

PENGUNAAN *MASKING* BERBASIS KECERDASAN BUATAN DALAM IMPLEMENTASI *PLANT PHENOTYPING* PADA SISTEM AGRI-PHOTOVOLTAIC

ARDIKA DANY ALYZAIN



**DEPARTEMEN ILMU TANAH DAN SUMBERDAYA LAHAN
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 SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Penggunaan *Masking* Berbasis Kecerdasan Buatan dalam Implementasi *Plant Phenotyping* pada *Sistem Agri-Photovoltaic*” 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, 31 Juli 2025

Ardika Dany Alyzain
A1401211046

- 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

ARDIKA DANY ALYZAIN. Penggunaan *Masking* Berbasis Kecerdasan Buatan dalam Implementasi *Plant Phenotyping* pada Sistem Agri-Photovoltaic. Dibimbing oleh BAMBANG HENDRO TRISASONGKO dan DYAH RETNO ANUJU.

Pertanian modern menghadapi tantangan keterbatasan lahan dan kebutuhan pangan yang meningkat, sehingga sistem Agri-Photovoltaic (APV) menjadi solusi integratif antara produksi pangan dan energi. Namun, panel surya dalam APV menciptakan efek naungan yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Kedelai, sebagai tanaman C3, masih dapat tumbuh optimal di bawah intensitas cahaya sedang, sehingga menjadi kandidat potensial untuk ditanam di bawah sistem APV. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas metode *masking*, baik manual maupun berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*, AI), dalam meningkatkan kualitas model 3D tanaman kedelai menggunakan teknik *Structure from Motion* (SfM), serta mengkaji kelayakan model tersebut untuk aplikasi *plant phenotyping*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *masking* secara baik dapat mengurangi *noise* dan artefak pada hasil rekonstruksi 3D, menghasilkan model tanaman yang lebih bersih dan akurat. Model dengan *masking* berbasis AI memiliki kualitas visual yang setara dengan *masking* manual, namun lebih efisien dalam hal waktu dan konsistensi. Evaluasi akurasi *phenotyping* untuk mengukur lebar tajuk menunjukkan nilai R^2 sebesar 0.845 dengan RMSE sebesar 3.306 cm. Sementara, tinggi tanaman menunjukkan nilai R^2 sebesar 0.91 dengan RMSE sebesar 3.297 cm. Hasil uji korelasi menunjukkan hubungan signifikan antara lebar tajuk tanaman dan tinggi tanaman, yang mengindikasikan bahwa model 3D cukup baik digunakan untuk menganalisis pertumbuhan tanaman secara non-destruktif. Hasil tersebut menunjukkan bahwa teknik *masking*, terutama berbasis AI, efektif dalam pemodelan 3D tanaman untuk kebutuhan *phenotyping*.

Kata kunci: Rekonstruksi 3D, *Structure from Motion* (SfM), *Masking*, *Plant phenotyping*, Agri-photovoltaic (APV)

ABSTRACT

ARDIKA DANY ALYZAIN. The Use of Artificial Intelligence-Based Masking in the Implementation of Plant Phenotyping under Agri-Photovoltaic Systems. Supervised by BAMBANG HENDRO TRISASONGKO and DYAH RETNO PANUJU.

Modern agriculture faces challenges such as limited land availability and increasing food demands, making the Agri-Photovoltaic (APV) system an integrative solution for both food and energy production. However, solar panels in APV systems create shading effects that influence plant growth. Soybean, as a C3 plant, can still grow optimally under moderate light intensity, making it a potential candidate for cultivation under APV systems. This study aims to evaluate the effectiveness of masking methods—both manual and AI-based (Artificial Intelligence)—in improving the quality of 3D soybean plant models using the Structure from Motion (SfM) technique, as well as to assess the feasibility of the models for plant phenotyping applications. The results show that proper use of masking can reduce noise and artifacts in 3D reconstruction, producing cleaner and more accurate plant models. AI-based masking provides visual quality comparable to manual masking, while being more efficient in terms of time and consistency. The accuracy evaluation of phenotyping for canopy width estimation showed an R^2 value of 0.845 with an RMSE of 3.306 cm. Meanwhile, plant height estimation resulted in an R^2 value of 0.91 with an RMSE of 3.297 cm. Correlation analysis indicated a significant relationship between canopy width and plant height, suggesting that the 3D models are suitable for analyzing plant growth in a non-destructive manner. These findings demonstrate that masking techniques, particularly AI-based, are effective for 3D plant modeling in phenotyping applications.

Keywords: 3D reconstruction, Structure from Motion (SfM), Masking, Plant phenotyping, Agri-photovoltaic (APV) systems



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 20XX
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.

**PENGUNAAN *MASKING* BERBASIS KECERDASAN
BUATAN DALAM IMPLEMENTASI *PLANT PHENOTYPING*
PADA SISTEM AGRI-PHOTOVOLTAIC**

ARDIKA DANY ALYZAIN

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Manajemen Sumberdaya Lahan

**DEPARTEMEN ILMU TANAH DAN SUMBERDAYA LAHAN
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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Bambang Hendro Trisasongko, Ph.D
2. Dyah Retno Panuju, Ph.D
3. Affan Chahyahasna, S.P., M.Si

Judul Skripsi : Penggunaan Masking Berbasis Kecerdasan Buatan dalam
Implementasi Plant Phenotyping dalam Sistem Agri-Photovoltaic
Nama : Ardika Dany Alyzain
NIM : A1401211046

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Bambang Hendro Trisasongko, Ph.D
NIP. 197009032008121001

