

KARAKTERISASI RESPONS MORFOLOGI GENOTIPE MUTAN PUTATIF UBI KAYU PADA MEDIA HIDROPONIK pH RENDAH YANG BERCEKAMAN ALUMINIUM

IFAN MAULANA PUTRA



**PROGRAM STUDI PEMULIAAN DAN BIOTEKNOLOGI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Karakterisasi Respons Morfologi Genotipe Mutan Putatif Ubi Kayu pada Media Hidroponik pH Rendah yang Bercekanan Aluminium” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Desember 2025

Ifan Maulana Putra
A2503231022



RINGKASAN

IFAN MAULANA PUTRA. Karakterisasi Respons Morfologi Genotipe Mutan Putatif Ubi Kayu pada Media Hidroponik pH Rendah yang Bercekanan Aluminium. Dibimbing oleh DEWI SUKMA, SINTHO WAHYUNING ARDIE, dan FITRI YELLI

Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) merupakan salah satu komoditi tanaman setahun yang banyak dihasilkan di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan pangan maupun industri. Total produksi ubi kayu di Indonesia pada tahun 2023 mencapai 17,2 juta ton, sementara itu pada tahun 2013 mencapai 23,9 juta ton. Terjadi penurunan produksi ubi kayu nasional secara signifikan selama satu dekade terakhir. Upaya peningkatan produksi ubi kayu nasional dapat dilakukan melalui ekstensifikasi dan pengembangan varietas unggul ubi kayu. Pengembangan varietas unggul ubi kayu tidak hanya terbatas pada perakitan ubi kayu berdaya hasil tinggi dan kandungan pati tinggi, melainkan juga yang toleran terhadap cekaman tanah masam guna mendukung program ekstensifikasi. Penapisan genotipe mutan putatif ubi kayu pada media hidroponik yang mengandung Al merupakan salah satu upaya menyeleksi mutan putatif yang memberikan respon positif terhadap Al. Stek dari lima genotipe mutan putatif (G1D1-532, G6-1-15-4-3, G6-2-15-1-1, G6-2-15-3-3, dan G6-2-15-5-3) dan satu varietas komersil "Mentega" ditanam pada media hidroponik yang diberi perlakuan Al (P1: *AB Mix* pH 5,5 tanpa AlCl_3 , P2: *AB Mix* pH 4 tanpa AlCl_3 , dan P3: *AB Mix* pH 4 + 3 mM AlCl_3). Hasil menunjukkan bahwa aluminium mempengaruhi morfologi ubi kayu, namun belum memberikan efek toksik. Konsentrasi 3 mM AlCl_3 teridentifikasi menginduksi pertumbuhan vegetatif maupun akar ubi kayu. Sebaliknya, 3 mM AlCl_3 juga meningkatkan gejala klorosis daun ubi kayu. Berdasarkan analisis *multi-trait genotype-ideotype distance index* (MGIDI), diperoleh dua kandidat mutan putatif yang memberikan respon positif terhadap keberadaan aluminium yaitu "G6-2-15-5-3 dan G6-2-15-3-3", serta satu mutan putatif yang menunjukkan respon negatif yaitu "G6-2-15-1-1".

Pengembangan varietas ubi kayu baru yang adaptif terhadap tanah masam bertumpu pada toleransi Al, mengingat faktor pembatas utama pada tanah masam adalah cekaman Al. Percobaan kedua dilakukan untuk memvalidasi genotipe mutan putatif yang terindikasi toleran terhadap cekaman aluminium dengan peningkatan konsentrasi aluminium. Konsentrasi aluminium terdiri atas P1: *AB Mix* pH 5,5 tanpa AlCl_3 , P2: *AB Mix* pH 4 tanpa AlCl_3 , P3: *AB Mix* pH 4 + 3 mM AlCl_3 , dan P4: *AB Mix* pH 4 + 6 mM AlCl_3 . Konsentrasi 3 mM AlCl_3 konsisten tidak memberikan efek toksik pada ubi kayu, yang mengindikasikan bahwa pada konsentrasi tersebut masih dapat ditoleransi oleh ubi kayu. Sementara itu, terjadi penghambatan pertumbuhan vegetatif maupun akar ubi kayu yang diinduksi oleh konsentrasi 6 mM AlCl_3 . Akar ubi kayu cenderung lebih pendek, biomassa menurun, dan diameter menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi Al. Hal ini menandakan bahwa pada konsentrasi 6 mM AlCl_3 telah menimbulkan efek toksik pada ubi kayu. Berdasarkan nilai indeks toleransi (TOL), Varietas Gajah, Vamas-1, dan mutan putatif G6-2-15-3-3 menunjukkan tingkat toleransi yang lebih tinggi dibandingkan dengan mutan putatif G6-2-15-1-1 dan G6-2-15-5-3.

