



SURAT TUGAS

Nomor: 179/ST/UK/XI/2025

Berdasarkan info tentang **Lomba Produk Inovasi TENACO**, maka kami Politeknik LPP Yogyakarta memberikan tugas kepada nama sesuai Surat Tugas yang dilampirkan untuk mempersiapkan dan berkoordinasi mengikuti kegiatan tersebut sebagai PESERTA.

Demikian Surat Tugas ini dibuat untuk dilaksanakan dengan sebaik-baiknya dan agar yang bersangkutan dapat menyiapkan dan menjalankan dengan baik dan penuh tanggung jawab serta melaporkan hasil kegiatan tersebut kepada institusi.

Yogyakarta, 20 November 2025
Wakil Direktur III,



Dr. Apriyanto, S.P., M.Sc.

Lampiran
Nomor: 179/ST/UK/XI/2025
Tentang Surat Tugas Lomba Produk Inovasi

NO	NUPTK/ NIM	NAMA LENGKAP	PROGRAM STUDI	PERAN
1	1939775676130240	Bahrul Ulum	PPN D-IV	Pembimbing Lomba
2	2505016	Aura Balqis Cleo N.H.	PPN D-IV	Peserta Lomba
3	2505022	Abiyyu Putra Yuanto	PPN D-IV	Peserta Lomba
4	2505092	Mhd. Imam Maulana Purba	PPN D-IV	Peserta Lomba

Yogyakarta, 20 November 2025
Wakil Direktur III,



Sri Apriyanto, S.P., M.Sc.

**LAPORAN PERTANGGUNGJAWABAN
DANA BANTUAN KEGIATAN KEMAHASISWAAN NON-
REGULER
KEGIATAN LOMBA PRODUK INOVATIF TEKPRO
NATIONAL COMPETITION 2025 (TENACO) POLITEKNIK
CITRA WIDYA EDUKASI BEKASI**



**Diajukan oleh:
UKM DEPARTEMEN AKADEMIK**

**POLITEKNIK LPP YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2025**



POLITEKNIK LPP YOGYAKARTA
UKM DEPARTEMEN AKADEMIK
TEKPRO NATIONAL COMPETITION 2025

Jalan LPP No.1 A, Balapan, Yogyakarta 55222

| Email : departemenakademik5@gmail.com | Hp. 082277241576



Yogyakarta, 13 Desember 2025

Yth.

Oni Apriyanto, S.P., M.Sc.

Wakil Direktur III

Bidang Kemahasiswaan, Alumni, dan Kerjasama

Politeknik LPP Yogyakarta

Dengan hormat,

Sehubungan dengan telah dilaksanakan kegiatan Lomba Produk Inovatif oleh Himpunan Mahasiswa Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi yang dilaksanakan pada:

Hari : Kamis- Jumat

Tanggal : 3-4 Desember 2025

Tempat : Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi

Penyelenggara: Himpunan Mahasiswa Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi

Maka kami memberikan laporan pertanggungjawaban Dana Bantuan Kegiatan Kemahasiswaan Non- Reguler sebesar **Rp 3.000.000,00.** untuk membayar biaya kebutuhan kegiatan tersebut.

Atas perhatian dan bantuannya saya ucapkan terima kasih.



POLITEKNIK LPP YOGYAKARTA
UKM DEPARTEMEN AKADEMIK
TEKPRO NATIONAL COMPETITION 2025

Jalan LPP No.1 A, Balapan, Yogyakarta 55222

| Email : departemenakademik5@gmail.com | Hp. 082277241576



Lampiran 1

Rincian Rencana Penggunaan Dana Bantuan Kegiatan Kemahasiswaan Non- Reguler

NO.	Rincian Kebutuhan	Harga Satuan	Jumlah	HARGA
1	Transportasi Berangkat	Rp 330.000,00	3 Orang	Rp 990.000,00
2	Transportasi Pulang	Rp 355.000,00	3 Orang	Rp 1.065.000,00
3	Transportasi Operassonal	Rp 451.500,00	1 Tim	Rp 451.500,00
4	Konsumsi	Rp 493.500,00	1 Tim	P 493.500,00
TOTAL				Rp 3.000.000,00



POLITEKNIK LPP YOGYAKARTA
UKM DEPARTEMEN AKADEMIK
TEKPRO NATIONAL COMPETITION 2025

Jalan LPP No.1 A, Balapan, Yogyakarta 55222

| Email : departemenakademik5@gmail.com | Hp. 082277241576



Lampiran 2

Data Peserta Kegiatan

Dosen Pembimbing: Bahrul Ulum, S.P., M.Sc.			
NO	NAMA	NIM	PROGRAM STUDI
1	Aura Balqis Cleo Natya Hariono	2505016	D-IV Pengelolaan Perkebunan
2	Abiyyu Putra Yuanto	2505022	D-IV Pengelolaan Perkebunan
3	Mhd. Imam Maulana Purba	2505092	D-IV Pengelolaan Perkebunan



