

PERAKITAN GALUR UNGGUL DIHAPLOID PADI HITAM BERDAYA HASIL TINGGI DAN STABIL SEBAGAI BAHAN PANGAN FUNGSIONAL

DANU KUNCORO



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

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Perakitan Galur Unggul Dihaploid Padi Hitam Berdaya Hasil Tinggi dan Stabil sebagai Bahan Pangan Fungsional” 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 disertasi ini.

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

Bogor, Januari 2025

Danu Kuncoro
A263190031



RINGKASAN

DANU KUNCORO. Perakitan Galur Unggul Dihaploid Padi Hitam Berdaya Hasil Tinggi dan Stabil sebagai Bahan Pangan Fungsional. Dibimbing oleh BAMBANG SAPTA PURWOKO, ISWARI SARASWATI DEWI, WILLY BAYUARDI SUWARNO dan AWANG MAHARIJAYA.

Beras hitam (*Oryza sativa* L.) adalah beras khusus dengan aleuron hitam yang menutupi endosperma dan memiliki pigmen warna hitam. Beras hitam memiliki kandungan antosianin tinggi yang berperan sebagai antioksidan yang berfungsi untuk kesehatan. Perlu dilakukan perakitan varietas padi hitam dengan kandungan gizi dan antioksidan yang baik. Penggunaan teknik kultur antera dapat mempercepat perolehan galur murni. Tujuan umum penelitian ini ialah untuk mendapatkan galur-galur dihaploid padi hitam yang berdaya hasil tinggi serta memiliki kandungan gizi tinggi dan antioksidan yang baik.

Penelitian ini dilakukan meliputi 5 tahap antara lain: (1) Uji daya hasil lanjutan di Kabupaten Malang dan Kabupaten Bogor; (2) Uji multilokasi dan analisis stabilitas hasil yang meliputi wilayah Bogor Musim Hujan 2021/2022, Subang Musim Kemarau 2020, Kediri Musim Hujan 2020/2021, Malang Musim Hujan 2020/2021, Bogor Musim Kemarau 2021, Indramayu Musim Kemarau 2021, Subang Musim Kemarau 2021, Ngawi Musim Kemarau 2021, Tegal Musim Kemarau 2021, Kediri Musim Kemarau 2021 dan Malang Musim Kemarau 2021; (3) Analisis kualitas gabah, beras, dan nasi; (4) Analisis kandungan gizi (protein, lemak, dan karbohidrat); (5) Analisis antosianin, antioksidan, dan kandungan flavonoid.

Penelitian uji daya hasil lanjutan dapat mengidentifikasi 14 galur yang memiliki sifat agronomi yang baik dan berdaya hasil tinggi yang dapat dilanjutkan untuk uji multilokasi. Uji multilokasi dan analisis stabilitas karakter hasil memperoleh galur DK1 memiliki adaptabilitas luas. Galur DK3, DK4, DK6, DK7 adaptif pada lingkungan optimum. Hanya DK8 yang memiliki stabilitas sesuai kriteria nilai koefisien regresi (b_i) mendekati 1 dan simpangan regresi (s^2_{di}) mendekati 0. Analisis multivariat meyakinkan bahwa galur DK6 dan DK7 merupakan genotipe dengan adaptabilitas yang baik, selain itu galur DK6 dan DK7 juga merupakan galur harapan yang memiliki performa agronomi yang baik dengan rata-rata hasil berturut-turut 5,18 ton ha⁻¹ dan 5,09 ton ha⁻¹ dan potensi hasil sebesar 8,04 ton ha⁻¹, 8,10 ton ha⁻¹. Pengujian kualitas mutu gabah dan beras menghasilkan beberapa galur yang unggul dibandingkan kedua varietas pembanding antara lain DK6 dan DK7 dengan kualitas beras yang lebih pulen, serta 6 galur (DK2, DK8, DK9, DK11, DK12, dan DK14) dengan kadar amilosa lebih rendah serta rendemen yang lebih baik.

