



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KARAKTERISASI MORFOLOGI DAN POLA PITA ISOZIM  
PADA UBI KAYU (*Manihot esculenta*, Crantz)  
TINGGI BETA KAROTEN**

**SKRIPSI**

**WAHYU NIRWANTO  
0706264375**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI BIOLOGI  
DEPOK  
JANUARI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KARAKTERISASI MORFOLOGI DAN POLA PITA ISOZIM  
PADA UBI KAYU (*Manihot esculenta*, Crantz)  
TINGGI BETA KAROTEN**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains**

**WAHYU NIRWANTO  
0706264375**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI 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 : Wahyu Nirwanto  
NPM : 0706264375  
Tanda tangan :   
Tanggal : 5 Januari 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Wahyu Nirwanto  
NPM : 0706264375  
Program Studi : Biologi S1 Reguler  
Judul Skripsi : Karakterisasi Morfologi dan Pola Pita Isozim Pada Ubi Kayu (*Manihot Esculenta*, Crantz) Tinggi Beta Karoten

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.

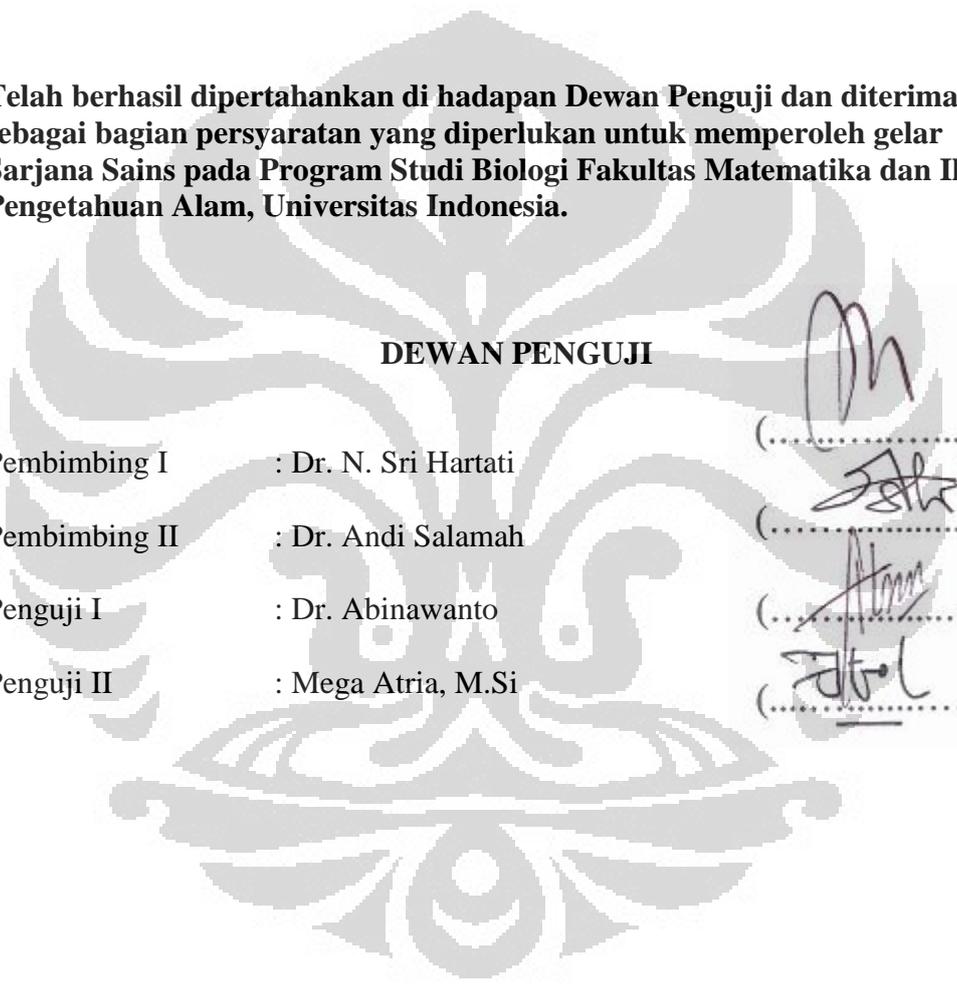
### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. N. Sri Hartati

Pembimbing II : Dr. Andi Salamah

Penguji I : Dr. Abinawanto

Penguji II : Mega Atria, M.Si



(.....)  
(.....)  
(.....)  
(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 5 Januari 2012

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin. Segala puji hanya bagi Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada Rasulullah SAW. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. N. Sri Hartati dan Dr. Andi Salamah selaku pembimbing I dan II yang telah bersedia membimbing dan menyediakan waktu serta terima kasih atas doa, dukungan, dan semangat yang diberikan sehingga skripsi ini dapat selesai.
2. Dr. Abinawanto dan Mega Atria M.Si selaku penguji I dan II atas segala saran dan masukan dalam proses perbaikan skripsi ini.
3. Dr. Wibowo Mangunwardoyo selaku Penasihat Akademik atas segala nasihat, dorongan, dan semangat yang diberikan.
4. Anggota laboratorium Biologi Molekuler 3, LIPI yaitu mas Thoni, mbak Patmi, mbak Wina, mbak Hani, mbak Mida, dan mbak Ima. Tak lupa juga penulis ucapkan terima kasih kepada Pak Nanang dan Pak Mawi atas bantuan di lapangan.
5. Dr. rer. nat Mufti P. Patria, M.Sc. selaku Ketua Departemen Biologi, Dra. Nining B. Prihantini M.Sc selaku Sekretaris Departemen Biologi dan seluruh dosen yang telah memberikan ilmu yang tak ternilai.
6. Dra. Sitaresmi, M.Sc, Dr. Upi Chairun Nisa, dan Dr. rer. nat Yasman M.Sc. atas segala bantuan, nasihat, saran-saran yang telah diberikan selama ini.
7. Inayatur Rohmah rekan seperjuangan penulis atas kebersamaan, bantuan dan semangat dalam melakukan penelitian hingga tersusunnya skripsi ini.

8. CT Himbio 2009, BPH BEM FMIPA UI 2010, dan Bintang Kecil atas pengalaman luar biasa, kebersamaan, dan kekeluargaan yang penulis rasakan saat bersama kalian.
9. Rekan seperjuangan Nesty, Niki, Eja, Mery, Pebeb, Gita dan teman-teman Blossom (2007) yang tak bisa disebutkan satu per satu atas bantuan dan kebersamaan selama ini.
10. Kakak-kakak senior biologi K'Anshor, K'Opunk, K'Ipank (2004) K'Dimar, K'Ira, K'Teni, Ekal (2005), K'Erna, K'Mardha, K'Eka, Bhe, Adit (2006) atas nasihat dan sarannya, serta adik-adik 2008, 2009, 2010 dan 2011 atas persahabatan selama ini. Serta tak lupa kelompok SIGE 2010 dan 2011 yang membuat penulis semakin bersemangat.
11. Seluruh karyawan Departemen Biologi (Bu Ros, Bu Siti, Pak Ana, Pak Ono, Mas Dedi, Mas Arif, Mba Ida, Mba Asri, dan Bu Sofi) atas bantuan selama ini.
12. Kakak-kakak penulis yaitu Mba Tia dan Mas Rosyid serta adik penulis M. Nurul Mustofa atas kasih sayang dan perhatian selama ini.
13. Kedua orang tua penulis Alm. Wartini dan Alm. Ngadimin atas cinta, pengorbanan, doa, dan segala hal yang tak sempat terbalas.
14. Semua pihak yang tak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.

**Penulis**

2012

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA  
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

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

Nama : Wahyu Nirwanto  
NPM : 0706264375  
Program Studi : Biologi S1 Reguler  
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:

Karakterisasi Morfologi dan Pola Pita Isozim Pada Ubi Kayu (*Manihot Esculenta*, Crantz) Tinggi Beta Karoten.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pengkalan 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 : 5 Januari 2012

Yang Menyatakan



(Wahyu Nirwanto)

## ABSTRAK

Nama : Wahyu Nirwanto  
Program Studi : S1 Biologi  
Judul : Karakterisasi Morfologi dan Pola Pita Isozim Pada Ubi Kayu (*Manihot esculenta*, Crantz) Tinggi Beta Karoten

Telah dilakukan penelitian mengenai karakterisasi morfologi ubi kayu (*Manihot esculenta*, Crantz) tinggi beta karoten. Penelitian bertujuan untuk mengetahui keragaman morfologi dan pola pita isozim peroksidase (PER), 6-fosfoglukonat dehidrogenase (6-PGD), sikimat dehidrogenase (SDH), dan enzim malat (ME) pada 5 genotipe ubi kayu Mentega 1, Mentega 2, Roti, Ubi Kuning, dan Adira 1. Hasil pengamatan morfologi dan analisis pola pita isozim diuraikan secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk dendrogram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam satu genotipe terdapat keragaman karakter morfologi tetapi tidak dalam pola pita isozim. Karakter pembeda antar genotipe adalah warna daun muda, warna daun tua, warna pertulangan daun bagian atas, warna petiolus, gigi pada daun, warna batang muda, warna batang tua, dan warna parenkim. Berdasarkan dendrogram pola pita enzim PER, genotipe Adira 1 dan Ubi Kuning berada dalam satu *cluster*.

Kata kunci : beta karoten, elektroforesis, isozim, *Manihot esculenta*, morfologi, ubi kayu.  
xiii + 66 hlm : 20 gambar; 4 tabel  
Daftar referensi : 36 (1995--2011)

## ABSTRACT

Name : Wahyu Nirwanto  
Study Programme : S1 Biologi  
Title : Morphological and Isozyme Characterization of Cassava  
(*Manihot esculenta*, Crantz) High Beta Carotene

Research on morphological and isozyme characterization of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) with high beta-carotene has been done. The study aims to determine the diversity of morphological and isozyme banding pattern of peroxidase (PER), 6-phosphogluconate dehydrogenase (6-PGD), schicimate dehydrogenase (SDH), and malic enzyme (ME) from 5 cassava genotypes (Mentega 1, Mentega 2, Roti, Ubi Kuning, and Adira 1). The results of morphological observation and analysis of isozyme banding pattern was described descriptively and presented in the form of dendrogram. The results showed that there is a diversity of morphological character in a single genotype but not in isozyme banding pattern. The distinguishing characters between the genotypes are colours of: young leaf, old leaf, basal part of leaf venation, petiolus, teethlets on mature leaf, young stem, old trunk, and parenchyma. Based on dendrogram of PER enzyme banding pattern, Adira 1 and Ubi Kuning are put in the same cluster.

Keywords : beta carotene, cassava, electrophoresis, isozyme,  
*Manihot esculenta*, morphology.

xiii + 66 pages: 20 pictures; 4 tables

Bibliography : 36 (1995--2011)

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
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
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Tanaman ubi kayu ( <i>Manihot esculenta</i> , Crantz).....	4
2.2 Ciri morfologi .....	7
2.2.1 Akar .....	7
2.2.2 Batang .....	8
2.2.3 Daun.....	9
2.2.4 Bunga.....	9
2.3 Faktor-faktor memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan.....	11
2.3.1 Faktor eksternal.....	11
2.3.1.1 Suhu.....	11
2.3.1.2 Cahaya.....	11
2.3.1.3 Air dan unsur hara.....	11
2.3.2 Faktor internal.....	12
2.3.2.1 Hormon .....	12
2.4 Isozim.....	12
2.4.1 Peroksidase (PER).....	13
2.4.2 6-fosfoglukonat dehidrogenase (6-PGD).....	14
2.4.3 Sikimat dehidrogenase (SDH).....	14
2.4.4 Enzim malat (ME).....	15
2.5 Elektroforesis .....	15
2.6 Gel Pati.....	16
<b>3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Lokasi dan waktu penelitian.....	17
3.2 Bahan .....	17
3.2.1 Sampel .....	17
3.2.2 Bahan kimia .....	17
3.3 Peralatan.....	18
3.4 Cara Kerja .....	18
3.4.1. Analisis karakter morfologi .....	18
3.4.1.2 Identifikasi karakter morfologi.....	18
3.4.2 Analisis pola pita isozim .....	19
3.4.2.2 Preparasi sampel.....	19
3.4.2.3 Ekstraksi enzim .....	19

3.4.2.4	Preparasi gel pati .....	19
3.4.2.5	Penempatan sampel .....	20
3.4.2.6	<i>Running</i> elektroforesis.....	20
3.4.2.7	Pengirisan gel .....	20
3.4.2.8	Pewarnaan .....	21
3.4.2.9	Interpretasi pita.....	21
3.4.2.10	Analisis data.....	21
<b>4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>22</b>
4.1	Deskripsi morfologi ubi kayu.....	22
4.1.1	Ubi kayu genotipe Mentega 1 .....	22
4.1.2	Ubi kayu genotipe Mentega 2.....	23
4.1.3	Ubi kayu genotipe Roti.....	23
4.1.4	Ubi kayu genotipe Ubi Kuning.....	24
4.1.5	Ubi kayu genotipe Adira 1 .....	24
4.2	Dendrogram karakter morfologi .....	25
4.2.1	Dendrogram dalam satu genotipe .....	26
4.2.1.1	Dendrogram karakter morfologi genotipe Mentega 1.....	26
4.2.1.2	Dendrogram karakter morfologi genotipe Mentega 2.....	28
4.2.1.3	Dendrogram karakter morfologi genotipe Roti.....	28
4.2.1.4	Dendrogram karakter morfologi genotipe Ubi Kuning.....	30
4.2.1.5	Dendrogram karakter morfologi genotipe Adira 1 .....	31
4.2.2	Dendrogram antar genotipe .....	32
4.3	Analisis karakter morfologi.....	33
4.4	Perbandingan morfologi antar genotipe .....	35
4.5	Analisis pola pita isozim .....	40
4.5.1	Isozim enzim malat.....	42
4.5.2	Isozim 6-PGD .....	43
4.5.3	Isozim SDH .....	43
4.5.4	Isozim Peroksidase .....	44
4.6	Dendrogram pola pita isozim .....	45
4.6.1	Dendrogram dalam satu genotipe.....	45
4.6.2	Dendrogram antar genotipe .....	46
<b>5.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>48</b>
5.1	Kesimpulan .....	48
5.2	Saran.....	48
	<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Morfologi ubi kayu .....	5
Gambar 2.2.1	Umbi ubi kayu.....	8
Gambar 2.2.2	Percabangan pada ubi kayu.....	9
Gambar 2.2.3	Morfologi daun ubi kayu.....	10
Gambar 2.2.4	Morfologi bunga ubi kayu.....	10
Gambar 4.1	Lima genotipe tanaman ubi kayu .....	25
Gambar 4.2.1.1	Dendrogram karakter morfologi genotipe Mentega 1.....	27
Gambar 4.2.1.2	Dendrogram karakter morfologi genotipe Mentega 2.....	28
Gambar 4.2.1.3	Dendrogram karakter morfologi genotipe Roti.....	29
Gambar 4.2.1.4	Dendrogram karakter morfologi genotipe Ubi Kuning.....	30
Gambar 4.2.1.5	Dendrogram karakter morfologi genotipe Adira 1.....	31
Gambar 4.2.2	Dendrogram karakter morfologi antar genotipe.....	33
Gambar 4.3	Tipe batang utama pada ubi kayu.....	34
Gambar 4.4.1	Keragaman morfologi daun tiap genotipe.....	37
Gambar 4.4.2	Keragaman morfologi batang tiap genotipe.....	38
Gambar 4.4.3	Keragaman morfologi umbi tiap genotipe .....	39
Gambar 4.5.1	Zimogram enzim pada ubi kayu.....	41
Gambar 4.5.2	Interpretasi pola pita isozim.....	41
Gambar 4.6.1	Dendrogram pola pita PER genotipe roti.....	46
Gambar 4.6.2	Dendrogram pola pita PER antar genotipe.....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Perbandingan komposisi ubi kayu setiap 100 gr.....	5
Tabel 4. 1	Distribusi keseragaman bibit tiap genotipe .....	26
Tabel 4. 4	Karakter pembeda spesifik morfologi ubi kayu .....	40
Tabel 4. 5	Keragaman pola pita isozim PER, 6-PGD, SDH, dan ME .....	42

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Komposisi bufer pengekstrak enzim tanaman (bufer pengekstrak Wickneswari).....	53
Lampiran 2	Komposisi bahan kimia untuk larutan pewarnaan enzim.....	54
Lampiran 3	Pola pita isozim ubi kayu genotipe Mentega 1 .....	55
Lampiran 4	Pola pita isozim ubi kayu genotipe Mentega 2.....	56
Lampiran 5	Pola pita isozim ubi kayu genotipe Roti .....	57
Lampiran 6	Pola pita isozim ubi kayu genotipe Ubi Kuning.....	58
Lampiran 7	Pola pita isozim ubi kayu genotipe Adira 1 .....	59
Lampiran 8	Panduan karakter morfologi ubi kayu .....	60
Lampiran 9	Panduan warna (Methuen Handbook of Colour).....	63
Lampiran 10	Karakter morfologi ubi kayu genotipe Mentega 1.....	64
Lampiran 11	Karakter morfologi ubi kayu genotipe Mentega 2.....	65
Lampiran 12	Karakter morfologi ubi kayu genotipe Roti.....	66
Lampiran 13	Karakter morfologi ubi kayu genotipe Ubi Kuning.....	67
Lampiran 14	Karakter morfologi ubi kayu genotipe Adira 1.....	68

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

Tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta*, Crantz) berasal dari Amerika Latin tepatnya Brazil dan diperkirakan masuk ke wilayah Indonesia pada tahun 1852 (Ceballos *dkk.* 2010: 58). Walaupun bukan tanaman asli, ubi kayu merupakan tanaman yang banyak dibudidayakan di Indonesia, bahkan Indonesia menjadi negara pengekspor ubi kayu dengan produksi yang selalu meningkat tiap tahun. Produksi ubi kayu pada tahun 1998 sebesar 14.664.111 ton dengan luas lahan 1.197.357 ha, sedangkan pada tahun 2006 dengan luas lahan 1.227.459 ha produksi ubi kayu mencapai 19.986.640 ton. Daerah pusat produksi ubi kayu Indonesia adalah Lampung, Jawa Barat, Jawa Tengah, D.I Yogyakarta, Jawa Timur, NTT, dan Sulawesi Selatan (Deptan 2010: 10--11). Selain itu, laju peningkatan produksi ubi kayu dari tahun 2000 hingga 2004 rata-rata 2,69% per tahun (Suyamto *dkk.* 2009: 32). Hal ini menunjukkan bahwa produksi ubi kayu meningkat dari tahun ke tahun.

Peningkatan produksi tersebut dikarenakan ubi kayu memiliki sifat toleran terhadap kekeringan dan resisten terhadap beberapa hama dan penyakit (Ceballos *dkk.* 2007: 366), selain itu dapat hidup di lahan marginal dan tidak membutuhkan banyak air seperti padi. Hal tersebut menunjukkan bahwa ubi kayu merupakan sumber karbohidrat yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia khususnya di daerah marginal. Namun, jumlah peneliti yang melakukan penelitian terhadap ubi kayu terbatas, karena belum banyak yang melihat potensi ubi kayu sebagai alternatif pengganti bahan pokok beras. Hal tersebut disebabkan karena selama ini kandungan nutrisi dari ubi kayu dianggap rendah dan hanya sebatas karbohidrat. Namun demikian, ditemukan beberapa genotipe ubi kayu yang tinggi beta karoten.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian mengenai ubi kayu sangat menarik untuk dilakukan. Penelitian mengenai ubi kayu yang telah dilakukan di Puslit Bioteknologi LIPI diantaranya adalah seleksi dan modifikasi komposisi pati unggul, ubi kayu tinggi beta karoten, dan daya simpan umbi. Pengembangan ubi kayu tinggi beta karoten dilakukan karena genotipe ubi kayu yang banyak

digunakan saat ini memiliki kandungan nutrisi yang rendah seperti protein, beta karoten, dan mineral.

Beta karoten adalah salah satu dari kelompok karotenoid yang berfungsi sebagai prekursor vitamin A. Meskipun beta karoten jumlahnya banyak dan memiliki banyak fungsi dalam tubuh manusia, tetapi defisiensi vitamin A masih menjadi masalah kesehatan masyarakat di dunia. Permasalahan tersebut antara lain kematian janin atau diare dan demam setelah melahirkan pada wanita. Hal tersebut diperburuk dengan rendahnya asupan energi yang rendah di beberapa negara berkembang (Siqueira *dkk.* 2007: 235). Oleh karena itu, diperlukan asupan beta karoten yang tinggi guna mengatasi permasalahan tersebut.

