



PENGARUH SISTEM *AGRI-PHOTOVOLTAIC* TERHADAP SIFAT KIMIA TANAH, SERAPAN HARA, PERTUMBUHAN, DAN HASIL KEDELAI (*Glycine max* (L.))

ELSA KALAM RAHAYU



**DEPARTEMEN ILMU TANAH DAN SUMBERDAYA LAHAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- 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 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 “Pengaruh Sistem *Agri-Photovoltaic* terhadap Sifat Kimia Tanah, Serapan Hara, Pertumbuhan, dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.))” 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, 13 Februari 2026

Elsa Kalam Rahayu
A1401211035

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

ELSA KALAM RAHAYU. Pengaruh Sistem *Agri-Photovoltaic* terhadap Sifat Kimia Tanah, Serapan Hara, Pertumbuhan, dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.)). Dibimbing oleh DESI NADALIA dan AFFAN CHAHYAHUSNA.

Sistem *Agri-Photovoltaic* (APV) menjadi salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi dan pangan suatu negara dengan mengintegrasikan antara pertanian dengan panel surya untuk memproduksi energi sehingga penggunaan lahan menjadi lebih optimal. Sistem ini dapat dipertimbangkan sebagai salah satu strategi peningkatan produksi kedelai yang merupakan komoditas pangan strategis nasional. *Agri-Photovoltaic Research Station* (APRS) Kebun Pendidikan Cikabayan merupakan unit *agri-photovoltaic* pertama di Indonesia yang dirancang sebagai solusi integratif dalam mendukung produksi energi terbarukan sekaligus mempertahankan produktivitas lahan pertanian di Indonesia. Namun, keberadaan panel surya menciptakan efek naungan yang berpotensi mempengaruhi kapasitas tanaman dalam menyerap hara dan menghasilkan biji. Penelitian ini bertujuan mengetahui perbedaan sifat kimia tanah dan membandingkan respon pertumbuhan dan produktivitas kedelai yang tumbuh di bawah naungan panel surya dan di luar naungan panel surya. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan nyata pada nilai pH, C-organik, N-total, dan Mg-dd antara di bawah naungan panel surya (PS) dengan di luar naungan panel surya (LPS), sedangkan parameter P-tersedia, KTK (Kapasitas Tukar Kation), K-dd, Ca-dd, dan Na-dd tidak menunjukkan perbedaan nyata. Perbedaan tersebut berkaitan dengan perubahan kondisi iklim mikro di bawah naungan panel surya. Kondisi tersebut kemudian berpengaruh nyata meningkatkan serapan hara N, P, dan K oleh tanaman kedelai. Selain itu, perlakuan PS juga meningkatkan parameter pertumbuhan dan panen tanaman kedelai, terutama produktivitas, tetapi menurunkan nilai indeks panen (*Harvest Index*) akibat tingginya total akumulasi biomassa vegetatif. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem APV potensial dalam meningkatkan produktivitas lahan dengan menciptakan kondisi lingkungan yang lebih optimal.

Kata kunci: *Agri-Photovoltaic* (APV), kedelai, ketersediaan hara, panel surya.

ABSTRACT

ELSA KALAM RAHAYU. The Effect of *Agri-Photovoltaic* System on Soil Chemical Properties, Nutrient Uptake, Growth, and Yield of Soybean (*Glycine max* (L.)). Supervised by DESI NADALIA and AFFAN CHAHYAHUSNA.

Agri-Photovoltaic System (APV) offers an alternative approach to simultaneously address energy and food demands by integrating agricultural production with photovoltaic panels, thereby improving land-use efficiency. The system can be considered a strategy to enhance soybean production, a nationally strategic food commodity in Indonesia. Agri-Photovoltaic Research Station (APRS) at Cikabayan Teaching Farm is the first agri-photovoltaic unit in Indonesia, designed as an integrated solution to support renewable energy production while maintaining agricultural land productivity in Indonesia. However, the presence of solar panels creates shading effects that may influence soil nutrient availability, crop nutrient uptake, and crop productivity. This research aimed to evaluate differences in soil chemical properties and to compare the growth response and productivity of soybean cultivated under solar panel shading and open-field condition. The result showed significant differences in soil pH, soil organic carbon, total nitrogen, and exchangeable magnesium under the solar panel shading (PS) compared to area without solar panel shading (WPS), while available phosphorus, cation exchange capacity (CEC), and exchangeable potassium, calcium, and sodium did not differ significantly. These differences were associated with the changes in microclimate conditions created under the solar panel shading. These conditions subsequently resulted in a significant increase in nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) uptake by soybean plants. In addition, solar panel shading treatment enhanced soybean growth and yield components, particularly productivity, but reduced the harvest index (HI) due to greater accumulation of vegetative biomass. Overall, the results suggest that APV represents a promising approach for improving land productivity through the creation of favorable microenvironmental conditions for crop growth.

Keywords: *Agri-Photovoltaic* (APV), soybean, nutrient availability, solar panel.

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.



@Hak cipta milik 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 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.



PENGARUH SISTEM *AGRI-PHOTOVOLTAIC* TERHADAP SIFAT KIMIA TANAH, SERAPAN HARA, PERTUMBUHAN, DAN HASIL KEDELAI (*Glycine max* (L.))

ELSA KALAM RAHAYU

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
2026**

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 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. Desi Nadalia, S.P., M.Si.**
2. **Affan Chahyusna S.P., M.Si.**
3. **Putri Oktariani, S.P., M.Agr.**

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 : Pengaruh Sistem *Agri-Photovoltaic* terhadap Sifat Kimia Tanah, Serapan Hara, Pertumbuhan, dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.))