Kata kunci: aluminium, tanah masam, ubi kayu, mutan putatif, efek hormesis

SUMMARY

IFAN MAULANA PUTRA. Morphological Responses Characterization of Putative Mutant Cassava Genotypes Under Low-pH Hydroponic Conditions with Aluminum Stress. Supervised by DEWI SUKMA, SINTHO WAHYUNING ARDIE, and FITRI YELLI

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz.) is a perennial crop widely produced in Indonesia to meet food and industrial needs. Total cassava production in Indonesia is projected to reach 17.2 million tons in 2023, compared to 23.9 million tons in 2013. There has been a significant decline in national cassava production over the past decade. Increasing national cassava production can be achieved through extensification and developing superior varieties. The development of superior cassava varieties is limited to producing high-yielding, high-starch cassava varieties and those tolerant to acid soil stress to support the extensification program. Screening putative cassava mutant genotypes in low-pH hydroponic media containing Aluminum is one way to select putative mutants that respond positively to the presence of Al. Stem cuttings of five putative mutant genotypes (G1D1-532, G6-1-15-4-3, G6-2-15-1-1, G6-2-15-3-3, and G6-2-15-5-3) and one commercial variety "Mentega" were planted in hydroponic media treated with Al (P1: AB Mix pH 5,5 without AlCl_3 , P2: AB Mix pH 4 + 0 mM AlCl_3 , and P3: AB Mix pH 4 + 3 mM AlCl_3). The results indicated that aluminum influenced the morphophysiology of cassava but did not cause any toxic effects. A concentration of 3 mM of Al was identified to induce both vegetative and root growth of cassava. However, 3 mM Al also increased the symptoms of cassava leaf chlorosis. Based on *multi-trait genotype-ideotype distance index* (MGIDI) analysis, two putative mutant candidates were obtained, which gave a positive response to the presence of Al, namely "G6-2-15-5-3 and G6-2-15-3-3", as well as one putative mutant which showed a negative response, namely "G6-2-15-1-1".

Developing new cassava varieties that are adaptive to acidic soils relies on Al tolerance, considering that the main limiting factor in acidic soils is Al stress. The second experiment was conducted to validate putative mutant genotypes tolerant to Al stress by increasing aluminum concentrations. Genotypes consisted of three mutant genotypes (G6-2-15-3-3, G6-2-15-5-3, and G6-2-15-1-1), Vamas-1 as control variety, and Gajah as wildtype of mutant genotypes. The aluminum concentrations consisted of P1: AB Mix pH 5,5 without AlCl_3 , P2: AB Mix pH 4 + 0 mM AlCl_3 , P3: AB Mix pH 4 + 3 mM AlCl_3 , and P4: AB Mix pH 4 + 6 mM AlCl_3 . Based on the results, concentration 3 mM of AlCl_3 consistently did not show toxic effects on cassava, indicating that this concentration is still tolerable for the plant. In contrast, vegetative and root growth inhibition was observed at the 6 mM AlCl_3 concentration. Cassava roots tended to be shorter, biomass decreased, and diameter reduced as aluminum concentration increased. This indicates that the 6 mM AlCl_3 concentration caused toxic effects on cassava. Based on the tolerance index (TOL) values, the Gajah and Vamas-1, and with the putative mutant G6-2-15-3-3 genotypes exhibited higher tolerance levels compared to the putative mutants G6-2-15-1-1 and G6-2-15-5-3.