Beberapa genotipe ubi kayu telah diketahui mengandung beta karoten yang tinggi. Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI sejak tahun 2002 telah mengembangkan beberapa genotipe ubi kayu tinggi beta karoten. Genotipe tersebut antara lain Mentega 1, Mentega 2, dan Kuning. Akan tetapi, belum tersedia data-data yang terperinci atau lengkap mengenai daya hasil dan analisis kadar nutrisi lain, karakteristik sifat fisik dan kimia pati ubi kayu untuk genotipe-genotipe yang memiliki kadar beta karoten yang tinggi. Selain itu, diperlukan bibit dengan sifat yang seragam untuk mendukung daya hasil yang tinggi. Upaya untuk mengetahui keragaman suatu tanaman dapat dilakukan berdasarkan perbedaan ciri morfologi atau menggunakan penanda biokimia maupun molekuler.

Untuk mengidentifikasi keragaman genetik dapat dilakukan melalui pendekatan morfologi. Ciri-ciri morfologi dapat digunakan untuk mengkarakterisasi pola keragaman genetik. Namun, sifat yang dapat digambarkan hanya sebagian kecil dari karakter genetik dan cenderung dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Oleh karena itu diperlukan identifikasi genetik secara molekuler untuk melengkapi keterbatasan tersebut (Ashary 2010: 2).

Penanda molekuler merupakan teknik yang efektif dalam analisis genetik dan telah diaplikasikan secara luas dalam program pemuliaan tanaman. Penanda molekuler antara lain penanda isozim dan penanda DNA seperti metode RAPD (Yunus 2007: 249). Penggunaan isozim sebagai penanda molekuler memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan penanda morfologi. Kelebihannya antara lain dapat menganalisis sampel dengan lebih cepat dan akurat, tekniknya lebih mudah

dilakukan (Sulistiyowati 2009: 175) dan bersifat stabil karena tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan serta tidak menunggu tanaman sampai berproduksi (Cahyarini *dkk.* 2004: 79--80).

Analisis keragaman genetik menggunakan empat sistem enzim yaitu peroksidase (PER), 6-fosfoglukonat dehidrogenase (6-PGD), sikimat dehidrogenase (SDH), dan enzim malat (ME). Enzim tersebut dipilih karena pada penelitian terdahulu menunjukkan pola pita yang polimorfik dan juga telah digunakan untuk mengidentifikasi keragaman genetik pada kelapa (Hengky & Hartana 1995), kenaf (Indriani *dkk.* 2008), kedelai (Cahyarini *dkk.* 2004), ganyong (Ashary 2001), jarak pagar (Yunus 2007), talas (Prana *dkk.* 1999), dan kapas (Sulistiyowati *dkk.* 2009).

Indonesia memiliki beberapa daerah penghasil ubi kayu dengan produksi yang tinggi. Akan tetapi, kualitas ubi kayu perlu ditingkatkan untuk memperoleh ubi kayu yang unggul. Peningkatan kualitas dapat diperoleh melalui pemuliaan di lapangan. Saat ini, Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI, Cibinong sedang melakukan pemuliaan beberapa genotipe ubi kayu tinggi beta karoten dari beberapa daerah di Indonesia. Genotipe tersebut antara lain Mentega 1 dan Mentega 2 yang berasal dari Tasikmalaya, Ubi Kuning dari Nusa Tenggara Timur, Adira 1 dari Malang, dan Roti yang berasal dari Bogor.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keragaman beberapa genotipe ubi kayu tinggi beta karoten hasil seleksi dari beberapa daerah di Indonesia dan varietas yang dilepas oleh Kementerian Pertanian yang dibandingkan pula dengan ubi kayu rendah beta karoten. Analisis keragaman dilakukan melalui pengamatan karakter morfologi dan pola pita isozim terhadap tanaman yang diperbanyak dengan stek batang. Selain itu, analisis keragaman genotipe dan dalam genotipe sejenis perlu dilakukan untuk memperoleh data pendukung genotipe ubi kayu yang unggul beta karoten guna penelitian lebih lanjut.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Ubi Kayu (*Manihot esculenta*, Crantz)

Ubi kayu merupakan spesies monoecious (berumah satu) dengan bunga betina mekar 10--14 hari sebelum bunga jantan pada cabang yang sama (Ceballos *dkk.* 2010: 57). Ubi kayu merupakan tanaman perdu (Alves 2002: 67 ;Ceballos *dkk.* 2007: 365) yang dapat tumbuh hingga mencapai tinggi 1--4 meter (Alves 2002: 67 ;TIPS 2007: 5). Periode antara penanaman dan pemanenan berkisar 6--12 bulan untuk genotipe unggul dan lebih dari satu tahun untuk genotipe yang tidak unggul (Gambar 2.1) (Winch 2006: 207).

Klasifikasi tanaman ubi kayu (*Manihot esculenta*, Crantz) menurut Plants Database (2006: 1) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
Superdivisi : Spermatophyta  
Divisi : Magnoliophyta  
Kelas : Magnoliopsida  
Bangsa : Euphorbiales  
Suku : Euphorbiaceae  
Marga : *Manihot*  
Spesies : *Manihot esculenta*, Crantz.

Umbi ubi kayu dapat menghasilkan karbohidrat lebih tinggi 40% dibanding beras dan 25% dibanding jagung. Komposisi umbinya terdiri atas air (70%), tepung (24%), serat (2%), protein (1%), dan senyawa lain termasuk mineral (3%). Umbi merupakan komponen makanan yang penting dalam menyediakan proporsi besar asupan kalori per hari (Tonukari 2004: 5). Kandungan kalori umbi segar ubi kayu sebesar 153 kalori sangat memadai untuk konsumsi langsung sebagai bahan pangan pokok (Tabel 2.1) (Bantacut 2010: 4).



Gambar 2. 1 Morfologi ubi kayu  
[Sumber: Dokumentasi pribadi].

Tabel 2.1 Perbandingan komposisi ubi kayu setiap 100 g

Bahan	Energi (kcal)	Protein (kcal)	Besi (kcal)	Vitamin A (mg)	Thiamin (mg)	Niacin (mg)	Vitamin C (mg)	Air (%)	Serat (g)
Umbi segar	153	0.7	1.0		0.07	0.7	30	60	1.0
Tepung (Umbi kering)	342	1.5	2.0		0.04	0.8	0	12	1.5
Daun segar	91	7.0	7.6	2000	0.25	2.4	311	70	4.0
Daun kering	194	32.5	8.0					27	

[Sumber: Bantacut 2010: 4].

Tanaman ubi kayu mengandung senyawa glikosida sianogenik dalam bentuk linamarin. Senyawa glikosida sianogenik terdapat di semua jaringan tanaman ubi kayu kecuali pada biji. Glikosida sianogenik disintesis dengan bantuan enzim linamarase untuk menghasilkan HCN (asam sianida) (Ceballos

*dkk.* 2007: 366). Berdasarkan kandungan asam sianida, terdapat dua tipe ubi kayu yaitu tipe manis dan pahit. Ubi kayu dikatakan manis jika kandungan HCN <100 mg/kg berat segar umbi dan dapat dikatakan pahit jika kandungan HCN >100 mg/kg (Ceballos *dkk.* 2007: 366; Winch 2006: 206).

Ubi kayu dapat hidup di daerah antara 30° LU dan 30° LS, dan pada ketinggian dari 0 hingga 1800 meter dpl (Ceballos *dkk.* 2007: 365). Ubi kayu dapat hidup pada lahan marginal (Alves 2002: 67 ;Tonukari 2004: 5 ;Ceballos *dkk.* 2007: 366), toleran terhadap kekeringan, dan resisten terhadap hama dan penyakit. Ubi kayu juga secara alami toleran terhadap tanah yang asam (Ceballos *dkk.* 2007: 366). Ubi kayu tidak dapat hidup di daerah beriklim sedang dan hingga sekarang hanya bisa tumbuh di daerah beriklim tropis dan subtropis (Ceballos *dkk.* 2010: 58). Temperatur yang dibutuhkan antara 25--30 °C dengan pH tanah 5,5--6,5 (TIPS 2007: 6).

Genus *Manihot* telah diketahui memiliki total 98 spesies (Nassar & Ortiz 2009: 429) tetapi hanya *Manihot esculenta* Crantz yang dikultivasi secara komersil (Alves 2002: 67). Secara konvensional, ubi kayu dapat diperbanyak menggunakan biji atau stek batang. Menurut (Alves 2002: 67 ;Ceballos *dkk.* 2010: 54), stek batang merupakan cara yang paling umum digunakan termasuk di Indonesia. Beberapa genotipe ubi kayu yang telah dikembangkan di Indonesia adalah Mentega, Wunggu, Roti, Adira 1, Adira 2, Malang 1, dan Malang 2 (Deptan 2010: 10).

Tiap bagian tanaman ubi kayu dapat digunakan tetapi baru umbinya saja yang dijadikan produk industri (Ceballos *dkk.* 2007: 366). Umbi ubi kayu dapat diolah menjadi dekstrin pada industri tekstil, asam sitrat pemberi rasa asam standar dalam pembuatan makanan dalam kaleng, monosodium glutamat, glukosa kristal dan *dextrose monohydrate* pada industri farmasi dan minuman instan (Deptan 2010: 7). Selain itu, umbinya juga dapat digunakan untuk makanan ternak. Makanan ternak dibuat dari proses mengubah umbi menjadi pelet atau keripik dan ditambahkan kacang kedelai atau daun ubi kayu karena miskin akan vitamin (TIPS 2007: 11).

## 2.2 Ciri Morfologi

Ciri atau karakter morfologi dapat digunakan untuk membedakan keragaman genetik di antara varietas (Trimanto *dkk.* 2010: 7). Karakter morfologi juga berperan penting dalam program pemuliaan tanaman terhadap karakter yang ingin diperoleh pemulia. Prosedur yang mudah, ringkas, dan murah menjadi keunggulan dari karakter morfologi. Bahkan, hingga saat ini para ahli taksonomi mengklasifikasikan tumbuhan berdasarkan pada karakter morfologi (Khalid *dkk.* 2010: 2995).

Variasi morfologi dapat dideskripsikan dengan mengamati karakter struktur morfologi organ vegetatif, morfologi organ reproduktif, sitologi, fenologi, ekologi, dan geografi. Semakin banyak kesamaan karakter maka hubungan kekerabatannya akan semakin dekat (Radford 1986: 111, 407 *lihat* Hajar 2011: 9). Khalid *dkk.* (2010) menggunakan karakter morfologi untuk melihat variasi pada marga *Brassica*. Karakter morfologi yang digunakan adalah warna tanaman, warna bunga, dan bentuk daun. Penelitian lain yang dilakukan Hajar (2011) juga menggunakan karakter morfologi bentuk daun untuk mengetahui variasi pada *Hibiscus rosa-sinensis*.

### 2.2.1 Akar

Akar merupakan organ penyimpanan utama pada ubi kayu. Ketika ubi kayu diperbanyak dari biji maka sistem akar tunjang berkembang. Radikula dari biji yang berkecambah tumbuh secara vertikal ke bawah dan berkembang menjadi akar tunjang. Kemudian, akar tunjang dan beberapa akar adventif menjadi akar penyimpanan. Sedangkan, jika ubi kayu diperbanyak melalui stek batang akan muncul akar adventif. Akar adventif berkembang membentuk sistem akar serabut (Alves 2002: 68).

Secara anatomi, akar ubi kayu bukan akar umbi, tetapi akar sejati yang tidak bisa digunakan untuk memperbanyak vegetatif. Akar penyimpanan pada ubi kayu memiliki tiga jaringan berbeda yaitu periderm, korteks, dan parenkim. Ukuran dan bentuk akar tergantung kondisi genotipe dan lingkungan (Gambar 2.1) (Alves 2002: 68).

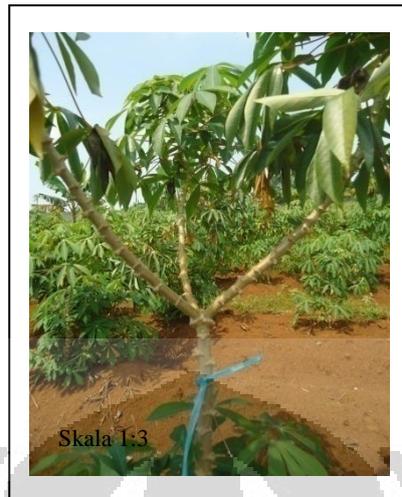
### 2.2.2 Batang

Secara umum batang ubi kayu berbentuk silinder dan dibentuk oleh nodus dan internodus. Ubi kayu yang tumbuh dari stek batang dapat menghasilkan batang primer sebanyak tunas yang terdapat pada batang yang distek. Beberapa genotipe memiliki dominansi apikal yang kuat. Hal tersebut menyebabkan hanya terdapat satu batang yang berkembang (Alves 2002: 68).

Batang ubi kayu memiliki percabangan simpodial. Batang utama dapat terbagi dua, tiga, atau empat bagian. Bagian-bagian tersebut menghasilkan cabang lainnya. Percabangan tersebut terjadi karena induksi perbungaan (Gambar 2.2.2) (Alves 2002: 68--69).



Gambar 2.2.1 Umby ubi kayu  
[Sumber: Dokumentasi pribadi].



Gambar 2.2.2 Percabangan pada ubi kayu  
[Sumber: Dokumentasi pribadi].

### 2.2.3 Daun

Daun ubi kayu termasuk daun yang tidak lengkap (*incompletus*) karena hanya terdiri atas lamina dan tangkai daun. Daunnya memiliki pertulangan daun menjari dan terdiri atas 3--9 lobus dan memiliki filotaksis 2/5. Letak daun yang dekat dengan perbungaan biasanya berukuran lebih kecil dan hanya terdiri atas 3 lobus (Alves 2002: 70).

Permukaan atas daun dilapisi kutikula yang mengkilap. Stomata terdapat pada bagian bawah (abaksial) daun dan memiliki bentuk parasitik. Tiap daun yang sudah dewasa akan dikelilingi dua stipula dengan panjang kira-kira 0.5--1.0 cm. Panjang petiolus daun biasanya bervariasi antara 5--30 cm (Gambar 2.2.3) (Alves 2002: 70).

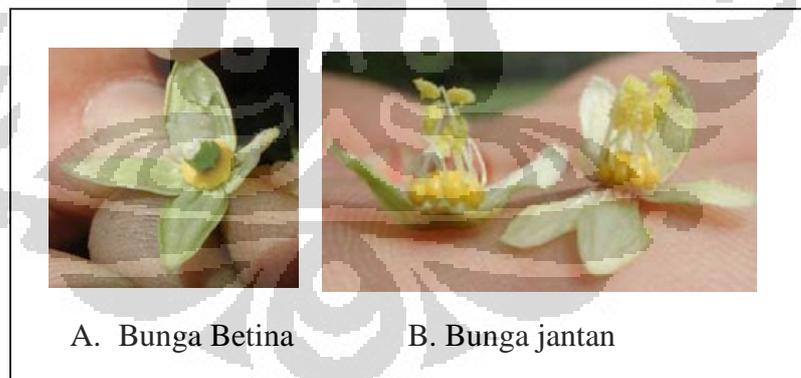
### 2.2.4 Bunga

Ubi kayu menghasilkan bunga jantan (stamen) dan betina (pistil) dalam satu pohon (monoecious). Bunga ubi kayu tidak memiliki struktur calyx atau corolla tetapi ada struktur yang disebut perianth atau perigonium. Ukuran bunga jantan setengah dari ukuran bunga betina. Pedicelus bunga jantan tipis, lurus, dan

pendek, sedangkan pediculus bunga betina tebal, melengkung, dan panjang (Gambar 2.2.4). Bunga ubi kayu mengalami protogini dimana bunga betina pada perbungaan yang sama dengan bunga jantan membuka 1--2 minggu lebih cepat (Alves 2002: 70--71).



Gambar 2.2.3 Morfologi daun ubi kayu [Sumber: dokumentasi pribadi].



Gambar 2.2.4 Morfologi bunga ubi kayu [Sumber: Ceballos *dkk.* 2010: 56].

## **2.3 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Pertumbuhan dan Perkembangan Tumbuhan**

### 2.3.1 Faktor eksternal

#### 2.3.1.1 Suhu

Suhu memengaruhi laju respirasi pada tumbuhan. Respirasi akan meningkat seiring meningkatnya suhu (Lakitan 1995: 165). Suhu yang diperlukan tiap tumbuhan berbeda-beda. Oleh karena itu, laju respirasi pada tumbuhan yang hidup di daerah tropis, temperate, dan artik berbeda-beda. Suhu juga berpengaruh terhadap fotosintesis. Secara umum, suhu optimum untuk fotosintesis setara dengan suhu siang hari pada habitat asal tumbuhan tersebut.

#### 2.3.1.2 Cahaya

Fotosintesis, transpirasi, dan respirasi pada tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan cahaya. Fotoperiodisitas (lamanya penyinaran) cahaya dapat berpengaruh terhadap proses pembungaan (Rasidi 2004: 3.19). Selain itu, cahaya dapat memengaruhi tinggi suatu tanaman. Tanaman yang mengalami kekurangan cahaya biasanya lebih tinggi dari tanaman yang mendapat cahaya cukup (Sitompul & Guritno 1995: 95).

#### 2.3.1.3 Air dan unsur hara

Kurangnya ketersediaan air dapat menghambat laju fotosintesis, terutama karena pengaruhnya terhadap turgiditas sel penjaga stomata. Jika kekurangan air, maka turgiditas sel penjaga akan menurun. Hal ini menyebabkan stomata menutup. Penutupan stomata akan menghambat serapan CO<sub>2</sub> yang dibutuhkan untuk fotosintesis (Lakitan 1995: 158--159).

Unsur hara yang diperlukan tumbuhan terdiri atas unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro merupakan unsur hara yang diperlukan tumbuhan dalam jumlah yang banyak. Unsur hara makro terdiri atas unsur-unsur C, H, N, O, P, Mg, Ca, S dan K. Sedangkan, unsur hara mikro merupakan unsur-unsur yang diperlukan tumbuhan dalam jumlah yang sedikit. Kebanyakan unsur hara mikro dibutuhkan dalam jumlah 0,1--1,0 µg/L. Unsur hara mikro antara lain Zn, B, Cl, Cu, Ni, Mo dan Fe (Hopkins 1999: 64).

### 2.3.2 Faktor internal

#### 2.3.2.1 Hormon

Hormon adalah senyawa kimia yang memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan sel dan organ tumbuhan. Terdapat 5 kelompok hormon yang telah diketahui yaitu auksin, giberelin, sitokinin, asam absisat, dan gas etilen. Selain kelima kelompok tersebut, terkadang muncul dua kelompok lain yang aktif dalam regulasi pertumbuhan tumbuhan yaitu brassinosteroid dan poliamina. Tiap kelompok hormon tersebut memiliki peran yang berbeda-beda. Auksin merupakan hormon yang berfungsi menstimulus elongasi sel dan menekan pertumbuhan tunas aksilar. Adanya auksin pada bagian pucuk dapat menyebabkan dominansi apikal. Dominansi apikal adalah suatu keadaan tunas apikal menekan pertumbuhan tunas aksilar sehingga tunas aksilar tidak dapat tumbuh. Hal tersebut berlawanan dengan kerja sitokinin yang memicu pertumbuhan tunas aksilar (Hopkins 1999: 309, 317).

## 2.4 Isozim

Penggunaan karakter kimiawi untuk mempelajari keragaman genetik tumbuhan telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir. Kandungan kimiawi yang diteliti sangat beragam seperti minyak atsiri, senyawa fenol, protein, DNA, dan isozim. Teknik tersebut terbukti mampu mengungkap keragaman genetik pada berbagai jenis tumbuhan dengan kualitas hasil yang stabil (Prana *dkk.* 1999: 81). Penelitian yang mendeteksi variasi isozim menggunakan

elektroforesis telah banyak dilakukan (Abdullah 2001: 39). Tanaman yang telah diteliti menggunakan teknik tersebut antara lain kelapa (Hengky & Hartana 1995), kenaf (Indriani *dkk.* 2008), kedelai (Cahyarini *dkk.* 2004), ganyong (Ashary 2010), jarak pagar (Yunus 2007), talas (Prana *dkk.* 1999), dan kapas (Sulistiyowati *dkk.* 2009).