Nama : Elsa Kalam Rahayu
NIM : A1401211035

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Desi Nadalia, S.P., M.Si.
NIP. 198612252019032010



Pembimbing 2:
Affan Chahyahunsa S.P., M.Si.
NIP. 199405312024061001



Diketahui oleh

Ketua Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan
Dr. Ir. R.A. Dyah Tjahyandari Suryaningtyas,
M.Appl.Sc.
NIP. 196606221991032001



Tanggal Ujian: 13 Februari 2026

Tanggal Lulus: 04 MAY 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 syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas kasih karunia dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Sistem *Agri-Photovoltaic* terhadap Sifat Kimia Tanah, Serapan Hara, Pertumbuhan, dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.))” yang dilaksanakan sejak Januari sampai Desember 2025. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Desi Nadalia, S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi pertama dan Bapak Affan Chahyahasna S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi kedua yang telah memberikan ilmu, arahan, dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
2. Tim ENVELOPS, yaitu Mr. Seungyeun Han, Ms. Min Kyoung Kim, Mr. Yeongseung Gwon, serta Bapak Bambang Hendro Trisasongko, Ph.D. yang telah memberikan perizinan penelitian di *Agri-Photovoltaic Research Station* (APRS).
3. Orang tua terkasih, Bapak Paningkas Widiatmoko dan Ibu Sri Pamularsih, 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. Rekan penelitian di *Agri-Photovoltaic Research Station* (APRS), yaitu Ketut Ksatria Mas Dananjaya, Neng Siti Sindia Nurmaidah, dan Dewi Yustika Febriani yang telah bekerja sama dan saling mendukung selama proses penelitian di lapangan.
6. Ardika Dany Alyzain, sebagai mentor dan rekan penulis, yang bersedia berbagi pengalaman, memberi arahan, serta diskusi selama proses penyusunan skripsi.
7. Jesika Girsang yang senantiasa menemani, memberikan dukungan, serta doa selama proses penyusunan skripsi.

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

Bogor, 13 Februari 2026

Elsa Kalam Rahayu
A1401211035



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Konsep Dasar Agri-Photovoltaic (APV)	3
2.2 Tanaman Kedelai (<i>Glycine max</i> (L.))	3
2.3 Pengaruh Naungan terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (<i>Glycine max</i> (L.))	6
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Rancangan Percobaan	9
3.4 Metode Penelitian	9
3.5 Analisis Data	11
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Karakteristik Tanah Awal di Lokasi Penelitian	12
4.2 Pengaruh Sistem APV terhadap Iklim Mikro di Lokasi Penelitian	13
4.3 Pengaruh Sistem APV terhadap Ketersediaan Hara di dalam Tanah	15
4.4 Pengaruh Sistem APV terhadap Serapan Hara N, P, dan K pada Tanaman Kedelai	18
4.5 Pengaruh Sistem APV terhadap Parameter Pertumbuhan dan Panen Tanaman Kedelai	19
V PENUTUP	26
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27
RIWAYAT HIDUP	36

DAFTAR TABEL

1.	Fase pertumbuhan vegetatif pada tanaman kedelai	4
2.	Fase pertumbuhan generatif pada tanaman kedelai	5
3.	Parameter analisis sifat kimia tanah	10
4.	Parameter analisis sifat kimia tanaman	11
5.	Karakteristik tanah awal	12
6.	Kondisi iklim mikro di lokasi penelitian	14
7.	Pengaruh sistem APV terhadap pH, C-organik, N-total, dan P-tersedia	17
8.	Pengaruh sistem APV terhadap basa-basa dapat dipertukarkan dan KTK (Kapasitar Tukar Kation)	17
9.	Pengaruh sistem APV terhadap serapan hara N, P, dan K pada daun kedelai	19
10.	Pengaruh naungan panel surya terhadap parameter pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai	19
11.	Pengaruh naungan panel surya terhadap luas daun kedelai	22
12.	Pengaruh naungan panel surya terhadap parameter pertumbuhan generatif tanaman kedelai	23
13.	Pengaruh naungan panel surya terhadap parameter panen tanaman kedelai	24

DAFTAR GAMBAR

1.	Lokasi Penelitian	8
2.	Grafik pertumbuhan tinggi kedelai	20
3.	Grafik pertumbuhan diameter batang kedelai	21
4.	Grafik pertumbuhan jumlah cabang kedelai	21
5.	Grafik pertumbuhan jumlah daun kedelai	22
6.	Perbandingan sampel tanaman kedelai pada saat dipanen (A) di bawah naungan panel surya (PS), (B) di luar naungan panel surya (LPS)	25

LAMPIRAN

1.	Perkembangan tinggi tanaman kedelai dengan perlakuan PS pada sampel dengan kode PS01 yang terletak di petakan ke-1 di bawah naungan panel surya	31
2.	Perkembangan tinggi tanaman kedelai dengan perlakuan LPS pada sampel dengan kode LPS01 yang terletak di petakan ke-1 di luar naungan panel surya	31
3.	Luas daun kedelai 5 MST dengan perlakuan PS pada sampel dengan kode PS01 menggunakan <i>software ImageJ</i>	31
4.	Luas daun kedelai 5 MST dengan perlakuan PS pada sampel dengan kode LPS01 menggunakan <i>software ImageJ</i>	32
5.	Kondisi lahan penelitian pada area <i>Agri-Photovoltaic Research Station</i> (APRS)	32

6. Ilustrasi sistem naungan panel surya di <i>Agri-Photovoltaic Research Station (APRS)</i>	32
7. Data tinggi tanaman selama periode penelitian	33
8. Data curah hujan harian bulan Januari dan Februari 2025	34
9. Data curah hujan harian bulan Maret dan April 2025	35

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@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.