

PENGEMBANGAN APLIKASI WEB UNTUK PENDUGAAN KADAR NITROGEN RELATIF DAUN DEWA (*GYNURA SEGETUM*) MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING BERBASIS CITRA DIGITAL

GRISELDA SAFA IMANI



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
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 SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pengembangan Aplikasi Web untuk Pendugaan Kadar Nitrogen Relatif Daun Dewa (*Gynura segetum*) Menggunakan *Machine Learning* Berbasis Citra Digital” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Juni 2026

Griselda Safa Imani
F1401221107

- 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.



ABSTRAK

GRISELDA SAFA IMANI. Pengembangan Aplikasi Web untuk Pendugaan Kadar Nitrogen Relatif Daun Dewa (*Gynura segetum*) Menggunakan *Machine Learning* Berbasis Citra Digital. Dibimbing oleh MOHAMAD SOLAHUDIN.

Pendugaan kadar nitrogen relatif tanaman daun dewa (*Gynura segetum*) umumnya dilakukan menggunakan SPAD secara langsung sehingga kurang efisien dan berpotensi merusak jaringan daun. Penelitian ini bertujuan mengembangkan aplikasi web pendugaan nitrogen relatif berbasis citra digital menggunakan algoritma *machine learning*, membandingkan performa model, dan menganalisis pengaruh cekaman ultraviolet terhadap nitrogen relatif tanaman. Sebanyak 336 sampel citra daun dikumpulkan dari tanaman yang diberi perlakuan cekaman ultraviolet dalam *plant factory*. Tujuh fitur citra diekstraksi melalui segmentasi berbasis ruang warna HSV, kemudian digunakan untuk melatih model ANN, *Random Forest*, dan SVR yang dievaluasi menggunakan *K-Fold Cross Validation* dengan $k=5$. SVR menghasilkan performa terbaik dengan $R^2=0,8274$, $MAE=0,6775$, dan $MAPE=4,10\%$, dan diimplementasikan dalam aplikasi web berbasis Streamlit yang dilengkapi kategorisasi nitrogen relatif ke dalam tiga kelas. Seluruh fungsi aplikasi berjalan sesuai rancangan berdasarkan pengujian *black box testing*. Analisis terhadap 504 sampel menunjukkan cekaman ultraviolet memberikan pengaruh *biphasic* terhadap nitrogen relatif, dengan rata-rata kelompok perlakuan (16,71%) lebih tinggi dibandingkan kontrol (15,76%). Aplikasi yang dikembangkan dapat digunakan sebagai sarana pemantauan kondisi fisiologis tanaman daun dewa secara non-destruktif berbasis citra digital.

Kata kunci: aplikasi web, citra digital, daun dewa, *machine learning*, nitrogen relatif



ABSTRACT

GRISELDA SAFA IMANI. Development of a Web Application for Relative Nitrogen Content Estimation in Daun Dewa (*Gynura segetum*) Using Digital Image Based Machine Learning. Supervised by MOHAMAD SOLAHUDIN.

Relative nitrogen content in daun dewa (*Gynura segetum*) is commonly measured using SPAD directly, which is inefficient and potentially damaging to leaf tissue. This study aimed to develop a digital image-based web application for non-destructive relative nitrogen estimation using machine learning algorithms, compare model performance, and analyze the effect of ultraviolet stress on relative nitrogen content. A total of 336 leaf image samples were collected from plants subjected to ultraviolet stress in a plant factory. Seven image features were extracted through HSV color space-based segmentation and used to train ANN, Random Forest, and SVR models evaluated using K-Fold Cross Validation with $k=5$. SVR achieved the best performance with $R^2=0.8274$, $MAE=0.6775$, and $MAPE=4.10\%$, and was implemented in a Streamlit-based web application with relative nitrogen categorization into three classes. All application functions performed as designed based on black box testing. Analysis of 504 samples revealed that ultraviolet stress exerted a biphasic effect on relative nitrogen content, with the treatment group average (16.71%) exceeding the control group (15.76%). The developed application provides a non-destructive, digital image-based tool for monitoring the physiological condition of daun dewa plants.

