



INDUSTRIALISASI BUNGA MATAHARI BERKELANJUTAN

Integrasi IoT dan Energi Terbarukan

Nunung Nurhasanah
Ratu Sabrina Fahira | Nelly Octaviani

Industrialisasi

BUNGA MATAHARI

----- BERKELANJUTAN -----

Integrasi IoT dan Energi Terbarukan

Nunung Nurhasanah
Ratu Sabrina Fahira
Nelly Octaviani



Penerbit KBM Indonesia

Adalah penerbit dengan misi memudahkan proses penerbitan buku-buku penulis di tanah air indonesia, serta menjadi media *sharing* proses penerbitan buku

INDUSTRIALISASI BUNGA MATAHARI BERKELANJUTAN

Integrasi IoT dan Energi Terbarukan

Copyright @2026 by Nunung Nurhasanah, dkk
All rights reserved

PENERBIT KARYA BAKTI MAKMUR (KBM) INDONESIA

Anggota IKAPI (Ikatan Penerbit Indonesia)

NO. IKAPI 279/JTI/2021

Depok, Sleman-Jogjakarta (Kantor)

081357517526 (Tlpn/WA)

Penulis

Nunung Nurhasanah

Ratu Sabrina Fahira

Nelly Octaviani

Desain Sampul

Aswan Kreatif

Tata Letak

Sofitahm

Editor Naskah

Dr. Muhamad Husein Maruapey, Drs., M.Sc.

15,5 x 23 cm, xii + 170 halaman

Cetakan ke-1, Mei 2026

ISBN 978-634-278-391-7

Isi buku diluar tanggungjawab penerbit

Hak cipta merek KBM Indonesia sudah terdaftar di

DJKI-Kemenkumham dan isi buku dilindungi undang-undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau

Memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini

Tanpa seizin penerbit karena beresiko sengketa hukum

Website

<https://penerbitkbm.com>

www.penerbitbukumurah.com

Instagram

@penerbit.kbmindonesia

@penerbitbukujogja

Email

naskah@penerbitkbm.com

Distributor

<https://penerbitkbm.com/toko-buku/>

Youtube

Penerbit KBM Sastrabook

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

- (i) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (ii) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (iii) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (iv) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ

"Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia lainnya." (Hadits riwayat Imam Ath-Thabrani)



SPECIAL THANKS TO

My morning light: Nadiya and Najwa

"There is always a bright star in the darkest sky"

(Dr. Nunung Nurhasanah, S.T., M.Si., CSCA., CPSP., CSSCP.)

My family, my teachers, and all of my friends

for their support and guidance

(Ratu Sabrina Fahira)

"To those who mean the most to me - my family and friends, whose

prayers and support have widened my world and

kept my dreams alive"

(Nelly Octaviani)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga buku ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, teladan utama umat manusia, yang telah membimbing umatnya menuju kehidupan yang penuh ilmu, nilai, dan kemaslahatan.

Buku ini disusun sebagai bagian dari upaya mendokumentasikan dan menyebarluaskan pengetahuan serta praktik nyata dalam pengembangan agroindustri bunga matahari yang berorientasi pada keberlanjutan. Secara khusus, buku ini membahas integrasi teknologi modern seperti *Internet of Things* (IoT), energi terbarukan berbasis surya dan biogas, modernisasi mesin pascapanen, serta penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam membangun kemandirian dan daya saing petani. Melalui pembahasan yang bersifat konseptual sekaligus aplikatif, buku ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi akademisi, mahasiswa, praktisi, serta pemangku kepentingan yang tertarik pada pengembangan agroindustri berkelanjutan berbasis masyarakat.

Penyusunan buku ini tidak terlepas dari dukungan, kontribusi, dan kerja sama berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Gustiar dan Bapak Dandi atas dukungan dan arahan yang diberikan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ibu Octa Nur Samijayani, S.T., M.Sc., Ibu Maryam Jameela, S.Si., M.Si., Endrika Septya Adilfi, S.T., Muhammad Bintang Naufal, S.T.,

Ragil Perdana Sani, S.T., Khairul Auni, S.T., Ibu Suci Rahmatia, S., M.Sc., Ibu Sari Anggraini, S.E., M.Ak., Iksan Khosiya Rohman, S.T., Alifah Almas, Nur Saumi Indana Zulfah, Rahmat Giant Nanda, Nadila Puspita Tri Handayani, S.T., Nida Salsabila, S.T., serta Kak Sopian Maulana, S.T., M.T., yang telah berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyusunan buku ini, baik melalui diskusi, pengumpulan data, pengolahan data, maupun dukungan teknis dan administratif. Seluruh kontribusi tersebut sangat berarti dalam memperkaya isi dan kualitas buku ini.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih memiliki keterbatasan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, saran dan masukan yang bersifat konstruktif sangat diharapkan sebagai bahan perbaikan dan pengembangan di masa mendatang. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat, menambah khazanah keilmuan, serta menjadi inspirasi dalam pengembangan agroindustri yang berkelanjutan dan berorientasi pada pemberdayaan masyarakat.

Akhir kata, penulis berharap buku ini dapat memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik di bidang yang relevan. Semoga Allah Swt. meridai setiap ikhtiar yang dilakukan.

Jakarta, 21 April 2026

Nunung Nurhasanah
Ratu Sabrina Fahira
Nelly Octaviani

PRAKATA

Buku ini disusun sebagai upaya merumuskan cara pandang baru terhadap pengembangan agroindustri bunga matahari dalam konteks keberlanjutan, teknologi, dan kemandirian ekonomi. Di tengah meningkatnya tuntutan global terhadap efisiensi sumber daya, transparansi rantai pasok, dan penggunaan energi bersih, sektor pertanian dituntut untuk bertransformasi, tidak hanya dalam cara berproduksi, tetapi juga dalam cara memaknai nilai tambah dan posisi pelakunya.

Industrialisasi bunga matahari dalam buku ini tidak ditempatkan sebagai proses mekanisasi semata, melainkan sebagai transformasi sistem yang menyeluruh. Integrasi *Internet of Things* (IoT), energi terbarukan berbasis surya dan biogas, modernisasi mesin, serta prinsip ekonomi sirkular dipahami sebagai satu kesatuan strategis yang saling menguatkan. Pendekatan tersebut membuka ruang bagi tumbuhnya sistem agroindustri yang efisien, adaptif, dan selaras dengan tuntutan keberlanjutan global.

Bunga matahari dipilih sebagai fokus pembahasan karena karakter multifungsinya yang memungkinkan keterhubungan antara sektor pangan, energi, industri, dan lingkungan. Melalui komoditas ini, buku ini menguraikan bagaimana sebuah sistem produksi pertanian dapat berkembang menjadi ekosistem industri bernilai tambah tinggi, tanpa melepaskan aspek keberlanjutan dan tanggung jawab ekologis. Dengan demikian, bunga matahari diposisikan bukan hanya sebagai tanaman, tetapi sebagai medium pembelajaran sistem industri yang terintegrasi.

Buku ini tidak dimaksudkan sebagai panduan teknis yang normatif atau petunjuk operasional langkah demi langkah. Sebaliknya, buku ini disusun sebagai referensi pemikiran yang menawarkan kerangka konseptual, ilustrasi sistem, dan logika integrasi teknologi yang dapat diadaptasi sesuai dengan konteks kebutuhan dan kapasitas masing-masing pembaca. Penekanan diberikan pada prinsip, keterkaitan antarkomponen, serta implikasi strategis dari setiap keputusan teknologi dan manajerial.

Pembahasan dalam buku ini diarahkan untuk menegaskan keterhubungan antara aspek budidaya, pascapanen, energi, digitalisasi, dan hilirisasi produk sebagai satu kesatuan sistem. Pendekatan ini menegaskan bahwa keberlanjutan dan daya saing bukanlah dua tujuan yang saling bertentangan, melainkan dapat dibangun secara bersamaan melalui desain sistem yang tepat.