POLITEKNIK LPP YOGYAKARTA
UKM DEPARTEMEN AKADEMIK
TEKPRO NATIONAL COMPETITION 2025

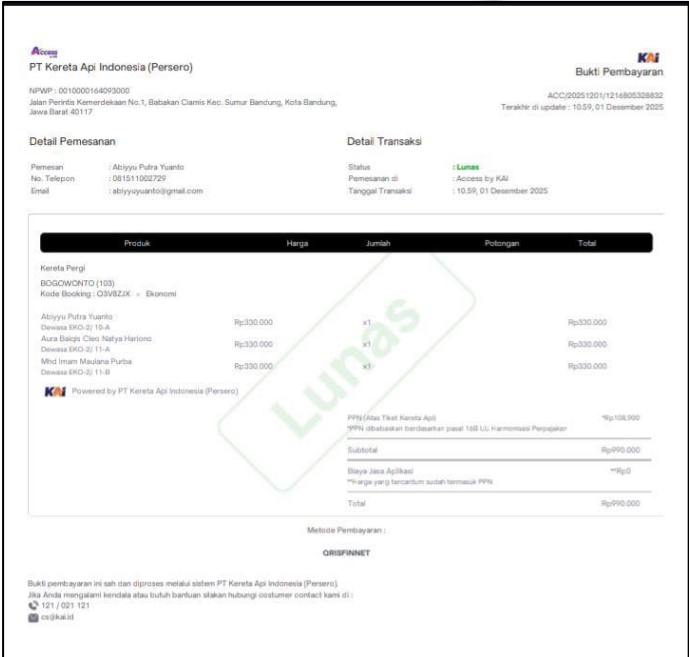
Jalan LPP No.1 A, Balapan, Yogyakarta 55222

| Email : departemenakademik5@gmail.com | Hp. 082277241576



Lampiran 3

Nota Pembayaran

NO.	Bukti Transaksi	Keterangan
1.		Tiket berangkat KAI Lempuyangan–Cikarang 3 orang Rp 990.000,00
2.		Tiket berangkat KAI Cikarang–Lempuyangan 3 orang Rp 1.065.000,00



POLITEKNIK LPP YOGYAKARTA
UKM DEPARTEMEN AKADEMIK
TEKPRO NATIONAL COMPETITION 2025

Jalan LPP No.1 A, Balapan, Yogyakarta 55222

Email : departemenakademik5@gmail.com | Hp. 082277241576



Selasa, 2 Desember 2025
ID pesanan: RB-3247780-00600779

Hai Aura Balqis Cleo,

Makasih udah pesan GoCar

Total dibayar **Rp25.000**

Rincian pembayaran

Biaya perjalanan	Rp32.000
Biaya jasa aplikasi	Rp8.000
Diskon	-Rp15.000
Total pembayaran	Rp25.000
Dibayar pakai tunai	Rp25.000

Detail perjalanan

Zainal Arifin
B1626FZQ • Datsun Go

📍 Jarak 8.4 km
🕒 Waktu perjalanan 28 menit

📍 Dijemput 2 Desember 2025 jam 16:23 dari
Indomaret Yos Sudarso No. 41 - Pintu Masuk

Jl. Yos Sudarso No.41, Karangbaru, Cikarang Utara, Bekasi, Jawa Barat 17530, ID

📍 Sampai 2 Desember 2025 jam 16:51 di
Jl. Jarakosta No. 05

Pujasera MM2100, Jl. Jarakosta No.05, Danau Indah, Kec. Cikarang Bar., Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17530, Indonesia

[Bantuan](#) [Laporkan masalah](#) [Tentang GoCar](#)

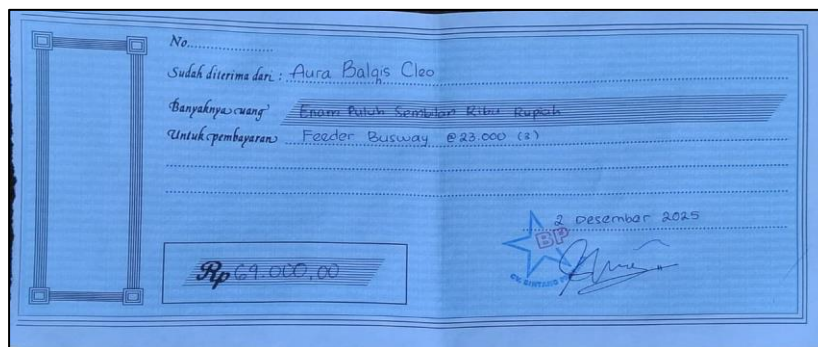
Perjalanan ini dijamin asuransi. Total yang tercantum adalah harga yang dibayarkan ketika pesanan selesai. Biaya tambahan seperti tip yang diberikan setelah pesanan selesai tidak dicantumkan di bukti pembayaran ini.

