

PEMBENTUKAN GALUR PADI DOUBLED HAPLOID MELALUI KULTUR ANTERA UNTUK MENDUKUNG BIOFORTIFIKASI DENGAN ZAT BESI DAN ZINK

LAILATUL BADRIYAH



PROGRAM STUDI PEMULIAAN DAN BIOTEKNOLOGI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



@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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pembentukan Galur Padi *Doubled Haploid* melalui Kultur Antera untuk Mendukung Biofortifikasi dengan Zat Besi dan Zink” 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, Juli 2026

Lailatul Badriyah
A2503232061



RINGKASAN

LAILATUL BADRIYAH. Pembentukan Galur Padi *Doubled Haploid* melalui Kultur Antera untuk Mendukung Biofortifikasi Zat Besi dan Zink. Dibimbing oleh BAMBANG SAPTA PURWOKO dan ISWARI SARASWATI DEWI

Peningkatan gizi pada bahan pangan perlu dilakukan untuk mengurangi tingkat *stunting* dan pada anak-anak di Indonesia. Peningkatan kandungan gizi makanan pokok seperti padi melalui biofortifikasi menjadi cara terbaik untuk memenuhi kebutuhan gizi anak. Pembentukan galur padi yang memiliki kandungan zat besi dan zink menjadi salah satu solusi untuk penanganan *stunting* melalui sektor pertanian. Pemuliaan tanaman menggunakan kultur antera dapat dilakukan untuk mempercepat perolehan galur murni padi yang memiliki kandungan nutrisi tinggi. Tujuan umum pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan galur-galur padi *doubled haploid* (DH) putatif yang memiliki kandungan zat besi dan zink melalui kultur antera.

Kultur antera dilaksanakan di Bogor mulai bulan November 2024 sampai Agustus 2025. Materi genetik yang digunakan adalah empat genotipe F₂ hasil persilangan padi yang memiliki kandungan Fe dan Zn tinggi yang digunakan sebagai sumber donor antera. Percobaan dilakukan dengan rancangan acak lengkap yang diulang sebanyak enam kali dengan genotipe donor antera sebagai faktor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber donor antera berpengaruh terhadap keberhasilan kultur antera. Genotipe berpengaruh terhadap keberhasilan antera dalam membentuk kalus, regenerasi tanaman hijau, dan regenerasi tanaman albino. Empat genotipe donor yang digunakan seluruhnya berhasil membentuk kalus dan beregenerasi menjadi tanaman. Genotipe donor D1 (Inpari IR Nutri Zinc × Biosalin 2 Agritan) dan D2 (Inpari IR Nutri Zinc × IIA5-9-2-1) menghasilkan tanaman albino saja sedangkan genotipe donor D3 (Inpari IR Nutri Zinc × Inpari 32 HDB) dan D4 (Inpari IR Nutri Zinc × IPB 9G) menghasilkan tanaman hijau dan tanaman albino. Tanaman hijau yang diperoleh selanjutnya diaklimatisasi. Terdapat 175 tanaman hijau sehat dan bebas kontaminasi yang diaklimatisasi, dan diperoleh 120 tanaman yang berhasil bertahan dalam proses aklimatisasi.

Tanaman hijau hasil kultur antera memiliki tingkat ploidi yang bervariasi, sehingga diperlukan evaluasi untuk mendapatkan tanaman dengan ploidi *doubled haploid*. Tanaman hijau dari genotipe D3 (Inpari IR Nutri Zinc × Inpari 32 HDB) dan D4 (Inpari IR Nutri Zinc × IPB 9G) dievaluasi pada percobaan kedua untuk mengetahui tingkat ploidi dari masing-masing tanaman hijau. Percobaan dilaksanakan mulai bulan Juli 2025 hingga Januari 2026. Evaluasi dilakukan berdasarkan morfologi tanaman kemudian dikonfirmasi menggunakan pengamatan stomata dan *flow cytometry*. Setiap tanaman hijau diamati morfologinya untuk menapis tanaman haploid. Beberapa tanaman DH putatif kemudian dikonfirmasi menggunakan pengamatan stomata dan *flow cytometry*. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tanaman haploid dan tanaman DH memiliki morfologi yang berbeda. Ciri tanaman haploid yang paling mudah untuk dikenali adalah memiliki jumlah anakan yang banyak dan memiliki spikelet yang 100% steril, sedangkan tanaman DH memiliki penampilan yang menyerupai tetua diploid dengan spikelet fertil. Hasil pengamatan morfologi menunjukkan bahwa terdapat 26 tanaman DH putatif yang selanjutnya akan dikonfirmasi tingkat ploidinya menggunakan