Akhirnya, buku ini diharapkan dapat menjadi sumber inspirasi dan bahan rujukan bagi akademisi, mahasiswa, praktisi industri, serta para pengambil kebijakan dalam merancang agroindustri masa depan yang berbasiskan pengetahuan, teknologi, dan efisiensi sumber daya. Lebih dari itu, buku ini diharapkan mampu memperkaya cara pandang tentang bagaimana pertanian dapat berkembang sebagai sektor yang modern, bernilai tambah, dan berorientasi jangka panjang.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR-----	i
PRAKATA-----	iii
DAFTAR ISI-----	v
DAFTAR GAMBAR-----	ix
DAFTAR TABEL-----	xi

BAB 1

EMAS KUNING DI CAKRAWALA INDONESIA-----1

- 1.1. Morfologi dan Karakteristik Biologis Bunga Matahari
sebagai Dasar Industrialisasi-----1
- 1.2. Potensi Geografis: Mengapa Indonesia Kompetitif untuk
Bunga Matahari -----4
- 1.3. Analisis Pasar Global: Permintaan Minyak Nabati dan
Produk Turunan ----- 11

BAB 2

MENUJU PETANI BERDAYA SAING DUNIA -----13

- 2.1. Standarisasi Global: Memahami Kebutuhan Sertifikasi
Halal dan Ekspor ----- 13
- 2.2. Kesiapan Petani Bunga Matahari dalam Menghadapi
Standar Global berbasis Keberlanjutan----- 22

BAB 3

TEKNIK BUDI DAYA BERBASIS PRODUKTIVITAS-----27

- 3.1. Manajemen Benih Unggul dan Pola Tanam Intensif ----- 27
- 3.2. Teknik Perawatan untuk Optimalisasi Kadar Kandungan
Minyak ----- 33

BAB 4

REVOLUSI PASCA- PANEN: EFISIENSI LEWAT MESIN -----43

- 4.1. Inovasi Mesin Perontok Biji: Mengurangi Kerugian Hasil -- 43

4.2. Teknologi Pengeringan Canggih: Menjaga Kualitas Biji untuk Penyimpanan Jangka Panjang-----	46
BAB 5	
EKSTRAKSI MUTU TINGGI: TEKNOLOGI MESIN PERAS -----	49
5.1. Mekanisme Mesin Peras Modern untuk Rendemen Maksimal-----	49
5.2. Standar Higienis Proses Produksi Minyak Goreng dan Minyak <i>Skincare</i> -----	53
BAB 6	
BIODIGESTER: JANTUNG PERTANIAN TANPA LIMBAH -----	71
6.1. Ekonomi Sirkular: Mengolah <i>By-product</i> Mesin Peras dan Kohe-----	71
6.2. Produksi Pupuk Mandiri: Formulasi Pupuk Cair (POC) dan Pupuk Padat Organik-----	85
BAB 7	
SINERGI ENERGI TERBARUKAN DI LAHAN PERTANIAN -----	95
7.1. Instalasi Panel Surya: Sumber Energi Murah untuk Mesin dan Pompa-----	95
7.2. Pemanfaatan Biogas dari Biodigester untuk Operasional Industri -----	99
BAB 8	
IMPLEMENTASI <i>INTERNET OF THINGS</i>-----	101
8.1. Monitoring Lahan <i>Real-Time</i> : Sensor Kelembaban, Nutrisi, dan Cuaca-----	102
8.2. Otomasi Produksi: Efisiensi Biaya Tenaga Kerja dan Akurasi <i>Input</i> -----	103
BAB 9	
DIGITALISASI RANTAI PASOK -----	107
9.1. Pelacakan Produksi dari Hulu ke Hilir dengan Sistem Digital-----	108
9.2. Pemanfaatan Data IoT untuk Pengambilan Keputusan Bisnis -----	110

BAB 10

DARI DAPUR HINGGA KLINIK KECANTIKAN ----- 115

- 10.1. Industri Minyak Goreng dan Madu Bunga Matahari
Premium ----- 116
- 10.2. Potensi Minyak Matahari dalam Industri *Skincare*
Global ----- 117

BAB 11

HILIRISASI PAKAN DAN ENERGI ----- 119

- 11.1. Formulasi Vitamin Pakan Ternak dari Bungkil
Matahari ----- 120
- 11.2. Proses Konversi Menjadi Biodiesel: Energi Masa Depan
dari Kebun ----- 123

BAB 12

TATA KELOLA KEUANGAN DAN ASET ----- 125

- 12.1. Manajemen Arus Kas (*Cash Flow*) dan Akuntansi
Pertanian Modern ----- 126
- 12.2. Manajemen Aset: Perawatan Mesin dan Perhitungan
Depresiasi ----- 127

BAB 13

MANAJEMEN PERSEDIAAN DAN PEMASARAN ----- 131

- 13.1. Strategi Stok: Menjaga Stok Biji dan Produk Jadi di
Gudang Digital ----- 132
- 13.2. Menembus Pasar Ekspor: Strategi Branding dan
Negosiasi Dagang ----- 133

BAB 14

SCIENCE TECHNO PARK ----- 137

- 14.1. Ekosistem Inovasi dari Hulu ke Hilir ----- 138

PENUTUP ----- 145

GLOSARIUM ----- 149

DAFTAR PUSTAKA ----- 153

INDEKS ----- 163

PROFIL PENULIS ----- 167

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pohon industri bunga matahari	4
Gambar 2. Kebun bunga matahari	14
Gambar 3. Budi daya bunga matahari.....	15
Gambar 4. Mahkota hasil panen bunga matahari.....	16
Gambar 5. Biji bunga matahari hasil panen.....	17
Gambar 6. Produk minyak skincare halal petani bunga matahari..	19
Gambar 7. Masjid peradaban percikan iman.....	28
Gambar 8. Kebun masjid percikan iman	29
Gambar 9. Kebun teras lembang	30
Gambar 10. Petakan kebun di Teras Lembang.....	31
Gambar 11. Proses pengeringan konvesional.....	33
Gambar 12. Pengeringan di Greenhouse.....	34
Gambar 13. Mesin peras yang aus	35
Gambar 14. Mesin pemeras biji bunga matahari untuk ekstraksi minyak	36
Gambar 15. Ruang rak pengering berbasis IoT dengan lampu pemanas	37
Gambar 16. Sistem ruang sirulasi udara pada pengering tertutup .	38
Gambar 17. Lampu pemanas pada ruang pengering tertutup	40
Gambar 18. Biji bunga matahari berkualitas	41
Gambar 19. Perontokan biji bunga matahari secara manual.....	44
Gambar 20. Mesin perontok biji bunga matahari	45
Gambar 21. Mesin peras biji bunga matahari konvensional	51
Gambar 22. Mesin pemeras biji bunga matahari	53
Gambar 23. Area bahan baku	55

Gambar 24. Area produksi	57
Gambar 25. Area pengemasan.....	58
Gambar 26. Operator mesin menerapkan GMP	60
Gambar 27. Model ekonomi sirkular agroindustri bunga matahari berbasis biodigester	73
Gambar 28. Bungkil biji bunga matahari	77
Gambar 29. Sisa rendemen minyak	77
Gambar 30. Ruang rak pengering berbasis IoT	96
Gambar 31. Panel surya <i>off-grid</i>	97
Gambar 32. Model jaringan rantai pasok agroindustri bunga matahari.....	109
Gambar 33. Contoh Tampilan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) Petani Bunga Matahari Berbasis Data IoT	112

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kondisi sebelum dan sesudah implementasi GMP 68



-- BAB 1

EMAS KUNING DI CAKRAWALA INDONESIA

1.1. MORFOLOGI DAN KARAKTERISTIK BIOLOGIS BUNGA MATAHARI SEBAGAI DASAR INDUSTRIALISASI

BUNGA matahari (*Helianthus annuus* L.) merupakan tanaman semusim dari famili Asteraceae yang dikenal luas tidak hanya karena nilai estetikanya, tetapi juga karena karakter biologisnya yang unik dan bernilai ekonomi tinggi (Puttha *et al.*, 2023). Secara morfologis, bunga matahari memiliki struktur yang khas dan kompleks, menjadikannya salah satu tanaman dengan potensi pemanfaatan paling luas dalam sistem agroindustri modern (Motamed *et al.*, 2022).