Kontak Gojek lewat



Pasaraya Blok M GD B, 7th Floor, Kebayoran Baru, DKI Jakarta Indonesia 12160





POLITEKNIK LPP YOGYAKARTA
UKM DEPARTEMEN AKADEMIK
TEKPRO NATIONAL COMPETITION 2025

Jalan LPP No.1 A, Balapan, Yogyakarta 55222

Email : departemenakademik5@gmail.com | Hp. 082277241576



 **gocar** HEMAT Rabu, 3 Desember 2025
ID pesanan: RB-3257205-76980852

Hai Abiyyu Putra,

Makasih udah pesan GoCar Hemat

Total dibayar **Rp26.500**

Rincian pembayaran

Biaya perjalanan	Rp20.500
Biaya PerjalananAman+	Rp1.000
Biaya jasa aplikasi	Rp5.000
Total pembayaran	Rp26.500
Dibayar pakai tunai	Rp26.500

Detail perjalanan

Yhansen Kosasih Putra
B1933DZP • Toyota Calya

- ✓ Jarak 3.9 km
- ⌚ Waktu perjalanan 15 menit

✓ Dijemput 3 Desember 2025
jam 21:38 dari

Alfamart

Pertigaan Cipeucang,
Cipeucang, Cileungsi, Bogor,
Jawa Barat, Indonesia

⌚ Sampai 3 Desember 2025 jam
21:54 di

**Permata Nusa Indah
Situsari**

Jl. Raya Bojong Klapanunggal,
Setu Sari, Kec. Cileungsi,
Kabupaten Bogor, Jawa Barat
16820, Indonesia

- 📞 Bantuan
- 🗨️ Laporkan masalah
- 📄 Tentang GoCar Hemat

Perjalanan ini dijamin asuransi. Total yang tercantum adalah harga yang dibayarkan ketika pesanan selesai. Biaya tambahan seperti tip yang diberikan setelah pesanan selesai tidak dicantumkan di bukti pembayaran ini.

Kontak Gojek lewat



 **gocar**

Rabu, 3 Desember 2025
ID pesanan: RB-3251550-97617627

Hai Aura Balqis Cleo,

Makasih udah pesan GoCar

Total dibayar **Rp116.000**

Rincian pembayaran

Biaya perjalanan	Rp118.500
Biaya jasa aplikasi	Rp13.000
Ongkos trip terjadwal	Rp10.000
Diskon	-Rp25.500

Total pembayaran **Rp116.000**
Dibayar pakai tunai Rp116.000

Detail perjalanan

Ichfan Sopiyan
B25375YP • Toyota Avanza

- ✓ Jarak 33.5 km
- ⌚ Waktu perjalanan 68 menit

✓ Dijemput 4 Desember 2025
jam 06:22 dari

**Jl. Permata Nusa Indah
No.52**

Jl. Permata Nusa Indah Jl Mawar
Blok. B1 No.52, RW.014,
Cileungsi, Kec. Klapanunggal,
Kabupaten Bogor, Jawa Barat
16820, Indonesia

⌚ Sampai 4 Desember 2025 jam
07:30 di

**Politeknik Kelapa Sawit
Citra Widya Edukasi**

Politeknik Klp. Sawit Citra
Widya Edukasi, Cibuntu, Kec.
Cibitung, Kabupaten Bekasi,
Jawa Barat 17520, Indonesia

- 📞 Bantuan
- 🗨️ Laporkan masalah
- 📄 Tentang GoCar

Perjalanan ini dijamin asuransi. Total yang tercantum adalah harga yang dibayarkan ketika pesanan selesai. Biaya tambahan seperti tip yang diberikan setelah pesanan selesai tidak dicantumkan di bukti pembayaran ini.