Enzim merupakan protein biokatalisator untuk proses-proses fisiologis tanaman yang pengadaannya dan pengaturannya dikontrol secara genetik (Indriani *dkk.* 2008: 1795). Isozim atau isoenzim adalah enzim yang merupakan produk langsung dari gen yang memiliki molekul aktif dan struktur kimia yang berbeda tetapi mengkatalisis reaksi kimia yang sama (Yunus 2007: 249). Isozim relatif bebas dari pengaruh lingkungan sehingga dapat digunakan sebagai ciri genetik untuk mempelajari dan mengidentifikasi keragaman individu atau suatu genotipe (Sulistiyowati 2009: 175).

Meskipun penanda morfologi dapat digunakan untuk identifikasi genotipe, namun analisis isozim penting digunakan ketika penanda morfologi kurang memadai. Sebagai penanda biokimia, isozim memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan penanda morfologi. Kelebihannya antara lain dapat menganalisis sampel dengan cepat dan tekniknya lebih mudah dilakukan (Sulistiyowati 2009: 175). Kelebihan lainnya adalah isozim diatur oleh gen tunggal dan merupakan produk langsung gen. Penanda tersebut bersifat stabil karena tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan, lebih cepat dan akurat karena tidak menunggu tanaman sampai berproduksi (Cahyarini *dkk.* 2004: 79--80). Isozim dapat diamati pada zimogram setelah elektroforesis melalui pewarnaan (Abdullah 2001: 39).

#### 2.4.1 Peroksidase (PER)

Peroksidase termasuk enzim oksido reduktase. Peroksidase berperan dalam pertumbuhan, diferensiasi, dan pertahanan (Cahyarini *dkk.* 2004: 80). Reaksi yang dikatalisis oleh enzim peroksidase akan mereduksi hidrogen peroksida dengan mengorbankan beberapa substansi yang akan bertindak sebagai

akseptor elektron (Mayes 2003: 124). Persamaan reaksi yang berlangsung sebagai berikut:



Peroksidase telah banyak digunakan untuk mengidentifikasi tanaman karena mempunyai pola pita yang jelas dan polimorfik. Selain itu, aktivitas enzim peroksidase mudah dideteksi karena aktivitasnya yang luar biasa pada jaringan (Cahyarini *dkk.* 2004: 80). Telah banyak tanaman yang telah diidentifikasi berdasarkan aktivitas peroksidase antara lain kapas (Sulistyowati *dkk.* 2009), kedelai (Cahyarini *dkk.* 2004), dan kelapa (Hengky & Hartana 1995).

#### 2.4.2 6-fosfoglukonat dehidrogenase (6-PGD)

Enzim 6-fosfoglukonat dehidrogenase mengkatalisis 6-fosfo-D-glukonat menjadi D-ribulosa 5-fosfat. Pada umumnya enzim golongan dehidrogenase bekerja dengan NADP dan  $\text{NAD}^+$  yang digunakan sebagai kofaktor. Salah satu tanaman yang diteliti menggunakan enzim 6-PGD adalah talas oleh Prana *dkk.* (1999).

Persamaan reaksi yang berlangsung sebagai berikut:



#### 2.4.3 Sikimat dehidrogenase (SDH)

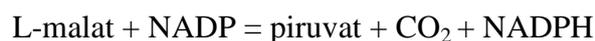
Enzim sikimat dehidrogenase merupakan kelompok enzim dehidrogenase. Ciri kelompok tersebut adalah menggunakan NADP. Enzim sikimat berfungsi merubah sikimat menjadi 5-dehidro sikimat. Salah satu tanaman yang diteliti menggunakan enzim sikimat dehidrogenase adalah talas oleh Prana *dkk.* (1999).

Persamaan reaksi yang berlangsung sebagai berikut:



#### 2.4.4 Enzim malat (ME)

Enzim malat merupakan kelompok enzim dehidrogenase. Ciri kelompok tersebut adalah menggunakan NADP. Enzim malat mengkatalisis perubahan malat menjadi piruvat (Mayes 2003: 207). Reaksi yang berlangsung sebagai berikut:



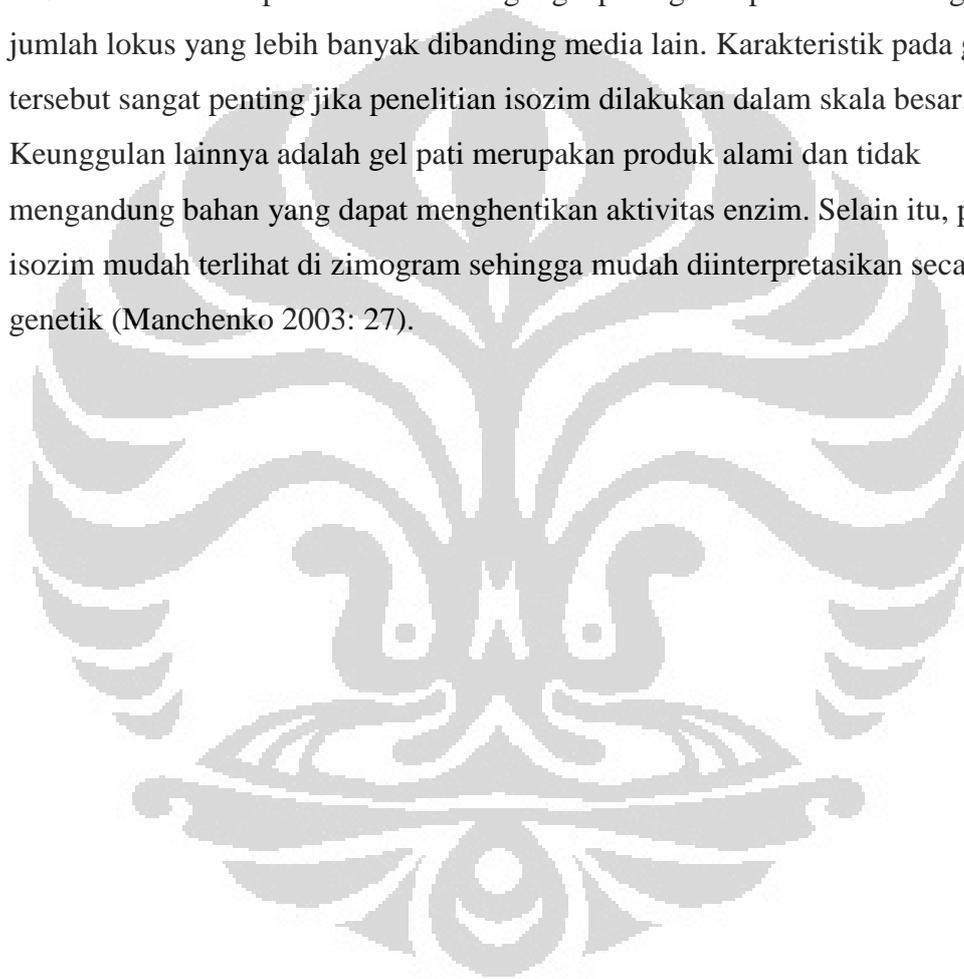
### 2.5 Elektroforesis

Elektroforesis adalah suatu cara analisis kimiawi yang didasarkan pada pergerakan molekul-molekul protein bermuatan di dalam medan listrik (isoelektrik). Pergerakan molekul medan listrik dipengaruhi oleh bentuk, ukuran, dan sifat kimia dari molekul (Pratiwi 2001: 27). Prinsip dasar elektroforesis adalah bahwa setiap genom tumbuhan (enzim/protein dan DNA) mempunyai berat yang berbeda-beda sehingga kecepatan Bergeraknya pada media gel juga berbeda-beda dan hal ini dapat dilihat melalui pewarnaan. Perbedaan jarak migrasi pada pita-pita merupakan wujud dari perbedaan muatan dan bentuk molekul. Molekul-molekul akan ditarik berlawanan dengan medan listrik, sehingga molekul-molekul yang bermuatan positif akan bermigrasi ke elektroda positif dan begitu juga sebaliknya (Wigati 2003: 73).

Metode elektroforesis dapat digunakan untuk memisahkan isozim pada gel pati maupun gel poliakrilamid. Hasilnya berupa zimogram pola pita yang diperoleh setelah dilakukan pewarnaan. Zimogram hasil elektroforesis bercorak khas sehingga dapat digunakan sebagai ciri untuk mencerminkan perbedaan genetik (Indriani *dkk.* 2008: 1795). Perbedaan genetik tersebut dapat digunakan untuk mempelajari keragaman individu dalam suatu populasi, klasifikasi tanaman, identifikasi kultivar, dan penanda ketahanan terhadap penyakit tertentu (Yunus 2007: 250).

## 2.6 Gel Pati

Gel pati merupakan media yang sering digunakan untuk elektroforesis enzim dalam penelitian bidang genetika populasi dan sistematika biokimia. Hal tersebut dikarenakan beberapa keunggulan dari gel pati dibanding media lainnya. Keunggulan tersebut antara lain gel dapat dengan mudah diiris menjadi beberapa irisan gel. Satu potongan gel setebal 1 cm dapat diiris menjadi 8--10 irisan. Hal tersebut membantu peneliti untuk mengungkapkan genotipe individu dengan jumlah lokus yang lebih banyak dibanding media lain. Karakteristik pada gel pati tersebut sangat penting jika penelitian isozim dilakukan dalam skala besar. Keunggulan lainnya adalah gel pati merupakan produk alami dan tidak mengandung bahan yang dapat menghentikan aktivitas enzim. Selain itu, pola isozim mudah terlihat di zimogram sehingga mudah diinterpretasikan secara genetik (Manchenko 2003: 27).



## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Biologi Molekuler, Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI, Cibinong. Penelitian dilakukan mulai bulan Februari hingga Oktober 2011.

### 3.2 Bahan

#### 3.2.1 Sampel

Sampel yang digunakan untuk karakterisasi morfologi menggunakan tanaman dari 5 genotipe ubi kayu. Kelima genotipe ubi kayu yang di uji terdiri atas empat genotipe tinggi beta karoten yaitu Adira 1, Mentega 1, Mentega 2, dan Ubi Kuning serta satu genotipe rendah beta karoten yaitu Roti sebagai pembanding. Uji keragaman pola pita isozim dilakukan menggunakan pucuk daun muda dari 5 genotipe tersebut dari kebun plasma nutfah Puslit Bioteknologi LIPI, Cibinong.

#### 3.2.2 Bahan kimia

Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah pati [SIGMA], asam borat [SIGMA], asam askorbat [SIGMA], sukrosa [SIGMA], tween 80 [ALDRICH],  $MgCl_2$  [SIGMA],  $CaCl_2$  [MERCK], 200 M Polyethylene glycol [SIGMA], tergitol [SIGMA],  $\beta$ -mercaptoethanol [SIGMA], 2-phenoxyethanol [SIGMA], EDTA (Disodium salt, dihydrate) [SIGMA], egg albumin [SIGMA], dithiotheritol [SIGMA], Sodium Diethyldithiocarbamic Acid (DIECA) [SIGMA],  $Na_2S_2O_5$  [MERCK], PVP-25000 [MERCK], 3-amino-9-etil-karbazol [SIGMA],  $CaCl_2$  [MERCK], sodium asetat [SIGMA],  $H_2O_2$  30%, *buffer* Tris HCl 1 M pH 8,5, asam 6-fosfolukonat [SIGMA], NADP [SIGMA],  $MgCl_2$ , NBT [SIGMA], PMS [SIGMA], asam sikimat [SIGMA], dan Na-malat [SIGMA].

### 3.3 Peralatan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian di lapangan adalah penggaris [BUTTERFLY], jangka sorong [OSAKA], kamera [CANON] dan alat tulis.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian di laboratorium adalah cetakan gel, timbangan digital [PRECISA], sample plate [NUNC], *freezer* [MODENA], *refrigerator* [SANSIO], *power supply* [E.C APPARATUS CORPORATION], mistar, erlenmeyer [PYREX], pengukur pH [CYBERSCAN pH 310], pemanas, sarung tangan, gelas ukur [PYREX], inkubator, seperangkat alat elektroforesis, dan kamera [CANON].

### 3.4 Cara Kerja

#### 3.4.1. Analisis karakter morfologi

##### 3.4.1.1 Perbanyak ubi kayu

Sampel ubi kayu yang diuji ditanam di lahan pembibitan dengan perbanyak melalui stek batang. Stek batang menggunakan beberapa batang untuk tiap genotipe dari ujung hingga pangkal batang dengan tiap stek batang terdiri atas 2-3 nodus. Setelah 4 minggu bibit ubi kayu dipindahkan ke lapangan. Jarak tanam antara satu stek dengan yang lain adalah 50 cm.

##### 3.4.1.2 Identifikasi karakter morfologi

Pengamatan morfologi dilakukan secara langsung di lapangan dan dilakukan saat tanaman ubi kayu berumur 8 bulan. Identifikasi morfologi meliputi tipe tanaman, jumlah level cabang, tipe batang utama, tinggi tanaman, diameter batang, panjang ruas, warna batang tua, warna batang muda, warna parenkim, bulu pada daun muda, bentuk lobus, jumlah lobus, warna daun muda yang belum membuka sempurna (pucuk), warna daun tua, warna tulang daun bagian atas, gigi pada daun tua, warna permukaan atas tangkai daun di batang bagian bawah, warna tangkai daun bagian atas di batang bagian tengah, warna tangkai daun bagian atas

di batang bagian ujung, warna tangkai daun bagian bawah di batang bagian tengah, panjang tangkai daun, dan ukuran lobus daun dewasa (Deptan 2007: 12--14). Standar warna yang digunakan mengikuti Metheun Handbook of Colour (Lampiran 9).

Identifikasi warna parenkim dilakukan dengan cara mengelupas bagian epidermis batang tua kemudian dilihat warna batang yang terkelupas tersebut.

### 3.4.2 Analisis pola pita isozim

#### 3.4.2.2 Preparasi sampel

Sampel untuk analisis pola pita isozim diambil dari bagian pucuk daun muda ubi kayu berumur 5 bulan yang ditanam di lahan Puslit Bioteknologi LIPI, Cibinong, Bogor.

#### 3.4.2.3 Ekstraksi enzim

Ekstraksi enzim dilakukan dengan cara menggerus 0,5 gram pucuk daun muda ubi kayu sampai halus dengan menggunakan mortar dan menambahkan 0,5 ml *buffer* pengestrak (Lampiran 1). Proses penggerusan dilakukan menggunakan mortar yang ditaruh di tempat yang dingin sehingga suhu sampel tetap berada di bawah 4 °C. Hal tersebut dilakukan agar enzim tidak mengalami denaturasi.

#### 3.4.2.4 Preparasi gel pati

Gel dibuat dengan cara menimbang 45,5 g pati dimasukkan ke dalam erlenmeyer 1000 ml dan ditambahkan 35 ml gel *buffer* serta akuades hingga volume mencapai 350 ml. Larutan tersebut dikocok hingga larut. Kemudian dipanaskan di atas pemanas sambil dikocok sampai warna larutan terlihat transparan dan muncul gelembung-gelembung halus. Gelembung tersebut dikeluarkan dengan aspirator dan gel pati dituang ke dalam cetakan gel. Setelah dingin dan memadat, gel ditutup dengan plastik *wrap* untuk menghindari

gelembung udara dan selanjutnya disimpan dalam ruangan bersuhu 20--25 °C selama 20 jam atau sampai digunakan (Wigati *dkk.* 2003: 75).

#### 3.4.2.5 Penempatan sampel

Ekstrak enzim yang akan diuji dikeluarkan dari freezer dan dibiarkan kurang lebih 5 menit sehingga ekstrak tersebut mencair. Pemuatan enzim ke dalam gel dilakukan dengan cara memasukkan potongan kertas saring Whatman 0,5 cm ke dalam ekstrak pucuk daun. Potongan kertas saring diangkat kemudian disisipkan ke dalam gel pati yang telah disediakan dan diberi lubang (Bhagawati 2008: 3). Sebagai indikator adanya pergerakan maka pada celah irisan gel tersebut diberikan sedikit pewarna *fast blue*. Setiap satu gel dapat digunakan untuk 20--30 sampel (Wigati *dkk.* 2003: 75).

#### 3.4.2.6 *Running* elektroforesis

Gel yang telah disiapkan kemudian diletakkan secara horizontal di atas alat elektroforesis yang telah berisi larutan *buffer* elektroda. *Running* dilakukan dari elektroda negatif ke elektroda positif. Proses tersebut dilakukan di dalam lemari pendingin dengan suhu 4 °C (Pratiwi 2001: 29) dengan arus konstan 40 mA/cm<sup>2</sup>, voltase 110 volt selama 240 menit (4 jam) (Wigati *dkk.* 2003: 75).

#### 3.4.2.7 Pengirisan gel

Gel yang digunakan untuk *running* memiliki ketebalan 1 cm. Gel diletakkan kemudian ditandai pada bagian sisinya dengan mengiris ujung gel. Kemudian gel tersebut dipindahkan ke atas kaca sehingga posisi gel terbalik, Selanjutnya, wadah untuk memotong gel diletakkan di atas gel yang terbalik, kemudian posisi gel dikembalikan ke posisi semula, di mana kaca ada di bagian atas. Gel hasil *running* dipotong tipis setebal 1 mm menggunakan senar gitar. Setiap selesai memotong satu irisan gel, ditambahkan lempeng plastik 1 mm pada bagian atas gel sebagai alat untuk memindahkan gel yang telah teriris. Setiap

irisian diambil secara hati-hati selanjutnya gel ditempatkan di dalam wadah kotak untuk pewarnaan (Prana *dkk.* 1999).

#### 3.4.2.8 Pewarnaan

Proses pewarnaan didasarkan pada metode yang dilakukan Prana *dkk.* (1999) (Lampiran 2). Pewarnaan yang dilakukan pada tiap sistem enzim berbeda-beda. Gel yang berada dalam wadah diberi larutan pewarna enzim. Setelah diberi larutan pewarna, gel kemudian diinkubasi ke dalam inkubator pada suhu 50 °C selama semalam (12 jam) . Setelah pita yang muncul tampak jelas, inkubasi segera dihentikan dengan membuang larutan pewarna dan mengganti dengan larutan fiksasi. Tujuan penggunaan larutan fiksasi untuk menghentikan aktivitas isozim. Larutan fiksasi yang digunakan adalah asam asetat glasial 7%.

#### 3.4.2.9 Interpretasi pita

Pola pita isozim hasil elektroforesis kemudian diamati dan digambar sebagai zimogram pada *scoring sheet*. Adanya keragaman pola pita ditandai dengan munculnya beberapa pola pita yang berbeda pada zimogram.

#### 3.4.2.10 Analisis data

Analisis data morfologi dilakukan secara deskriptif. Analisis deskriptif juga dilakukan pada pola pita hasil elektroforesis. Pola pita pada zimogram diamati keragamannya berdasarkan jenis pola pita. Analisis statistik data morfologi dan pola pita isozim dianalisis dengan *hierarchical cluster analysis* metode *nearest neighbor* pada software SPSS 16.0 *for windows*. Data kualitatif morfologi diubah menjadi data kuantitatif berdasarkan panduan pengujian individual, kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan yang diterbitkan oleh Pusat Perlindungan Varietas Tanaman, Departemen Pertanian RI. Data kualitatif pola pita isozim diubah menjadi data biner dengan diberi nilai 0 untuk pita yang tidak ada dan nilai 1 untuk pita yang tampak.

## **BAB 4**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Deskripsi Morfologi Ubi Kayu**

Penelitian mengenai karakter morfologi dilakukan pada beberapa genotipe ubi kayu yaitu, Mentega 1, Mentega 2, Roti, Ubi Kuning, dan Adira 1. Ubi kayu yang diteliti diperoleh melalui perbanyakan dengan metode stek batang dari ubi kayu koleksi Bioteknologi LIPI yang memiliki beta karoten 5-16 kali lipat dibanding genotipe ubi kayu dari Afrika. Karakterisasi ubi kayu menggunakan panduan pengujian individual, kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan yang diterbitkan oleh Pusat Perlindungan Varietas Tanaman, Departemen Pertanian RI tahun 2007 (Lampiran 8). Panduan tersebut disusun oleh Komisi Perlindungan Varietas Tanaman dan Tim Teknis ahli di bidang tanaman ubi kayu. Karakter tersebut meliputi daun, batang, dan umbi. Identifikasi karakter morfologi berdasarkan karakter daun, batang, dan umbi untuk kelima genotipe yang diuji disajikan pada lampiran 10--14. Berdasarkan data-data karakter yang diperoleh, data hasil dapat dideskripsikan secara umum. Deskripsi masing-masing genotipe yang diamati adalah sebagai berikut:

##### **4.1.1 Ubi Kayu Genotipe Mentega 1**

Genotipe Mentega 1 secara umum menunjukkan tipe pertumbuhan yang bercabang dengan tinggi tanaman berkisar 75--150 cm (Gambar 4.1A). Hasil pengamatan terhadap morfologi genotipe Mentega 1 diperoleh sebagai berikut :

Daun : berwarna hijau tua pada daun tua dan berwarna coklat pada daun muda (pucuk); lobus berbentuk lanset dan berjumlah 7 lobus; daun bagian bawah yang lebih tua memiliki petiolus berwarna merah dan daun bagian atas yang lebih muda (hingga nodus ke-5 dari pucuk) memiliki petiolus berwarna hijau dengan kemerahan dekat daun; pertulangan daun berwarna merah muda.