Keywords: acid soil, aluminum, cassava, hormesis effect, putative mutant



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

KARAKTERISASI RESPONS MORFOLOGI GENOTIPE MUTAN PUTATIF UBI KAYU PADA MEDIA HIDROPONIK pH RENDAH YANG BERCEKAMAN ALUMINIUM

IFAN MAULANA PUTRA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman

**PROGRAM STUDI PEMULIAAN DAN BIOTEKNOLOGI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

- 1 Dr. Wahyuni, S.Si., M.Biomed
- 2 Dr. Arya Widura Ritonga, S.P., M.Si



IPB University
— Bogor Indonesia —

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



Judul Tesis : Karakterisasi Respons Morfologi Genotipe Mutan Putatif Ubi Kayu pada Media Hidroponik pH Rendah yang Bercekanan Aluminium

Nama : Ifan Maulana Putra
NIM : A2503231022

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Dewi Sukma, S.P., M.Si

Pembimbing 2:
Dr. Sintho Wahyuning Ardie, S.P., M.Si

Pembimbing 3:
Fitri Yelli, S.P., M.Si., Ph.D

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Dewi Sukma, S.P., M.Si
NIP 197004041997022001

Dekan Fakultas Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr
NIP 196902121992031003




Tanggal Ujian:
11 September 2025

Tanggal Lulus: 02 DEC 2025



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Maret 2024 sampai bulan November 2024 ini ialah tingkat toleransi aluminium pada ubi kayu, dengan judul “Karakterisasi Respon Morfologi Genotipe Mutan Ubi Kayu pada Media Hidroponik pH Rendah yang Bercekaman Aluminium”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Dewi Sukma, S.P., M.Si, Dr. Sintho Wahyuning Ardie, S.P., M.Si dan Fitri Yelli, S.P., M.Si., Ph.D yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Trikoesoemaningtyas, M.Sc selaku dosen moderator seminar hasil penelitian. Di samping itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Wahyuni, S.Si., M.Biomed dan Dr. Arya Widura Ritonga, S.P., M.Si yang telah berkenan menjadi penguji luar komisi ujian tesis. Ucapan terima kasih juga penulis haturkan kepada:

1. IPB University yang telah mendanai penelitian ini melalui program “Riset Kolaborasi Nasional” yang bekerja sama dengan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan Universitas Lampung atas kesempatannya untuk dapat melakukan penelitian ini.
2. Dosen di lingkungan Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman yang telah memberikan banyak ilmu sebagai pondasi dalam penyusunan tesis ini.
3. Staf Laboratorium Departemen AGH IPB Bu Juju, Pak Joko, Pak Yudi, dan Pak Sala yang telah membantu penulis dalam melaksanakan penelitian.
4. Teman-teman yang telah banyak membantu penulis selama penelitian: Agung, Zendi, Dea Hayu, Nabila, Marisa, dan Dea Puspa, serta seluruh pihak yang mendukung dalam penyelesaian tesis ini.
5. Keluarga tercinta, Ibu (Ida Rahayu), Ayah (Supriyadi), Adik (Reva Aulia) serta keluarga besar yang telah mendukung dalam doa dan kasih sayang kepada penulis.
6. Saudari Desi Anggia Putri yang terkasih, terima kasih telah sangat banyak membantu baik tenaga maupun moril, membersamai penulis sedari awal perkuliahan, dan memberikan semangat serta motivasi untuk penulis dalam penyelesaian tesis ini. Mari wujudkan target-target yang lain secara bersama-sama.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Desember 2025

Ifan Maulana Putra



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Hipotesis Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Ubi Kayu (<i>Manihot esculenta</i> C.)	5
2.2 Syarat Budidaya Ubi Kayu	6
2.3 Cekaman Tanah Masam	7
2.4 Mekanisme Toleransi Aluminium pada Tanaman	8
III PENAPISAN GENOTIPE MUTAN PUTATIF UBI KAYU PADA MEDIA HIDROPONIK YANG MENGANDUNG ALUMINIUM	11
3.1 Abstrak	11
3.2 Pendahuluan	12
3.3 Bahan dan Metode	12
3.4 Hasil dan Pembahasan	17
3.5 Simpulan	30
IV VALIDASI GENOTIPE MUTAN PUTATIF UBI KAYU DENGAN PENINGKATAN KONSENTRASI ALUMINIUM	31
4.1 Abstrak	31
4.2 Pendahuluan	32
4.3 Bahan dan Metode	32
4.4 Hasil dan Pembahasan	36
4.5 Simpulan	49
V PEMBAHASAN UMUM	50
VI SIMPULAN DAN REKOMENDASI	53
6.1 Simpulan	53
6.2 Rekomendasi	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	62
RIWAYAT HIDUP	72