Analisis kandungan protein menghasilkan galur DK3 dan DK4 memiliki kadar protein yang lebih tinggi dari kedua varietas pembanding, serta kandungan karbohidrat yang tergolong rendah. DK8 adalah satu-satunya galur yang memiliki kandungan karbohidrat tinggi yang sama dengan varietas pembandingnya Jeliteng. Galur dengan kandungan lemak yang rendah diperoleh pada galur DK5 dan DK7. Analisis kandungan antosianin, flavonoid, persentase aktivitas antioksidan dan total flavonoid diperoleh galur DK11, dan DK14 dengan rata-rata seluruh komponen bioaktif lebih tinggi dan dibandingkan kedua pembanding. Galur DK3 dan DK4



juga ditemui memiliki total fenol yang unggul dibandingkan kedua pembanding. Kandungan total flavonoid, antosianin, aktivitas antioksidan, dan total fenol yang unggul pada galur-galur tersebut menunjukkan potensi sebagai sumber alami antioksidan kuat.

Berdasarkan hasil seleksi multikarakter yang melibatkan berbagai sifat agronomi unggul, kandungan gizi, dan senyawa fungsional, galur-galur terpilih diidentifikasi menggunakan pendekatan *Multi-Trait Genotype-Ideotype Distance Index* (MGIDI). Galur-galur yang terpilih, yaitu DK3, DK4, DK8, DK9, DK11, dan DK12, yang memiliki produktivitas, amilosa, dan kandungan protein masing-masing berturut-urut yaitu (4,96; 20,37; 9,36), (5,08; 21,63; 9,54), (4,42; 18,90; 8,34), (4,64; 18,83; 8,12), (4,40; 18,69; 8,46), dan (4,24; 18,76; 8,44) kemudian dikelompokkan ke dalam beberapa faktor analisis yang menggambarkan kekuatan dan kelemahan masing-masing galur. Genotipe-genotipe yang terseleksi menunjukkan potensi yang sangat baik dalam hal produksi, kandungan gizi, dan senyawa fungsional, yang menjadikannya kandidat unggul untuk pelepasan varietas padi hitam.

Kata kunci: antosianin, beras hitam, mutu gabah, protein, stabilitas, uji multilokasi

- 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



SUMMARY

DANU KUNCORO. Development of High-Yielding and Stable Doubled Haploid Black Rice Lines as Functional Food. Supervised by BAMBANG SAPTA PURWOKO, ISWARI SARASWATI DEWI, WILLY BAYUARDI SUWARNO and AWANG MAHARIJAYA.

Black rice (*Oryza sativa* L.) is a unique rice as characterized by its black bran layer covering the endosperm and containing color pigments. It is notable for its high anthocyanin levels, potent antioxidants that contribute to numerous health benefits. Developing improved black rice varieties is essential for its superior nutritional and antioxidant properties. Anther culture techniques offer a promising approach to accelerate pure-line production. The primary objective of this study was to develop dihaploid black rice lines with high yield potential, superior nutritional quality, and enhanced antioxidant properties.

This research was conducted in five stages: (1) Advanced Yield Trials in Malang Regency and Bogor Regency; (2) Multi-Location Trials and Yield Stability Analysis conducted across multiple locations and seasons, including Bogor (Rainy Season 2021/2022), Subang (Dry Season 2020), Kediri (Rainy Season 2020/2021), Malang (Rainy Season 2020/2021), Bogor (Dry Season 2021), Indramayu (Dry Season 2021), Subang (Dry Season 2021), Ngawi (Dry Season 2021), Tegal (Dry Season 2021), Kediri (Dry Season 2021), and Malang (Dry Season 2021); (3) Grain, Rice, and Milled Rice Quality Analysis; (4) Nutritional Content Analysis (protein, fat, and carbohydrate composition); (5) Analysis of Anthocyanin, Antioxidant, and Flavonoid Content.