pengamatan stomata dan *flow cytometry*. Hasil pengamatan stomata menunjukkan bahwa tanaman haploid memiliki ukuran stomata lebih pendek dengan kerapatan stomata lebih tinggi dibandingkan dengan tetua diploid, sedangkan tanaman DH memiliki stomata yang panjang dan kerapatannya menyerupai tetua diploid. Konfirmasi menggunakan *flow cytometry* menunjukkan bahwa 26 galur tersebut memiliki ploidi *doubled haploid*.

Kata kunci: *flow cytometry*, induksi kalus, padi *indica*, poliploidisasi, regenerasi tanaman

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.



SUMMARY

LAILATUL BADRIYAH. Development of Doubled Haploid Rice Lines through Anther Culture to Support Iron and Zinc Biofortification. Supervised by BAMBANG SAPTA PURWOKO and ISWARI SARASWATI DEWI

Improving the nutritional quality of food is necessary to reduce the prevalence of stunting among children in Indonesia. Enhancing the nutrient content of staple crops such as rice through biofortification is considered an effective approach to meet children's nutritional needs. The development of rice lines with high iron and zinc contents represents a potential solution for addressing stunting through the agricultural sector. Plant breeding using anther culture can be applied to accelerate the production of rice pure lines with high nutritional value. The general objective of this study was to obtain putative doubled haploid (DH) rice lines with high iron and zinc contents through anther culture.

Anther culture was conducted in Bogor from November 2024 to August 2025. The genetic materials used consisted of four F₂ genotypes derived from rice crosses with high Fe and Zn contents, which were utilized as anther donor sources. The experiment was arranged in a completely randomized design with six replications, using anther donor genotype as the experimental factor. The results showed that the anther donor source significantly affected the success of anther culture. Genotype influenced the ability of anthers to form callus, as well as the regeneration of green and albino plantlets. Among the four donor genotypes tested, all were capable of inducing callus formation and regenerating into plantlets. Donor genotypes D1 (Inpari IR Nutri Zinc × Biosalin 2 Agritan) and D2 (Inpari IR Nutri Zinc × IIA5-9-2-1) produced only albino plantlets, whereas donor genotypes D3 (Inpari IR Nutri Zinc × Inpari 32 HDB) and D4 (Inpari IR Nutri Zinc × IPB 9G) produced both green and albino plantlets. The regenerated green plants were subsequently acclimatized. A total of 175 healthy and contamination-free green plants were acclimatized, of which 120 plants successfully survived the acclimatization process.

Green plants derived from anther culture exhibited varying ploidy levels; therefore, evaluation was required to obtain doubled haploid plants. Green plants from genotypes D3 (Inpari IR Nutri Zinc × Inpari 32 HDB) and D4 (Inpari IR Nutri Zinc × IPB 9G) were evaluated in the second experiment to determine the ploidy level of each plant. The experiment was conducted from July 2025 to January 2026. Evaluation was performed based on plant morphology and subsequently confirmed through stomatal observation and flow cytometry analysis. Each green plant was morphologically observed to screen for haploid plants. Several putative DH plants were then confirmed using stomatal observation and flow cytometry. The results showed that haploid and DH plants exhibited distinct morphological characteristics. The most easily recognizable characteristics of haploid plants were the production of numerous tillers resembling a bush and 100% sterile spikelets, whereas DH plants exhibited an appearance similar to the diploid parents with fertile spikelets. Morphological observations identified 26 putative DH plants, which were subsequently confirmed for their ploidy levels through stomatal observation and flow cytometry. Stomatal observations showed that haploid plants had shorter stomata with higher stomatal density compared with the diploid parents, whereas DH plants had stomatal size and density similar to those of the diploid parents.