Batang bunga matahari tumbuh tegak, silindris, dan relatif kokoh, dengan tinggi yang dapat mencapai lebih dari dua meter tergantung varietas dan kondisi lingkungan. Struktur batang ini tidak hanya berfungsi sebagai penopang bunga, tetapi juga berkontribusi sebagai biomassa yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut dalam sistem pertanian berbasis ekonomi sirkular. Daun

bunga matahari berukuran besar, berbentuk jantung dengan permukaan kasar, serta memiliki kemampuan fotosintesis yang tinggi, mendukung pertumbuhan biji dengan kandungan minyak yang signifikan (Bencheikh *et al.*, 2024).

Bagian paling khas dari tanaman ini terletak pada struktur bunganya. Kepala bunga matahari (*capitulum*) bukanlah satu bunga tunggal, melainkan kumpulan ratusan hingga ribuan bunga kecil yang tersusun dalam satu disk besar. Bunga tepi (*ray florets*) berwarna kuning berfungsi menarik penyerbuk, sementara bunga tabung (*disk florets*) di bagian tengah merupakan organ reproduktif yang akan berkembang menjadi biji. Setiap biji bunga matahari mengandung cadangan nutrisi berupa minyak nabati yang tinggi, menjadikannya komoditas strategis dalam industri pangan, kosmetik, hingga energi terbarukan.

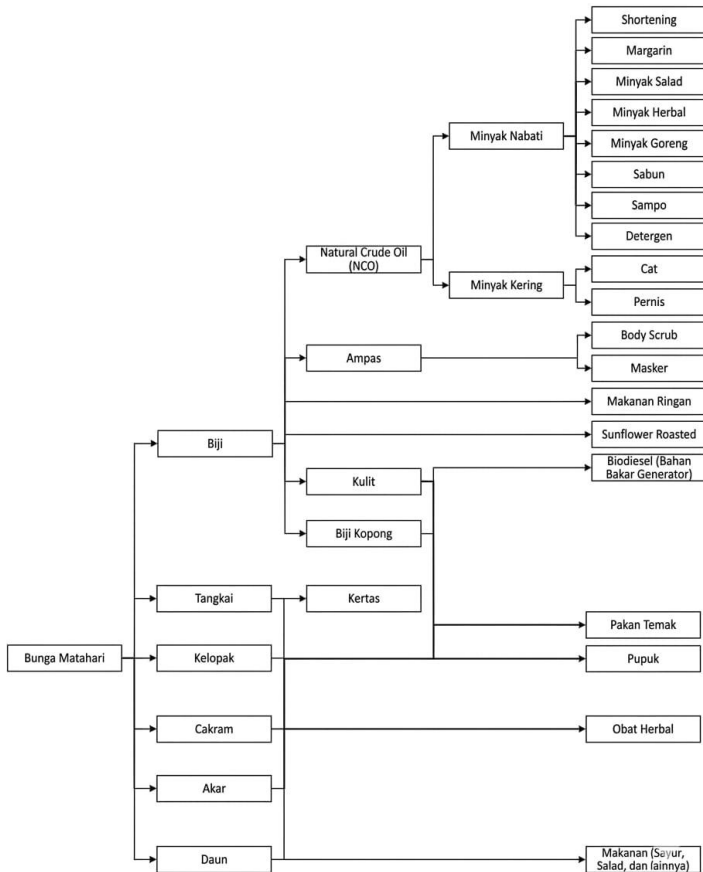
Karakter biologis bunga matahari yang penting lainnya adalah efisiensi pemanfaatan cahaya matahari. Tanaman ini dikenal memiliki respons fototropisme yang kuat, terutama pada fase vegetatif, sehingga mampu mengoptimalkan penyerapan energi surya. Kemampuan ini menjadikan bunga matahari sangat relevan dikembangkan di wilayah tropis seperti Indonesia dengan intensitas radiasi matahari yang tinggi sepanjang tahun. Selain itu, bunga matahari relatif adaptif terhadap berbagai jenis tanah dan memiliki toleransi yang cukup baik terhadap kondisi lahan marginal.

Tidak seluruh bagian tanaman bunga matahari berakhir sebagai residu tanpa nilai. Biji menghasilkan minyak dan bungkil, bunga menghasilkan nektar untuk madu, batang dan daun menghasilkan biomassa, sementara sisa-sisa organik lainnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk atau energi. Dengan kata lain, secara biologis bunga matahari adalah tanaman multifungsi, di mana hampir seluruh bagian tanaman memiliki potensi pemanfaatan lanjutan (Nurhasanah *et al.*, 2023).

Karakter morfologi dan fisiologi inilah yang menjadi landasan penting mengapa bunga matahari tidak tepat dipandang hanya sebagai tanaman pangan atau tanaman hias. Sebaliknya, bunga matahari layak diposisikan sebagai komoditas industri yang memungkinkan integrasi antara produksi pertanian, pengolahan pascapanen, hilirisasi produk, dan pemanfaatan limbah dalam satu sistem berkelanjutan. Pemahaman terhadap aspek biologis tanaman menjadi tahap awal untuk melihat bagaimana potensi tersebut berkembang menjadi jaringan kegiatan ekonomi yang saling terhubung (Murphy, 2025).

Berdasarkan karakter multifungsi tersebut, pengembangan bunga matahari dalam konteks agroindustri berkelanjutan memerlukan kerangka berpikir yang mampu memetakan berbagai kemungkinan produk dan nilai tambah secara sistematis. Salah satu pendekatan yang digunakan untuk menggambarkan keterkaitan tersebut adalah pohon industri bunga matahari (Gambar 1), yang menunjukkan hubungan antara bagian tanaman, proses pengolahan, dan produk akhir bernilai ekonomi.

Kerangka ini menjadi jembatan antara potensi biologis bunga matahari dan strategi industrialisasi yang akan dibahas pada bagian-bagian selanjutnya dalam buku ini.



Gambar 1. Pohon industri bunga matahari

1.2. POTENSI GEOGRAFIS: MENGAPA INDONESIA KOMPETITIF UNTUK BUNGA MATAHARI

Selama puluhan tahun, narasi agribisnis Indonesia didominasi oleh kelapa sawit sebagai tulang punggung minyak nabati. Namun, di tengah tuntutan dunia akan diversifikasi pangan dan keberlanjutan (*sustainability*), Indonesia memiliki "kartu as" tersembunyi yang belum tergarap maksimal: Bunga Matahari (*Helianthus annuus L.*) (Szuha *et al.*, 2005).

Secara geografis, Indonesia bukan sekadar bisa menanam bunga matahari, melainkan memiliki keunggulan komparatif yang tidak dimiliki oleh negara-negara produsen utama di Eropa Timur atau Amerika Utara (Nabavi-Pelesaraei *et al.*, 2021).

Keunggulan komparatif ini tidak hanya berhenti pada aspek agroklimatologi, tetapi meluas pada potensi ekonomi yang sangat menjanjikan melalui strategi hilirisasi. Berdasarkan penelitian yang dipublikasikan dalam *IOP Conference Series* mengenai efektivitas pengembangan produk turunan bunga matahari di Indonesia, ditemukan bahwa tanaman ini memiliki profil nilai tambah (*value-added*) yang signifikan secara ekonomi (Nurhasanah, Natilla Adlina, *et al.*, 2024).

Penelitian tersebut menunjukkan bahwa melalui proses pengolahan yang tepat mulai dari biji menjadi minyak goreng premium, produk *skincare*, hingga pemanfaatan sisa perasan untuk pakan ternak rasio nilai tambah yang dihasilkan mampu memperkuat struktur ekonomi petani lokal secara drastis. Efektivitas industri ini didorong oleh kemampuan Indonesia untuk memproduksi bahan baku secara konsisten sepanjang tahun, sehingga unit pengolahan dapat beroperasi dengan efisiensi maksimal tanpa terhambat oleh jeda musim sebagaimana yang terjadi di negara empat musim.

Dengan demikian, bunga matahari di Indonesia bukan lagi sekadar tanaman peneduh atau hiasan, melainkan komoditas industri yang memiliki efektivitas ekonomi tinggi. Melalui integrasi antara keunggulan geografis dan hilirisasi yang tepat, bunga matahari siap menjadi pilar baru dalam memperkuat ketahanan pangan dan energi nasional yang berdaya saing di pasar global.