Batang: berbentuk silindris; berwarna coklat kemerahan pada batang tua dan berwarna hijau muda pada batang muda; parenkim batang berwarna hijau muda.

Umbi: daging umbi berwarna kuning; warna kulit luar berwarna coklat terang (Lampiran 10).

#### 4.1.2 Ubi Kayu Genotipe Mentega 2

Genotipe Mentega 2 secara umum menunjukkan tipe pertumbuhan yang tidak bercabang dengan tinggi tanaman berkisar 75--150 cm (Gambar 4.1B). Hasil pengamatan terhadap morfologi genotipe Mentega 2 diperoleh sebagai berikut :

Daun : berwarna hijau tua pada daun tua dan berwarna coklat pada daun muda (pucuk); lobus berbentuk lanset dan berjumlah 7 lobus; daun bagian bawah memiliki petiolus berwarna merah keunguan dan daun bagian atas memiliki petiolus berwarna hijau dengan kemerahan di dekat daun; pertulangan daun berwarna merah muda.

Batang: berbentuk silindris; berwarna abu-abu pada batang tua dan berwarna hijau muda pada batang muda; parenkim batang berwarna hijau tua.

Umbi: daging umbi berwarna kuning; warna kulit luar berwarna krem (Lampiran 11).

#### 4.1.3 Ubi Kayu Genotipe Roti

Genotipe Roti secara umum menunjukkan tipe pertumbuhan yang bercabang (Gambar 4.1C). Hasil pengamatan terhadap morfologi genotipe Mentega 2 diperoleh sebagai berikut :

Daun : berwarna hijau tua pada daun tua dan berwarna hijau pada daun muda (pucuk); lobus berbentuk lanset dan berjumlah 7 lobus; daun bagian bawah memiliki petiolus berwarna hijau dengan warna kemerahan di dekat batang; pertulangan daun berwarna hijau kekuningan.

Batang: berbentuk silindris; berwarna coklat kemerahan pada batang tua dan berwarna hijau muda pada batang muda; parenkim batang berwarna hijau muda.

Umbi: daging umbi berwarna putih; warna kulit luar berwarna cokelat gelap (Lampiran 12).

#### 4.1.4 Ubi Kayu Genotipe Ubi Kuning

Genotipe Ubi Kuning secara umum menunjukkan tipe pertumbuhan yang bercabang dengan tinggi tanaman berkisar 75--150 cm (Gambar 4.1D). Hasil pengamatan terhadap morfologi genotipe Ubi Kuning diperoleh sebagai berikut :

Daun : berwarna hijau tua pada daun tua dan berwarna cokelat pada daun muda (pucuk); lobus berbentuk lanset dan berjumlah 7 lobus; daun bagian bawah memiliki petiolus berwarna merah dan daun bagian atas memiliki petiolus berwarna hijau dengan kemerahan dekat daun; pertulangan daun berwarna merah muda.

Batang: berbentuk silindris; berwarna abu-abu pada batang tua dan berwarna hijau muda pada batang muda; parenkim batang berwarna hijau muda.

Umbi: daging umbi berwarna kuning; warna kulit luar berwarna cokelat terang (Lampiran 13).

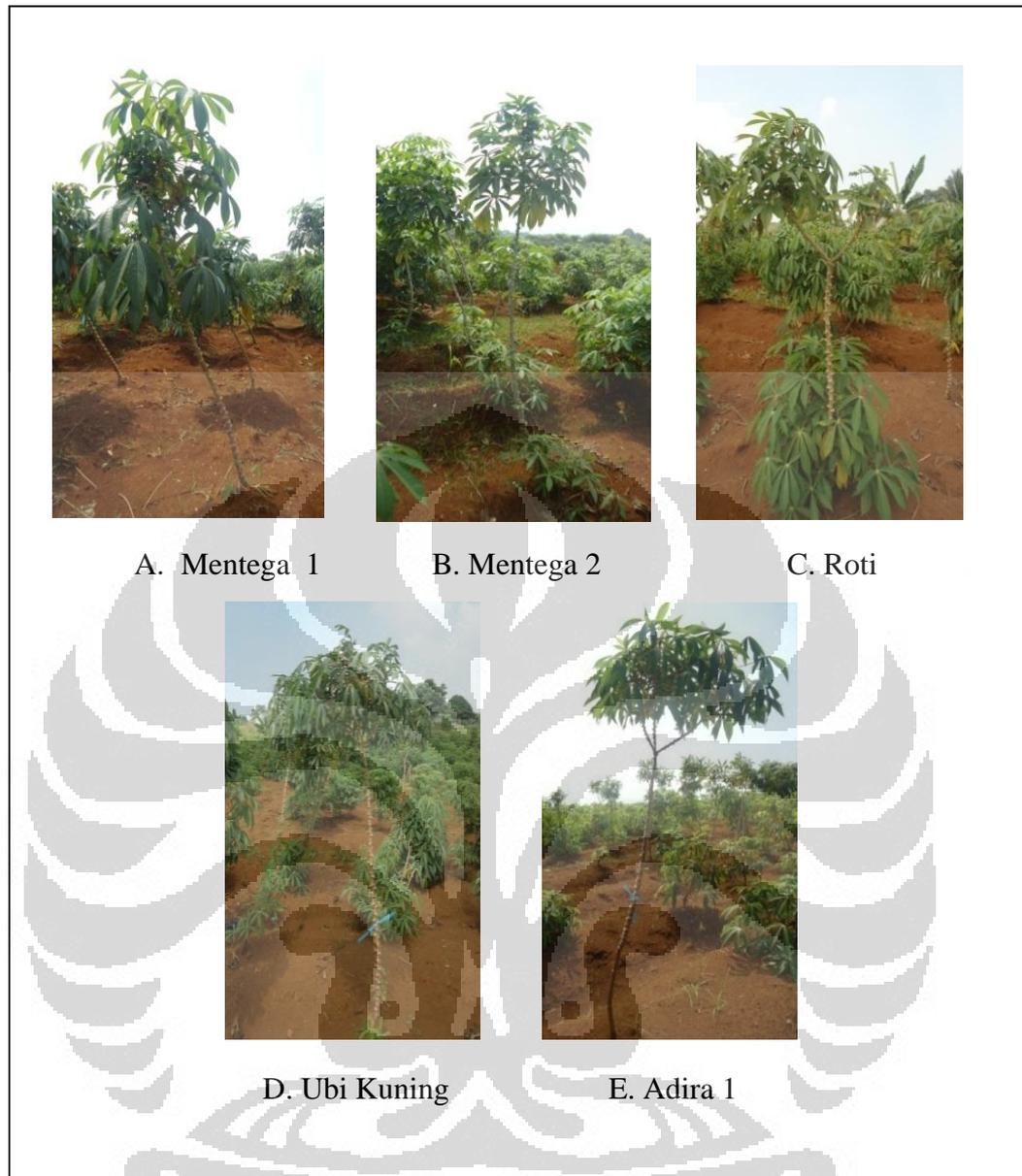
#### 4.1.5 Ubi Kayu Genotipe Adira 1

Genotipe Adira 1 secara umum menunjukkan tipe pertumbuhan yang bercabang dengan tinggi tanaman berkisar 75-150 cm (Gambar 4.1E). Hasil pengamatan terhadap morfologi genotipe Ubi Kuning diperoleh sebagai berikut :

Daun : berwarna hijau tua pada daun tua dan berwarna cokelat pada daun muda (pucuk); lobus berbentuk lanset dan berjumlah 7 lobus; daun bagian bawah dan daun bagian atas memiliki petiolus berwarna merah; pertulangan daun berwarna merah muda.

Batang: berbentuk silindris; berwarna cokelat kemerahan pada batang tua dan berwarna hijau muda pada batang muda; parenkim batang berwarna hijau muda.

Umbi: daging umbi berwarna kuning; warna kulit luar berwarna cokelat gelap (Lampiran 14).



Gambar 4.1 Lima genotipe tanaman ubi kayu

#### 4.2 Dendrogram Karakter Morfologi

Data-data karakter morfologi yang diperoleh selain dapat digunakan untuk memperoleh ciri atau karakteristik masing-masing genotipe yang diuji, juga dapat digunakan untuk analisis keragaman. Analisis keragaman dapat dilakukan di antara tanaman dengan genotipe sama ataupun berbeda genotipe.

#### 4.2.1 Dendrogram Dalam Satu Genotipe

Dendrogram hasil pengujian bibit ubi kayu lima genotipe (Gambar 4.2.1.1--4.2.1.5) memperlihatkan adanya dua hingga lebih *cluster* besar genotipe ubi kayu dengan tingkat keragaman tinggi di dalam tiap genotipe. Hasil tersebut menggambarkan perbedaan yang sangat jauh pada beberapa bibit yang ditanam. Dendrogram karakter morfologi pada genotipe Mentega 1, Roti, Ubi Kuning, dan Adira 1 terbagi menjadi dua *cluster* besar sedangkan genotipe Mentega 2 terbagi menjadi 6 *cluster*. Berdasarkan *cluster* tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan distribusi persentase keseragaman bibit per genotipe. Nilai distribusi diperoleh dengan cara menghitung jumlah tanaman per *cluster* dibagi jumlah total tanaman per genotipe dikali 100% (Tabel 4.2).

Tabel 4. 2 Distribusi Keseragaman Bibit Tiap Genotipe

No	Genotipe	Persentase Keseragaman Bibit Tiap Genotipe					
		<i>Cluster</i> 1	<i>Cluster</i> 2	<i>Cluster</i> 3	<i>Cluster</i> 4	<i>Cluster</i> 5	<i>Cluster</i> 6
1	Mentega 1	80%	20%				
2	Mentega 2	10%	20%	5%	50%	10%	5%
3	Roti	65%	35%				
4	Ubi Kuning	25%	75%				
5	Adira 1	55%	45%				

Berdasarkan data pada Tabel 4.2 tampak bahwa tingkat keseragaman pada tiap genotipe berbeda antara satu dengan yang lain. Tingkat keseragaman tertinggi ditemukan pada genotipe Mentega 1 (80%) diikuti oleh Ubi Kuning (75%), Roti (65%), Adira 1 (55%), dan Mentega 2 (50%).

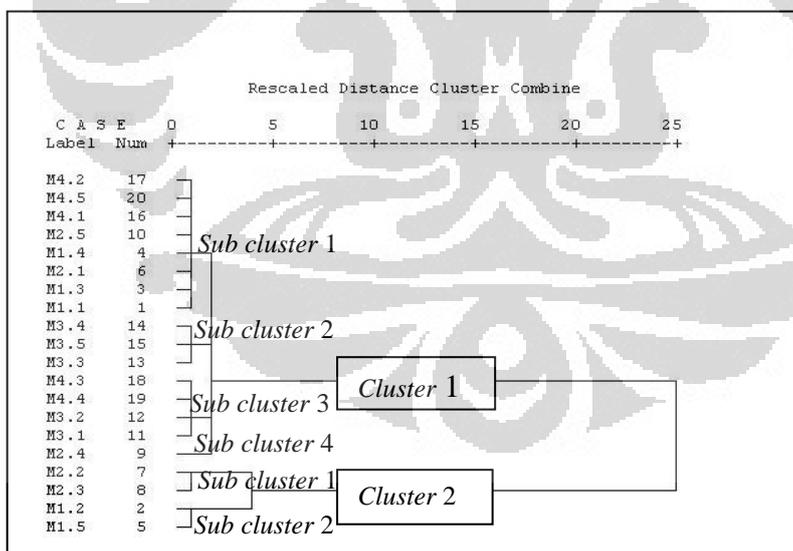
##### 4.2.1.1 Dendrogram Karakter Morfologi Genotipe Mentega 1

Dendrogram Genotipe Mentega 1 (Gambar 4.2.1.1) memperlihatkan adanya dua *cluster* besar. Kedua *cluster* tersebut mengelompok berdasarkan adanya percabangan atau tidak. *Cluster* 1 merupakan *cluster* yang mengelompok

karena adanya percabangan dan *cluster 2* mengelompok karena tidak adanya percabangan.

*Cluster 1* terbagi terbagi lagi menjadi 4 *sub cluster* berdasarkan tipe batang utama. Tanaman nomor 17, 20, 16, 10, 4, 6, 3, dan 1 pada *sub cluster 1* mengelompok karena memiliki tipe batang utama trikotom, sedangkan tanaman pada *sub cluster 2, 3* dan 4 mengelompok karena memiliki tipe batang utama dikotom. Tanaman nomor 14,15,13 pada *sub cluster 2* memiliki tinggi tanaman kategori tinggi (151--250 cm), dan tanaman nomor 18, 19, 12, dan 11 pada *sub cluster 3* memiliki tinggi tanaman kategori sedang (75--150 cm). Tanaman nomor 9 pada *sub cluster 4* memiliki tinggi tanaman kategori pendek (<75 cm).

*Cluster 2* terdiri atas 2 *sub cluster*. Tiap *cluster* mengelompok karena perbedaan diameter batang. Tanaman nomor 7 dan 8 memiliki diameter batang kecil (<12 mm), sedangkan tanaman nomor 2 dan 5 memiliki diameter batang sedang (12--25 mm). Dapat dikatakan bahwa karakter morfologi yang memengaruhi pengelompokan pada genotipe Mentega 1 adalah ada atau tidaknya percabangan, tipe batang utama, tinggi tanaman, dan diameter batang.

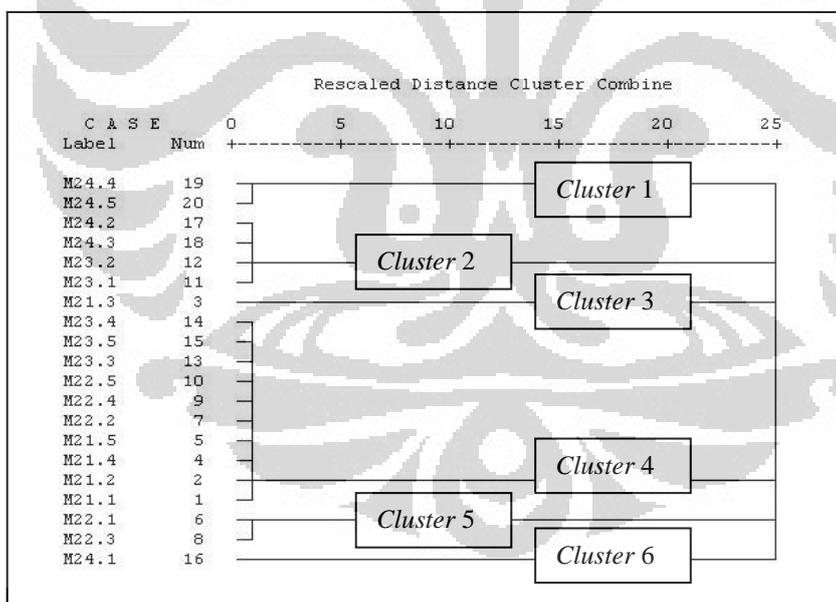


Gambar 4.2.1.1 Dendrogram Karakter Morfologi Genotipe Mentega 1

#### 4.2.1.2 Dendrogram Karakter Morfologi Genotipe Mentega 2

Dendrogram Genotipe Mentega 2 (Gambar 4.2.1.2) memperlihatkan keragaman yang tinggi dalam satu genotipe. Hal tersebut terlihat dari adanya pengelompokan tanaman menjadi 6 *cluster*. Semua tanaman pada genotipe Mentega 1 tidak bercabang. Pengelompokan tersebut dipengaruhi oleh tinggi dan diameter tanaman yang berbeda-beda.

Tanaman nomor 19 dan 20 pada *cluster* 1 memiliki tinggi kategori sedang dan diameter batang sedang. Tanaman nomor 17, 18, 12, dan 11 pada *cluster* 2 memiliki tinggi tanaman kategori pendek dan diameter batang sedang. Tanaman nomor 3 pada *cluster* 3 memiliki tinggi tanaman pendek dan berdiameter besar (>25 mm). Tanaman pada *cluster* 4 memiliki tinggi kategori sedang dan berdiameter besar. Tanaman nomor 6 dan 8 pada *cluster* 5 memiliki tinggi kategori tinggi dan berdiameter besar. Tanaman nomor 16 pada *cluster* 6 memiliki tinggi kategori tinggi dan berdiameter sedang.



Gambar 4.2.1.2 Dendrogram Karakter Morfologi Genotipe Mentega 2

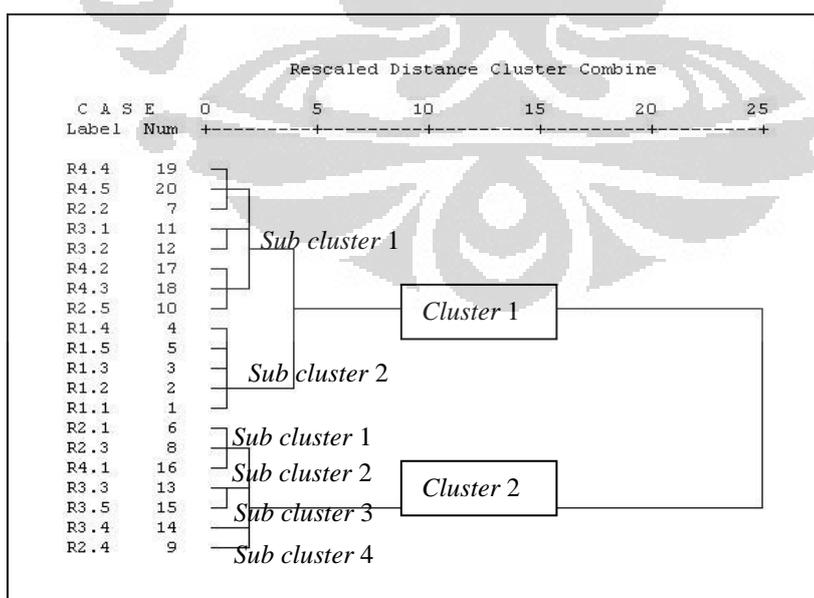
#### 4.2.1.3 Dendrogram Karakter Morfologi Genotipe Roti

Gambar 4.2.1.3 memperlihatkan dendrogram morfologi genotipe Roti. Dendrogram tersebut terbagi menjadi 2 *cluster* seperti halnya genotipe Mentega 1.

Tanaman pada genotipe Roti mengelompok berdasarkan ada tidaknya percabangan. Tanaman pada *cluster 1* tidak memiliki percabangan, sedangkan tanaman pada *cluster 2* bercabang.

*Cluster 1* terdiri atas 2 *sub cluster* yang mengelompok berdasarkan perbedaan tinggi tanaman dan diameter batang. *Sub cluster 1* terdiri atas tiga kelompok. Kelompok pertama dan kedua yaitu tanaman nomor 19, 20, 7, 11, dan 12 memiliki tinggi tanaman kategori sedang tetapi diameter batang nomor 19, 20, dan 7 kategori sedang, sedangkan nomor 11 dan 12 berdiameter besar (>25 mm). Kelompok ketiga yaitu tanaman nomor 17, 18, dan 10 memiliki tinggi kategori pendek dan berdiameter sedang. Tanaman nomor 4, 5, 3, 2, dan 1 pada *sub cluster 2* memiliki tinggi tanaman kategori pendek dan diameter batang kecil.

Semua tanaman pada *cluster 2* bertipe batang utama dikotom. *Cluster 2* terdiri atas 4 *sub cluster*. Pengelompokan tersebut berdasarkan tinggi serta diameter tanaman. Tanaman nomor 6, 8, dan 16 pada *sub cluster 1* memiliki tinggi sedang dan berdiameter sedang. Tanaman nomor 13 dan 15 pada *sub cluster 2* memiliki tinggi sedang dan berdiameter besar. Tanaman nomor 14 dan 9 pada *sub cluster 3* dan 4 memiliki tinggi tanaman kategori pendek. Perbedaannya adalah tanaman nomor 14 berdiameter besar, sedangkan tanaman nomor 9 berdiameter sedang.