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.



Confirmation using flow cytometry demonstrated that all 26 lines possessed doubled haploid ploidy.

Keywords: callus induction, flow cytometry, indica rice, plant regeneration, polyploidization

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 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 2026
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.

PEMBENTUKAN GALUR PADI DOUBLED HAPLOID MELALUI KULTUR ANTERA UNTUK MENDUKUNG BIOFORTIFIKASI DENGAN ZAT BESI DAN ZINK

**LAILATUL BADRIYAH
A2503232061**

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
2026**



@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.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Dr. Ir. Diny Dinarti, M.Si.
2. Dr. Shinto Wahyuning Ardie, S.P., M.Si.



Judul Tesis : Pembentukan Galur Padi *Doubled Haploid* melalui Kultur Antera untuk Mendukung Biofortifikasi dengan Zat Besi dan Zink

Nama : Lailatul Badriyah
NIM : A2503232061

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

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



Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Iswari Saraswati Dewi

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Desta Wirnas, S.P., M.Si.
NIP 197012282000032001

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





Tanggal Ujian: 29 Mei 2026

Tanggal Pengesahan: 20 JUL 2026



@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 tesis dengan judul Pembentukan Galur Padi *Doubled Haploid* melalui Kultur Antera untuk Mendukung Biofortifikasi dengan Zat Besi dan Zink dapat diselesaikan dengan baik.

Penulisan tesis ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak, sehingga penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan adik-adik saya atas doa, kepercayaan, dukungan, dan motivasi yang telah diberikan.
2. Prof. Dr. Ir. Bambang Sapta Purwoko, M.Sc. dan Prof. Dr. Ir. Iswari Saraswati Dewi yang telah membimbing, memberi saran, dan memberi semangat selama penelitian dan penulisan tesis, serta mendorong penulis untuk terus belajar.
3. Dr. Ir. Maya Melati, M.S., M.Sc. selaku dosen moderator kolokium, Prof. Dr. Ir. Dadang, M.Sc. selaku dosen moderator seminar hasil, Dr. Ir. Diny Dinarti, M.Si. selaku dosen penguji luar komisi, Dr. Shinto Wahyuning Ardie, S.P., M.Si. selaku dosen penguji perwakilan program studi, dan Prof. Dr. Desta Wirnas, S.P., M.Si. selaku ketua program studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman yang telah memberikan banyak saran dan masukan pada penulisan tesis ini.
4. Dr. Untung Susanto yang telah menyediakan materi genetika yang digunakan dalam penelitian.
5. Teman-teman seperjuangan dari Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman angkatan semester genap 2023-2024.
6. Laboran Laboratorium Kultur Jaringan 3 Bu Siti Holipah, teknisi Kebun Percobaan Cikabayan Pak Arifin Yusuf, dan Bapak Iman Ridwan dari BBPSI Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik Pertanian Bogor yang telah memberikan bantuan dan arahan selama penelitian berlangsung.

Terima kasih juga kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan atas hibah penelitian dan beasiswa yang diberikan dan terima kasih kepada sahabat-sahabat penulis atas dukungan spiritual dan emosional selama proses penelitian dan penyusunan tesis ini berlangsung.

