

**PENGARUH POLA PEMBERIAN STRES KALSIUM TERHADAP AKUMULASI
GAMMA-AMINOBUTYRIC ACID (GABA) DAN SENYAWA FITOKIMIA BERAS
MERAH SELAMA PERKECAMBAHAN**

SKRIPSI



Oleh:

DEWI FARA AFIFA
NPM. 22033010065

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
SURABAYA
2026**

**PENGARUH POLA PEMBERIAN STRES KALSIMUM TERHADAP AKUMULASI
GAMMA-AMINOBUTYRIC ACID (GABA) DAN SENYAWA FITOKIMIA
BERAS MERAH SELAMA PERKECAMBAHAN**

SKRIPSI



Oleh:

**DEWI FARA AFIFA
NPM. 22033010065**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
SURABAYA
2026**

**PENGARUH POLA PEMBERIAN STRES KALSIMUM TERHADAP AKUMULASI
GAMMA-AMINO BUTYRIC ACID (GABA) DAN SENYAWA FITOKIMIA
BERAS MERAH SELAMA PERKECAMBAHAN**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam memperoleh gelar
Sarjana Teknologi Pangan**

Oleh:

DEWI FARA AFIFA
NPM. 22033010065

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
SURABAYA
2026**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**PENGARUH POLA PEMBERIAN STRES KALSIMUM TERHADAP AKUMULASI
GAMMA-AMINOBUTYRIC ACID (GABA) DAN SENYAWA FITOKIMIA
BERAS MERAH SELAMA PERKECAMBAHAN**

Disusun Oleh:

DEWI FARA AFIFA
NPM. 22033010065

Telah dipertahankan dan diterima oleh penguji skripsi
Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Pada Tanggal 27 Agustus 2026

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Hadi Munarko, S.TP., M.Si.
NIP. 199301042022031006

Dr. Muhammad Alfid K, S.PI., M.Si
NIP. 199408222022031004

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 196504031991032001



KETERANGAN REVISI

Mahasiswa yang tercantum di bawah ini:

Nama : Dewi Fara Afifa

NPM 2203301065

Program Studi : Teknologi Pangan

Telah mengerjakan (revisi/~~tidak revisi~~) Skripsi Ujian Lisan Periode I Semester Ganjil
TA. 2026/2027 dengan judul:

**"PENGARUH POLA PEMBERIAN STRES KALSIMUM TERHADAP AKUMULASI
GAMMA-AMINOBUTYRIC ACID (GABA) DAN SENYAWA FITOKIMIA BERAS
MERAH SELAMA PERKECAMBAHAN"**

Surabaya, 28 Agustus 2026

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi:

1. 3.

Dr. Hadi Munarko, S.TP., M.Si.
NIP. 19930104 20220 3 1006

Luqman Agung W., S.TP., M.P.
NPT. 17119890318063

2.

Dr. M. Alfid Kurnianto, S.Pi., M.Si.
NIP. 19940822 202203 1 004

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Teknologi Pangan

Dr. Rosida, S.TP., MP.
NIP. 19710219 202121 2 004

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dewi Fara Afifa
NPM : 22033010065
Program : Sarjana (S1)
Program Studi : Teknologi Pangan
Fakultas : Teknik dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemukan indikasi plagiat pada Skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 31 Agustus 2026
Yang Membuat pernyataan



Dewi Fara Afifa
NPM. 22033010065

**PENGARUH POLA PEMBERIAN STRES KALSIUM TERHADAP AKUMULASI
GAMMA-AMINOBUTYRIC ACID (GABA) DAN SENYAWA FITOKIMIA
BERAS MERAH SELAMA PERKECAMBAHAN**

**DEWI FARA AFIFA
NPM. 22033010065**

INTISARI

Perkecambahan beras merah dengan suplementasi kalsium klorida (CaCl_2) dalam interval waktu tertentu dapat menstimulasi pembentukan metabolit sekunder, utamanya GABA dan senyawa bioaktif. Produk pangan yang diperkaya GABA dan senyawa bioaktif disinyalir mampu memberikan berbagai efek fungsional bagi kesehatan, diantaranya sebagai neurotransmitter inhibitor hingga penangkal radikal bebas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dari pola aplikasi CaCl_2 dan lama germinasi terhadap komponen GABA, senyawa fitokimia, kapasitas antioksidan, serta profil metaboliknya. Perkecambahan dengan berbagai pola aplikasi CaCl_2 yang berbeda terbukti efektif dalam meningkatkan akumulasi senyawa GABA, flavonoid, dan kapasitas antioksidan, meskipun kadar total fenolik dan antosianin cenderung lebih rendah dibandingkan perkecambahan kontrol (tanpa CaCl_2). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perkecambahan 48 jam dengan aplikasi CaCl_2 secara bertahap merupakan perlakuan yang paling optimal berdasarkan hasil dari parameter GABA dan senyawa fitokimianya. Selain itu, hasil analisis metabolomik mengidentifikasi bahwa aplikasi CaCl_2 dalam proses perkecambahan memicu peningkatan maupun penurunan metabolit melalui beberapa jalur metabolisme utama.