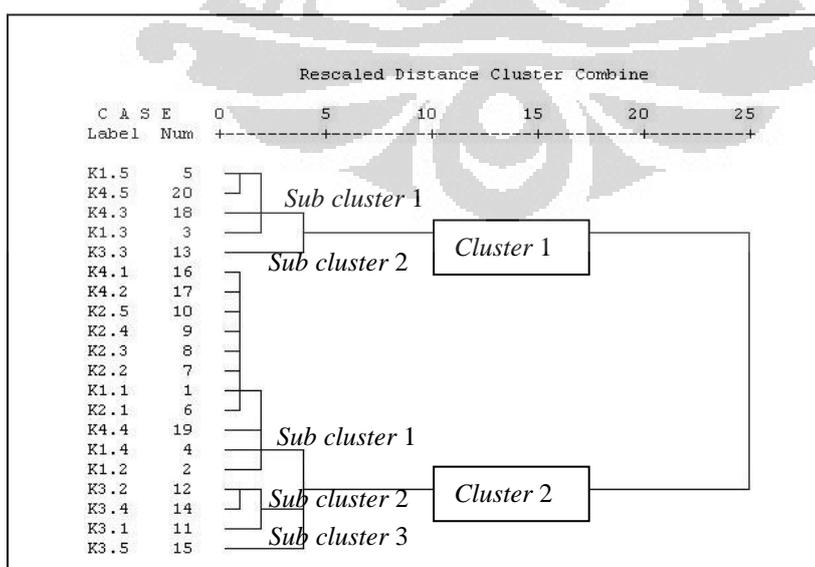
Gambar 4.2.1.3 Dendrogram Karakter Morfologi Genotipe Roti

#### 4.2.1.4 Dendrogram Karakter Morfologi Genotipe Ubi Kuning

Dendrogram Genotipe Ubi Kuning (Gambar 4.2.1.4) memperlihatkan pengelompokan tanaman menjadi dua *cluster*. Pengelompokan tersebut disebabkan ada tidaknya percabangan pada tiap tanaman. Semua tanaman pada *cluster 1* yaitu tanaman nomor 5, 20, 18, 3, dan 13 tidak memiliki cabang. Terjadinya *sub cluster 1* dan 2 dibedakan oleh tinggi dan diameter. Tanaman nomor 5, 20, 18, dan 3 memiliki tinggi kategori sedang dan berdiameter sedang, sedangkan nomor 13 memiliki tinggi kategori pendek dan berdiameter kecil.

Tanaman pada *cluster 2* bercabang dan terdiri atas 3 *sub cluster* yaitu *sub cluster 1*, *sub cluster 2*, dan *sub cluster 3*. *Sub cluster 1* mengelompok menjadi 2 kelompok. Kelompok pertama terdiri atas tanaman nomor 16, 17, 10, 9, 8, 7, 1, dan 6 yang memiliki tipe batang utama dikotom, tinggi tanaman kategori sedang, dan berdiameter sedang. Kelompok kedua yaitu tanaman nomor 19, 4, dan 2 memiliki tinggi yang berbeda. Tanaman nomor 19 dan 2 memiliki tinggi kategori sedang, sedangkan nomor 4 memiliki tinggi kategori tinggi.

*Sub cluster 2* terdiri atas tanaman nomor 12, 14, dan 11 yang memiliki tinggi tanaman pendek dan diameter kecil. Tanaman nomor 12 dan 14 memiliki tipe batang utama dikotom, sedangkan nomor 11 memiliki tipe batang utama trikotom. *Sub cluster 3* terdiri atas tanaman nomor 15 yang memiliki tinggi tanaman pendek dan berdiameter sedang.

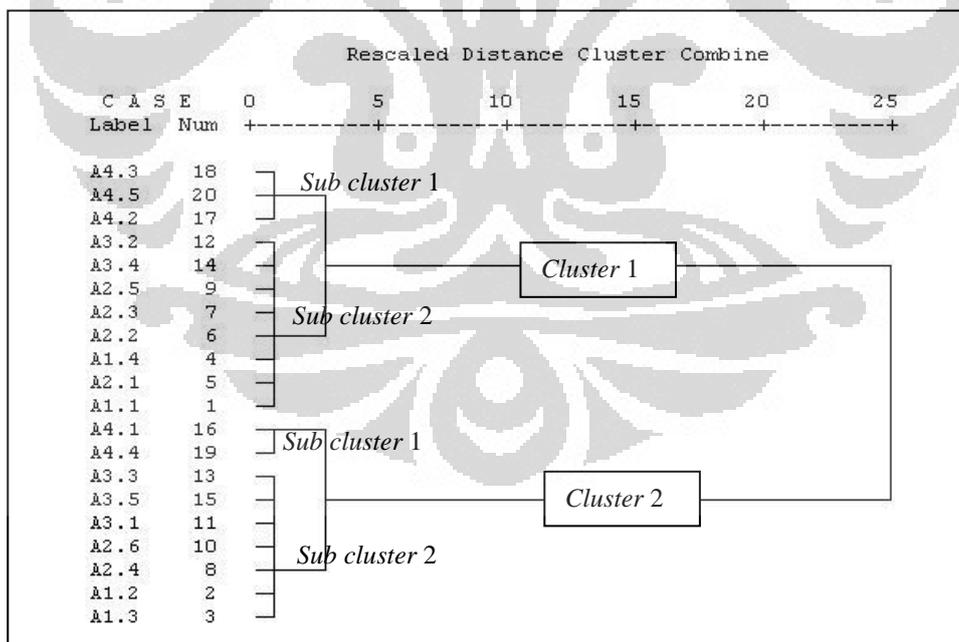


Gambar 4.2.1.4 Dendrogram Karakter Morfologi Genotipe Ubi Kuning

#### 4.2.1.5 Dendrogram Karakter Morfologi Genotipe Adira 1

Dendrogram morfologi genotipe Adira 1 (Gambar 4.2.1.5) memperlihatkan pengelompokan tanaman menjadi dua *cluster*. *Cluster 1* merupakan kelompok tanaman yang tidak bercabang dan *cluster 2* merupakan kelompok tanaman yang memiliki cabang. *Cluster 1* terdiri atas 2 *sub cluster* yang terpisah karena memiliki tinggi dan diameter yang berbeda. *Sub cluster 1* terdiri atas tanaman nomor 18, 20, dan 17 pada *sub cluster 1* memiliki tinggi tanaman kategori tinggi dan berdiameter besar. *Sub cluster 2* yaitu tanaman nomor 12, 14, 9, 7, 6, 4, 5 dan 1 memiliki tinggi tanaman kategori sedang dan berdiameter sedang.

*Cluster 2* juga memiliki dua *sub cluster* yang mengelompok berdasarkan tinggi dan diameter. Tanaman nomor 16 dan 19 pada *sub cluster 1* memiliki tinggi tanaman kategori tinggi dan berdiameter besar, sedangkan tanaman nomor 13, 15, 11, 10, 8, 2, dan 3 memiliki tinggi berkategori sedang dan diameter sedang.



Gambar 4.2.1.5 Dendrogram Karakter Morfologi Genotipe Adira 1

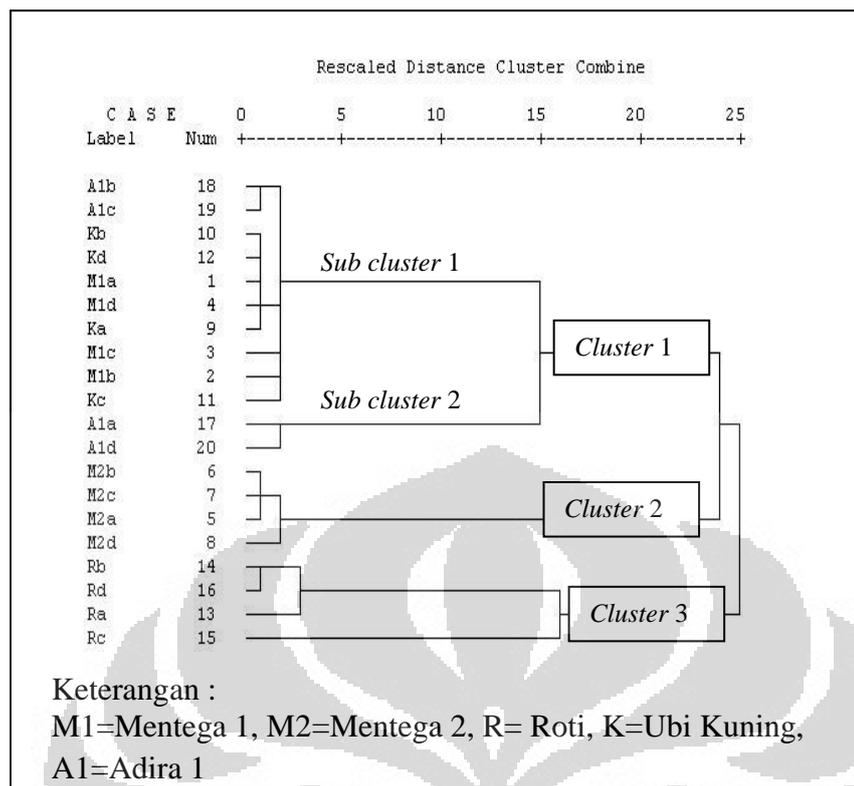
#### 4.2.2 Dendrogram Antar Genotipe

Berdasarkan dendrogram morfologi antar genotipe (Gambar 4.2.2) diperoleh tiga *cluster*. *Cluster 2* dan *3* memperlihatkan data bahwa tanaman genotipe Roti mengelompok dalam satu *cluster* begitu juga dengan tanaman dari genotipe Mentega 2. Akan tetapi, pada *cluster 1* genotipe Adira 1, Mentega 1, dan Ubi Kuning berada dalam satu *cluster* yang sama.

Pengelompokkan tanaman antara *cluster 1, 2, dan 3* didasarkan pada perbedaan karakter pada warna daun muda, daun tua, pertulangan daun, dan warna petiolus. Tanaman pada *cluster 1* memiliki warna daun tua yaitu hijau tua, warna daun muda (pucuk) yaitu cokelat, warna pertulangan daun merah muda, dan warna petiolus merah. Tanaman pada *cluster 2* lebih dekat dengan *cluster 1* karena hanya perbedaan pada warna petiolus. Warna petiolus pada tanaman *cluster 2* adalah merah keunguan. Tanaman pada *cluster 3* memiliki warna daun tua yaitu hijau, warna daun muda (pucuk) yaitu hijau, warna pertulangan daun hijau kekuningan, dan warna petiolus hijau dengan warna merah dekat batang.

Tanaman pada *cluster 1* mengelompok menjadi dua *sub cluster*. *Sub cluster 1* merupakan tanaman yang bercabang, sedangkan tanaman pada *sub cluster 2* tidak bercabang. Tanaman pada *sub cluster 1* terdiri atas tiga genotipe yang berbeda yaitu genotipe Adira 1, Ubi Kuning, dan Mentega 1. Hal tersebut disebabkan oleh banyaknya keseragaman morfologi antara ketiga genotipe tersebut. Keragaman hanya terjadi pada karakter warna batang. Hal ini menggambarkan bahwa antara ketiga genotipe tersebut memiliki kemiripan secara morfologi.

Tanaman pada *cluster 2 dan 3* hanya terdiri atas satu genotipe yaitu genotipe Mentega 2 pada *cluster 2* dan genotipe Roti pada *cluster 3*. Hal ini memperlihatkan bahwa genotipe Roti dan Mentega 2 secara morfologi berbeda dengan genotipe lain.

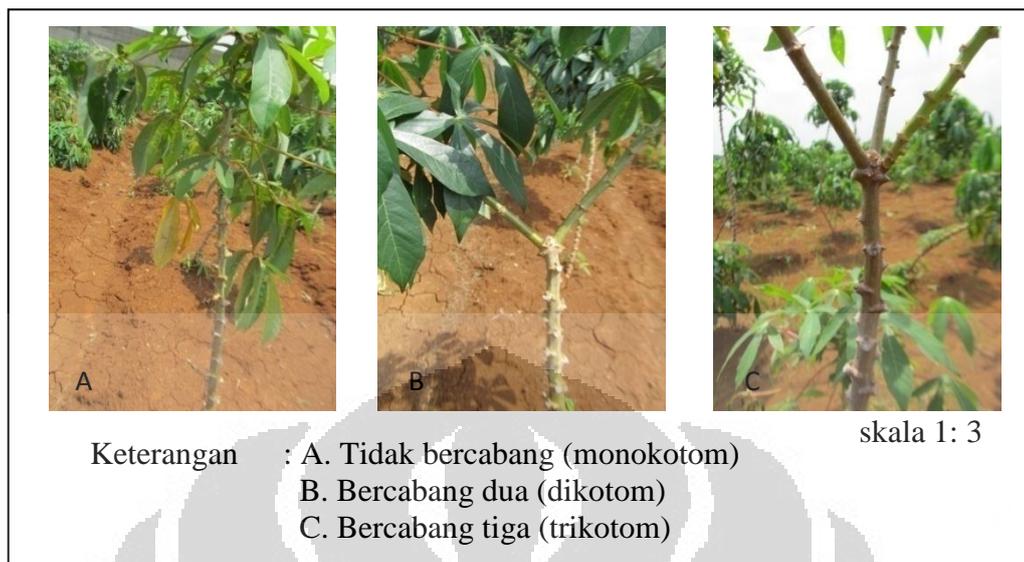


Gambar 4.2.2 Dendrogram Karakter Morfologi Antar Genotipe

### 4.3 Analisis Karakter Morfologi

Karakter morfologi yang diamati pada ubi kayu meliputi daun, batang, dan umbi. Hasil pengamatan terhadap 22 karakter morfologi, 17 karakter memperlihatkan keseragaman, sedangkan 5 karakter yaitu tipe tanaman (bercabang dan tidak bercabang), percabangan (satu, dua, atau tiga), dan tipe batang utama (monokotom, dikotom, dan trikotom) (Gambar 4.3), tinggi tanaman, dan diameter batang memperlihatkan adanya keragaman dalam satu genotipe.

Secara teori keragaman morfologi dalam satu genotipe seharusnya sangat kecil apabila diperbanyak dengan metode stek batang (Lindgren 2001: 1). Namun, hasil dendrogram data morfologi memperlihatkan adanya pengelompokan dalam satu genotipe pada kelima genotipe yang diamati. Keragaman yang terlihat pada dendrogram disebabkan oleh adanya keragaman yang ditemukan pada kelima karakter morfologi yaitu tipe tanaman, percabangan dan tipe batang utama, tinggi tanaman, dan diameter batang.



Gambar 4.3 Tipe batang utama pada ubi kayu  
 [Sumber: Dokumentasi pribadi].

Perbedaan posisi batang terhadap pucuk saat penyediaan sumber stek diduga memengaruhi keragaman pada percabangan. Hal tersebut akibat pengaruh fisiologis tanaman terhadap lingkungan dan juga umur fisiologis tiap bagian batang yang menjadi sumber stek berbeda satu sama lain. Hal ini sejalan dengan penelitian Rohmah (data belum dipublikasi) yang menggunakan tunas apikal dan beberapa tunas aksilar pada genotipe Ubi Kuning secara *in vitro* menunjukkan pertumbuhan yang berbeda-beda. Pertumbuhan tunas aksilar ke-4 memperlihatkan pertumbuhan tunas yang tinggi bila dibandingkan dengan yang lain. Hal tersebut disebabkan oleh keseimbangan antara hormon auksin dan sitokinin di dalam jaringan tumbuhan. Tunas aksilar ke-4 terletak jauh dari pucuk, sehingga memiliki kadar auksin rendah dan kadar sitokinin tinggi. Kondisi ini menyebabkan dominansi apikal tidak dominan. Ketika dominansi apikal tidak dominan maka akan tumbuh tunas-tunas aksilar. Tunas tersebut diasumsikan cabang pada tanaman ubi kayu di lapangan. Oleh karena itu, diduga walaupun sumber induk berasal dari satu batang dapat menghasilkan keturunan yang tidak seragam. Keseragaman dalam satu genotipe kemungkinan akan diperoleh bila bibit yang ditanam berada dalam posisi nodus yang sama terhadap pucuk.

#### 4.4 Perbandingan Morfologi Antar Genotipe

Berdasarkan hasil pengamatan pada kelima genotipe ubi kayu diperoleh beberapa perbedaan morfologi baik pada daun, batang maupun umbi (Gambar 4.4.1--4.4.3). Perbedaan morfologi pada daun meliputi pucuk daun yang berwarna hijau dan cokelat, warna petiolus dari hijau hingga merah keunguan, dan pertulangan daun yang berwarna merah muda dan hijau kekuningan, sedangkan pada batang berbeda dalam hal warna batang muda yaitu hijau muda dan hijau, cokelat kemerahan dan abu-abu pada warna batang tua, dan hijau muda serta hijau tua pada warna parenkim.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa dari 22 jenis karakter yang dijadikan panduan untuk mengkarakterisasi genotipe ubi kayu terdapat 8 karakter yang dapat membedakan genotipe ubi kayu satu dengan yang lain. Karakter tersebut adalah warna pucuk daun, warna daun tua, warna pertulangan daun, warna petiolus, gigi pada daun tua, warna batang tua, warna batang muda, dan warna parenkim (Tabel 4.2).

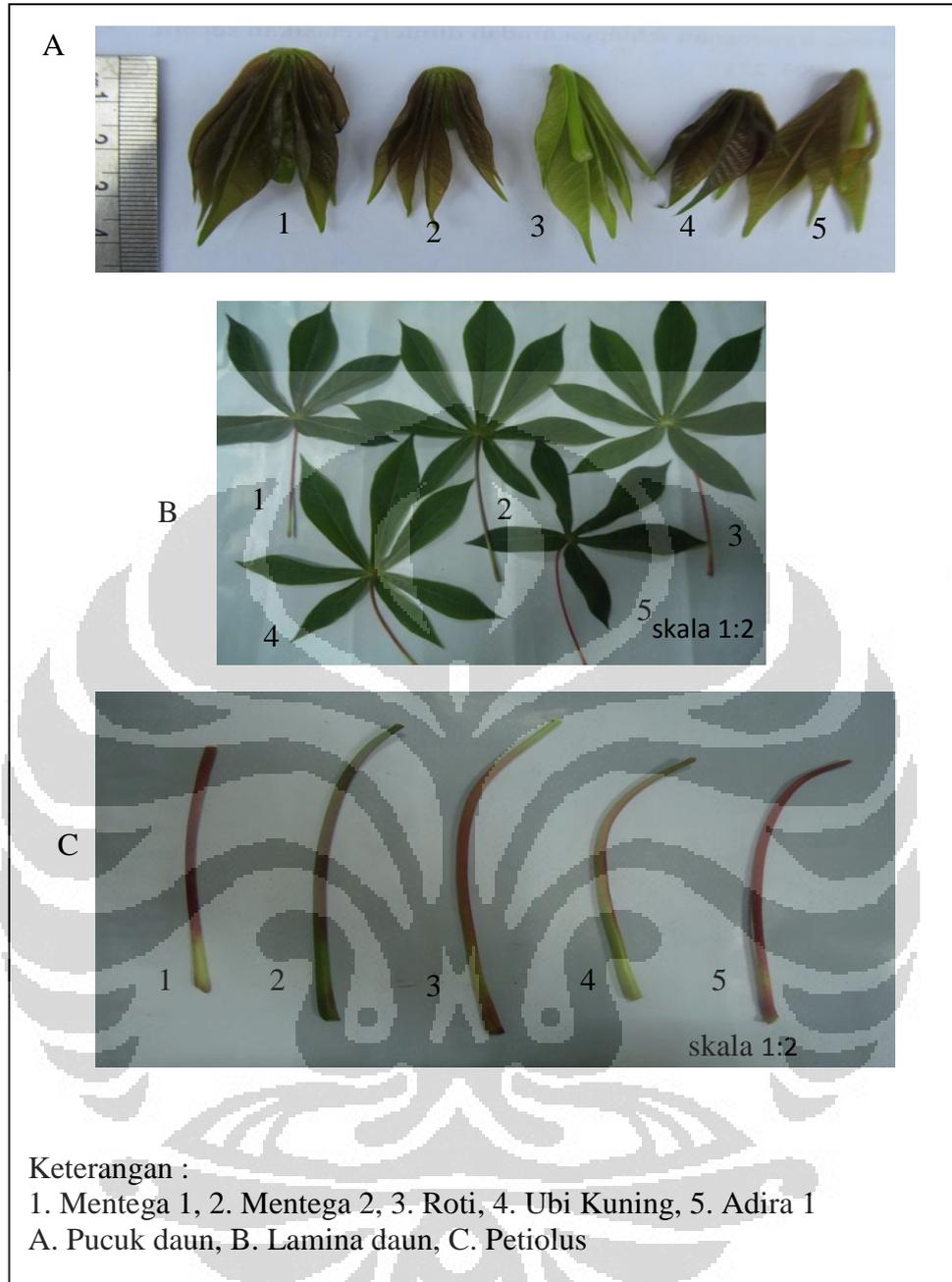
Menurut hasil pengamatan warna pucuk daun berwarna hijau hanya terdapat pada genotipe Roti sedangkan berwarna cokelat pada genotipe lainnya. Perbedaan warna pucuk daun diduga karena perbedaan laju biosintesis klorofil pada pucuk daun. Laju biosintesis ditandai dengan adanya kadar klorofil. Ketika kadar klorofil rendah maka warna pucuk daun akan berwarna hijau terang, sedangkan jika kadar klorofil tinggi maka daun akan berwarna hijau tua. Hal tersebut menandakan bahwa diduga biosintesis klorofil pada pucuk daun muda genotipe Roti berjalan dengan lambat sehingga kadar klorofil rendah.