Keywords: daun dewa, digital image, machine learning, relative nitrogen, web application



@Hak cipta milik IPB University

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.

**PENGEMBANGAN APLIKASI WEB UNTUK PENDUGAAN
KADAR NITROGEN RELATIF TANAMAN DAUN DEWA
(*GYNURA SEGETUM*) MENGGUNAKAN *MACHINE
LEARNING* BERBASIS CITRA DIGITAL**

GRISELDA SAFA IMANI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
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 Skripsi:

1. Dr. Liyantono, S.T.P., M.Agr.
2. Dr. Ir. Agus Sutejo, M.Si



@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.



Judul Skripsi : Pengembangan Aplikasi Web untuk Pendugaan Kadar Nitrogen Relatif Daun Dewa (*Gynura segetum*) Menggunakan *Machine Learning* Berbasis Citra Digital

Nama : Griselda Safa Imani
NIM : F1401221107

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing :

Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si
NIP. 196509151991031001

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Teknik Pertanian dan Biosistem:

Prof. Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc. Agr
NIP. 196307201986011002

Tanggal Ujian:
2 Juli 2026

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanaahu wa Ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengembangan Aplikasi Web untuk Pendugaan Kadar Nitrogen Relatif Daun Dewa (*Gynura segetum*) Menggunakan *Machine Learning* Berbasis Citra Digital. Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dan dukungan dari semua pihak dalam pelaksanaan kuliah maupun penyelesaian skripsi ini dengan baik. Secara khusus, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah Iwan Dharmawan dan Ibunda Irma Yunita selaku orang tua penulis, serta adik-adik tersayang Gagas Sakha Faith dan Geoffrey Sakhi Alkhalifi, yang senantiasa memberikan doa, cinta, dukungan moral dan materil, serta semangat tiada henti yang menjadi kekuatan terbesar dalam menyelesaikan studi ini.
2. Bapak Dr. Ir. Mohamad Solahudin, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu, serta motivasi yang sangat berharga selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini berlangsung
3. Bapak Dr. Liyanton, S.T.P., M.Agr. dan Bapak Dr. Ir. Agus Sutejo, M.Si. selaku dosen penguji, serta Ibu Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si. selaku moderator yang telah memberikan saran dan masukan membangun demi penyempurnaan skripsi ini.
4. Teman-teman seperbimbingan, Selfi Dwi Julianti, Yuliana, Abdul Haris Febriyanto, yang telah berbagi semangat, masukan, dan kebersamaan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi berlangsung.
5. CPP-CEA (*Center Plant Phenotyping - Controlled Environment Agriculture*) IPB University atas penyediaan fasilitas dan peralatan yang digunakan selama pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih pula kepada Bapak Muhamad Darma Setiawan selaku teknisi yang senantiasa memberikan bantuan teknis, serta seluruh rekan penelitian CPP-CEA yang telah membersamai dan mendukung kelancaran proses penelitian ini.
6. Kurniawan Prawira yang selalu memberikan dukungan, bersedia mendengar keluh kesah, serta memberikan semangat di setiap tahap perjalanan selama menempuh studi.
7. Sahabat-sahabat sejak masa PPKU hingga departemen, Figra, Meutia, Meike, Arila, Nadya, Jihan, Tanaya, Naava, Luthfia, Grace, Citra, Rifa, yang menjadi tempat berbagi cerita, tawa, dan semangat selama menempuh studi.
8. Jihan Fedoria Shakila, sahabat sejak TK, yang meskipun terpisah jarak, selalu meluangkan waktu untuk mendengar keluh kesah tiap harinya, memberikan semangat, dan menjadi sandaran yang selalu ada.
9. Seluruh teman-teman Departemen Teknik Mesin dan Biosistem angkatan 59 (Vermilion) atas kebersamaan dan kenangan yang tak terlupakan selama menempuh studi di IPB Univeristy.