Fotoperiodisitas dan Cahaya Matahari Sepanjang Tahun

Bunga matahari, sesuai namanya, adalah tanaman yang memuja cahaya. Di negara-negara sub-tropis seperti Ukraina atau Rusia, musim tanam sangat terbatas oleh siklus musim dingin. Sebaliknya, Indonesia sebagai negara ekuator mendapatkan paparan sinar matahari dengan intensitas tinggi selama 12 jam setiap hari, 365 hari setahun (Tomiozzo *et al.*, 2025).

Kondisi ini memungkinkan petani di Indonesia untuk melakukan rotasi tanam hingga 3 kali dalam setahun, sementara negara sub-tropis rata-rata hanya mampu 1 kali. Secara matematis, produktivitas per hektar per tahun di Indonesia berpotensi melampaui produktivitas lahan di Eropa karena ketersediaan energi surya yang konstan (Showler *et al.*, 2021).

Adaptabilitas pada Berbagai Ketinggian dan Jenis Tanah

Variasi agroklimat di Indonesia sangat mendukung optimalisasi produksi bunga matahari. Penanaman di dataran rendah dapat mempercepat siklus panen karena suhu yang lebih hangat memicu metabolisme tanaman. Sementara itu, penanaman di dataran tinggi mampu menghasilkan biji dengan kandungan minyak yang cenderung lebih pekat dan berkualitas tinggi (Debaeke *et al.*, 2017).

Fleksibilitas ini memungkinkan bunga matahari ditanam di lahan-lahan marginal atau lahan tidur di berbagai provinsi, tanpa harus membuka hutan primer sebagaimana komoditas perkebunan besar lainnya (Liu *et al.*, 2021).

Keunggulan Iklim Tropis dalam Strategi "Smart Farming"

Smart farming didefinisikan sebagai pendekatan sistem pertanian modern yang memanfaatkan teknologi digital seperti *Internet of Things* (IoT), sensor, otomatisasi, analitik data, dan

kecerdasan buatan untuk mengelola kegiatan pertanian secara presisi, adaptif, dan berbasis data (*data-driven agriculture*) (Dhanaraju *et al.*, 2022). Tujuan utama *smart farming* adalah meningkatkan produktivitas dan efisiensi penggunaan sumber daya (air, energi, pupuk, dan waktu), sekaligus menurunkan biaya operasional dan dampak lingkungan. Dalam kerangka ini, keputusan pertanian tidak lagi bergantung pada pengalaman semata, tetapi pada informasi *real-time* dan analisis prediktif yang terukur (Saha *et al.*, 2025).

Karakteristik iklim tropis Indonesia memberikan keunggulan komparatif yang signifikan dalam penerapan strategi *smart farming* (Ali *et al.*, 2025). Pola curah hujan yang relatif tinggi sepanjang tahun, dikombinasikan dengan periode musim kemarau yang tegas, menciptakan mekanisme kontrol alami terhadap siklus tanam dan ketersediaan air. Dalam pertanian konvensional, variabilitas iklim sering dipandang sebagai faktor risiko. Namun, dalam sistem *smart farming*, variabel iklim tersebut justru menjadi parameter utama yang dapat dimonitor, dianalisis, dan dikendalikan secara digital.

Integrasi sensor kelembaban tanah, suhu udara, curah hujan, dan cuaca mikro memungkinkan sistem irigasi tetes (*drip irrigation*) beroperasi secara otomatis berdasarkan kebutuhan aktual tanaman. Air tidak lagi diberikan berdasarkan jadwal tetap, melainkan sebagai respons langsung terhadap kondisi lahan secara *real-time*. Curah hujan yang tinggi pada musim hujan dapat dimanfaatkan untuk mengurangi konsumsi air irigasi buatan, sementara pada musim kemarau, irigasi presisi memastikan suplai air tetap optimal tanpa pemborosan. Pendekatan ini menjadikan efisiensi air sebagai keunggulan struktural, bukan sekadar upaya penghematan.

Selain itu, posisi geografis Indonesia yang terletak di garis khatulistiwa memperkuat efektivitas *smart farming* berbasis energi

terbarukan. Intensitas radiasi matahari harian rata-rata sekitar 4,8 kWh/m² menjadikan panel surya sangat efisien sebagai sumber energi bagi sistem pertanian cerdas (Nasruddin *et al.*, 2018). Stabilitas radiasi matahari sepanjang tahun tanpa fluktuasi ekstrem seperti di wilayah subtropik memastikan ketersediaan energi yang konsisten untuk menggerakkan pompa irigasi, perangkat IoT, serta mesin pasca-panen.

Dalam konteks produksi minyak biji bunga matahari, pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi utama berkontribusi langsung terhadap penurunan biaya energi produksi (Nurhasanah, Rahmatia, Anggraini, *et al.*, 2025). Dibandingkan dengan penggunaan energi fosil atau energi surya di wilayah dengan tingkat tutupan awan tinggi, sistem berbasis energi surya di Indonesia memiliki keunggulan ekonomi dan ekologis yang lebih kuat. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi biaya, tetapi juga memperkuat aspek keberlanjutan (*sustainability*) dalam seluruh rantai pasok (Hernandez *et al.*, 2026).

Lebih jauh, *smart farming* memungkinkan pengolahan data historis iklim dan produksi untuk mendukung pengambilan keputusan strategis. Melalui integrasi dengan Business Intelligence, data cuaca musiman, pola irigasi, dan konsumsi energi dapat dianalisis untuk menentukan waktu tanam optimal, estimasi hasil panen, serta perencanaan pasca-panen yang paling efisien. Dengan demikian, iklim tropis Indonesia tidak hanya menjadi kondisi alam pasif, tetapi bertransformasi menjadi variabel strategis yang dikelola secara aktif dalam sistem pertanian cerdas.

Secara keseluruhan, kombinasi antara definisi dan implementasi *smart farming*, keunggulan iklim tropis, serta dukungan energi surya menempatkan Indonesia pada posisi yang sangat potensial untuk mengembangkan sistem pertanian modern yang efisien, berdaya saing, dan berkelanjutan.

Kedekatan Logistik dengan Pasar Konsumsi Masa Depan

Indonesia terletak di pusat jalur perdagangan global dan dekat dengan negara-negara konsumen besar seperti India dan China yang memiliki permintaan tinggi terhadap minyak nabati sehat (non-kolesterol). Menanam bunga matahari di Indonesia berarti memangkas rantai logistik internasional (Boz *et al.*, 2026).

Pemendekan rantai logistik internasional memiliki implikasi ekonomi yang signifikan. Biaya transportasi laut, penyimpanan, serta emisi karbon yang dihasilkan selama proses distribusi dapat ditekan secara substansial ketika produksi berada lebih dekat dengan pasar tujuan. Dalam sistem pangan global yang semakin menekankan pada efisiensi dan keberlanjutan, faktor kedekatan geografis menjadi variabel kompetitif yang sama pentingnya dengan produktivitas lahan dan biaya produksi. Oleh karena itu, penanaman dan pengolahan bunga matahari di Indonesia tidak hanya berdampak pada efisiensi internal produksi, tetapi juga meningkatkan daya saing produk minyak bunga matahari Indonesia di pasar Asia.

Lebih jauh, kedekatan logistik ini memberikan fleksibilitas yang lebih besar dalam merespons dinamika permintaan pasar. Permintaan minyak nabati cenderung dipengaruhi oleh perubahan kebijakan impor, fluktuasi harga minyak nabati global, serta preferensi konsumen terhadap produk sehat dan berkelanjutan. Dengan basis produksi yang terletak di Indonesia, produsen memiliki keunggulan dalam kecepatan suplai, penyesuaian volume ekspor, dan pengurangan ketergantungan terhadap titik-titik produksi yang rentan terhadap gangguan geopolitik atau iklim.