Bogor, Juli 2026

Lailatul Badriyah
A2503232061



@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



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Hipotesis	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Padi	5
2.2 Biofortifikasi Padi	7
2.3 Kultur Antera	8
2.4 Faktor yang Mempengaruhi Kultur Antera	9
2.5 Karakterisasi Tanaman Dihaploid Generasi Awal (DH ₀)	11
III PEMBENTUKAN GALUR PADI DOUBLED HAPLOID MELALUI KULTUR ANTERA UNTUK Mendukung Biofortifikasi ZAT BESI DAN ZINK	12
3.1 Abstrak	12
3.2 Pendahuluan	12
3.3 Metode	13
3.4 Hasil dan Pembahasan	17
3.5 Simpulan	24
IV EVALUASI REGENERAN HASIL KULTUR ANTERA PADI INDICA	25
4.1 Abstrak	25
4.2 Pendahuluan	25
4.3 Metode	27
4.4 Hasil dan Pembahasan	29
4.5 Simpulan	39
V PEMBAHASAN UMUM	40
VI SIMPULAN DAN SARAN	43
6.1 Simpulan	43
6.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	53
RIWAYAT HIDUP	66



DAFTAR TABEL

1	Daftar tanaman padi yang digunakan sebagai donor antera	14
2	Komposisi media induksi kalus dan media regenerasi	14
3	Pengaruh perbedaan sumber donor antera terhadap keberhasilan induksi kalus	17
4	Tingkat regenerasi kalus hasil kultur antera populasi padi <i>indica</i>	20
5	Rerata persentase regenerasi kalus pada kultur antera padi <i>indica</i>	20
6	Rerata regenerasi tanaman hijau dan albino pada kultur antera padi <i>indica</i>	21
7	Rerata persentase regenerasi tanaman dan efisiensi kultur pada kultur antera padi <i>indica</i>	21
8	Tingkat keberhasilan aklimatisasi tanaman hasil kultur antera padi <i>indica</i>	23
9	Karakter kuantitatif dari tanaman haploid, putatif SDH, dan tetua diploid	31
10	Karakter kualitatif tanaman haploid, putatif SDH, dan tetua diploid	33
11	Ringkasan perbandingan ukuran dan kerapatan stomata padi hasil kultur antera	36
12	Tingkat ploidi tanaman <i>spontaneous doubled haploid</i>	38
13	Persentase tanaman <i>spontaneous doubled haploid</i> dan haploid pada kultur antera padi <i>indica</i>	38
14	Rekapitulasi galur-galur <i>doubled haploid</i> yang diperoleh dari kultur antera padi <i>indica</i>	41

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir penelitian	3
2	Proses induksi kalus hingga regenerasi dalam kultur antera padi <i>indica</i>	18
3	Morfologi kalus yang dihasilkan dari kultur antera padi <i>indica</i>	18
4	Morfologi tanaman hasil aklimatisasi pada kultur antera padi <i>indica</i>	23
5	Sudut daun bendera (UPOV 2020)	28
6	<i>Panicle exertion</i> (UPOV 2020)	28
7	Struktur lidah daun dan telinga daun pada tanaman hasil kultur antera padi <i>indica</i>	30
8	Perbandingan tanaman hasil kultur antera padi <i>indica</i> dengan tanaman cek diploid	31
9	Keragaman <i>panicle exertion</i> dan sudut daun bendera pada regenerasi kultur antera padi <i>indica</i>	33
10	Stomata tanaman hasil kultur antera pada perbesaran 40×	35

DAFTAR LAMPIRAN

1	Deskripsi Varietas Inpari IR Nutrizinc	54
2	Deskripsi Varietas Biosalin 2 Agritan	55
3	Deskripsi Varietas Inpari 32 HDB	57
4	Deskripsi Varietas IPB 9G	58
5	Komposisi dan Preparasi Larutan Yoshida	59
6	Histogram <i>Flow Cytometry</i>	60
7	Hasil karakterisasi morfologi tanaman putatif <i>spontaneous doubled haploid</i> hasil kultur antera dan tanaman cek diploid	62
8	Hasil karakterisasi morfologi tanaman haploid hasil kultur antera dari Inpari IR Nutrizinc × Inpari 32 HDB	63
9	Hasil karakterisasi morfologi tanaman haploid hasil kultur antera dari Inpari IR Nutrizinc × IPB 9G	64



@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