Kontak Gojek lewat



Pasaraya Blok M GD B, 7th Floor, Kebayoran
Baru, DKI Jakarta Indonesia 12160



POLITEKNIK LPP YOGYAKARTA
UKM DEPARTEMEN AKADEMIK
TEKPRO NATIONAL COMPETITION 2025

Jalan LPP No.1 A, Balapan, Yogyakarta 55222

Email : departemenakademik5@gmail.com | Hp. 082277241576





Kamis, 4 Desember 2025
ID pesanan: RB-3265504-95300555

Hai Aura Balqis Cleo,

Makasih udah pesan GoCar

Total dibayar **Rp105.000**

Rincian pembayaran

Biaya perjalanan	Rp116.000
Biaya jasa aplikasi	Rp12.000
Diskon	-Rp23.000
Total pembayaran	Rp105.000
Dibayar pakai tunai	Rp105.000

Detail perjalanan

Rony dwi handoyo
B2821FFC • Toyota Calya
✓ Jarak 32,8 km
✓ Waktu perjalanan 57 menit

✓ Diemput: 4 Desember 2025 jam 16:48 dari
Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi
Politeknik Klp. Sawit Citra Widya Edukasi, Cibuntu, Kec. Cibitung, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17520, Indonesia

✓ Sampai: 4 Desember 2025 jam 17:45 di
Jl. Permata Nusa Indah No.52
Jl. Permata Nusa Indah Jl Mawar Blok B1 No.52, RW.014, Cileungsi, Kec. Klapaunggal, Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16820, Indonesia

[Bantuan](#) [Laporkan masalah](#) [Tentang GoCar](#)

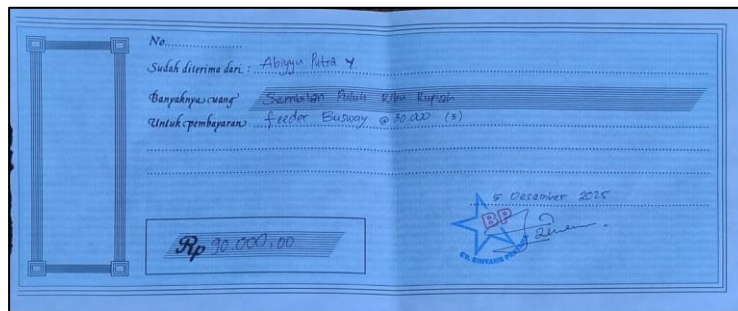
Perjalanan ini dijamin asuransi. Total yang tercantum adalah harga yang dibayarkan ketika pesanan selesai. Biaya tambahan seperti tip yang diberikan setelah pesanan selesai tidak dicantumkan di bukti pembayaran ini.

Kontak Gojek lewat:



gojek

Pasaraya Blok M GD B, 7th Floor, Kebayoran Baru, DKI Jakarta Indonesia 12160



4.

17



SOLARIA Restaurant
Metropolitan Mall Cileungsi Lt. 2
Jl. Kota Taman Metropolitan
Cileungsi Kidul, Kec. Cileungsi
Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16820

Date: 05 December 2025 14:57:45
Receipt No: 254RC1122025/00415
Cashier: Bangsatriana

No Customer: 1	DINE IN
Chicken Mozarella +	1 49,091
French Fries Dan Salad	
Kwetiau Goreng Ayam	1 43,637
Nasi Cap Cay Seafood	1 47,273
Thai Tea	1 20,001
Ice Tea Green	1 11,819
Milk Shake Chocolate	1 20,001
ITEMS: 6	191,822
Pb1 10%	19,182
Before Rounding	211,004
Rounding	-4
Total	211,000
BNI Debit	211,000

Terima Kasih
Atas Kunjungan Anda



Stasiun Kina
Jl. Stasiun Kina, No. 100
Kec. Temon, Kota Sleman
Prov. DI Yogyakarta
Telp. 0211 719110

Order No: 03122025-18177
Amount: 72
Type Order: EAT IN
Pos Code: 003 - 1003 0003

3 Super Dend 1	103,635
Sub Total	103,635
Dasar Pengemban Pinal	103,635
Pembulatan	0
P Rest 10.5%	10,364
Total	114,000
Cash	114,000

TERIMA KASIH
A Boma 03-12-2025 15:24 21 NARYUNI



SCAN KODE QR INI
UNTUK MENGETAHUI
LPPC SUNDAR GAYAT
PADA PEMBELAN BELANJA
DI RESTORAN SOLARIA

--- SUPER PROMO 412 DISKON 50% ---
Tukarkan kupon ini dengan 4 pcs Chicken + 1 pcs Rice + 3 pcs Soft Drink Rp 110.000 di mana saja. Terbatas. (Secara 24/24 bulanan)

Pembelian Kupon Berlaku Sampai 03/12/25
Kupon KFC Terbatas

Batasnya 8/12/2025
DOWNLOAD KUCU APP



Biaya Konsumsi
Kegiatan 3 hari untuk
3X makan setiap 3
Orang Rp 493.500,00

Via CASH



POLITEKNIK LPP YOGYAKARTA
UKM DEPARTEMEN AKADEMIK
TEKPRO NATIONAL COMPETITION 2025
Jalan LPP No.1 A, Balapan, Yogyakarta 55222

Email : departemenakademik5@gmail.com | Hp. 082277241576



Lampiran 4

Dokumentasi Kegiatan

https://drive.google.com/drive/folders/1O1GR_PG3Yu_RGLNWSYshPp_yCtgVb2HC



Lampiran 5

Sertifikat Kegiatan

<https://drive.google.com/drive/folders/11CWDz2FgXs84AmLrKCxh1z5qyg0j5SdJ>



SMARTA - Transformasi Penyiraman Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada Fase Pre-Nursery Berbasis Sprinkler Otomatis dengan System IOT dalam Mewujudkan Integrated Farming System (IFS).