The advanced yield test identified 14 lines with superior agronomic traits and high yields, which were selected for further multilocation testing. Results from the multilocation tests and yield stability analysis revealed that the DK1 line exhibited broad adaptability. DK3, DK4, DK6, and DK7 lines demonstrated adaptability to optimum environments, while only DK8 met the stability criteria based on regression coefficient (b_i) values = 1 and regression deviation (s^2_{di}) values = 0. Multivariate analysis confirmed that DK6 and DK7 are genotypes with good adaptability and promising agronomic performance. These lines recorded average yields of 5.18 tons ha^{-1} and 5.09 tons ha^{-1} , respectively, with potential yields reaching 8.04 tons ha^{-1} and 8.10 tons ha^{-1} . Grain and rice quality assessments identified several lines outperforming the two check varieties. Notably, DK6 and DK7 exhibited superior rice, while six lines (DK2, DK8, DK9, DK11, DK12, and DK14) demonstrated lower amylose content and improved yields.

Protein content analysis revealed that lines DK3 and DK4 exhibited higher protein levels than the two check varieties, along with relatively low carbohydrate content. In contrast, DK8 was the only line with carbohydrate content comparable to the check variety Jeliteng. Lines DK5 and DK7 were identified as having the lowest fat content. The analysis of anthocyanin content, flavonoids, antioxidant activity percentage, and total flavonoids indicated that lines DK11 and DK14 had average levels of bioactive components higher than those of the check varieties. Additionally, DK3 and DK4 demonstrated superior total phenol content compared to the check varieties. The high levels of total flavonoids, anthocyanins, antioxidant



activity, and total phenols observed in these lines underscore their potential as natural sources of potent antioxidants.

Based on the results of multi-character selection encompassing superior agronomic traits, nutritional content, and functional compounds, the selected lines were identified using the Multi-Trait Genotype-Ideotype Distance Index (MGIDI) approach. The selected lines, such as DK3, DK4, DK8, DK9, DK11, and DK12, demonstrated productivity, amylose content, and protein content values of (4.96 tons ha⁻¹, 20.37%, and 9.36%); (5.08 tons ha⁻¹, 21.63%, and 9.54%); (4.42 tons ha⁻¹, 18.90%, and 8.34%); (4.64 tons ha⁻¹, 18.83%, and 8.12%); (4.40 tons ha⁻¹, 18.69%, and 8.46%); and (4.24 tons ha⁻¹, 18.76%, and 8.44%), respectively. These lines were further grouped based on analytical factors highlighting their strengths and weaknesses. The selected genotypes exhibited outstanding potential in terms of productivity, nutritional quality, and functional compounds, positioning them as strong candidates for the development and release of new black rice varieties.

Keywords: anthocyanins, black rice, grain quality, protein, stability, multi-location testing.



@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.

© 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.

PERAKITAN GALUR UNGGUL DIHAPLOID PADI HITAM BERDAYA HASIL TINGGI DAN STABIL SEBAGAI BAHAN PANGAN FUNGSIONAL

DANU KUNCORO

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman

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



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.

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi

- 1 Prof. Dr. Ir. Iskandar Lubis M.S.
- 2 Dr. Ir. Trikoesoemaningtyas M.Sc.

Promotor Luar Komisi pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi :

1. Prof. Dr. Ir. Iskandar Lubis M.S.
2. Aris Hairmansis S.P., M.Si., Ph.D.

Judul Disertasi : Perakitan Galur Unggul Dihaploid Padi Hitam Berdaya Hasil
Tinggi dan Stabil Sebagai Bahan Pangan Fungsional
Nama : Danu Kuncoro
NIM : A263190031

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Bambang Sapta Purwoko, M.Sc.

Pembimbing 2:
Dr. Ir. Iswari Saraswati Dewi

Pembimbing 3:
Dr. Willy Bayuardi Suwarno, S.P., M.Si.

Pembimbing 4:
Prof. Dr. Awang Maharijaya, S.P., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Yudiwanti Wahyu E.K., M.S.
NIP 19631107 198811 2 001

Dekan Fakultas Pertanian:
Prof. Dr. Ir. Suryo Wiyono, M.Sc.Agr.
NIP 19690212 199203 1 003



