

KLASIFIKASI KELOMPOK VIGOR BENIH PADI MENGUNAKAN ANALISIS CITRA RGB BERBASIS CNN PADA VARIETAS INPARI 32 HDB DAN SINTANUR

NABILLA PUTRI HAPSARI



**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 “Klasifikasi Kelompok Vigor Benih Padi Menggunakan Analisis Citra RGB Berbasis CNN pada Varietas Inpari 32 HDB dan Sintanur” 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, Juli Tahun 2026

Nabilla Putri Hapsari
F1401221100



ABSTRAK

NABILLA PUTRI HAPSARI. Klasifikasi Kelompok Vigor Benih Padi Menggunakan Analisis Citra RGB Berbasis CNN pada Varietas Inpari 32 HDB dan Sintanur. Dibimbing oleh SETYO PERTIWI

Pengujian vigor benih padi secara konvensional memerlukan waktu 5-14 hari, bersifat destruktif, dan bergantung pada penilaian subjektif pengamat. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model CNN berbasis arsitektur EfficientNet-B0 untuk mengklasifikasikan kelompok vigor benih padi menggunakan analisis citra RGB pada lima titik pengamatan (hari ke-1, 3, 5, 7, dan 14) selama fase persemaian. Objek penelitian adalah dua varietas benih padi bersertifikat, yaitu Inpari 32 HDB dan Sintanur, dengan total 630 benih dan 3.150 citra individu. *Ground truth* kelompok vigor ditentukan melalui sistem aturan *if-then* berbasis trajektori pertumbuhan harian. Akibat ketidakseimbangan distribusi kelas yang ekstrem, skema klasifikasi disesuaikan menjadi tiga kelas (Vigor Rendah/VR, Vigor Sedang/VS, Vigor Tinggi/VT) untuk Sintanur dan dua kelas (Non-VT, VT) untuk Inpari 32 HDB, dengan pembobotan Focal Loss yang diterapkan per kelas berdasarkan distribusi data latih. Model Inpari 32 HDB mencapai *F1-score macro-average* tertinggi sebesar 0,88 dengan akurasi 93,8% pada hari ke-7, secara statistik signifikan lebih baik dibanding seluruh titik pengamatan lain (uji Fisher eksak, $p < 0,05$). Model Sintanur mencapai *F1-score macro-average* tertinggi sebesar 0,50 pada hari ke-7, namun keunggulannya terhadap titik lain tidak terbukti signifikan secara statistik, dan performanya belum mencapai keandalan memadai untuk aplikasi praktis akibat keterbatasan sampel kelas Vigor Sedang. Analisis Grad-CAM menunjukkan wilayah aktivasi tinggi yang secara kualitatif tumpang tindih dengan struktur kecambah (radikula, plumula) pada titik optimal, meski hal ini merupakan penilaian visual oleh satu pengamat, bukan bukti kuantitatif independen. Hasil penelitian mengindikasikan potensi citra RGB berbasis CNN sebagai metode pengujian vigor benih padi yang non-destruktif dan berbiaya rendah, khususnya untuk varietas dengan kontras visual antar kelompok vigor yang tinggi, dengan kebutuhan validasi lanjutan yang melibatkan pengamat kedua, sampel lebih besar, dan lot benih dalam masa edar aktif.

Kata kunci: benih padi, citra RGB, CNN, EfficientNet-B0, vigor benih



ABSTRACT

NABILLA PUTRI HAPSARI. Classification of Rice Seed Vigor Groups Using CNN-Based RGB Image Analysis on Inpari 32 HDB and Sintanur Varieties. Supervised by SETYO PERTIWI.