Namun, potensi geografis Indonesia dalam konteks ini tidak hanya bertumpu pada kesuburan tanah atau iklim tropis semata, melainkan juga pada konsistensi energi yang menopang seluruh

sistem produksi dan logistik. Ketersediaan cahaya matahari yang melimpah sepanjang tahun memungkinkan pemanfaatan energi surya secara stabil untuk menggerakkan proses hulu-hilir, mulai dari irigasi, pengolahan pasca-panen, hingga penyimpanan dan distribusi awal. Dikombinasikan dengan tanah vulkanik yang kaya unsur hara serta infrastruktur pelabuhan yang tersebar di berbagai wilayah, Indonesia memiliki fondasi ekosistem produksi yang relatif lengkap untuk mendukung komoditas industri berbasis pertanian.

Dalam perspektif rantai pasok berkelanjutan, integrasi antara produksi bunga matahari, energi terbarukan, dan kedekatan logistik menciptakan nilai tambah yang bersifat sistemik. Minyak bunga matahari tidak lagi diposisikan sekadar sebagai produk pertanian primer, tetapi sebagai komoditas industri strategis yang dihasilkan melalui sistem produksi rendah emisi, efisien secara biaya, dan responsif terhadap pasar global (Gorjian *et al.*, 2022). Pendekatan ini sejalan dengan arah transformasi rantai pasok pangan global yang menuntut transparansi, efisiensi energi, dan jejak karbon yang lebih rendah.

Dengan memanfaatkan sinergi antara posisi strategis di peta perdagangan internasional, keunggulan agroklimat tropis, dan kapasitas energi surya yang konsisten, Indonesia memiliki peluang nyata untuk mentransformasi bunga matahari dari tanaman hias bernilai terbatas menjadi komoditas industri bernilai tinggi. Transformasi ini tidak hanya mendukung ketahanan pangan dan energi nasional, tetapi juga memperkuat posisi Indonesia sebagai pemain penting dalam pasar minyak nabati sehat di kawasan Asia dan global.

1.3. ANALISIS PASAR GLOBAL: PERMINTAAN MINYAK NABATI DAN PRODUK TURUNAN

Pasar global minyak nabati, khususnya minyak biji bunga matahari (*Helianthus annuus L.*), menunjukkan dinamika yang menjanjikan bagi negara-negara produsen baru. Data statistik dari *Food and Agriculture Organization* (FAO) mengindikasikan bahwa meskipun produksi minyak biji bunga matahari dunia berfluktuasi, trennya secara keseluruhan cenderung mengalami peningkatan ([FAO] Food and Agriculture Organization, 2023). Namun, pertumbuhan produksi ini belum mampu mengimbangi laju konsumsi global yang terus merangkak naik.

Kesenjangan antara produksi dan konsumsi sangat kontras; saat ini tingkat produksi global diproyeksikan hanya mampu memenuhi sekitar 0,26% dari total permintaan atau konsumsi yang ada. Dominasi pasar global hingga tahun 2022 masih dipegang oleh Ukraina dan Rusia, dengan rata-rata produksi mencapai 3.675 juta ton. Indonesia sendiri belum tercatat sebagai negara penghasil minyak biji bunga matahari dalam data FAO, sehingga tercipta celah pasar yang sangat besar bagi pengembangan agroindustri ini di dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan global.

Potensi strategis bunga matahari tidak hanya terletak pada minyaknya, tetapi juga pada konsep *zero waste* di mana seluruh bagian tanaman dapat menghasilkan nilai tambah. Selain minyak mentah sebagai bahan baku industri makanan dan kosmetik, produk sampingan bunga matahari dapat diolah menjadi pakan ternak, bioenergi, kertas industri, hingga bahan baku pendukung industri tekstil. Di tingkat rantai pasok antara (*midstream*), terdapat peluang besar untuk mengolah biji menjadi produk bernilai tinggi seperti minyak herbal dan vitamin pakan ternak, yang dapat secara signifikan meningkatkan kesejahteraan petani.

GLOSARIUM

- Agroeduwisata : Kegiatan pariwisata berbasis pertanian yang mengintegrasikan edukasi, pengalaman lapangan, dan praktik pertanian berkelanjutan bagi masyarakat umum.
- Agroindustri : Sistem usaha yang mengintegrasikan kegiatan pertanian dengan pengolahan, penyimpanan, distribusi, dan pemasaran untuk meningkatkan nilai tambah produk pertanian.
- Biodigester : Reaktor tertutup yang mengolah bahan organik melalui fermentasi anaerob untuk menghasilkan biogas dan residu *bioslurry*.
- Biogas : Gas hasil fermentasi anaerob bahan organik, terutama mengandung metana, yang dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan.
- Biomassa : Bahan organik yang berasal dari tanaman, hewan, atau limbah biologis yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi atau bahan baku industri.
- Bioslurry* : Residu cair dan padat hasil proses biodigester yang masih mengandung unsur hara dan mikroorganisme bermanfaat, serta dapat digunakan sebagai pupuk organik.
- Bungkil biji bunga : Ampas padat hasil pemerasan biji bunga matahari yang masih mengandung serat,

Matahari	protein nabati, dan sisa minyak.
<i>by-product</i>	: Produk tambahan yang dihasilkan dari suatu proses produksi utama dan masih memiliki potensi pemanfaatan lanjutan.
Digitalisasi rantai nilai	: Pemanfaatan teknologi digital untuk memantau, mengelola, dan mengoptimalkan alur produksi, distribusi, dan pemasaran.
Efisiensi energi	: Upaya memaksimalkan hasil produksi dengan penggunaan energi yang lebih sedikit dan lebih optimal.
Ekonomi sirkular	: Pendekatan ekonomi yang menekankan penggunaan kembali sumber daya, pengurangan limbah, dan pemanfaatan hasil samping agar material dan energi tetap berada dalam siklus pemanfaatan.
Energi terbarukan	: Sumber energi yang berasal dari proses alam berkelanjutan, seperti matahari, biomassa, dan biogas.
<i>Good manufacturing practices</i>	: Prinsip dan praktik dasar untuk menjamin proses produksi yang higienis, aman, konsisten, dan bermutu.
Hilirisasi	: Proses pengembangan produk dari bahan mentah menjadi produk bernilai tambah melalui pengolahan dan pemasaran.
<i>Internet of things</i> (IoT)	: Sistem yang menghubungkan perangkat fisik dengan jaringan digital untuk memantau dan mengendalikan proses secara real-time.
Kadar air optimum	: Rentang kadar air yang paling sesuai untuk penyimpanan atau pengolahan bahan tanpa menurunkan kualitas.

Kohe (Kotoran Hewan)	: Bahan organik dari limbah ternak yang digunakan sebagai bahan baku biodigester atau pupuk organik.
Kontaminasi silang	: Perpindahan kontaminan dari satu bahan atau proses ke bahan lain yang dapat menurunkan mutu dan keamanan produk.
<i>Living laboratory</i>	: Pendekatan pengembangan inovasi di mana teknologi diuji dan disempurnakan langsung di lingkungan nyata bersama pengguna.
Manajemen persediaan	: Proses pengelolaan stok bahan baku dan produk untuk menjamin kelancaran produksi dan efisiensi usaha.
Mekanisasi pascapanen	: Penerapan mesin dan peralatan untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi penanganan pascapanen.
Mikroklimat	: Kondisi lingkungan skala kecil, seperti suhu dan kelembapan, yang dikendalikan untuk mendukung proses produksi tertentu.
Panel surya	: Perangkat yang mengubah energi matahari menjadi energi listrik untuk sumber energi terbarukan.
Pascapanen	: Tahap penanganan hasil pertanian setelah panen, termasuk pengeringan, penyimpanan, dan pengolahan awal.
Pemberdayaan petani	: Upaya peningkatan kapasitas, pengetahuan, dan kemandirian petani dalam mengelola usaha taninya.
Pertanian berkelanjutan	: Sistem pertanian yang menjaga keseimbangan antara produktivitas, kelestarian lingkungan, dan kesejahteraan sosial.
<i>Post-harvest loss</i>	: Kehilangan hasil atau penurunan mutu produk pertanian setelah panen akibat