Warna daun tua juga menunjukkan perbedaan yaitu 2 genotipe Mentega 2 dan Ubi Kuning berwarna hijau tua, sedangkan daun tua genotipe lainnya berwarna hijau. Warna pertulangan daun pada bagian atas daun pada genotipe Roti berwarna hijau kekuningan, sedangkan genotipe lainnya berwarna merah muda. Daun tua pada genotipe Mentega 2 tidak memiliki gigi, sedangkan pada daun tua keempat genotipe lainnya memiliki gigi. Batang muda berwarna hijau tua pada genotipe Mentega 2 dan hijau muda pada genotipe yang lain.

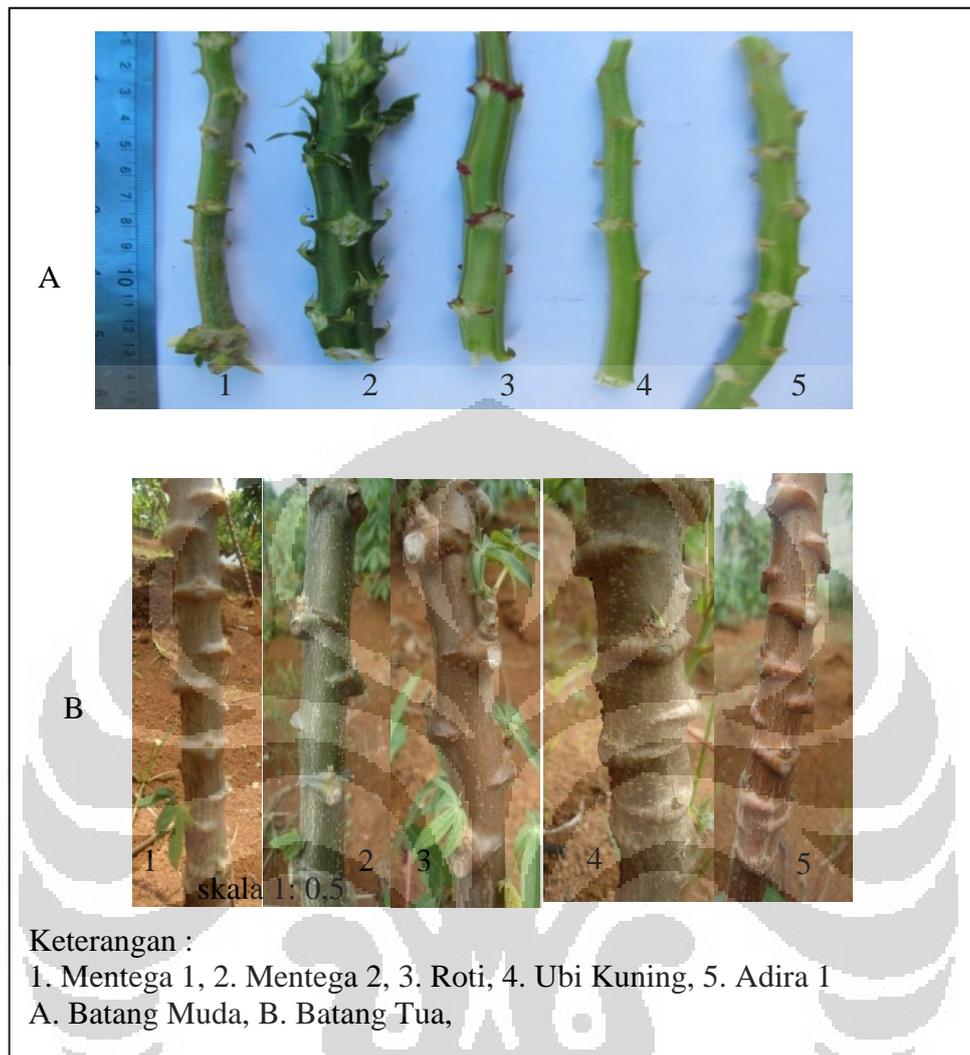
Perbedaan karakter yang terlihat jelas terdapat pada karakter warna petiolus. Genotipe Mentega 1, Ubi Kuning, dan Adira 1 memiliki petiolus dengan warna merah di sepanjang tangkai daun. Dua genotipe lainnya, yaitu genotipe Roti memiliki petiolus berwarna hijau dengan warna kemerahan di dekat batang dan warna merah keunguan pada petiolus genotipe Mentega 2. Karakter untuk warna batang tua terdapat dua perbedaan warna yaitu batang yang berwarna coklat kemerahan pada genotipe Mentega 1, Roti, dan Adira 1 serta batang dengan warna abu-abu pada genotipe Mentega 2 dan Ubi Kuning.

Morfologi umbi juga memberikan keragaman antar genotipe. Genotipe Roti memiliki daging umbi yang berwarna putih, sedangkan keempat genotipe lainnya memiliki daging umbi berwarna kuning. Warna umbi kuning menandakan bahwa umbi tersebut memiliki kadar beta karoten lebih tinggi bila dibandingkan dengan umbi yang berwarna putih. Warna kulit luar umbi juga menunjukkan hasil yang beragam. Genotipe Mentega 1 dan Ubi Kuning memiliki warna kulit luar umbi berwarna coklat terang, warna kulit luar umbi genotipe Roti dan Adira 1 berwarna coklat gelap, serta warna kulit luar umbi genotipe Mentega 2 berwarna krem.

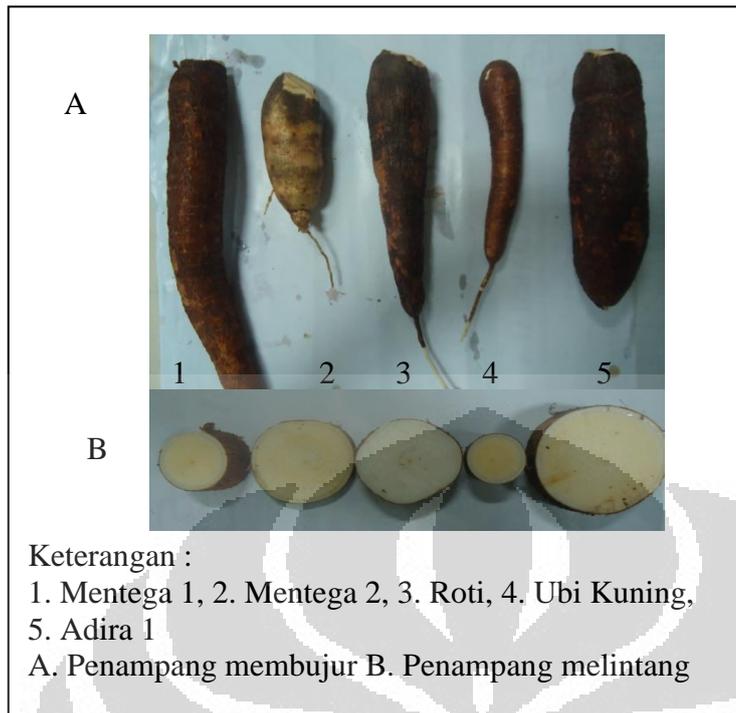
Berdasarkan penelitian, karakter morfologi dapat membedakan keragaman antar genotipe yang diteliti. Perbedaan morfologi menggambarkan keragaman genetik yang tinggi di antara lima genotipe ubi kayu yang diteliti. Hal ini sangat berguna untuk program pemuliaan ubi kayu karena dapat memperbesar kemungkinan diperoleh ubi kayu yang unggul. Perbedaan morfologi seperti warna petiolus, batang, serta umbi antar genotipe juga dilakukan oleh Tribadi *dkk.* (2010) pada genotipe Adira 1 dan Cabak Macao. Hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya perbedaan secara morfologi di antara kedua genotipe tersebut. Menurut Tribadi *dkk.* (2010: 19) perbedaan morfologi tersebut disebabkan fisiologi tanaman tersebut maupun faktor genetik.



Gambar 4.4.1 Keragaman morfologi daun tiap genotipe



Gambar 4.4.2 Keragaman morfologi batang tiap genotipe



Gambar 4.4.3 Keragaman morfologi umbi tiap genotipe

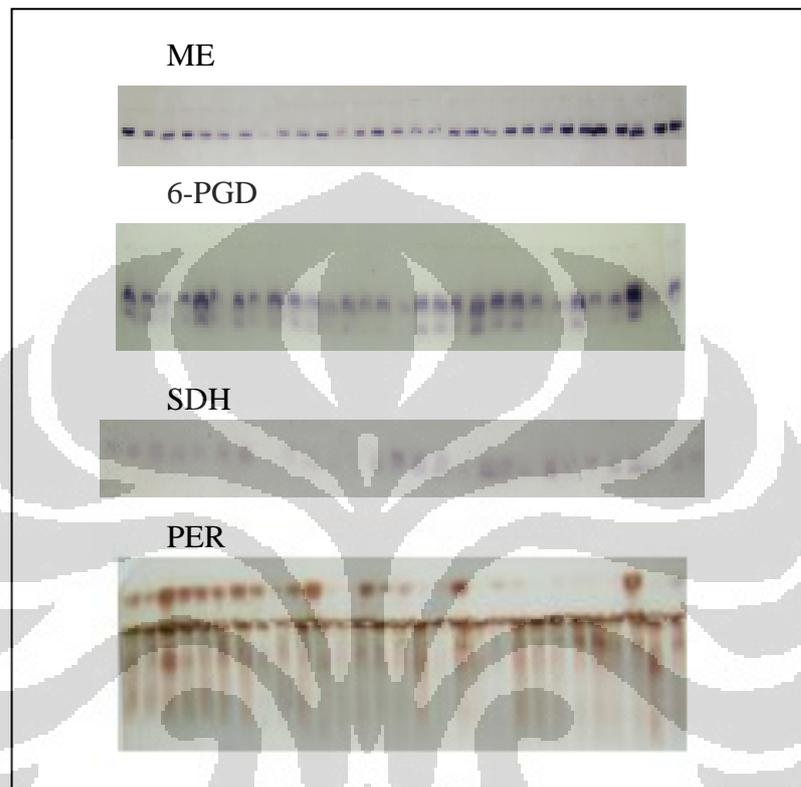
Tabel 4.4 Karakter Pembeda Spesifik Morfologi Ubi Kayu

No	Karakter	Mentega 1	Mentega 2	Roti	Ubi Kuning	Adira 1
1	warna daun muda	cokelat	cokelat	hijau muda	cokelat	cokelat
2	warna daun tua	hijau tua	hijau tua	hijau	hijau tua	hijau
3	warna pertulangan daun bagian atas	merah muda	merah muda	hijau kekuningan	merah muda	merah muda
4	warna petiolus	merah di sepanjang tangkai daun	merah keunguan	hijau dengan warna kemerahan di dekat batang	merah di sepanjang tangkai daun	merah di sepanjang tangkai daun
5	gigi pada daun tua	ada	tidak ada	ada	ada	ada
6	warna batang muda	hijau muda	hijau	hijau muda	hijau muda	hijau muda
7	warna batang tua	cokelat kemerahan	abu-abu	cokelat kemerahan	abu-abu	cokelat kemerahan
8	warna parenkim	hijau muda	hijau tua	hijau muda	hijau muda	hijau muda

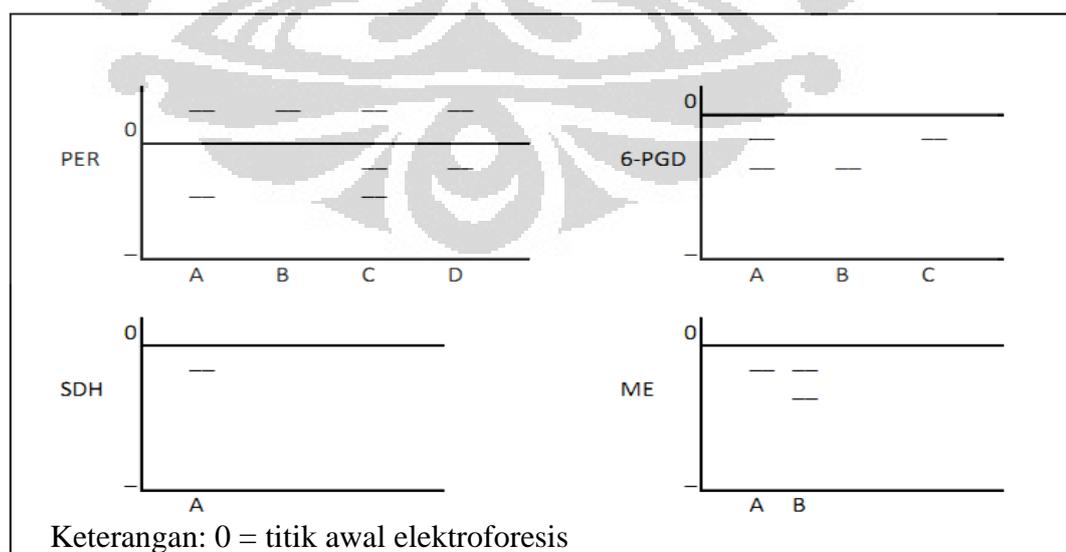
#### 4.5 Analisis Pola Pita Isozim

Hasil elektroforesis menunjukkan pola pita isozim setelah dilakukan pewarnaan masing-masing enzim (Gambar 4.5.1). Pola pita yang terbentuk kemudian diinterpretasikan (Gambar 4.5.2) dan digunakan untuk mengidentifikasi keragaman menggunakan dendrogram. Berdasarkan pengamatan, tidak semua sistem enzim mempunyai keragaman pola pita. Enzim yang menunjukkan keragaman pola pita adalah PER dan 6-PGD, sedangkan ME dan SDH tidak menunjukkan keragaman pola pita. Akan tetapi, enzim 6-PGD tidak muncul pada genotipe roti dan SDH tidak muncul pada genotipe Roti dan Mentega 2. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa hanya pola pita PER yang menunjukkan pola pita yang sangat jelas dan keragaman pola pita yang paling besar dengan pola yang berjumlah 4 pola pita yaitu pola A, B, C, dan D. Pola pita A dimiliki oleh

ubi kayu genotipe Mentega 1, sedangkan pola pita B dimiliki oleh genotipe Mentega 2. Pola pita C dimiliki oleh genotipe Roti, Ubi Kuning, dan Adira 1, sedangkan pola pita D hanya dimiliki oleh genotipe Roti (Lampiran 3--7) (Tabel 4.5).



Gambar 4.5.1 Zimogram pada ubi kayu genotipe Mentega 1



Gambar 4.5.2 Interpretasi pola pita isozim

Tabel 4.5 Keragaman pola pita isozim PER, 6-PGD, SDH, dan ME

Genotipe	Enzim			
	PER	ME	6-PGD	SDH
Mentega 1	A	A	A	A
Mentega 2	B	A B	B	—
Roti	C D	A	—	—
Ubi Kuning	C	A	C	A
Adira 1	C	A	C	A

Keterangan : — = pola pita tidak muncul

Pola pita terbentuk karena adanya pergerakan enzim pada media gel. Pergerakan tersebut disebabkan enzim memiliki muatan listrik dan akan bergerak ke kutub yang berlawanan dengan muatan yang dimiliki. Berdasarkan zimogram diperoleh data bahwa sistem enzim ME, SDH, dan 6-PGD bermuatan negatif karena bergerak arah kutub positif saat elektroforesis, sedangkan enzim PER ada yang bermuatan negatif dan positif karena saat elektroforesis ada pergerakan ke arah kutub positif maupun negatif. Hal tersebut terlihat pada gambar 4.5.2.

Ketika dilakukan elektroforesis menggunakan sampel yang berasal dari genotipe yang sama memperlihatkan semua sistem enzim memiliki pola pita yang sama. Berdasarkan zimogram tersebut dapat dikatakan bahwa semua individu dalam satu genotipe memiliki pola pita yang seragam. Pola pita isozim juga memperlihatkan bahwa bibit semua genotipe seragam walaupun morfologi yang tampak tidak seragam.

#### 4.5.1 Isozim Enzim Malat

Analisis isozim menggunakan enzim malat menunjukkan terbentuknya pola pita. Migrasi isozim enzim malat bergerak pada elektroforesis dari kutub negatif (anoda) ke kutub positif (katoda). Hasil pola pita isozim enzim malat dalam satu genotipe menunjukkan tidak adanya keragaman dalam satu genotipe

kecuali pada genotipe Mentega 2. Artinya, pola pita enzim malat juga memperlihatkan pola yang seragam pada keempat genotipe karena hanya ada satu pola pita yaitu pola pita A yang terbentuk pada keempat genotipe yang terdiri atas satu pita. Hasil tersebut menunjukkan bahwa enzim malat bersifat monomorfik. Oleh sebab itu, enzim malat tidak dapat digunakan sebagai penanda genetik spesifik pada keempat genotipe ubi kayu yang diteliti. Sedangkan, pada genotipe Mentega 2 terdapat dua pola pita enzim malat yang terbentuk yaitu pola pita A dan B. Hasil tersebut berbeda dengan hasil penelitian yang diperoleh Prana *dkk.* (1999) yang meneliti tentang talas dan menggunakan enzim malat. Berdasarkan penelitian tersebut, enzim malat pada talas memperlihatkan keragaman yang besar dan memiliki 5 pola pita yang berbeda.

#### 4.5.2 Isozim 6-PGD

Analisis isozim menggunakan enzim 6-PGD menunjukkan keragaman pola pita yaitu pola pita A yang terdiri atas 2 pita pada genotipe Mentega 1, pola pita B yang terdiri atas 1 pita pada genotipe Mentega 2, dan pola pita C pada genotipe Ubi Kuning dan Adira 1, sedangkan dalam satu genotipe tidak menunjukkan keragaman. Akan tetapi, pola pita 6-PGD tidak tampak pada genotipe Roti. Semua migrasi isozim enzim 6-PGD bergerak dari kutub negatif menuju ke kutub positif. Pola pita enzim 6-PGD sebenarnya bersifat polimorfik dan dapat digunakan sebagai penanda genetik tetapi karena tidak muncul pada satu genotipe maka tidak bisa digunakan sebagai penanda genetik. Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa enzim 6-PGD memperlihatkan adanya keragaman pola pita yang besar pada tanaman talas. Ditemukan 5 jenis pola pita pada talas dengan jumlah pita yang terbentuk terdiri atas 4--7 pita (Prana *dkk.* 1999).

#### 4.5.3 Isozim SDH

Migrasi isozim SDH bergerak pada elektroforesis dari kutub negatif (anoda) ke kutub positif (katoda). Sama seperti halnya enzim malat, analisis isozim SDH hanya menghasilkan satu pola pita yang terdiri atas satu pita dan

memiliki keseragaman dalam satu genotipe. Pola pita yang terbentuk menggunakan isozim SDH hanya terlihat pada genotipe Mentega 1, Ubi Kuning, dan Adira 1. Sedangkan pada genotipe Mentega 2 dan genotipe Roti pola pita tidak tampak. Satu pola pita yang terbentuk menandakan bahwa isozim SDH pada ketiga genotipe tersebut bersifat monomorfik sama seperti halnya isozim enzim malat. Penelitian menggunakan enzim SDH juga dilakukan oleh Hadiati & Sukmadjaja (2002). Hasil penelitian yang dilakukan pada tanaman nanas memperlihatkan keragaman dengan ditemukannya tiga pola pita.