Conventional rice seed vigor testing requires 5-14 days, is destructive, and relies on the observer's subjective assessment. This study aimed to develop a CNN model based on the EfficientNet-B0 architecture to classify rice seed vigor groups using RGB image analysis at five observation time points (days 1, 3, 5, 7, and 14) during the seedling phase. The research objects were two certified rice seed varieties, Inpari 32 HDB and Sintanur, comprising 630 seeds and 3,150 individual images. Vigor group ground truth was determined through an if-then rule system based on daily growth trajectories recorded by a single observer. Due to extreme class distribution imbalance, the classification scheme was adjusted to three classes (Low Vigor/VR, Moderate Vigor/VS, High Vigor/VT) for Sintanur and two classes (Non-VT, VT) for Inpari 32 HDB, with Focal Loss weighting applied per class based on the training data distribution. The Inpari 32 HDB model achieved the highest macro-average F1-score of 0.88 with 93.8% accuracy at day 7, statistically significantly better than all other observation points (Fisher's exact test, $p < 0.05$). The Sintanur model achieved a highest macro-average F1-score of 0.50 at day 7, though its advantage over other observation points was not statistically significant, and its performance did not reach adequate reliability for practical application due to limited samples in the Moderate Vigor class. Grad-CAM analysis showed high-activation regions that qualitatively overlapped with identifiable seedling structures (radicle, plumule) at the optimal point, though this represents a visual assessment by a single observer rather than independent quantitative evidence. The results indicate the potential of CNN-based RGB imaging as a non-destructive and low-cost rice seed vigor testing method, particularly for varieties with high visual contrast between vigor groups, pending further validation involving a second observer, larger samples, and seed lots within their active shelf life.

Keywords: CNN, EfficientNet-B0, RGB image, rice seed, seed vigor



@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.



@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.

KLASIFIKASI KELOMPOK VIGOR BENIH PADI MENGUNAKAN ANALISIS CITRA RGB BERBASIS CNN PADA VARIETAS INPARI 32 HDB DAN SINTANUR

NABILLA PUTRI HAPSARI

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. Slamet Widodo, S.T.P., M.Sc.



Judul Skripsi : Klasifikasi Kelompok Vigor Benih Padi Menggunakan Analisis Citra
RGB Berbasis CNN pada Varietas Inpari 32 HDB dan Sintanur

Nama : Nabilla Putri Hapsari
NIM : F1401221100

Disetujui oleh

Pembimbing:

Prof. Dr. Ir. Setyo Pertiwi, M.Agr.
NIP 1960022719850320001

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc. Agr.
NIP 196304251989031001

Tanggal Ujian:
4 Agustus 2026

Tanggal Lulus:



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 Desember 2025 sampai bulan Juni 2026 ini ialah *image processing*, dengan judul Klasifikasi Kelompok Vigor Benih Padi Menggunakan Analisis Citra RGB Berbasis CNN pada Varietas Inpari 32 HDB dan Sintanur. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Keluarga tercinta, Bapak Drs. Supriyadi (Alm), Ibu Yuli Tri Wahyuni, Kakak Aulia Rahma Agustina, dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan, motivasi, doa, dan kasih sayang kepada penulis.
2. Prof. Dr. Ir. Setyo Pertiwi, M.Agr. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan banyak memberi arahan, saran, dan motivasi dalam penyusunan skripsi.
3. Ibu Dr. Ir. Dyah Wulandani, M.Si. selaku dosen moderator sidang skripsi, Bapak Dr. Liyantono, S.T.P., M.Agr. dan Bapak Dr. Slamet Widodo, S.T.P., M.Sc. selaku dosen penguji sidang skripsi yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan skripsi.
4. Bapak M. Darma Setiawan selaku penanggung jawab Laboratorium Lahan Percobaan yang telah memberikan pengetahuan dan bantuan dalam perizinan hingga pengambilan data untuk menunjang penulisan skripsi.
5. Seluruh sahabat penulis yaitu Nadhya, Aulia, Riska, Nabila, Luna, Nadya, Indri, Euis, Aurel, Fahma, Resi, Silvia, Soffinda, dan Sandi yang telah memberikan dukungan serta doa dalam proses penyusunan skripsi.
6. Keluarga TPB angkatan 59 yang telah memberikan dukungan serta doa dalam proses penyusunan skripsi.
7. Teman-teman satu bimbingan, yaitu Nadya, Anisa, dan Mahathir yang telah kebersamaian, mendukung, dan memberikan bantuan dalam penyusunan skripsi.
8. *Last but not least*, terima kasih kepada gadis kecil, sederhana, kuat, dan mandiri yaitu diri saya sendiri, Nabilla Putri Hapsari. Terima kasih karena tidak memilih menyerah meskipun banyak hal terasa begitu berat untuk dijalani. Terima kasih karena mau terus belajar, berproses menjadi lebih baik, dan bertahan di masa-masa sulit. Terima kasih tetap berani menjadi diri sendiri. Meskipun terkadang harapan tidak sesuai dengan apa yang semesta berikan. Terima kasih selalu belajar menerima dan mensyukuri apapun yang kamu dapatkan. Jangan pernah lelah untuk tetap berusaha, berbahagialah dimanapun kamu berada. Rayakan apapun dalam dirimu dan jadikan dirimu bersinar dimanapun tempatmu bertumpu. Saya berdoa, semoga langkah dari kaki kecilmu selalu diperkuat, dikelilingi oleh orang-orang hebat, serta mimpimu satu persatu akan terwujud.