Tanggal Ujian: 17 Desember 2024

Tanggal Lulus: 31 JAN 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 SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih adalah “Perakitan Galur Unggul Dihaploid Padi Hitam sebagai Bahan Pangan Fungsional”.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Sapta Purwoko, M.Sc. sebagai ketua komisi pembimbing, Dr. Ir. Iswari Saraswati Dewi, Dr. Willy Bayuardi Suwarno, S.P., M.Si, Prof. Dr. Awang Maharijaya, S.P., M.Si, selaku anggota komisi pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing penulis dalam proses penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian dan penyusunan Disertasi ini.
2. Dr. Ir. Yudiwanti Wahyu Endro Kusumo, M.S. selaku Ketua Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman atas semua dukungan, dorongan, dan pengawalannya,
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Iskandar Lubis M.S. dan Ibu Dr. Ir. Trikoesoemaningtyas M.Sc selaku dosen penguji pada prelim lisan dan ujian tertutup.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Iskandar Lubis M.S. dan Aris Hairmansis S.P., M.Si., Ph.D. sebagai promotor luar komisi pada sidang promosi terbuka disertasi
5. Ditjen Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberikan dana Hibah Penelitian Terapan kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Sapta Purwoko, M.Sc. dan team .
6. Bapak Dekan Faperta IPB dan Ketua Departemen Agronomi dan Hortikultura (AGH) IPB yang telah memberikan fasilitas lahan untuk percobaan Uji Daya Hasil Lanjutan dan Uji Multi Lokasi di Babakan Dramaga.
7. Bapak Enjay dan team yang telah membantu dalam pelaksanaan budidaya dan panen di sawah baru Babakan Dramaga Bogor
8. Ibu Erna dan team di Balai Besar Padi di Kebun Percobaan Muara Bogor atas bantuannya dalam analisis kandungan mutu beras dan nasi atas fasilitas penelitian.
9. Ibu Ismi dan team di Laboratorium AGH Faperta IPB yang telah membantu pelaksanaan analisis antosianin dan antioksidan.
10. Terimakasih kepada Bapak Nova dan team dari PT Saraswanti Indo Genetech atau SIG yang telah membantu dalam analisis proksimat.
11. Serta semua pihak yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu telah memberikan dukungan, kritik dan saran dalam penyusunan disertasi ini.

Semoga kebaharuan dari penelitian ini dapat dijadikan dasar oleh masyarakat peneliti dan pemulia dalam menetapkan strategi pemuliaan dan penelitian lainnya terkait perakitan galur unggul dihaploid padi hitam berdaya hasil tinggi dan stabil sebagai bahan pangan nasional.

Bogor, Januari 2025

Danu Kuncoro

xi



@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	xv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Hipotesis	4
1.7 Kebaruan (<i>Novelty</i>)	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Padi	5
2.2 Padi Hitam	6
2.3 Pemuliaan Padi	7
2.4 Uji Daya Hasil dan Analisis Stabilitas	10
2.5 Kualitas Beras dan Nasi	12
2.6 Analisis Proksimat, Karbohidrat, Protein, dan Lemak	15
III UJI DAYA HASIL LANJUTAN GALUR-GALUR DIHAPLOID PADI HITAM	17
3.1 Abstrak	17
3.2 Pendahuluan	18
3.3 Hasil dan Pembahasan	20
3.4 Simpulan	23
IV UJI MULTIOKASI GALUR-GALUR DIHAPLOID PADI HITAM	24
4.1 Abstrak	24
4.2 Pendahuluan	25
4.3 Bahan dan Metode	26
4.4 Hasil dan Pembahasan	27
4.5 Simpulan	37
V UJI KUALITAS GABAH DAN BERAS GALUR-GALUR DIHAPLOID PADI HITAM	38
5.1 Abstrak	38
5.2 Pendahuluan	39
5.3 Bahan dan Metode	40
5.4 Hasil dan Pembahasan	40
5.5 Simpulan	45
VI ANALISIS KANDUNGAN GIZI (PROTEIN, LEMAK, DAN KARBOHIDRAT) GALUR-GALUR DIHAPLOID PADI HITAM	46
6.1 Abstrak	46
6.2 Pendahuluan	47
6.3 Metode Penelitian	48
	xiii