Mhd. Imam Maulana Purba, Abiyyu Putra Yuanto, A. B. Cleo N. Hariono

Politeknik LPP Yogyakarta

PENDAHULUAN

Industri perkebunan kelapa sawit merupakan sektor strategis di Indonesia yang merupakan kawasan pertanian yang digunakan untuk menanam pohon kelapa sawit guna memproduksi minyak kelapa sawit dan produk turunannya. Indonesia memiliki 16,8 juta hektar perkebunan kelapa sawit dengan kapasitas produksi minyak sawit sebesar 50 juta ton per tahun. Perkebunan kelapa sawit di Indonesia tersebar di 26 provinsi dan lebih dari 200 kabupaten/kota (PASPI, 2024).

Transisi dari ekonomi agraris ke ekonomi industri telah mendorong pertumbuhan pendapatan per kapita dan mengubah orientasi ekonomi Indonesia dari agraris menjadi industri dengan nilai tambah yang dipercepat oleh perkembangan teknologi digital. Mengantisipasi Revolusi Industri 4.0, industri kelapa sawit Indonesia perlu segera melakukan transformasi, terutama dalam adopsi teknologi digital. Hal ini penting karena kemampuan menguasai teknologi digital akan menjadi faktor penentu utama daya saing Indonesia di kancah global. Tanpa upaya transformasi, industri kelapa sawit nasional akan tertinggal dari pesaing dari negara lain.

Globalisasi memberikan tantangan struktural bagi petani kelapa sawit untuk industri minyak sawit menerapkan *Indonesia Sustainable Palm Oil* (ISPO). Tuntutan ini muncul karena sejumlah isu strategis, seperti kontribusi perkebunan kelapa sawit terhadap pemanasan global, tekanan terhadap konservasi keanekaragaman hayati, serta peningkatan alih fungsi lahan yang berpotensi menimbulkan konflik lingkungan dan sosial (Anugrah, 2023). Kondisi tersebut menuntut pelaku usaha tani, baik skala rakyat maupun perusahaan untuk mengembangkan praktik budidaya yang mampu menjaga produktivitas namun tetap mematuhi regulasi keberlanjutan. Ketidakmampuan untuk meningkatkan kompetensi dan daya saing di sektor-sektor prioritas tidak hanya akan menghambat pencapaian target pembangunan, tetapi juga menyebabkan Indonesia kalah dalam persaingan pasar internasional dan domestik dengan negara-negara yang lebih siap. Peningkatan produktivitas dan efisiensi secara optimal memerlukan implementasi segera dari berbagai teknologi revolusi industri 4.0, di antaranya adalah *Internet of Things* (IoT), *Advance Robotic* (AR), *Artificial Intelligence* (AI), dan *Digitized Infrastructure* (DI) (Haryanti et al., 2021).

Kelapa sawit memiliki potensi sumber daya yang besar juga memiliki berbagai tantangan yang dihadapi salah satunya proses penyiraman tanaman yang masih dilakukan secara manual, memakan waktu, dan bergantung pada ketersediaan tenaga kerja, terutama di musim kemarau. Pada penyiraman *pre-nursery* kelapa sawit yang masih dilakukan secara

manual menjadi tidak efisien dan akibatnya muncul beberapa permasalahan di dalam pembibitan kelapa sawit, antara lain kualitas bibit kelapa sawit yang menurun.