Kata kunci: GABA, lama germinasi, metabolit, perkecambahan, pola aplikasi CaCl_2

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan judul **“Pengaruh Pola Pemberian Stres Kalsium Terhadap Akumulasi *Gamma-AminoButyric Acid* (GABA) dan Senyawa Fitokimia Beras Merah Selama Perkecambahan”**. Laporan proposal skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pangan pada Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini tidak luput dari berbagai kendala dan tentunya tidak lepas dari bantuan dan dukungan, serta bimbingan sehingga laporan ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains UPN “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Dr. Rosida, S.TP., M.P., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik dan Sains UPN “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Dr. Hadi Munarko., S.TP., M.Si., selaku Dosen Pembimbing I yang telah melibatkan saya dalam *project* ini, memberikan saran, masukan, dan *support* selama penyusunan laporan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Muhammad Alfid Kurnianto, S.Pi., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan dalam penulisan laporan skripsi ini.
5. Bapak Luqman Agung Wicaksono, S.TP., M.P. dan Ibu Dr. Yushinta Aristina Sanjaya, S.Pi., M.P, selaku Dosen Penguji skripsi atas kesediaannya meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan saran dan masukan dalam penelitian.
6. Bapak Rusdiono Oesman dan Ibu Sri Nastikah, selaku ayah dan ibu saya serta Yordan Nur Afif dan Faizal Nur Afif, selaku kakak tercinta yang telah memberikan dukungan, semangat serta doa yang tiada henti, hingga penulis bisa sampai pada titik ini.

7. Rekan penelitian Maria, Wahyu, Puteri, dan Tsania atas kerjasama dan dukungannya selama penelitian berlangsung.
8. Putri Ambarwati, Salsabila Rahma, Soraya, Annisa, Chika, dan Dea, selaku teman-teman saya yang telah mendukung dan membantu selama penulisan skripsi.
9. Penulis, yang telah berusaha dan bertahan di tengah berbagai situasi dan perubahan. Semoga ini menjadi titik mula yang baik untuk melangkah ke jenjang yang lebih tinggi, terus menebar kebaikan, dan memberikan dedikasi terbaik dalam setiap perjuangan.
10. Teman-teman Teknologi Pangan 2022 dan seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penyelesaian laporan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan, maka dari itu penulis dengan rendah hati berharap adanya kritik dan saran yang membangun. Demikian laporan proposal skripsi ini penulis susun, semoga kedepannya dapat digunakan dan bermanfaat sebagaimana mestinya bagi khalayak umum maupun institusi dalam mengembangkan ilmu khususnya di Progam Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Surabaya, 5 Agustus 2026

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
INTISARI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Karakteristik Beras Merah	5
B. Proses Perkecambahan	8
C. <i>Gamma-AminoButyric Acid</i> (GABA).....	11
D. Senyawa Fitokimia Pada Kecambah Beras	14
E. Stres Kalsium Klorida	17
F. Metabolomik <i>Untargeted</i>	19
G. Landasan Teori	23
H. Hipotesis.....	26
BAB III METODE PENELITIAN	29
A. Waktu dan Tempat Penelitian	29
B. Bahan Penelitian	29
C. Alat Penelitian.....	29
D. Metodologi Penelitian	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
A. Kadar GABA, Profil Fitokimia dan Kapasitas Antioksidan Beras Merah ..	34
B. Kadar GABA Kecambah Beras Merah	35
C. Senyawa Fitokimia dan Kapasitas Antioksidan Pada Kecambah Beras Merah	38
1. Total Kandungan Fenolik	38
2. Total Kandungan Flavonoid	41
3. Estimasi Total Kandungan Antosianin	44