6.4	Hasil dan Pembahasan	48
6.5	Simpulan	52
VII ANALISIS KANDUNGAN ANTOSIANIN, FLAVONOID DAN ANTIOKSIDAN		53
7.1	Abstrak	53
7.2	Pendahuluan	54
7.3	Bahan dan Metode	55
7.4	Hasil dan Pembahasan	56
7.5	Simpulan	58
VIII PEMBAHASAN UMUM		59
IX SIMPULAN DAN SARAN		63
9.1	Simpulan Umum	63
9.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		65
LAMPIRAN		77
RIWAYAT HIDUP		82

DAFTAR TABEL

1	Persyaratan kuantitatif mutu gabah SNI	12
2	Kandungan gizi dan kalori beras pecah kulit dan beras putih serta kehilangan selama penggilingan	14
3	Daftar genotipe padi hitam yang diuji pada uji daya hasil lanjutan	19
4	Analisis ragam gabungan karakter agronomi galur-galur dihaploid padi hitam dan pembandingnya	21
5	Rata-rata keragaan karakter komponen hasil genotipe padi hitam dan pembandingnya	22
6	Rata-rata keragaan karakter komponen hasil genotipe padi hitam terseleksi berdasarkan dan nilai indeks terboboti	23
7	Daftar genotipe padi hitam yang diuji pada uji multilokasi	27
8	Rekapitulasi sidik ragam gabungan karakter agronomi dan hasil genotipe padi sawah di 11 lingkungan dengan parameter Kuadrat Tengah	28
9	Rata-rata keragaan karakter agronomi genotipe uji pada 11 lingkungan	29
10	Rata-rata keragaan karakter agronomi dan hasil genotipe uji pada 11 lingkungan	30
11	Rata rata karakter hasil (ton ha-1) pada 11 lokasi pengujian dan parameter stabilitas Finlay dan Wilkinson (1963) dan Eberhart dan Russell (1966)	32
12	Mutu fisik gabah dan beras genotipe padi hitam yang diuji	42
13	Mutu kimia gabah dan beras genotipe padi hitam yang diuji	44
14	Hasil pengamatan organoleptik genotipe padi yang diuji	45
15	Sidik ragam gabungan kandungan gizi padi hitam	49
16	Rata-rata kandungan karbohidrat dan protein pada kedua lingkungan	49
17	Rata-rata kandungan kadar lemak dan kadar abu di kedua lingkungan	50
18	Rata-rata kadar air beras di kedua lingkungan	51
19	Kandungan flavonoid dan antosianin genotipe uji	57
20	Faktor analisis genotipe padi hitam terseleksi berdasarkan MGIDI	60
21	Diferensial seleksi per karakter padi hitam berdasarkan MGIDI	62

DAFTAR GAMBAR

1	Ruang lingkup penelitian	3
2	Diagram alur proses kultur anthera (Dewi dan Purwoko 2012)	9
3	Plot stabilitas Finlay dan Wilkinson (1963) menampilkan asosiasi koefisien regresi (bi) dan produktivitas (Yi) genotipe padi hitam	33
4	Biplot AMMI II menampilkan komponen utama pertama (PC1) vs komponen utama kedua (PC2) genotipe padi hitam	34
5	Biplot GGE <i>discriminativeness</i> vs <i>representativeness</i> genotipe padi hitam di setiap lingkungan uji	35



6	Biplot <i>GGE mean vs stability</i> berdasarkan nilai Y_i genotipe padi hitam di setiap lingkungan	36
7	Biplot <i>GGE which won where</i> menampilkan superioritas genotipe padi hitam di setiap lingkungan	36
8	Biplot <i>GGE</i> ranking genotipe padi hitam berdasarkan nilai Y_i dan stabilitas di 11 lingkungan uji	37
9	Penampilan gabah dan beras genotipe padi yang diuji	42
10	Korelasi heatmap antar kandungan bioaktif total flavonoid, total antosianin, total fenol dan aktivitas antioksidan genotipe padi yang diuji	58
11	Genotipe padi hitam terseleksi berdasarkan seleksi simultan multikarakter <i>Multi-Trait Genotype-Ideotype Distance Index</i> (MGIDI) (A); Kekuatan dan kelemahan genotipe terseleksi berdasarkan faktor analisis (B)	60

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data klimatologi masing-masing wilayah untuk uji multi lokasi	78
2	Analisis Komponen Utama Padi Hitam	81