Faktor yang memengaruhi penurunan kualitas bibit kelapa sawit adalah penyiraman yang tidak tepat, media tanam yang kurang baik, serangan hama dan penyakit, serta penggunaan benih yang tidak unggul. Penyiraman yang berlebihan dapat menyebabkan akar membusuk, sedangkan kekurangan air membuat bibit layu dan pertumbuhannya terhambat. Media tanam yang padat atau miskin unsur hara juga menghambat perkembangan akar dan menyebabkan daun menguning. Selain itu, serangan jamur dan serangga dapat merusak akar maupun daun, sedangkan benih dari sumber yang tidak jelas sering menghasilkan bibit lemah dan tidak seragam. Penanganan bibit yang kasar, kepadatan tanam yang terlalu rapat, serta pencahayaan dan suhu yang tidak sesuai turut memperburuk kondisi bibit. Kurangnya keterampilan tenaga kerja dalam melakukan penyiraman, pemupukan, dan pengendalian hama juga menyebabkan hasil pembibitan tidak optimal. Secara keseluruhan, penurunan kualitas bibit kelapa sawit disebabkan oleh kombinasi berbagai faktor tersebut, sehingga diperlukan perawatan yang lebih teliti, penggunaan benih unggul, media tanam yang sesuai, serta penerapan sistem penyiraman dan pemeliharaan yang teratur agar bibit tumbuh sehat dan siap tanam di lapangan.

Berdasarkan permasalahan yang terjadi di lapangan, **SMARTA** hadir sebagai solusi transformasi digital untuk mendukung modernisasi industri kelapa sawit. Inovasi ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan sumber daya, baik manusia, lahan, maupun alat produksi, melalui penerapan sistem berbasis **Internet of Things (IoT)**. Dengan integrasi teknologi pemantauan dan pengendalian otomatis, SMARTA diharapkan mampu mewujudkan *integrated farming system* yang lebih adaptif, presisi, dan berkelanjutan, sehingga mendukung peningkatan produktivitas sekaligus pengelolaan lingkungan yang lebih bertanggung jawab.

PARAGRAF ISI

Kelapa sawit (*Elaeis guineenses* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang sangat penting dalam perekonomian Indonesia, memiliki usia 20-25 tahun dengan masa produktif 10-20 tahun. Tanaman kelapa sawit yang berumur 20 tahun pada umumnya sudah tidak produktif lagi dan perlu peremajaan (*replanting*) (Purwosetyoko et al., 2022). Peremajaan ini pastinya membutuhkan bibit kelapa sawit yang berkualitas dalam jumlah yang banyak.

Dalam konteks pembangunan berkelanjutan, kelapa sawit memiliki hubungan erat dengan sejumlah target SDGs, terutama SDG 2 (*Zero Hunger*), SDG 8 (*Decent Work and Economic Growth*), SDG 12 (*Responsible Consumption and Production*), serta SDG 13 (*Climate Action*) (Alqamari, 2025). Pemanfaatan teknologi dalam pengelolaan kebun dapat mengurangi dampak lingkungan melalui efisiensi penggunaan air, optimalisasi nutrisi tanaman, serta penurunan emisi dari aktivitas perawatan. Tantangan utama yang diidentifikasi adalah masih rendahnya penerapan inovasi digital pada perkebunan rakyat, terutama pada fase kritis seperti penyemaian (*pre-nursery*) dan peremajaan tanaman yang selama ini rentan terhadap inefisiensi dan pemborosan sumber daya.

Proses *replanting* idealnya dilakukan ketika tanaman memasuki akhir umur produktif akan tetapi sering kali tidak berjalan optimal akibat kurangnya data kelembaban tanah, tidak akuratnya jadwal penyiraman, serta ketidakteraturan pemeliharaan bibit di fase awal pertumbuhan. Kegagalan pada fase *pre-nursery* dapat menurunkan keberhasilan *replanting* hingga lebih dari 20%, sehingga menimbulkan kerugian ekonomi dan risiko ketidakseimbangan ekosistem (Suryadi et al., 2020). Oleh karena itu, integrasi teknologi digital menjadi urgensi untuk meningkatkan akurasi perawatan tanaman sejak tahap awal.

Pada praktiknya, para petani sawit masih menggunakan metode penyiraman bibit kelapa sawit secara manual. Metode ini memang merupakan cara sederhana dan sudah lama digunakan, namun memiliki kelemahan mendasar, yakni kebutuhan dari masing-masing individu bibit sawit tidaklah sama (Yanto et al., 2023). Penyiraman secara seragam dengan frekuensi terlalu tinggi maupun rendah yang dirasa cukup seringkali tidak memberikan kebutuhan air secara optimal. Hal inilah yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kesuburan bibit-bibit kelapa sawit.

