005. Diversity, conservation and local knowledge of rattans and sugar palm in Gunung Halimun National Park, Indonesia. *Palms* 49 (1): 25--35.
- Henderson, A. 2006. Traditional morphometrics in plant systematic and its role in palms systematic. *Botanical Journal of the Linnean Society* 151: 103--111.
- Holttum, R.E. 1966. *A revised flora of Malaya, Vol. 2: Ferns of Malaya*. Government Printing Office, Singapore: vii + 653 hlm.
- Hopkins, W.G. 1999. *Introduction to plant physiology*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York: xv + 512 hlm.
- INBAR-FRIM. 2001. *Transfer of technology model (TOTEM): Interplanting rattans in tree plantations*. Forest Research Institute Malaysia, Kuala Lumpur: 42 hlm.
- Jones, S.B. & A.E. Luchsinger. 1987. *Plant systematics* 2nd ed. McGraw-Hill, Inc., New York: xiii + 512 hlm.

- Kodifis, G. & A.M. Bosabalidis. 2008. Effects of altitude and season on glandular hairs and leaf structural traits of *Nepeta nuda* L. *Botanical studies* **49**: 363--372.
- Korner, C. 2007. The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in Ecology and Evolution* **22** (11): 569--574.
- Mayr, E. 1970. *Population, species, and evolution: An abridgement of animal species and evolution*. The Belknap Press of Harvard University Press, Massachusetts: xv + 459 hlm.
- McGarigal, K., S. Cushman & S. Stafford. 2000. *Multivariate statistics for wildlife and ecology research*. Springer-Verlag, New York: xiii + 283 hlm.
- Montesinos-Navarro, A., J. Wig, F.X. Pico, & S.J. Tonsor. 2011. Arabidopsis thaliana populations show clinal variation in a climatic gradient associated with altitude. *New Phytologist* **189**: 282--294.
- Radford, A.E. 1986. *Fundamentals of plant systematic*. Harper & Row Publishers, Inc., New York: xiii + 498 hlm.
- Ridley, M. 1993. *Evolution*. Blackwell Scientific Publication, Inc., Massachusetts: vii + 670 hlm.
- Shukla, R.S. & P.S. Chandel. 1996. *Plant ecology*. S. Chand Company Ltd., New Delhi: vii + 328 hlm.
- Siebert, S.F. 2005. The abundance and distribution of rattan over an elevation gradient in Sulawesi, Indonesia. *Forest Ecology and Management* **210**: 143--158.
- Silberbauer-Gottsberger, I. 1990. Pollination and evolution in palms. *Phyton (Horn, Austria)* **30** (2): 213--233.
- Strahler, A.N. 1967. *Introduction to physical geography*. John Wiley & Sons, Inc., New York: ix + 455 hlm.
- Stuessy, T.F. 1990. *Plant taxonomy: The systematic evaluation of comparative data*. Columbia University Press, New York: xvii + 514 hlm.
- TNGHS. 1999. *Biodiversity conservation project: Gunung Halimun national park mesh map*. TNGHS, Sukabumi: v + 53 hlm.

- TNGHS. 2007. Taman Nasional Gunung Halimun Salak: Menyingkap kabut gunung Halimun Salak. TNGHS, Bogor: vi + 48 hlm.
- Uhl, N.W. & J. Dransfield. 1987. *Genera palmarum: A Classification of palms based on the work of Harold E. Moore, Jr.* Allen Press, Lawrence: xxi + 610 hlm.
- Waite, S. 2000. *Statistical ecology in practice: A guide to analyzing environmental and ecological field data.* Pearson Education Limited, New York: xx + 414 hlm.
- Watanabe, N.M. & E. Suzuki. 2007. Ontogenic development in architecture and biomass allocation of 13 rattan species in Indonesia. *Journal of Plant Research* **120**: 551--561.
- Whitten, T., R.E. Soeriaatmadja & S.A. Afiff. 1996. *The ecology of Java and Bali.* Periplus Editions, Singapura: xxiii + 969 hlm.
- Wilczek, A.M., L.T. Burghardt, A.R. Cobb, M.D. Cooper, S.M. Welch, & J. Schmitt. 2010. Genetic and physiological bases for phenological responses to current and predicted climates. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences* **365**: 3129--3147.
- Wiley, E.O. 1981. *Phylogenetics: The theory and practice of phylogenetic systematic.* John Wiley & Sons, New York: xv + 439 hlm.