DAFTAR TABEL

2.1	Karakteristik kimia tanah berdasarkan kebutuhan ubi kayu	6
3.1	Genotipe mutan putatif ubi kayu yang digunakan pada percobaan satu	13
3.2	Rekapitulasi ragam gabungan terhadap karakter vegetatif genotipe ubi kayu	19
3.3	Pengaruh interaksi antara genotipe dan larutan nutrisi terhadap biomassa daun genotipe ubi kayu	22
3.4	Pengaruh genotipe dan larutan nutrisi terhadap biomassa tajuk tanaman genotipe ubi kayu	23
3.5	Waktu muncul tunas dan gejala klorosis daun pada genotipe ubi kayu dan larutan nutrisi	24
3.6	Rekapitulasi ragam karakter morfologi akar genotipe ubi kayu	25
3.7	Pengaruh interaksi antara genotipe dan larutan nutrisi diameter akar nodal atas, nodal bawah, dan basal genotipe ubi kayu pada 10 MST	27
3.8	Pengaruh genotipe dan larutan nutrisi terhadap panjang akar nodal atas, nodal bawah, dan basal genotipe ubi kayu pada 10 MST	27
3.9	Pengaruh genotipe dan larutan nutrisi terhadap jumlah akar nodal atas, nodal bawah, dan basal genotipe ubi kayu pada 10 MST	28
3.10	Pengaruh genotipe dan larutan nutrisi terhadap bobot basah akar nodal atas, nodal bawah, dan basal pada genotipe ubi kayu pada 10 MST	28
4.1	Rekapitulasi ragam gabungan terhadap karakter vegetatif genotipe ubi kayu	37
4.2	Pengaruh genotipe dan larutan nutrisi terhadap biomassa daun	40
4.3	Pengaruh genotipe ubi kayu terhadap biomassa tajuk tanaman	40
4.4	Rekapitulasi ragam gabungan karakter morfologi akar ubi kayu	41
4.5	Pengaruh genotipe dan larutan nutrisi terhadap diameter akar nodal atas, nodal bawah, dan basal genotipe ubi kayu pada 10 MST	42
4.6	Pengaruh genotipe, larutan nutrisi, dan interaksi Keduanya terhadap panjang akar nodal atas, nodal bawah, dan basal genotipe ubi kayu 10 MST	42
4.7	Pengaruh larutan nutrisi dan interaksi antara genotipe dan larutan nutrisi terhadap jumlah akar nodal atas, nodal bawah, dan basal genotipe ubi kayu pada 10 MST	44
4.8	Pengaruh larutan nutrisi dan interaksi antara genotipe dan larutan nutrisi terhadap biomassa akar nodal atas, nodal bawah, dan basal genotipe ubi kayu	44
4.9	Nilai indeks toleransi karakter vegetatif ubi kayu pada kondisi cekaman aluminium	48
4.10	Nilai indeks toleransi karakter morfologi akar ubi kayu pada kondisi cekaman aluminium	48