	penanganan yang kurang optimal.
Pupuk organik cair	: Pupuk berbentuk cair dari bahan organik terdekomposisi yang diaplikasikan ke tanah atau daun tanaman.
Rantai nilai	: Rangkaian aktivitas yang menambah nilai suatu produk sejak produksi hingga ke konsumen akhir.
<i>Science Techno Park</i>	: Ekosistem kolaboratif yang menghubungkan masyarakat, perguruan tinggi, dunia usaha, dan teknologi untuk mendorong inovasi, hilirisasi, dan pengembangan ekonomi berbasis pengetahuan.
Teknologi tepat guna	: Teknologi yang sederhana, terjangkau, dan sesuai dengan kondisi sosial, ekonomi, dan lingkungan setempat.
<i>Zero waste agriculture</i>	: Pendekatan pertanian yang bertujuan meminimalkan limbah dengan memanfaatkan seluruh hasil dan residu produksi secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abass A. Gazal, Bonnet, S., Silalertruksa, T., & Gheewala, S. H. (2025). Circular economy strategies for agri-food production - A Review. *Circular Economy and Sustainability*, 5, 2467–2493.
- Abdilova, G., Sergibayeva, Z., Orynbekov, D., Shamenov, M., Zhumadilova, G., Bakiyeva, A., Mukashev, N., Bayadilova, A., & Dukenbayev, D. (2023). Influence of grinding degree and screw rotation speed on sunflower oil pressing process. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(17). <https://doi.org/10.3390/app13179958>
- Alengebawy, A., Ran, Y., Osman, A. I., Jin, K., Samer, M., & Ai, P. (2024). Anaerobic digestion of agricultural waste for biogas production and sustainable bioenergy recovery: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 22(6), 2641–2668. <https://doi.org/10.1007/s10311-024-01789-1>
- Ali, A., Hussain, T., & Zahid, A. (2025). Smart Irrigation Technologies and Prospects for Enhancing Water Use Efficiency for Sustainable Agriculture. *AgriEngineering*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/agriengineering7040106>
- Arian, T. (2022). *Sinergi Foundation Presentasikan Land of Wakaf Teras Lembang*. Megapolitan. <https://monitor.co.id/2022/08/05/sinergi-foundation-presentasikan-land-of-wakaf-teras-lembang/>
- Arthur, E. Mac. (2026). *Circular economy introduction*. Ellen Mac Arthur Foundation. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>

- Ashwini, T., & Vikas, L. (2014). Effect of Moisture Content on the Physical Properties of Sunflower Seeds (*Helianthus annuus* L.) for Development of Power Operated Sunflower Seed Decorticator. *International Journal of Science and Research*, 3(7), 2298–2302.
- Baidhe, E., Clementson, C. L., Senyah, J., & Hammed, A. (2024). Appraisal of post-harvest drying and Storage operations in Africa: Perspectives on enhancing grain quality. *AgriEngineering*, 6(3), 3030–3057. <https://doi.org/10.3390/agriengineering6030174>
- Bencheikh, N., Elachouri, M., & Bussmann, R. W. (2024). *Helianthus annuus* L. Asteraceae. In R. W. Bussmann, M. Elachouri, & Z. Kikvidze (Eds.), *Ethnobotany of Northern Africa and Levant* (Reference, pp. 1151–1157).
- Bharadwaz, K. (2020). A Review on different solar dryers and drying techniques for preservation of agricultural products. *International Journal of Scientific Research and Engineering Development*, 3(6), 850–859. <https://www.researchgate.net/publication/346975296>
- Boz, F., Yilmaz, B., Özekicioğlu, H., Topuz, H., & Unlu, U. (2026). Global sunflower oil trade under COVID-19 and the Russia–Ukraine conflict: a complex network analysis of food system resilience and sustainable finance dynamics. *Frontiers in Environmental Science*, 14. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fenvs.2026.1757181>
- Debaeke, P., Casadebaig, P., Flenet, F., & Langlade, N. (2017). Sunflower Crop and Climate Change: Vulnerability, Adaptation, and Mitigation Potential from Case-Studies in Europe. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 24(1), 15. <https://doi.org/10.1051/ocl/2016052>
- Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022). Smart Farming: Internet of Things (IoT)-Based Sustainable Agriculture. *Agriculture*

- (Switzerland), 12(10), 1–26. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101745>
- FAO and WHO. (2023). *General principal of food hygiene* (Revision). [FAO] Food and Agriculture Organization. (2023). *FAO Statistics*. FAO. <https://www.fao.org/faostat>
- Fernandes, L., & Tavares, P. B. (2024). A Review on solar drying devices: Heat transfer, air movement and type of Chambers. *Solar*, 4(1), 15–42. <https://doi.org/10.3390/solar4010002>
- Gorjian, S., Fakhraei, O., Gorjian, A., Sharafkhani, A., & Aziznejad, A. (2022). Sustainable food and agriculture: Employment of renewable energy technologies. *Agriculture Robotics*, 3, 153–163.
- Grahovac, N., Aleksić, M., Trajkovska, B., Jeromela, A. M., & Nakov, G. (2025). Extraction and valorization of oilseed cakes for value-added food components—A Review for a sustainable foodstuff production in a case process approach. *Foods*, 14(13), 2244. <https://doi.org/10.3390/foods14132244>
- Hernandez, C., Kaucz, A. P., Condoret, J. S., Remigy, J. C., Azzaro-Pantel, C., & Camy, S. (2026). Life cycle assessment of refined sunflower oil production for food industry: Exploring hexane-free alternative using supercritical CO₂ for processing pressed cake. *Journal of Supercritical Fluids*, 227(April 2025). <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2025.106735>
- Jackson, E. A. (2025). *Circular economy*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Leipold, S., Petit-Boix, A., Helander, H., Simoens, M., Ashton, W. S., Babbitt, C. W., Bala, A., Bening, C. R., Birkved, M., & Blomsma, F. (2022). Lessons, narratives, and research directions for a sustainable circular economy. *Journal Industrial Ecology*, 27(1), 6–18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jiec.13346>
- Liu, R., Zou, Y., Ku[✓], K., Hashem, A., Fathi, E., & Allah, A. (2021). Exogenous Glomalin-Related Soil Proteins Differentially

- Regulate Soil Properties in Trifoliolate Orange. *Agronomy*, 11(10), 1–11. <https://doi.org/10.3390/agronomy11101896>
- Luo, T., Shen, B., Mei, Z., Hove, A., & Ju, K. (2024). Unlocking the potential of biogas systems for energy production and climate solutions in rural communities. *Nature Communications*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-024-50091-9>
- Maciel, G., de la Torre, D., Izquierdo, N., Cendoya, G., & Bartosik, R. (2015). Effect of oil content of sunflower seeds on the equilibrium moisture relationship and the safe storage condition. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 17(2), 248–258.
- Marzuandi, L., & Burhan, L. I. (2025). Pemanfaatan Biogas dari Limbah Pertanian sebagai Sumber Energi Alternatif di Desa Lendang Nangka. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Inovasi Teknologi Tepat Guna*, 1(02), 1–12. <https://doi.org/10.63982/eka1td11>
- Motamed, M., Rezvan, S., Alipour, Z. T., Laie, G., & Sinaki, J. M. (2022). Evaluation of growth, yield, oil content, irrigation water use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.) at different levels of plant density and nitrogen content. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 33, 757–770.
- Murphy, D. J. (2025). Agronomy and environmental sustainability of the four major global vegetable oil crops: oil palm, soybean, rapeseed, and sunflower. *Agronomy*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy15061465>
- Nabavi-Pelesaraei, A., Azadi, H., Van Passel, S., Saber, Z., Hosseini-Fashami, F., Mostashari-Rad, F., & Ghasemi-Mobtaker, H. (2021). Prospects of Solar Systems in Production Chain of Sunflower Oil using Cold Press Method with Concentrating Energy and Life Cycle Assessment. *Energy*, 223, 120117. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120117>