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

Bogor, Juni 2026

Griselda Safa Imani



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Daun Dewa (<i>Gynura segetum</i>)	4
2.2 Pengolahan Citra	5
2.3 <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)	6
2.4 <i>Random Forest</i>	6
2.5 <i>Support Vector Regression</i> (SVR)	7
2.6 <i>K-Fold Cross Validation</i>	7
2.7 Nitrogen	8
2.8 Sinar Ultraviolet	8
2.9 Plant Factory	9
METODE	11
3.1 Waktu dan Tempat	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Prosedur Kerja	12
HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Analisis Sistem	18
4.2 Pengumpulan Data	20
4.3 Pengolahan Citra	22
4.4 Pembangunan Model <i>Machine Learning</i>	24
4.5 Desain Sistem	28
4.6 Pengujian Model dan Sistem	32
4.7 Implementasi Sistem	34
4.8 Analisis Perubahan dan Pengaruh Ultraviolet terhadap Nitrogen Relatif	44
SIMPULAN DAN SARAN	50
5.1 Simpulan	50
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	55
RIWAYAT HIDUP	67

DAFTAR TABEL

1	Perangkat lunak	11
2	Perangkat keras	11
3	Bahan penelitian	12
4	Perbandingan kondisi as-is dan to-be	19
5	Konfigurasi parameter model <i>Random Forest</i>	27
6	Konfigurasi parameter model SVR	28
7	Rata-rata hasil <i>K-Fold Cross Validation</i> (k=5)	33
8	Hasil pengujian fungsionalitas sistem menggunakan <i>black box testing</i>	34
9	Statistik deskriptif prediksi nitrogen relatif per kelompok	44

DAFTAR GAMBAR

1	Tanaman daun dewa (<i>Gynura segetum</i>)	5
2	Spektrum gelombang ultraviolet (Sa'diyah 2025)	9
3	<i>Plant factory</i> SPARS	9
4	Diagram alir prosedur penelitian	12
5	Gambar teknik capture box	13
6	Diagram alir pembangunan model <i>machine learning</i>	15
7	Contoh hasil pengambilan citra tanaman	21
8	Nilai rata-rata nitrogen relatif tiap pengambilan data	21
9	Nilai rata-rata fitur citra tiap sesi: (a) R, G, B, (b) r, g, b, VARI	23
10	<i>Heatmap</i> korelasi Pearson antar fitur	24
11	Arsitektur ANN	25
12	<i>Loss curve</i> pelatihan model ANN	26
13	<i>Layout</i> halaman Beranda	29
14	<i>Layout</i> halaman Prediksi	30
15	<i>Layout</i> halaman Evaluasi Model	30
16	<i>Layout</i> halaman Riwayat	31
17	<i>Layout</i> halaman Tentang	31
18	Perbandingan performa model berdasarkan metrik evaluasi	33
19	Sebaran prediksi terhadap nilai aktual	33
20	Tampilan pengunggahan citra	35
21	Tampilan antarmuka area daun tidak terdeteksi	35
22	Tampilan antarmuka daun tidak terdeteksi	36
23	Hasil segmentasi citra	36
24	Tampilan hasil ekstraksi fitur citra	37
25	Tampilan hasil prediksi	38
26	Tampilan antarmuka halaman Beranda	39
27	Tampilan antarmuka halaman Prediksi	40
28	Tampilan antarmuka halaman Evaluasi Model	41
29	Tampilan antarmuka halaman Riwayat	42
30	Tampilan antarmuka halaman Tentang	42
31	Tampilan sistem pada perangkat <i>mobile</i>	43
32	Statistik deskriptif nitrogen per perlakuan	44
33	Perubahan Nitrogen Kelompok Tanaman Merah Biru + Ultraviolet	45
34	Perubahan Nitrogen Kelompok Tanaman Putih + Ultraviolet	45
35	Perubahan Nitrogen Kelompok Tanaman Kontrol	45
36	Perbandingan nitrogen relatif antar kelompok	48

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.



1	Contoh data aktual nitrogen relatif dan fitur citra sampel	56
2	Hasil evaluasi model tiap <i>fold</i>	57
3	Hasil uji fungsionalitas sistem menggunakan <i>black box testing</i>	58
4	Rata-rata PPFD per sesi pengambilan data per kelompok	60
5	Kode program ekstraksi fitur citra	61
6	Kode program <i>k-fold cross validation</i> dan pelatihan model	63
7	Kode program aplikasi web	65