DAFTAR GAMBAR

1.1	Diagram alir penelitian	4
2.1	Mekanisme toleransi aluminium pada tanaman ubi kayu	9
3.1	Materi genetik ubi kayu yang digunakan pada percobaan pertama	13
3.2	Ilustrasi ketiga jenis akar yang terbentuk pada ubi kayu. TNR: <i>total number of nodal roots</i> , BdUNR: <i>branching density of upper nodal roots</i> , BdLNR: <i>branching density of lower nodal roots</i> , NBR: <i>number of basal roots</i> , DBR: <i>diameter of basal roots</i> , BdBR: <i>branching density of basal roots</i> , NUNR: <i>number of upper nodal roots</i> , DUNR: <i>diameter of upper nodal roots</i> , NLR: <i>number of the lower nodal root</i> , DLNR: <i>diameter of lower nodal roots</i>	15
3.3	Keragaan akar genotipe ubi kayu berumur 8 MST pada seluruh genotipe dan larutan nutrisi. G1: Mentega, G2: G1D1-532, G3: G6-1-15-4-3, G4: G6-2-15-1-1, G5: G6-2-15-3-3, G6: G6-2-15-5-3. P1: Kontrol (<i>AB Mix</i> pH 4 tanpa AlCl_3), P2: <i>AB Mix</i> pH 4 tanpa AlCl_3 , P3: <i>AB Mix</i> pH 4 + 3 mM AlCl_3	18
3.4	Rata-rata tinggi tanaman (A) enam genotipe ubi kayu (B) tiga larutan nutrisi. **: berbeda sangat nyata berdasarkan $P < 0,01$. G1: Mentega, G2: G1D1-532, G3: G6-1-15-4-3, G4: G6-2-15-1-1, G5: G6-2-15-3-3, G6: G6-2-15-5-3, P1: kontrol (<i>AB Mix</i> pH 5,5 tanpa AlCl_3), P2: <i>AB Mix</i> pH 4 tanpa AlCl_3 , P3: <i>AB Mix</i> pH 4 + 3 mM AlCl_3	20
3.5	Rata-rata jumlah tunas (A) enam genotipe ubi kayu dan (B) tiga larutan nutrisi. **: berbeda sangat nyata berdasarkan $P < 0,01$, *: berbeda nyata berdasarkan $P < 0,05$. G1: Mentega, G2: G1D1-532, G3: G6-1-15-4-3, G4: G6-2-15-1-1, G5: G6-2-15-3-3, G6: G6-2-15-5-3, P1: kontrol (<i>AB Mix</i> pH 5,5 tanpa AlCl_3), P2: <i>AB Mix</i> pH 4 tanpa AlCl_3 , P3: <i>AB Mix</i> pH 4 + 3 mM AlCl_3	21
3.6	Rata-rata jumlah daun (A) enam genotipe ubi kayu dan (B) tiga larutan nutrisi. **: berbeda sangat nyata berdasarkan $P < 0,01$, *: berbeda nyata berdasarkan $P < 0,05$. G1: Mentega, G2: G1D1-532, G3: G6-1-15-4-3, G4: G6-2-15-1-1, G5: G6-2-15-3-3, G6: G6-2-15-5-3, P1: kontrol (<i>AB Mix</i> pH 5,5 tanpa AlCl_3), P2: <i>AB Mix</i> pH 4 tanpa AlCl_3 , P3: <i>AB Mix</i> pH 4 + 3 mM AlCl_3	21
3.7	Skor gejala klorosis daun (a) 0%, (b) 50%, dan (c) 100%	23
3.8	Analisis MGIDI untuk enam genotipe ubi kayu: a) genotipe yang menunjukkan respon pertumbuhan positif terhadap keberadaan aluminium SI=30%; b) genotipe yang menunjukkan respon pertumbuhan negative terhadap keberadaan aluminium SI=20%.	29
4.1	Materi genetik ubi kayu pada percobaan kedua	33
4.2	Rata-rata tinggi tanaman (A) lima genotipe ubi kayu dan (B) empat larutan nutrisi. **: berbeda sangat nyata berdasarkan $P < 0,01$, *: berbeda nyata berdasarkan $P < 0,05$. G1: Gajah, G2: Vamas-1, G3: G6-2-15-1-1, G4: G6-2-15-5-3, G5: G6-2-15-3-3. P1: kontrol (<i>AB Mix</i> pH 5,5 tanpa AlCl_3), P2: <i>AB Mix</i> pH 4 tanpa AlCl_3 , P3: <i>AB Mix</i> pH 4 + 3 mM AlCl_3 , P4: <i>AB Mix</i> pH 4 + 6 mM AlCl_3	38

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Rata-rata jumlah tunas (A) lima genotipe ubi kayu dan (B) empat larutan nutrisi. **: berbeda sangat nyata berdasarkan $P < 0,01$, *: berbeda nyata berdasarkan $P < 0,05$. G1: Gajah, G2: Vamas-1, G3: G6-2-15-1-1, G4: G6-2-15-5-3, G5: G6-2-15-5-3. P1: kontrol (*AB Mix* pH 5,5 tanpa AlCl_3), P2: *AB Mix* pH 4 tanpa AlCl_3 , P3: *AB Mix* pH 4 + 3 mM AlCl_3 , P4: *AB Mix* pH 4 + 6 mM AlCl_3

38

Rata-rata jumlah daun (A) lima genotipe ubi kayu dan (B) empat larutan nutrisi. G1: Gajah, G2: Vamas-1, G3: G6-2-15-1-1, G4: G6-2-15-5-3, G5: G6-2-15-5-3. P1: kontrol (*AB Mix* pH 5,5 tanpa AlCl_3), P2: *AB Mix* pH 4 tanpa AlCl_3 , P3: *AB Mix* pH 4 + 3 mM AlCl_3 , P4: *AB Mix* pH 4 + 6 mM AlCl_3