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

Bogor, Juli 2026

Nabilla Putri Hapsari



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Padi dan Sistem Perbenihan Nasional	5
2.2 Konsep Vigor Benih dan Metode Pengujian Konvensional	5
2.3 Klasifikasi Vigor Berbasis Trajektori Pertumbuhan: Pendekatan Multi-kelas	6
2.4 Analisis Citra RGB untuk Penilaian Mutu Benih	7
2.5 <i>Convolutional Neural Network</i> dan <i>Transfer learning</i>	7
2.6 Karakteristik Varietas Inpari 32 HDB dan Sintanur	8
2.7 Evaluasi Model Klasifikasi Multi-kelas dan Interpretabilitas	9
III METODE	11
3.1 Waktu dan Tempat	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Prosedur Kerja	11
3.4 Persiapan Benih dan Media Semai	11
3.5 Pencatatan <i>Ground truth</i> dan Penentuan Kelompok Vigor	12
3.6 Pengambilan dan Pemrosesan Citra RGB	12
3.7 Pembagian Dataset	13
3.8 Arsitektur dan Pelatihan Model CNN	14
3.9 Evaluasi Model	15
3.10 Penentuan Titik Pengamatan Optimal	16
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Distribusi Data dan Penyesuaian Kelas Vigor	17
4.2 Keterbatasan Validitas <i>Ground truth</i> : Pencatatan oleh Pengamat Tunggal	18
4.3 Prosedur <i>Masking</i> dan Keterbatasan Implementasinya	19
4.4 Performa Model CNN Varietas Sintanur (VR/VS/VT)	19
4.5 Performa Model CNN Varietas Inpari 32 HDB (Non-VT/VT)	20
4.6 Parameter Focal Loss: Pembobotan Alpha Per Kelas	21
4.7 Titik Pengamatan Optimal	21
4.8 Analisis Grad-CAM: Pola Aktivasi dan Batas Interpretasinya	23
4.9 Perbandingan Performa Antarvarietas	24
4.10 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu	25
4.11 Implikasi terhadap Sistem Pengujian Vigor Benih	26



V	SIMPULAN DAN SARAN	27
5.1	Simpulan	27
5.2	Saran	28
	DAFTAR PUSTAKA	30
	LAMPIRAN	33
	RIWAYAT HIDUP	50

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 TABEL

1	Distribusi data dan skema penggabungan kelas vigor	17
2	Performa model CNN pada varietas Sintanur, dengan selang kepercayaan 95% (Wilson), kappa Cohen, <i>balanced accuracy</i> , dan F1- <i>macro baseline trivial</i>	19
3	<i>Confusion matrix</i> Sintanur pada hari ke-7 (n=48)	20
4	Performa Model CNN Varietas Inpari 32 HDB	20
5	<i>Confusion matrix</i> Inpari 32 HDB pada hari ke-7 (n=48)	21
6	Hasil uji Fisher eksak (akurasi, seluruh pasangan titik)	22
7	Ringkasan temuan Grad-CAM	23
8	Perbandingan performa model CNN penelitian ini dengan penelitian terdahulu	25

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir penelitian	11
2	Proses pengambilan dan segmentasi citra benih	13
3	Diagram skematik arsitektur EfficientNet-B0	14
4	Tren F1- <i>macro</i> dan akurasi kedua varietas	22
5	Grad-CAM Inpari 32 HDB pada hari ke-7 dan hari ke-14	24

DAFTAR LAMPIRAN

1	Sistem kode kondisi pertumbuhan harian dan aturan <i>if-then</i> penentuan kelompok vigor	34
2	Distribusi jumlah sampel per kelompok vigor sebelum dan sesudah penggabungan kelas	35
3	Contoh citra RGB benih per kelompok vigor pada setiap titik pengamatan	36
4	Kurva pelatihan model CNN (loss dan PR-AUC) varietas Inpari 32 HDB dan Sintanur	37
5	Heatmap Grad-CAM per titik pengamatan varietas Inpari 32 HDB dan Sintanur	38
6	Rekap hasil performa CNN pada varietas Inpari 32 HDB dan Sintanur	41
7	Kode program klasifikasi kelompok vigor benih padi berbasis CNN	42