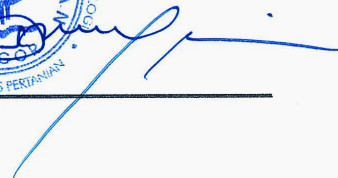


Pembimbing 2:
Dyah Retno Panuju, Ph.D
NIP. 197104121997022005



Diketahui oleh

Plt. Ketua Departemen Ilmu Tanah dan
Sumberdaya Lahan
Dr. Sri Malahayati Yusuf, S.P., M.Si.
NIP. 198406102019032012



Tanggal Ujian: 31 Juli 2025

Tanggal Lulus: 11 AUG 2025



PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penggunaan *Masking* Berbasis Kecerdasan Buatan dalam Implementasi *Plant Phenotyping* pada Sistem *Agri-Photovoltaic*” yang dilaksanakan sejak Desember 2024 sampai Mei 2025. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Bambang Hendro Trisasongko, Ph.D. selaku dosen pembimbing skripsi pertama dan Ibu Dyah Retno Panuju, Ph.D. selaku dosen pembimbing skripsi kedua yang telah bersedia memberikan ilmu, arahan, dan masukan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
2. Tim ENVELOPS, yaitu Mr. Seungyeun Han, Ms. Min Kyoung Kim, dan Mr. Yeongseung Gwon yang telah berkenan memberikan perizinan penelitian di *Agri-Photovoltaic Research Station*.
3. Orang tua terkasih, Bapak Drs. Edy Purwanto dan Ibu Aris Purwanti, S.Pd., serta keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan dukungan.
4. Bapak Ir. Wahyu Purwakusuma, M.Sc. yang telah memberikan perizinan penggunaan lahan Cikabayan sebagai lokasi penelitian, serta Bapak Andi Supiandi yang banyak membantu penulis selama penelitian berlangsung.
5. Teman-teman MSL 58, khususnya rekan penelitian di *Agri-Photovoltaic Research Station (APRS)* Cikabayan, yaitu Ketut Ksatria Mas Dananjaya, Neng Siti Sindia, dan Dewi Yustika Febriani yang telah bekerja sama dan saling mendukung selama proses pengumpulan data di lapangan.
6. Elsa Kalam Rahayu selaku rekan sekerja penulis yang senantiasa hadir memberikan dukungan dan semangat kepada penulis selama penulis menyusun skripsi.
7. Tim Mobile Legends, yaitu M Ghany, Farrel Wahyu A.I., Dirham Pranoto Dior, Fathan M. Azaini, Mirza M. Rayyan yang menjadi tempat berbagi cerita di tengah kesibukan menyusun skripsi.
8. Teman kontrakan, yaitu Fauzi dan Yelis yang telah kebersamai penulis

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang ilmu tanah.

Bogor, 31 Juli 2025

Ardika Dany Alyzain
A1401211046



@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 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.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Agri-Photovoltaic (APV)	3
2.2 <i>Structure from Motion</i> (SfM) untuk rekonstruksi 3D	3
2.3 <i>Masking</i> dan peran kecerdasan buatan (AI)	4
2.4 <i>Plant phenotyping</i>	4
III METODE	5
3.1 Waktu dan Tempat	5
3.2 Alat dan Bahan	5
3.3 Metodologi	6
3.3.1 Persiapan pengolahan lahan	6
3.3.2 Penanaman, pemupukan dan perawatan	6
3.3.3 Pengambilan data	7
3.3.4 Pembuatan <i>masking</i> dan pengolahan citra	7
3.3.5 <i>Plant phenotyping</i>	11
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Pembangunan model	13
4.2 Kinerja <i>masking</i> berbasis AI	14
4.3 <i>Plant phenotyping</i>	15
V KESIMPULAN	22
5.1 Kesimpulan	22
5.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	24



DAFTAR GAMBAR

1.	Peta lokasi penelitian	5
2.	Konfigurasi tanam	6
3.	Ilustrasi akuisisi data	7
4.	Contoh <i>masking layer</i>	8
5.	Diagram alir pemrosesan citra untuk rekonstruksi 3D	10
6.	Ilustrasi pengukuran lebar tajuk dan tinggi pada model 3D tanaman	11
7.	Perbandingan visual model tanpa <i>masking</i> dan menggunakan <i>masking</i>	13
8.	Hasil rekonstruksi 3D dengan <i>masking</i> manual dan berbasis AI	14
9.	Model sampel <i>plant phenotyping</i> dalam sistem APV	16
10.	Perbandingan lebar tajuk tanaman antara hasil pengukuran lapang dengan pengukuran pada model pada sistem APV	16
11.	Perbandingan tinggi tanaman antara hasil pengukuran lapang dengan pengukuran pada model pada sistem APV	17
12.	Model sampel <i>plant phenotyping</i> lapangan terbuka	18
13.	Perbandingan lebar tajuk tanaman antara hasil pengukuran lapang dengan pengukuran pada model di lapangan terbuka	18
14.	Perbandingan tinggi tanaman antara hasil pengukuran lapang dengan pengukuran pada model di lapangan terbuka	19
15.	Kurva kalibrasi lebar tajuk tanaman	20
16.	Kurva kalibrasi tinggi tanaman	20
17.	<i>Scatter plot</i> korelasi lebar tajuk tanaman dengan tinggi tanaman pada pengukuran lapang (a) dan pengukuran pada model 3D (b)	21

DAFTAR LAMPIRAN

1.	Contoh dataset sampel di bawah sistem agri-photovoltaic PS01	25
2.	Contoh dataset sampel lapangan terbuka NPS01	26