39

Koefisien korelasi antar karakteristik vegetatif dan morfologi akar lima genotipe ubi kayu pada kondisi cekaman aluminium: MT: muncul tunas, JT: jumlah tunas, TT: tinggi tanaman, JD: jumlah daun, BBD: bobot basah daun, BBT: bobot basah tajuk, BKD: bobot kering daun, BKT: bobot kering tajuk, PNA: panjang akar nodal atas, PNB: panjang akar nodal bawah, PB: panjang akar basal, JNA: jumlah akar nodal atas, JNB: jumlah akar nodal bawah, JB: jumlah akar basal, DNA: diameter akar nodal atas, DNB: diameter akar nodal bawah, DB: diameter akar basal, BBNA: bobot basah akar nodal atas, BBNB: bobot basah akar nodal bawah, BBB: bobot basah akar basal, BKNA: bobot kering nodal atas, BKNB: bobot kering nodal bawah, BKB: bobot kering akar basal, GKD: gejala klorosis daun

45

PCA Biplot karakter berkaitan dengan respons pertumbuhan antar lima genotipe ubi kayu berdasarkan nilai rata-rata karakter pada konsentrasi 6 mM AlCl_3 . TT: tinggi tanaman, JD: jumlah daun, JT: jumlah tunas, BKD: bobot kering daun, BBD: bobot basah daun, MT: muncul tunas, GKD: gejala klorosis daun, BBT: bobot basah tajuk, BKT: bobot kering tajuk, JNA: jumlah akar nodal atas, JNB: jumlah akar nodal bawah, JB: jumlah akar basal, DNA: diameter akar nodal atas, DNB: diameter akar nodal bawah, DB: diameter akar basal, PNA: panjang akar nodal atas, PNB: panjang akar nodal bawah, PB: panjang akar basal, BBNA: bobot basah akar nodal atas, BBNB: bobot basah akar nodal bawah, BBB: bobot basah akar basal, BKNA: bobot kering akar nodal atas, BKNB: bobot kering akar nodal bawah, BKB: bobot kering akar basal.

46

Cluster dendrogram genotipe ubi kayu berdasarkan nilai *tolerance index* (TOL)

47

DAFTAR LAMPIRAN

1	Pengaruh genotipe, larutan nutrisi, dan interaksi keduanya terhadap jumlah tunas, tinggi tanaman, dan jumlah daun ubi kayu 2 MST pada percobaan pertama	63
2	Pengaruh genotipe, larutan nutrisi, dan interaksi keduanya terhadap jumlah tunas, tinggi tanaman, dan jumlah daun ubi kayu 4 MST pada percobaan pertama	63
3	Pengaruh genotipe, larutan nutrisi, dan interaksi keduanya terhadap jumlah tunas, tinggi tanaman, dan jumlah daun ubi kayu 6 MST pada percobaan pertama	64
4	Pengaruh interaksi antara genotipe dan larutan nutrisi terhadap jumlah tunas, tinggi tanaman, dan jumlah daun ubi kayu 8 MST pada percobaan pertama	64
5	Pengaruh genotipe dan larutan nutrisi terhadap jumlah tunas, tinggi tanaman, dan jumlah daun ubi kayu 2 MST pada percobaan kedua	65
6	Pengaruh larutan nutrisi terhadap jumlah tunas, tinggi tanaman, dan jumlah daun ubi kayu 4 MST pada percobaan kedua	65
7	Pengaruh genotipe dan larutan nutrisi terhadap jumlah tunas, tinggi tanaman, dan jumlah daun ubi kayu 6 MST pada percobaan kedua	66
8	Pengaruh genotipe, larutan nutrisi, dan interaksi keduanya terhadap jumlah tunas, tinggi tanaman, dan jumlah daun ubi kayu 8 MST pada percobaan kedua	66
9	Pengaruh larutan nutrisi, dan interaksi genotipe dan larutan nutrisi terhadap bobot kering akar ubi kayu pada percobaan pertama	67
10	Pengaruh genotipe dan larutan nutrisi terhadap bobot kering akar ubi kayu pada percobaan kedua	67
11	Deskripsi ubi kayu varietas Vamas-1	68
12	Deskripsi ubi kayu genotipe mutan G6-1-15-4-3	68
13	Deskripsi ubi kayu genotipe muta G6-2-15-1-1	69
14	Deskripsi ubi kayu genotipe mutan G6-2-15-3-3	69
15	Deskripsi ubi kayu genotipe mutan G6-2-15-5-3	70
16	Deskripsi ubi kayu varietas Gajah	70
17	Deskripsi ubi kayu varietas Mentega	71
18	Deskripsi ubi kayu genotipe mutan G1D1-532	71



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University