Kebutuhan air sangat dipengaruhi oleh seberapa sering penyiraman dilakukan selama fase pertumbuhan (Ritonga et al., 2025). Frekuensi penyiraman yang terlalu sering dapat membuat media tanam berada dalam kondisi lembab secara terus-menerus. Situasi ini berpotensi menimbulkan pembusukan akar serta mengganggu proses respirasi akibat terbatasnya ruang udara dalam pori-pori tanah. Ketika respirasi akar terganggu, aktivitas metabolisme dan penyerapan unsur hara oleh akar menjadi tidak optimal yang akan menimbulkan hambatan pada pertumbuhan tanaman. Sebaliknya, jika frekuensi penyiraman menjadi terlalu jarang dapat menurunkan kondisi kelembaban tanah hingga tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan fisiologis tanaman. Kondisi defisit air seperti ini juga menyebabkan tanaman mengalami stres kekeringan yang berakibat pada terhambatnya proses fotosintesis. Pada titik inilah diperlukan sistem yang mampu memberikan penyiraman secara tepat dan terukur sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Untuk menjawab tuntutan tersebut, pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) mulai mendapatkan perhatian sebagai solusi praktis dalam meningkatkan efisiensi budidaya. IoT memungkinkan pemantauan lingkungan secara *real-time*, otomatisasi penyiraman, serta pengumpulan data iklim mikro untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Dalam upaya menjawab tantangan tersebut, dikembangkanlah alat SMARTA (Smart Amarta), sebuah perangkat penyiraman otomatis berbasis ESP32 dan sprinkler yang dirancang untuk mendukung *integrated farming system* pada fase *pre-nursery* kelapa sawit. Implementasi teknologi sebagai upaya praktik modernisasi agrikultur yang sejalan dengan tujuan SDGs, khususnya dalam optimalisasi penggunaan air, peningkatan produktivitas ramah lingkungan, serta pengurangan pemborosan sumber daya. Kehadiran SMARTA memberikan kontribusi ilmu pengetahuan terhadap pencapaian SDGs melalui praktik modernisasi agrikultur.

Kegiatan *replanting* kelapa sawit memerlukan pengelolaan bibit yang konsisten sejak tahap *pre-nursery*, namun praktik penyiraman manual sering menimbulkan ketidaksesuaian kebutuhan air antarpolybag sehingga pertumbuhan bibit menjadi tidak seragam. Kondisi ini memperlambat proses pembibitan, meningkatkan beban tenaga kerja, dan menurunkan mutu tanaman siap tanam. Untuk mengatasi kendala tersebut, penerapan teknologi penyiraman

menjadi kebutuhan strategis dalam modernisasi budidaya. Sistem SMARTA, yaitu perangkat penyiraman otomatis berbasis ESP32 dengan mekanisme sprinkler yang dikendalikan melalui jaringan IoT, dirancang untuk memberikan suplai air sesuai kondisi aktual media tanam. Kehadiran SMARTA tidak hanya meningkatkan efisiensi pengelolaan *pre-nursery*, tetapi juga mendorong terciptanya *integrated farming system* melalui integrasi data, otomatisasi proses, serta pengurangan ketergantungan pada tenaga kerja manual. Dengan demikian, *replanting* dapat dilakukan secara lebih akurat, berkelanjutan, dan adaptif terhadap tuntutan modernisasi perkebunan.

Implementasi sistem penyiraman otomatis SMARTA memberikan keuntungan komersial yang signifikan, melalui optimalisasi biaya operasional (Opex) dan peningkatan kualitas bibit. Dari sisi efisiensi sumber daya manusia, sistem ini mengurangi beban dan ketergantungan pada tenaga kerja manual. Dengan mengotomatisasi proses penyiraman yang sebelumnya memakan banyak waktu dan berulang, SMARTA secara efektif menghilangkan beban kerja harian. Hal ini menghasilkan potensi penghematan biaya yang signifikan. Pengurangan kebutuhan tenaga kerja manual ini sejalan dengan prinsip manajemen optimal, seperti yang divalidasi oleh studi kasus eksternal mengenai optimalisasi karyawan di sektor pembibitan sawit (Wardah et al., 2017). Studi tersebut menunjukkan bahwa manajemen yang tepat terhadap beban kerja adalah kunci untuk meminimalisasi biaya operasional. Dengan mengurangi tugas penyiraman, SMARTA memungkinkan realokasi tenaga kerja untuk dialihkan ke aktivitas perawatan bibit lain yang lebih penting, seperti sortasi, pemupukan, atau pengendalian hama. Ini tidak hanya menciptakan penghematan, tetapi juga meningkatkan fokus dan efektivitas sumber daya manusia untuk mencapai kualitas yang unggul dan mendukung keberhasilan jangka panjang proses *replanting*.

SMARTA hadir sebagai bagian dari perkembangan teknologi yang akan memberikan efisiensi dan optimalisasi bagi kegiatan penyiraman bibit kelapa sawit. Gagasan utama dari inovasi ini adalah penerapan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT). Melalui otomatisasi, SMARTA ditujukan untuk membangun pertanian cerdas dan berkelanjutan yang mampu mendorong produktivitas serta memperkuat praktik pengelolaan pertanian kelapa sawit yang lebih baik. Selain itu, SMARTA juga memberikan konsistensi dan ketepatan dalam proses penyiraman. Hal ini sangat penting untuk menghasilkan bibit sawit yang sehat dan unggul.