4. Kapasitas Antioksidan DPPH	46
5. Kapasitas Antioksidan FRAP	48
D. Penentuan Perlakuan Terbaik	51
E. Analisis Metabolomik	52
BAB V PENUTUP	61
A. Kesimpulan	61
B. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Beras merah	6
Gambar 2.	Perubahan simultan dalam parameter selama perkecambahan benih padi selama periode waktu 0 hingga 84	9
Gambar 3.	Germinator dengan sistem sirkulasi parsial.....	11
Gambar 4.	Rumus struktur asam γ -aminobutirat (GABA)	11
Gambar 5.	Dekarboksilasi L-glutamat menjadi GABA oleh glutamate decarboxylase (GAD) dan pyridoxal-5'-phosphate (PLP).....	13
Gambar 6.	Peta jalur metabolisme siklus asam trikarboksilat glikolisis, biosintesis asam amino, dan metabolisme sekunder	16
Gambar 7.	Representasi skematis jalur fenilpropanoid dalam biosintesis metabolit khusus, termasuk isoflavon	17
Gambar 8.	Ilustrasi persinyalan Ca^{2+} selama stres abiotik	18
Gambar 9.	Tipikal alur kerja analisis metabolomik	22
Gambar 10.	Diagram alir tahapan penelitian.....	29
Gambar 11.	Diagram alir proses produksi kecambah beras merah	33
Gambar 12.	Metabolit yang teridentifikasi (UG vs G48-Ca)	52
Gambar 13.	Klasifikasi metabolit berdasarkan subclass	53
Gambar 14.	Heatmap peningkatan kelimpahan metabolit	55
Gambar 15.	Heatmap penurunan kelimpahan metabolit.....	57
Gambar 16.	Jalur metabolik utama selama proses perkecambahan	59

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Profil nutrisi dasar beras putih dan beras merah.....	6
Tabel 2.	Sifat fisik beras putih dan beras merah	8
Tabel 3.	Komponen bioaktif utama dalam beras pecah kulit berkecambah .	14
Tabel 4.	Data stres kalsium pada beberapa konsentrasi yang berbeda terhadap akumulasi GABA (pada berbagai komoditi).....	19
Tabel 5.	Senyawa-senyawa yang diidentifikasi sementara dengan RP-UHPLC-MS pada beras merah yang belum berkecambah dan yang sudah berkecambah.....	23
Tabel 6.	Rancangan kombinasi pola pemberian CaCl_2 dan lama germinasi	30
Tabel 7.	Kadar GABA, profil fitokimia, dan kapasitas antioksidan beras merah	34
Tabel 8.	Nilai rata-rata kadar GABA pada kecambah beras merah dengan perlakuan pola pemberian CaCl_2	35
Tabel 9.	Nilai rata-rata kadar GABA pada kecambah beras merah dengan perlakuan lama germinasi.....	36
Tabel 10.	Nilai rata-rata total kandungan fenolik pada kecambah beras merah dengan perlakuan pola pemberian CaCl_2	39
Tabel 11.	Nilai rata-rata total kandungan fenolik pada kecambah beras merah dengan perlakuan lama germinasi	39
Tabel 12.	Nilai rata-rata total kandungan flavonoid pada kecambah beras merah dengan perlakuan pola pemberian CaCl_2	42
Tabel 13.	Nilai rata-rata total kandungan flavonoid pada kecambah beras merah dengan perlakuan lama germinasi	42
Tabel 14.	Nilai rata-rata estimasi total kandungan antosianin pada kecambah beras merah dengan perlakuan pola pemberian CaCl_2	44
Tabel 15.	Nilai rata-rata estimasi total kandungan antosianin pada kecambah beras merah dengan perlakuan lama germinasi.....	44
Tabel 16.	Nilai rata-rata kapasitas antioksidan metode DPPH pada kecambah beras merah dengan perlakuan pola pemberian CaCl_2	46
Tabel 17.	Nilai rata-rata kapasitas antioksidan metode DPPH pada kecambah beras merah dengan perlakuan lama germinasi.....	46
Tabel 18.	Nilai rata-rata kapasitas antioksidan metode FRAP pada kecambah beras merah dengan perlakuan pola pemberian CaCl_2	48
Tabel 19.	Nilai rata-rata kapasitas antioksidan metode FRAP pada kecambah beras merah dengan perlakuan lama germinasi.....	49
Tabel 20.	Peringkat final kecambah beras merah berdasarkan kadar GABA, kandungan fitokimia, dan kapasitas antioksidan menggunakan metode TOPSIS.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Prosedur Analisis	76
Lampiran 2.	Data Analisis Kandungan GABA Kecambah Beras Merah	83
Lampiran 3.	Data Analisis Total Kandungan Fenolik Kecambah Beras Merah.....	84
Lampiran 4.	Data Analisis Total Kandungan Flavonoid Kecambah Beras Merah.....	85
Lampiran 5.	Data Analisis Kapasitas Antioksidan Metode DPPH Kecambah Beras Merah	86
Lampiran 6.	Data Analisis Kapasitas Antioksidan Metode FRAP Kecambah Beras Merah	87
Lampiran 7.	Data Analisis Estimasi Total Kandungan Antosianin Kecambah Beras Merah	88
Lampiran 8.	Penentuan Sampel Terbaik	89
Lampiran 9.	Data Analisis Metabolomik	90
Lampiran 10.	Dokumentasi Kegiatan Penelitian	97