#### 4.5.4 Isozim Peroksidase

Hasil analisis isozim peroksidase pada semua tanaman dalam satu genotipe menunjukkan pola pita yang sama kecuali satu tanaman pada genotipe Roti. Hasil tersebut menunjukkan bahwa walaupun morfologi dalam satu genotipe berbeda-beda karena respons fisiologis tiap tanaman terhadap lingkungan tetapi secara genetik semua tanaman memiliki variasi genetik yang seragam. Hal tersebut memperkuat teori bahwa penanda biokimia seperti isozim tidak dipengaruhi lingkungan karena merupakan produk langsung dari gen.

Hasil analisis pada kelima genotipe memperlihatkan keragaman dalam tampilan pola pita karena memiliki empat pola pita yang berbeda yaitu pola pita A, B, C, dan D. Pola pita A terdiri atas dua pita yang ditemukan pada genotipe Mentega 1, pola pita B terdiri atas satu pita dimiliki oleh genotipe Mentega 2, pola pita C ditemukan pada genotipe Ubi Kuning dan Adira 1 terdiri atas tiga pita, dan pola pita D ditemukan pada genotipe Roti dengan dua pita yang memiliki posisi yang berbeda dengan pola pita A yang ditemukan pada genotipe Mentega 1. Pergerakan isozim peroksidase menunjukkan pergerakan dua arah yaitu ke arah kutub positif dan kutub negatif. Hal tersebut terlihat dari adanya satu pita pada masing-masing pola pita yang terbentuk pada sisi anoda dan satu hingga dua pita terbentuk pada sisi katoda.

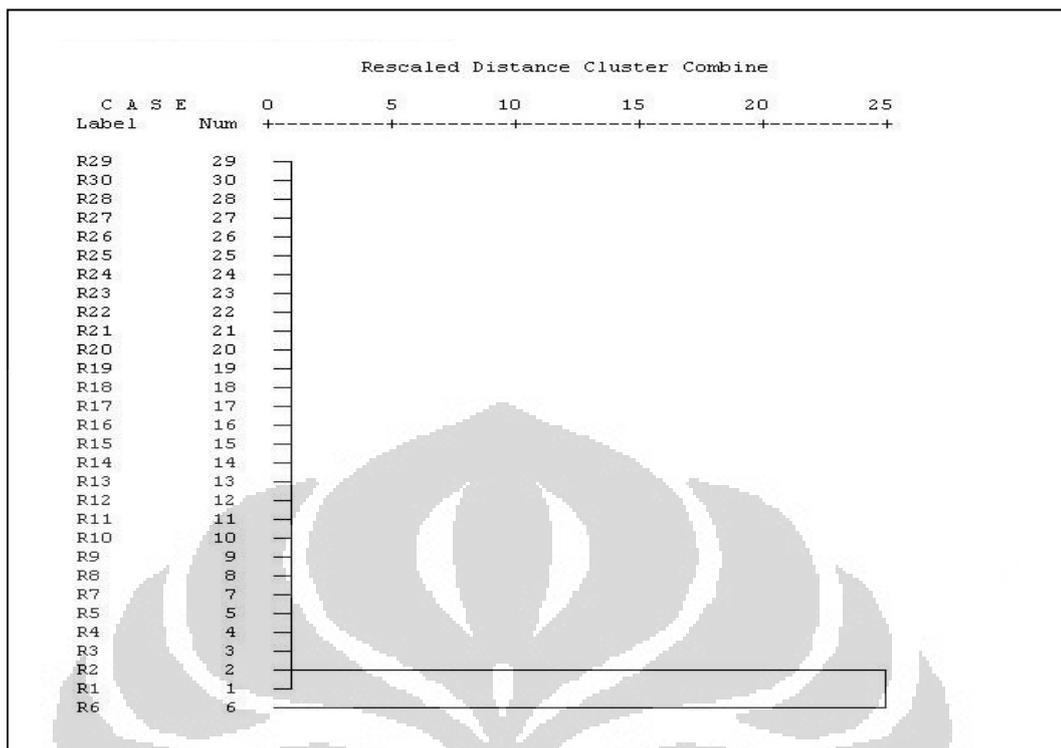
Keragaman pola pita yang terbentuk menunjukkan bahwa isozim peroksidase bersifat polimorfik dan dapat digunakan sebagai penanda genetik pada kelima genotipe ubi kayu yang diteliti. Beberapa pola pita yang berbeda pada isozim peroksidase digunakan untuk menganalisis kemiripan genetik antar

genotipe. Keragaman pola pita PER juga diperoleh pada beberapa tanaman yang telah diteliti oleh beberapa peneliti. Misalnya, pada penelitian yang dilakukan Sulistyowati *dkk.* tahun 2009 untuk mengetahui keragaman pola pita isozim pada kapas. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa enzim PER memiliki keragaman yang tinggi dengan ditemukannya tujuh pola pita. Hasil penelitian lain yang dilakukan Cahyarini *dkk.* tahun 2004 menemukan enam pola pita yang terbentuk pada tanaman kedelai.

## 4.6 Dendrogram Pola Pita Isozim

### 4.6.1 Dendrogram Dalam Satu Genotipe

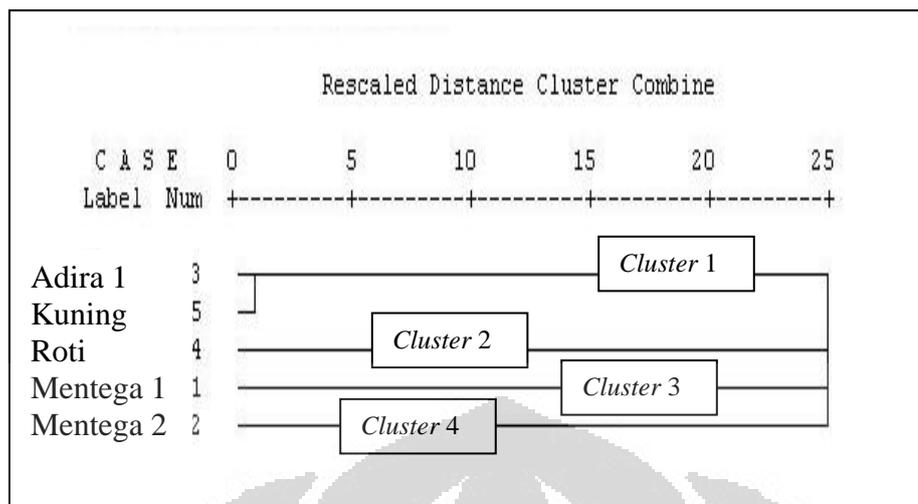
Hasil analisis pada 30 tanaman ubi kayu tiap genotipe menunjukkan bahwa semua pola pita sistem enzim dalam satu genotipe memiliki pola pita yang seragam kecuali pada genotipe Roti yang memiliki dua pola pita C dan D. Walaupun terdapat dua pola pita tetapi hanya ada satu tanaman yang menunjukkan pola yang berbeda. Sehingga pada dendrogram (Gambar 4.6.1) terlihat satu tanaman memiliki kemiripan genetik yang sangat jauh dengan yang lain. Hal tersebut terjadi kemungkinan karena adanya variasi atau perubahan yang terkait dengan gen penyandi enzim peroksidase.



Gambar 4.6.1 Dendrogram Pola Pita PER Genotipe Roti

#### 4.6.2 Dendrogram Antar Genotipe

Berdasarkan dendrogram sistem enzim PER, terdapat empat *cluster* (Gambar 4.6.2) dan diperoleh data bahwa terjadi kemiripan genetik yang sangat dekat pada genotipe Ubi Kuning dan Adira 1 pada skala di bawah 5. Hal tersebut terjadi karena pola pita yang tampak pada kedua genotipe tersebut sama. Hasil ini memunculkan dugaan bahwa genotipe Ubi Kuning merupakan induk dari genotipe Adira 1 yang merupakan varietas unggul yang dikembangkan para peneliti dari Baliktabi (Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian), Malang. Dugaan ini juga didasarkan pada hasil pengamatan morfologi yang menunjukkan kemiripan antara genotipe Ubi Kuning dengan genotipe Adira 1. Untuk lebih menyakinkan hal tersebut perlu dibuktikan secara lebih dalam melalui penelitian tingkat DNA. Hasil lain menunjukkan bahwa ketiga genotipe lain yaitu Roti, Mentega 1, dan Mentega 2 memang terpisah ditandai dengan pertemuan ketiganya pada skala 25 pada dendrogram. Hal tersebut memperlihatkan bahwa ketiga genotipe tersebut memiliki keragaman genetik yang tinggi.



Gambar 4.6.2 Dendrogram Pola Pita PER Antar Genotipe



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Terdapat karakter yang dapat dijadikan karakter pembeda antar genotipe pada ubi kayu. Karakter tersebut adalah warna daun muda, warna daun tua, warna pertulangan daun bagian atas, warna petiolus, gigi pada daun, warna batang muda, warna batang tua, dan warna parenkim.
2. Terdapat keragaman genetik dalam satu genotipe berdasarkan karakter morfologi dan tidak ada keragaman genetik berdasarkan pola pita isozim.
3. Berdasarkan dendrogram sistem enzim PER, kelima genotipe terbagi menjadi 4 *cluster*, genotipe Adira 1 dan Ubi Kuning berada dalam satu *cluster*.

#### 5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai uji karakter pembeda sehingga dapat dijadikan acuan untuk mengkarakterisasi genotipe ubi kayu.
2. Perlu dilakukan seleksi bibit dan analisis daya hasil terhadap keragaman genotipe sehingga diperoleh bibit ubi kayu yang unggul.
3. Perlu pengujian menggunakan marka molekuler lain untuk menelaah kekerabatan antara genotipe Ubi Kuning dengan genotipe Adira 1.

## DAFTAR REFERENSI

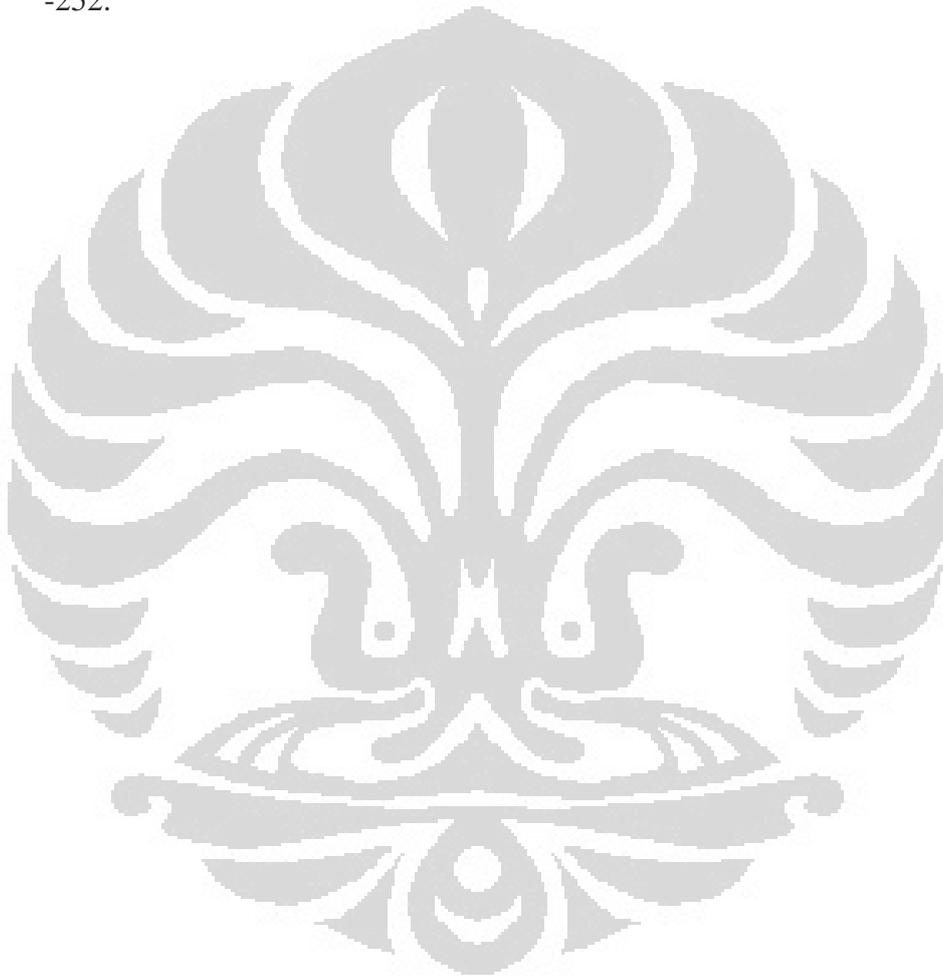
- Abdullah, B. 2001. The Use of Isozyme as Biochemical markers in Rice research. *Buletin AgroBio*. **4** (2): 39—44.
- Alves, A.A. C. 2002. Cassava botany and physiology. *Dalam: Hillocks, R. J., J. M. Thres & Bellotti A (Eds). 2002. Cassava biology, production and utilization*. CABI Publishing. Oxon: xi + 311 hlm.
- Ashary, S. S. 2010. Studi keragaman ganyong (*Canna edulis* Ker.) di wilayah eks-karesidenan Surakarta berdasarkan ciri morfologi dan pola pita isozim. Skripsi S-1. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Surakarta: xvi + 81 hlm.
- Bantacut, T. 2010. Ketahanan Pangan Berbasis *Cassava*. *Pangan*. **19** (4): 3—13.
- Bhagawati, D., M. N. Abulias, & A.H Susanto. 2008. Analisis Filogenetik Udag Windu Berdasarkan Pola Pita Isozim. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II Universitas Lampung*: III-431—III-439.
- Cahyarini, R. D., A. Yunus, & E. Purwanto. 2004. Identifikasi Keragaman Genetik Beberapa Varietas Lokal Kedelai di Jawa Berdasarkan Analisis Isozim. *Agrosains*. **6** (2): 79—83.
- Ceballos, H., M. Fregene, J. C. Perez, N. Morante & F. Calle. 2007. Cassava genetic improvement. *Dalam: Kang, M. S, & P. M. Priyadarshan (Eds). 2007. Breeding major food staples*. Blackwell Publishing. Iowa: xv + 437 hlm.
- Ceballos, H., E. Okogbenin, J.C. Perez, L. A. B Lopez-Valley & D. Debouck. 2010. Cassava. *Dalam: Bradshaw J. E (Ed). 2010. Handbook of plant breeding: Root and tuber crops*. Springer. Dundee: xiv + 295 hlm.
- Departemen Pertanian (Deptan). 2007. Panduan pengujian individual kebaruan, keunikan, keseragaman, dan kestabilan. 22 hlm.  
<http://www.deptan.go.id/ditjentan/detailpublikasi.php?id=22>. 29 Agustus pk.15.15
- Departemen Pertanian (Deptan). 2010. Vademikum ubi kayu. 26 hlm.  
<http://www.deptan.go.id/ditjentan/detailpublikasi.php?id=42>. 1 April pk.13.15

- Hadiati, S. & D. Sukmadjaja. 2002. Keragaman pola pita beberapa aksesori nenas berdasarkan analisis isozim. *Jurnal Bioteknologi Pertanian* **7** (2): 62--70.
- Hajar, S. 2011. *Studi variasi morfologi dan anatomi daun, serta jumlah kromosom Hibiscus rosa-sinensis L. di kampus Universitas Indonesia, Depok*. Skripsi Departemen Biologi FMIPA Universitas Indonesia, Depok: xiv + 76 hlm.
- Hengky, N. & A. Hartana. 1995. Analisis Kemiripan Kelapa Koleksi Plasma Nutfah di Kebun Percobaan Mapanget, Sulawesi Utara. *Hayati*. **2** (1): 12--16.
- Hopkins, W.G. 1999. *Introduction to plant physiology*. 2nd ed. John Wiley & Son, New York: xv + 512 hlm.
- Indriani, F. C., Sudjindro, A., N. Sugiharto, & L. Soetopo. 2008. Keragaman Genetik Plasma Nutfah Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) dan Beberapa Spesies yang Sekerabat Berdasarkan Analisis Isozim. *Agritek*. **6** (9): 1793-1802.
- Khalid, M., Farhatullah, N. U. Khan, R. Din, M. Y. Khan, M. Akmal & N. Ali. 2010. Linkage of morphological markers in *Brassica*. *Pakistanis Journal of Botany.*, **42** (5): 2995--3000.
- Lakitan, B. 1995. *Dasar-dasar fisiologi tumbuhan*. Raja Grafindo Persada, Jakarta: xvi + 204 hlm.
- Lindgren, D. 2001. Advantages of clonal propagation. *Birch Proceedings Ronneby*: 14 hlm.
- Manchenko, G. P. 2003. *Handbook of detection of enzymes on electrophoresis gels 2nd ed*. CRC Press. Florida: 553 hlm.
- Mayes, P. A. 2003. Biologic oxidation. *Dalam*: Murray, R. K., Daryl K. G., Peter A. M., & Victor W. R. 2003. Harper's illustrated biochemistry. 26 th ed. McGraw-Hill Companies, Inc., New York: vi + 693 hlm.
- Nassar, N. M. A. & R. Ortiz. 2009. Cassava genetic resources: Manipulation for crop improvement. *Dalam*: Janick, J (Ed). 2009. *Plant breeding reviews vol. 31*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey: x + 420 hlm.
- Plant Database. 2006. Classification for kingdom Plantae down to genus *Manihot* Crantz. Desember 2011: 1 hlm.

<http://www.plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=profile&symbol=MANIHOT&display=37>, 10 Desember 2011, pk. 21.00 WIB.

- Prana, T. K., N. S. Hartati, & M. S. Prana. 1999. Studi Variasi Isozim dari Sulawesi Selatan. *Hayati*. **6** (4): 81--86.
- Pratiwi, R. 2001. Mengenal Metode Elektroforesis. *Oseana*. **26** (1): 25—31.
- Rasidi, S. 2004. *Ekologi tumbuhan: Teori dan aplikasi*. Departemen Biologi FMIPA UI, Depok: iv + 9.25 hlm.
- Siqueira, E. M. A., S. F. Arruda, R. M. Vargas, & Elizabeth M. T.S. 2007.  $\beta$ -carotene from cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaves improve vitamin A status in rats. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C* (146) :235–240.
- Sitompul, S. M., & Guritno, B. 1995. *Analisis pertumbuhan tanaman*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta: xi + 412 hlm.
- Sulistyowati, E., Sulistyowati, S. Rustini, S. Sumartini, & Abdurrahman. 2009. Variasi Genetik Beberapa Spesies Kapas (*Gossypium* sp.) berdasarkan Keragaman Pola Pita Isozim. *Jurnal Littri*. **15** (4): 174—183.
- Suyanto, Subandi, & Marwoto. 2009. Kesiapan teknologi mendukung peningkatan produksi kedelai dan ubi kayu. *Prosiding Inovasi teknologi kacang-kacangan dan umbi-umbian mendukung kemandirian pangan dan kecukupan energi*: 16--50.
- TIPS (Trade & Industrial Policy Strategies). 2007. *Trade Information Brief: Cassava*. AusAID. Hatfield: ii + 68 hlm.
- Tonukari, N. J. 2004. Cassava and the future of starch. *Journal of Biotechnology*. **7**(1): 5—8.
- Tribadi, Suranto, & Sajidan. 2010. Variation of morphological and protein pattern of cassava (*Manihot esculenta*) varieties of Adira 1 and Cabak Macao in Ngawi, East Java. *Bioscience*. **2** (1): 14--22.
- Trimanto, Sajidan, & Sugiyarto. 2010. Characterisation of taro (*Colocasia esculenta*) based on morphological and isozymic patterns markers. *Bioscience*. **2** (1): 7--14.

- Wigati, E. Sutarno, & Haryanti. 2003. Variasi Genetika Ikan Anggoli (*Pristipomoides multidens*) Berdasarkan Pola Pita Allozim. *Biodiversitas*. **4** (2): 73—79.
- Winch, T. 2006. *Growing food: A guide to food production*. Springer. Dordrecht: ix + 333 hlm.
- Yunus, A. 2007. Identifikasi Keragaman Genetik Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) di Jawa Tengah Berdasarkan Penanda Isoenzim. *Biodiversitas*. **8** (3): 249-252.