- Nahwani, A., Soeprijanto, S., & Widodo, E. (2024). Strategic model for integrating biogas a framework for sustainable energy integration in agro-industries. *Scientific Reports*, 14(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83181-1>
- Nasruddin, Budiyanto, M. A., & Lubis, M. H. (2018). Hourly solar radiation in Depok, West Java, Indonesia (106.7942 Longitude, -6.4025 Latitude). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 105(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/105/1/012088>
- Nurhasanah, N., & Adilfi, E. S. (2024). Implementasi Inovasi Teknologi Pengembangan Produk Berbasis Internet of Things untuk Ruang dan Rak Pengering Biji Bunga Matahari. In Politeknik Negeri Sambas (Ed.), *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat* (Vol. 7, Number 1, pp. 105–116). Politeknik Negeri Sambas. https://doi.org/https://doi.org/10.47767/sehati_abdimas.v7i1.946
- Nurhasanah, N., Adlina, G. N., Mudrikah, I. I., Chirzun, A., & Sriwana, I. K. (2023). Effectiveness of Value-Added Input-Output Method in Upstream and Midstream Supply Chain Network of Sunflower Agro-industry. In IPB (Ed.), *The Third International Conference on Innovation In Technology and Management for Sustainable Agroindustry* (p. 8). IPB University. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1358/1/012027>
- Nurhasanah, N., Natilla Adlina, G., Ibnah Mudrikah, I., Chirzun, A., & Kumala Sriwana, I. (2024). Effectiveness of Value-Added Input-Output Method in Upstream and Midstream Supply Chain Network of Sunflower Agro-industry. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1358(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1358/1/012027>
- Nurhasanah, N., Naufal, M. B., Jameelah, M., Shiddiqie, H., Sani, R. P., Auni, K., Septya, E., Samijayani, O., Adilfi, E. S., Mujadin, A., Chirzun, A., Studi, P., Industri, T., Sains, F., &

- Indonesia, U. A. (2024). Penerapan Good Manufacturing Practices di Rumah Produksi Minyak Biji Bunga Matahari pada Kelompok Tani Bunga Matahari Arjasari Bandung Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pemberdayaan Masyarakat 2024*, (November), 20–21. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.36722/psn.v4i1.3557>
- Nurhasanah, N., Rahmatia, S., Anggraini, S., Almas, A., Rohman, I. K., Handayani, N. P. T., Salsabila, N., Zulfah, N. S. I., & Nanda, R. G. (2025). Penerapan Panel Surya Berbasis IoT untuk Mengatasi Tantangan Energi dan Manajemen di Kelompok Tani Sukasari. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Universitas Al Azhar Indonesia*, 08(01), 36–49.
- Nurhasanah, N., Rahmatia, S., Rohman, I. K., Salsabila, N., & Baidawi, T. (2025). Design and Implementation of an 860 Wp Solar Power System to Support Sunflower Seed Drying. *ICAISD 2025 - 2025 International Conference on Advanced Information Scientific Development: Artificial Intelligence: Advancing Research and Computational Innovations for Global Welfare, Proceedings*, 240–245. <https://doi.org/10.1109/ICAISD68166.2025.11385640>
- Nurhasanah, N., Salsabila, N., Rahmatia, S., Rohman, I. K., Baidawi, T., & Pramana, I. A. (2025). Design and implementation real-time web-based IoT monitoring of off-grid solar power plants for drying racks. *ICAISD 2025 - 2025 International Conference on Advanced Information Scientific Development: Artificial Intelligence: Advancing Research and Computational Innovations for Global Welfare, Proceedings*, 252–257. <https://doi.org/10.1109/ICAISD68166.2025.11385420>
- Nurhasanah, N., Samijayani, O. N., Jameelah, M., Adilfi, E. S., Auni, K., Sani, R. P., Naufal, M. B., & Shiddiqie, M. H. (2025). Pemanfaatan Internet of Things untuk Ekonomi Hijau bagi Petani Bunga Matahari di Arjasari Bandung. *Jurnal Pemberdayaan Masyarakat Universitas Al Azhar Indonesia*,

- 07(April), 97–111. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.36722/jpm.v7i2.4017>
- Nurhasanah, N., Sani, R. P., Samijayani, O. N., Auni, K., Naufal, M. B., Jameela, M., Shiddiqie, M. H., Adilfi, E. S., Mujadin, A., & Chirzun, A. (2024). Pemberdayaan Produktivitas Petani: Pemasangan Ruang dan Rak Pengering Biji Bunga Matahari berbasis Internet of Things di Desa Arjasari Bandung Barat. In LPIPM (Ed.), *Prosiding Seminar nasional Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat 2024* (Number November, pp. 20–21). LPIPM Universitas Al-Azhar Indonesia. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.36722/psn.v4i1.3555>
- Nurhasanah, N., Wajdi, M. R., Mudrikah, I. I., Adhipramana, I., Samijayani, O., Adlina, G. N., Muthohar, A., Alfathsyah, A., Aribowo, B., & Haryadi, D. (2024). Implementasi Soft System Methodology Pengembangan Sistem Keputusan Berbasis Internet of Things pada Ratai Pasok Agroindustri Bunga Matahari. *Teknologi Industri Pertanian*, xx(xx), xx.
- Percikan Iman. (2023). *Percikan Iman*. Facebook. <https://www.facebook.com/percikaniman/>
- Pérez, E. E., Bäumlér, E. R., Crapiste, G. H., & Carelli, A. A. (2019). Effect of Sunflower Collets Moisture on Extraction Yield and Oil Quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(2). <https://doi.org/10.1002/ejlt.201800234>
- Petersen, K. S., Maki, K. C., Calder, P. C., Belury, M. A., Messina, M., Kirkpatrick, C. F., & Harris, W. S. (2024). Perspective on the health effects of unsaturated fatty acids and commonly consumed plant oils high in unsaturated fat. *British Journal Nutrition*, 132(8), 1039–1050. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S0007114524002459>
- Petraru, A., Ursachi, F., & Amariei, S. (2021). Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake. Perspective of using sunflower oilcakes as a functional

- ingredient. *Plants*, 10(11), 2487. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants10112487>
- Puttha, R., Venkatachalam, K., Hanpakdeesakul, S., Wongs, J., Parametthanuwat, T., Srean, P., Pakeechai, K., & Charoenphun, N. (2023). Exploring the potential of sunflowers: Agronomy, applications, and opportunities within bio-circular-green economy. *Horticulturae*, 9(10), 22. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101079>
- Robertson, J. A., Chapman, G. W., & Wilson, R. L. (1984). Effect of moisture content of oil type sunflower seed on fungal growth and seed quality during storage. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 61(4), 768–771.
- Sadeghpour, A., Afshar, R. K., & Adeyemi, O. (2024). Livestock manure: From waste to resource in a circular economy. *Colab*, 17(9), 101255. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101255>
- Saha, G., Shahrin, F., Khan, F. H., Meshkat, M. M., & Azad, A. A. M. (2025). Smart IoT-driven precision agriculture: Land mapping, crop prediction, and irrigation system. *PLoS ONE*, 20(3 March), 1–33. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319268>
- Sahdev, R. K. (2014). Open sun and greenhouse drying of agricultural and food products: A Review. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 03(03).
- Santalla, E. M., Quiroga, O. E., & Gely, M. C. (2000). Effect of sunflower seed drying on some quality parameters of the seed and oil. *Proceedings of the 15th International Sunflower Conference*, A97–A102. <http://isasunflower.org/fileadmin/documents/aaProceedings/15thISCToulouse2000/PosterWorkshopA-D/AAr38-valid.pdf>
- Sarnapi. (2024). *Masjid Peradaban Percikan Iman*. Jurnal Soreang. <https://jurnalsoreang.pikiran-rakyat.com/bandung/pr-1017789170/masjid-indah-di-perbukitan-arjasari-kabupaten->

bandung-dibangun-dengan-cara-unik-dan-selalu-ramai?
page=all

- Savoire, R., Lanoisellé, J.-L., & Vorobiev, E. (2012). Mechanical continuous oil expression from oilseeds: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(9).
- Selvan, T., Panmei, L., Murasing, K. K., Guleria, V., Ramesh, K. R., Bhardwaj, D. R., Thakur, C. L., Kumar, D., Sharma, P., Digvijaysinh Umedsinh, R., Kayalvizhi, D., & Deshmukh, H. K. (2023). Circular economy in agriculture: unleashing the potential of integrated organic farming for food security and sustainable development. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1170380>
- Showler, A. T., Abdallahi, M., Babah, O., & Lecoq, M. (2021). *Early intervention against desert locusts: Current proactive approach and the prospect of sustainable outbreak prevention*. 1–15.
- Sinergi Foundation. (2019). *Sinergi Foundation*. Sinergi Foundation. <https://www.sinergifoundation.org/profil-lembaga/>
- Song, Y., Qiao, W., Westerholm, M., Huang, G., Taherzadeh, M. J., & Dong, R. (2023). Microbiological and technological insights on anaerobic digestion of animal manure: A Review. *Fermentation*, 9(5), 1–22. <https://doi.org/10.3390/fermentation9050436>
- Szuhaj, B. F., Yeo, J., & Shahidi, F. (2005). Edible Oil and Fat Products: Specialty Oils and Oil Products. In *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/047167849X>
- Tomiozzo, R., Uhlmann, L. O., & Bosco, L. C. (2025). Development, growth, and flower production of cut sunflower under tropical, subtropical, and temperate environments. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 66, 1203–1222.