## Lampiran 1

Komposisi Bufer Pengekstrak Enzim Tanaman  
(Bufer Pengekstrak Wickneswari)

No	Bahan		Volume
			100 ml
1	0.05 M	Borate bufer pH 8.0 (boric acid 0.05 M)	97.4 ml
2	0.01 M	<i>Ascorbic acid</i>	200 mg
3	0.5 M	<i>Sucrose</i>	17.29 g
4	1%	Tween 80	1 ml
5	0.2%	MgCl <sub>2</sub> 1 M	200 mg
6	0.2%	CaCl <sub>2</sub>	200 mg
7	1%	200 M Polyethylene Glycol (PEG)	1 ml
8	1%	Tergitol	1 ml
9	0.1%	β-mercaptoethanol	100 μl
10	0.5%	2-phenoxyethanol	500 μl
11	0.005 M	EDTA (disodium salt, dihydrate)	172 mg
12	2%	<i>Egg albumin</i>	2 g
13	0.006 M	Dithiothreitol	100 mg
14	0.05 M	Sodiumdiethyldithiocarbamic acid (DIECA)	900 mg
15	0.02 M	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	380 mg
16		PVP 25000	10 g

[Sumber: Prana *dkk.* 1999].

## Lampiran 2

## Komposisi Bahan Kimia Untuk Larutan Pewarnaan Enzim

No	Bahan kimia	Sistem enzim			
		6-PGD	SDH	ME	PER
1	Phosphogluconic acid	100 mg			
2	Shicimic acid		25 mg		
3	Na-malate 1 M pH 7			1 ml	
4	Tris-HCl 0.1 M H 8.5	10 ml	10 ml	5 ml	
5	MgCl <sub>2</sub> 1 M	1 ml	1 ml	1 ml	
6	NADP	1 ml	1 ml	2.5 ml	
7	NADP				
8	NBT	1 ml	1 ml	1 ml	
9	PMS	1 ml	1 ml	1 ml	
10	CaCl <sub>2</sub>				50 mg
11	3 amino 9 ehtyl carbazolum				50 mg
12	Hidrogen peroxida 30%				0.25 ml
13	50 mM bufer Na-scetat pH 4.8				100 ml

[Sumber Prana *dkk.*1999].

Keterangan: 6-PGD = 6-fosfoglukonat dehidrogenase  
 SDH = Sikimat dehidrognase  
 ME = Enzim malat  
 PER = Peroksidase

## Lampiran 3

## Pola pita isozim ubi kayu genotipe Mentega 1

No	No. Sampel	PER	ME	6-PGD	SDH	Zimotipe
1	1	A	A	A	A	AAAA
2	2	A	A	A	A	AAAA
3	3	A	A	A	A	AAAA
4	4	A	A	A	A	AAAA
5	5	A	A	A	A	AAAA
6	6	A	A	A	A	AAAA
7	7	A	A	A	A	AAAA
8	8	A	A	A	A	AAAA
9	9	A	A	A	A	AAAA
10	10	A	A	A	A	AAAA
11	11	A	A	A	A	AAAA
12	12	A	A	A	A	AAAA
13	13	A	A	A	A	AAAA
14	14	A	A	A	A	AAAA
15	15	A	A	A	A	AAAA
16	16	A	A	A	A	AAAA
17	17	A	A	A	A	AAAA
18	18	A	A	A	A	AAAA
19	19	A	A	A	A	AAAA
20	20	A	A	A	A	AAAA
21	21	A	A	A	A	AAAA
22	22	A	A	A	A	AAAA
23	23	A	A	A	A	AAAA
24	24	A	A	A	A	AAAA
25	25	A	A	A	A	AAAA
26	26	A	A	A	A	AAAA
27	27	A	A	A	A	AAAA
28	28	A	A	A	A	AAAA
29	29	A	A	A	A	AAAA
30	30	A	A	A	A	AAAA

## Lampiran 4

## Pola pita isozim ubi kayu genotipe Mentega 2

No	No. Sampel	PER	ME	6-PGD	SDH	Zimotipe
1	1 B	A	B	—	BAB_	
2	2 B	A	B	—	BAB_	
3	3 B	A	B	—	BAB_	
4	4 B	A	B	—	BAB_	
5	5 B	A	B	—	BAB_	
6	6 B	A	B	—	BAB_	
7	7 B	A	B	—	BAB_	
8	8 B	A	B	—	BAB_	
9	9 B	A	B	—	BAB_	
10	10 B	A	B	—	BAB_	
11	11 B	A	B	—	BAB_	
12	12 B	A	B	—	BAB_	
13	13 B	A	B	—	BAB_	
14	14 B	A	B	—	BAB_	
15	15 B	A	B	—	BAB_	
16	16 B	A	B	—	BAB_	
17	17 B	A	B	—	BAB_	
18	18 B	A	B	—	BAB_	
19	19 B	A	B	—	BAB_	
20	20 B	A	B	—	BAB_	
21	21 B	A	B	—	BAB_	
22	22 B	A	B	—	BAB_	
23	23 B	A	B	—	BAB_	
24	24 B	A	B	—	BAB_	
25	25 B	A	B	—	BAB_	
26	26 B	A	B	—	BAB_	
27	27 B	B	B	—	BBB_	
28	28 B	B	B	—	BBB_	
29	29 B	B	B	—	BBB_	
30	30 B	B	B	—	BBB_	

## Lampiran 5

## Pola pita isozim ubi kayu genotipe Roti

No	No. Sampel	PER	ME	6-PGD	SDH	Zimotipe
1	1	D	A	—	—	DA_._
2	2	D	A	—	—	DA_._
3	3	D	A	—	—	DA_._
4	4	D	A	—	—	DA_._
5	5	D	A	—	—	DA_._
6	6	C	A	—	—	DA_._
7	7	D	A	—	—	DA_._
8	8	D	A	—	—	DA_._
9	9	D	A	—	—	DA_._
10	10	D	A	—	—	DA_._
11	11	D	A	—	—	DA_._
12	12	D	A	—	—	DA_._
13	13	D	A	—	—	DA_._
14	14	D	A	—	—	DA_._
15	15	D	A	—	—	DA_._
16	16	D	A	—	—	DA_._
17	17	D	A	—	—	DA_._
18	18	D	A	—	—	DA_._
19	19	D	A	—	—	DA_._
20	20	D	A	—	—	DA_._
21	21	D	A	—	—	DA_._
22	22	D	A	—	—	DA_._
23	23	D	A	—	—	DA_._
24	24	D	A	—	—	DA_._
25	25	D	A	—	—	DA_._
26	26	D	A	—	—	DA_._
27	27	D	A	—	—	DA_._
28	28	D	A	—	—	DA_._
29	29	D	A	—	—	DA_._
30	30	D	A	—	—	DA_._

## Lampiran 6

## Pola pita isozim ubi kayu genotipe Ubi Kuning

No	No. Sampel	PER	ME	6-PGD	SDH	Zimotipe
1	1	C	A	C	A	CAAC
2	2	C	A	C	A	CAAC
3	3	C	A	C	A	CAAC
4	4	C	A	C	A	CAAC
5	5	C	A	C	A	CAAC
6	6	C	A	C	A	CAAC
7	7	C	A	C	A	CAAC
8	8	C	A	C	A	CAAC
9	9	C	A	C	A	CAAC
10	10	C	A	C	A	CAAC
11	11	C	A	C	A	CAAC
12	12	C	A	C	A	CAAC
13	13	C	A	C	A	CAAC
14	14	C	A	C	A	CAAC
15	15	C	A	C	A	CAAC
16	16	C	A	C	A	CAAC
17	17	C	A	C	A	CAAC
18	18	C	A	C	A	CAAC
19	19	C	A	C	A	CAAC
20	20	C	A	C	A	CAAC
21	21	C	A	C	A	CAAC
22	22	C	A	C	A	CAAC
23	23	C	A	C	A	CAAC
24	24	C	A	C	A	CAAC
25	25	C	A	C	A	CAAC
26	26	C	A	C	A	CAAC
27	27	C	A	C	A	CAAC
28	28	C	A	C	A	CAAC
29	29	C	A	C	A	CAAC
30	30	C	A	C	A	CAAC

## Lampiran 7

## Pola pita isozim ubi kayu genotipe Adira 1

No	No. Sampel	PER	ME	6-PGD	SDH	Zimotipe
1	1	C	A	C	A	CACA
2	2	C	A	C	A	CACA
3	3	C	A	C	A	CACA
4	4	C	A	C	A	CACA
5	5	C	A	C	A	CACA
6	6	C	A	C	A	CACA
7	7	C	A	C	A	CACA
8	8	C	A	C	A	CACA
9	9	C	A	C	A	CACA
10	10	C	A	C	A	CACA
11	11	C	A	C	A	CACA
12	12	C	A	C	A	CACA
13	13	C	A	C	A	CACA
14	14	C	A	C	A	CACA
15	15	C	A	C	A	CACA
16	16	C	A	C	A	CACA
17	17	C	A	C	A	CACA
18	18	C	A	C	A	CACA
19	19	C	A	C	A	CACA
20	20	C	A	C	A	CACA
21	21	C	A	C	A	CACA
22	22	C	A	C	A	CACA
23	23	C	A	C	A	CACA
24	24	C	A	C	A	CACA
25	25	C	A	C	A	CACA
26	26	C	A	C	A	CACA
27	27	C	A	C	A	CACA
28	28	C	A	C	A	CACA
29	29	C	A	C	A	CACA
30	30	C	A	C	A	CACA

Lampiran 8  
Panduan karakter morfologi ubi kayu

No.	Karakteristik/ <i>Characteristics</i>	bahasa Indonesia	english	Contoh Varietas <i>Example Varieties</i>	Notasi <i>Note</i>	
1.	VG (*) (c) QL	Tanaman: Tipe <i>Plant: Type</i>	tidak bercabang bercabang	<i>absence of branching</i> <i>branching</i>	Malang 4 CMM97007-52	1 9
2.	VG QN (c)	Batang: Jumlah level cabang <i>Stem: Number of branching level</i>	satu dua tiga	<i>one</i> <i>two</i> <i>three</i>	- - -	1 2 3
3.	MS (+) (c) QN	Batang: Sudut percabangan <i>Stem: Angle of branching</i>	< 25° 26° – 35° 36° – 50° 51° – 65° > 65°	< 25° 26° – 35° 36° – 50° 51° – 65° > 65°	- - - - -	1 3 5 7 9
4.	VG (+) (c) QN	Batang: Tipe batang utama <i>Stem: Type of main stem</i>	satu bagian dua bagian tiga bagian empat bagian	<i>monochotomus</i> <i>dichotomus</i> <i>trichotomus</i> <i>tetrachotomous</i>	Adhira4 - - -	1 3 5 7
5.	MS (*) (c) (+) QN	Batang: Tinggi tanaman <i>Stem: Plant height</i>	pendek sedang tinggi sangat tinggi	<i>short</i> <i>medium</i> <i>tall</i> <i>very tall</i>	- Adhira 1 Adhira 4 Darul Hidayah	3 5 7 9
6.	MS (+) (c) QN	Batang: Diameter batang <i>Stem: Stalk diameter</i>	kecil sedang besar	<i>small</i> <i>medium</i> <i>large</i>	- Adhira 1 Darul Hidayah	1 3 5
7.	MS (+) (c) QN	Batang: Panjang ruas <i>Stem: Internode length</i>	sangat pendek pendek sedang panjang sangat panjang	<i>very short</i> <i>short</i> <i>medium</i> <i>long</i> <i>very long</i>	- - Adhira 1 Malang 4 Darul Hidayah	1 3 5 7 9
8.	VG (*) (c) QL	Batang: Warna batang tua (batang bagian bawah) <i>stem: Color of mature stem</i>	hijau hijau abu-abu hijau gelap coklat kekuningan coklat kemerahan abu-abu	<i>green</i> <i>grayish green</i> <i>dark green</i> <i>yellowish brown</i> <i>redish brown</i> <i>gray</i>	- Malang1 - Adira 1 Malang2 Adhira4	2 3 4 5 6 7
9.	VG QL (c)	Batang: Warna batang muda <i>Stem: Color of young stem</i>	hijau muda hijau hijau abu-abu coklat coklat kemerahan abu-abu	<i>light green</i> <i>green</i> <i>grayish green</i> <i>brown</i> <i>redish brown</i> <i>gray</i>	Malang 2 Adhira 4 - - - -	2 3 4 5 6 7
10.	VG (+) (c) (*) QL	Batang: Warna parenkim <i>Stem: Parenchyma color</i>	hijau muda hijau tua	<i>light green</i> <i>dark green</i>	- -	1 2
11.	VS QL (a)	Daun: Bulu pada daun muda <i>Leaf: Pubescence on young leaf</i>	tidak ada ada	<i>absent</i> <i>present</i>	Adhira4 MLG 10113	1 9
12.	VG (*) (a) (+) QL	Daun: Bentuk cuping <i>Leaf: Shape of lobe</i>	elip lanset garis bulat telur terbalik- lanset pandurate arched	<i>elips</i> <i>lanceolate</i> <i>linier</i> <i>obovate-lanceolate</i> <i>pandurate</i> <i>arched</i>	UJ5 - Malang1 - - -	1 2 3 4 5 6
13.	VG (+) (a) QN	Daun: Jumlah cuping <i>Leaf: Number of lobes</i>	5 cuping 7 cuping 9 cuping	<i>5 lobes</i> <i>7 lobes</i> <i>9 lobes</i>	- Malang4 MLG 10312	1 2 3

## Lanjutan

14. (+) (*) QL	VG (a)	Daun: Warna daun muda (Daun yang belum membuka sempurna) <i>Leaf: Color of young leaf (Unopened completely)</i>	hijau kekuningan	<i>yellowish green</i>	Malang2, Darul H	1
			hijau muda	<i>light green</i>	-	2
			hijau	<i>green</i>	Adhira4	3
			hijau keunguan	<i>purplish green</i>	Malang1	4
15.		Daun: Warna daun muda (daun yang belum membuka sempurna) <i>Leaf: Color of young leaf (Unopened completely)</i>	ungu muda	<i>light purple</i>	Malang4, Malang 6	1
			ungu	<i>purple</i>	UJ5	2
			coklat	<i>brown</i>	Adhira1	3
16. (+) QL	VG (a)	Daun: Warna daun tua <i>Leaf: Mature leaf color</i>	hijau kekuningan	<i>yellowish green</i>	-	2
			hijau	<i>green</i>	Malang4	3
			hijau tua	<i>dark green</i>	-	4
17. (+) QL	VG (a)	Daun: Warna tulang daun bagian atas <i>Leaf: Leaf veins color on upper part</i>	hijau kekuningan	<i>yellowish green</i>	Malang1	2
			hijau	<i>green</i>	-	3
			hijau tua	<i>dark green</i>	-	4
			merah muda	<i>light red</i>	Adhira2	5
18. (+) QN	VG (a)	Daun: Gigi pada daun tua <i>Leaf: teethlets on mature leaf</i>	tidak ada	<i>absent</i>	Malang1	1
			ada	<i>present</i>	Adhira4	9
19. QL	VG (b)	Daun: Warna permukaan atas tangkai daun di batang bagian bawah <i>Leaf: Color of upper part of petiole on the basal of stem</i>	hijau	<i>green</i>	-	1
			hijau dengan warna kemerahan di dekat batang	<i>green and redish near stalk</i>	-	2
			hijau dengan warna kemerahan di dekat daun	<i>green and redish near leaf</i>	-	3
			hijau dengan spot merah disepanjang tangkai daun	<i>green and red spot</i>	-	4
			merah-kehijauan	<i>greenish red</i>	UJ5	5
			merah dengan warna hijau di dekat batang	<i>red and green near stalk</i>	-	6
			merah muda	<i>light red</i>	UJ3	7
			merah di sepanjang tangkai daun	<i>red</i>	Malang 6	8
			merah keunguan dengan warna hijau di dekat batang	<i>purplish red and green near stalk</i>	-	9
			merah keunguan dengan warna hijau di dekat daun	<i>purplish red and green near leaf</i>	-	10
			merah keunguan	<i>purplish red</i>	Malang 4	11
20. (+) (*) QL	VG (b)	Daun: Warna tangkai daun bagian atas di bagian batang tengah <i>Leaf: Color of upper part of petiole on the central of stem</i>	hijau	<i>green</i>	-	1
			hijau muda dengan warna kemerahan di pangkal dan ujung tangkai daun	<i>light green and redish on base and tip of petiol</i>	Malang2	2
			hijau dengan warna kemerahan di dekat daun	<i>green and redish near leaf</i>	-	3
			hijau dengan spot merah disepanjang tangkai daun	<i>green and red spot</i>	-	4
			merah-kehijauan	<i>greenish red</i>	UJ5	5
			merah dengan warna hijau di dekat batang	<i>red and green near stalk</i>	-	6
			merah muda	<i>light red</i>	UJ3	7
			merah di sepanjang tangkai daun	<i>red</i>	Malang 6	8

## Lanjutan

			merah keunguan dengan warna hijau di dekat batang	<i>purplish red and green near stalk</i>	-	9
			merah keunguan	<i>purplish red</i>	Malang4	10
21.	VG (*) (b)	Daun: Warna tangkai daun bagian atas di batang bagian ujung	hijau	<i>green</i>	-	1
QL		<i>Leaf: Color of upper part of petiole on the tip of stem</i>	hijau muda dengan warna kemerahan di pangkal dan ujung tangkai daun	<i>light green and redish on base and tip of petiol</i>	Malang1	2
			hijau muda dengan merah keunguan di dekat daun	<i>light green and purplish red near leaf</i>	-	3
			hijau muda	<i>light green</i>	Malang2	4
			merah-kehijauan	<i>greenish red</i>	UJ5	5
			merah dengan warna hijau di dekat batang	<i>red and green near stalk</i>	-	6
			merah muda	<i>light red</i>	UJ3	7
			merah	<i>red</i>	Malang 6	8
22.	VG (+) (b)	Daun: Warna tangkai daun bagian bawah di batang bagian tengah	hijau	<i>green</i>	-	1
(*)		<i>Leaf: Color of under part of petiole on the central of stem</i>	hijau-keunguan	<i>purplish green</i>	DH	2
			hijau-kemerahan	<i>redish green</i>	UJ3	3
			hijau muda	<i>light green</i>	Adhira4	4
QL			merah-kehijauan	<i>greenish red</i>	-	5
			merah kekuningan	<i>yellowish red</i>	Adhira1	6
			merah muda	<i>light red</i>	Malang1	7
23.	MS (+) (b)	Tangkai daun: Panjang	pendek	<i>short</i>	-	1
QN		<i>Petiole: Length</i>	sedang	<i>intermediate</i>	-	3
			panjang	<i>long</i>	-	5
			sangat panjang	<i>very long</i>	-	7
24.	MS (+) (b)	Daun: Ukuran cuping daun dewasa	lebar	<i>wide</i>	-	1
QN		<i>Leaf: size of lobes of mature leaf</i>	sempit	<i>narrow</i>	-	2
25.	VG (+) (*) (c)	Umbi: Bentuk	kerucut	<i>conical</i>	Adhira1	1
QL		<i>Tuber: Shape</i>	ikalan /gelendong	<i>fusiform</i>	-	2
			kerucut-silindris	<i>cylindrical-conical</i>	Adhira4	3
			silindris	<i>cyllindrical</i>	-	4
26.	MS (+) (c)	Umbi: Ketebalan korteks	sangat tipis	<i>very thin</i>	-	1
QN		<i>Tuber: Cortex thickness</i>	tipis	<i>thin</i>	Malang1	3
			sedang	<i>intermediate</i>	-	5
			tebal	<i>thick</i>	-	7
			sangat tebal	<i>very thick</i>	-	9
27.	VG (+) (*) (c)	Umbi: Warna kulit luar	krem	<i>cream</i>	Malang6	1
QL		<i>Tuber: The color of periderm</i>	coklat terang	<i>light brown</i>	-	2
			coklat gelap	<i>dark brown</i>	Adhira4	3
28.	VG (+) (c)	Umbi: Warna lapisan korteks	ungu	<i>purple</i>	Adhira4	1
QL		<i>Tuber: The color of cortex</i>	krem	<i>cream</i>	Malang6	2
			pink	<i>pink</i>	-	3
29.	VG (*) (c)	Umbi: Warna daging	putih	<i>white</i>	Adhira4	1
QL		<i>Tuber: Color</i>	agak kuning	<i>light yellow</i>	Malang1	2
			kuning	<i>yellow</i>	CMM197007-235	3
30.	MS (+) (c)	Umbi: Leher	pendek	<i>short</i>	Adhira4	3
QN		<i>Tuber: Neck</i>	sedang	<i>intermediate</i>	Adhira1	5
			panjang	<i>long</i>	Malang2	7

[Sumber: Deptan 2007: 12—15].

## Lampiran 9

## Panduan warna (Methuen Handbook of Colour)