INDEKS

A

Agroeduwisata 83

Agroindustri bunga matahari 16, 20, 38, 42, 53-54, 61, 64-65, 67, 72-74, 80, 91-93, 95-96, 99-101, 103, 109, 111, 115-116, 118,-119, 124-125, 128, 131-134, 138-139, 145

Alur kerja 32, 57-59

Ampas biji bunga matahari 72, 79

B

Benih 17, 27, 30-32, 126

Biodigester 71, 73-75, 78-81, 84-85, 87-88, 92, 99-100, 103

Biogas 72, 74-75, 78-82, 84-85, 89, 92-93, 99-100

Biomassa 1-2, 74, 76, 89

Bioslurry 79, 82, 85-88

Bungkil biji bunga matahari 51, 56, 72, 76-81, 119-120, 124

D

Digitalisasi 107-108, 110-111, 113, 138, 146

Diversifikasi 4, 83, 91, 117, 122, 139

E

Efisiensi energi 10, 23-25, 97, 140

Ekonomi sirkular 2, 71-73, 75, 78-79, 81, 83, 85, 87-89, 91-93, 99, 103, 119-120, 122-124, 129, 133, 138, 140, 144-145

Energi terbarukan 2, 7-8, 10, 23-24, 75, 78-79, 81-82, 98-100, 107, 115, 118-119, 123, 133, 138, 140, 145-146

G

Good Manufacturing Practices 54, 59, 65, 67,

H

Hilirisasi produk 3, 5, 119, 122, 124-125, 128, 137-138, 140

I

Internet of Things (IoT) 6, 101, 8, 23-25, 37-38, 95-98, 101-105, 107-108, 110-112, 127, 140, 143

K

Kadar air biji 34, 36-37, 39, 47, 51, 95, 112, 116

Kemandirian energi 81, 93, 98, 124

Kemandirian petani 42, 83, 85, 90, 144

Kohe (kotoran hewan) 71-74, 78-81, 83-84

Kontaminasi silang 57-58

L

Lampu pemanas 37, 39-40, 96-97

Living laboratory 137-138, 142, 146

M

Manajemen persediaan 131-135, 138-139, 141, 144

Mekanisasi pascapanen 95

Mikroklimat pengeringan 42

P

Panel surya 8, 23-25, 95, 100, 127, 140

Pasca panen 44, 46

Pemerasan biji bunga matahari 76, 78, 108

Pengeringan biji 24, 33, 38, 46, 98

Pertanian berkelanjutan 31, 72, 83, 87, 90-91, 93, 117, 144

Pohon industri bunga matahari 3-4

Post-harvest loss 40, 43

Pupuk organik cair 83-87, 90-92

Pupuk organik padat 86

R

Rantai nilai 16-17, 42, 72, 91, 115, 118, 122, 138, 145

S

Science Techno Park 137-145

Sirkulasi udara aktif 39, 47

T

Teknologi tepat guna 42, 145

Z

Zero waste agriculture 84-85

PROFIL PENULIS



Nunung Nurhasanah dilahirkan di Cilacap pada 1 Juni 1974, merupakan dosen tetap pada Program Studi Teknik Industri Universitas Al-Azhar Indonesia (UAI). Pendidikan sarjananya diselesaikan pada Program Studi Teknik Industri Universitas Trisakti pada tahun 1997, dilanjutkan dengan pendidikan magister pada Program Studi Teknologi Industri Pertanian Institut Pertanian Bogor (IPB) tahun 2007, serta pendidikan doktor pada Program Studi Teknik Industri Pertanian IPB University pada periode 2017–2021. Saat ini, ia diamanahi sebagai Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Al-Azhar Indonesia sejak tahun 2021. Sebelumnya, ia juga pernah menjabat sebagai Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Al-Azhar Indonesia pada periode 2014–2017. Bidang keahlian utama yang ditekuni adalah sistem rantai pasok cerdas berkelanjutan, dengan kompetensi meliputi sistem rantai pasok, *decision support system*, optimasi, dan keberlanjutan. Dalam penguatan profesionalismenya, ia telah memiliki tiga sertifikasi

internasional dari *International Supply Chain Education Alliance* (ISCEA), yaitu *Certified Supply Chain Analyst* (CSCA), *Certified Professional in Supply Management* (CPSP), dan *Certified Sustainable Supply Chain Professional* (CSSCP). Buku ini merupakan buku ketiganya, setelah *Metode Peramalan* (2022) dan *Programa Linier* (2023), yang mencerminkan konsistensi kontribusinya dalam pengembangan ilmu dan pembelajaran di bidang Teknik Industri. Di samping perannya sebagai akademisi dan peneliti, ia juga merupakan seorang ibu dari dua puteri, Nadiya Hasna Fakhirah Hartanto dan Najwa Khalishah Tuffahati Hartanto, yang menjadi sumber inspirasi dan motivasi dalam perjalanan akademik serta pengabdianya.



Ratu Sabrina Fahira dilahirkan di Tangerang Selatan pada tanggal 30 November 2004. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDIT Ibnu Khaldun kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di MTs Al Adzkar. Selanjutnya, penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMAN 5 Depok. Saat ini, penulis merupakan mahasiswa aktif Program Studi Teknik Industri pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Al-Azhar Indonesia.

Selain menempuh pendidikan, penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi. Penulis tergabung dalam organisasi lingkup program studi yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Industri (HMTIA) sebagai anggota Divisi Sosial Masyarakat periode 2024–2025 dan menjabat sebagai Bendahara Umum pada periode 2025–2026. Selain itu, penulis juga aktif dalam salah satu Unit Kegiatan Keluarga Mahasiswa (UKKM) di Universitas Al-Azhar Indonesia.



Nelly Octaviani lahir di Tangerang pada tanggal 24 Oktober 1999. Saat ini, penulis merupakan mahasiswa aktif Program Studi Teknik Industri pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Al-Azhar Indonesia. Selain menempuh pendidikan, penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi di lingkungan kampus, khususnya Himpunan Mahasiswa Teknik Industri (HMTIA) sebagai anggota Divisi Kresma pada periode 2024–2025 dan koordinator Divisi Kresma pada periode 2025–2026. Penulis turut terlibat dalam penyusunan buku ini sebagai bagian dari proses pembelajaran selama masa perkuliahan.

INDUSTRIALISASI BUNGA MATAHARI BERKELANJUTAN

Integrasi IoT dan Energi Terbarukan

Buku ini disusun sebagai bagian dari upaya mendokumentasikan dan menyebarkan pengetahuan serta praktik nyata dalam pengembangan agroindustri bunga matahari yang berorientasi pada keberlanjutan. Secara khusus, buku ini membahas integrasi teknologi modern seperti Internet of Things (IoT), energi terbarukan berbasis surya dan biogas, modernisasi mesin pascapanen, serta penerapan prinsip ekonomi sirkular dalam membangun kemandirian dan daya saing petani. Melalui pembahasan yang bersifat konseptual sekaligus aplikatif, buku ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi akademisi, mahasiswa, praktisi, serta pemangku kepentingan yang tertarik pada pengembangan agroindustri berkelanjutan berbasis masyarakat.



PENERBIT KBM INDONESIA
Anggota IKAPI
0813 5751 7526 / 0353 3234 874
Kantor : Maguwoharjo, Depok, Sleman-Yogyakarta

@penerbitbukujogja

@penerbit.kbm

ISBN 978-634-278-391-7