Untuk mewujudkan kinerja sistem tersebut, SMARTA memanfaatkan berbagai macam komponen yang saling terhubung dan bekerja secara terpadu. Komponen-komponen penyusun alat SMARTA ini meliputi:

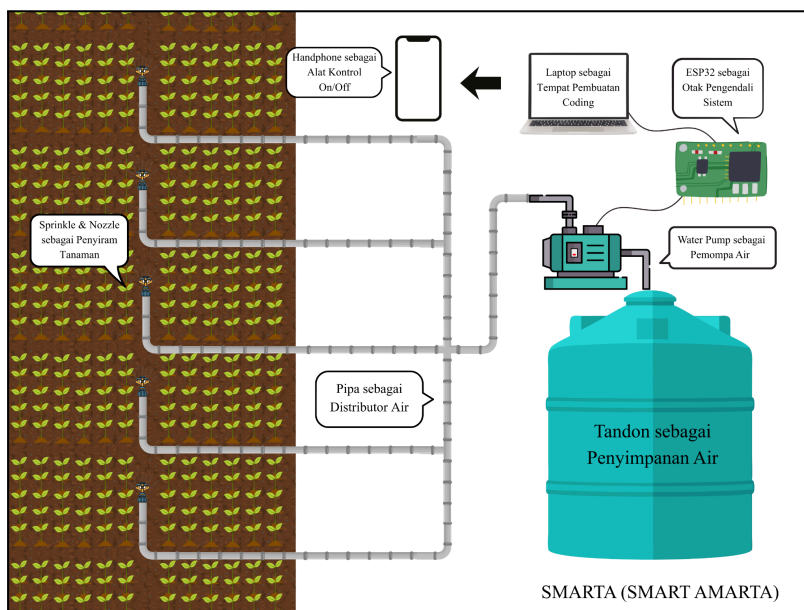
1. ESP32 Development Board (WiFi+Bluetooth) berfungsi sebagai mikrokontroler untuk proyek IoT, bisa terhubung internet & bluetooth.
2. Relay Module 5V (Optocoupler) berfungsi sebagai mengendalikan perangkat listrik berkekuatan besar menggunakan sinyal kecil dari mikrokontroler.
3. DC to DC Step Down LM2596 3A berfungsi sebagai modul untuk menurunkan tegangan DC (misal 12V → 5V) supaya aman untuk rangkaian.
4. Adaptor 12V 2A (AC 220V → DC 12V) sebagai sumber daya eksternal untuk perangkat elektronik yang membutuhkan 12V.
5. RC Snubber Circuit (Relay Contact Protection) berfungsi untuk melindungi relay dari lonjakan tegangan saat switching agar lebih awet.

6. PCB Lubang 6×8 cm Single Layer sebagai papan untuk merakit rangkaian elektronik manual.
7. Converter Modul 5.5×2.1 mm DC Jack → 2.54 mm berfungsi untuk menghubungkan adaptor DC dengan kabel atau PCB melalui header.
8. Insulating Insert Spring Terminal Plug 4.8 mm (6 pcs) sebagai terminal kabel untuk koneksi lepas-pasang yang aman dan rapi.
9. Kabel Silicone AWG24 (Merah), yakni kabel lentur untuk sambungan listrik kecil, tahan panas.
10. Kabel Silicone AWG24 (Hitam), memiliki fungsi yang sama dengan kabel merah yakni sebagai kabel sambungan untuk rangkaian elektronik.
11. Tenol Gulung 0.8 mm (Timah Solder) sebagai bahan untuk menyolder komponen elektronik.
12. Pembersih Solder Steel Ball untuk membersihkan mata solder dari timah yang menempel.
13. Water Pump berfungsi untuk memindahkan fluida dari satu tempat ke tempat lain dengan cara yang efisien

Smart watering system ini dibuat dengan menghubungkan penyiraman ke smartphone menggunakan ESP32 dan server *cloud*. Langkah pertama adalah menyambungkan koneksi pada software dan mempersiapkan kode, yakni dengan instalasi dan setup Arduino IDE, konfigurasi pada MQTT, dan memasukkan kode pemrograman ke dalam ESP32. Langkah kedua memasuki tahap rangkaian elektronik, yaitu menghubungkan ESP32 ke relay lalu menghubungkan relay ke waterpump. Langkah ketiga adalah perakitan sistem air dan pemasangan fisik, yaitu pemasangan pompa pada wadah penampung air, perakitan pipa, serta pemasangan nozzle (kalibrasi). Setelah seluruh proses perakitan selesai, SMARTA dapat beroperasi.

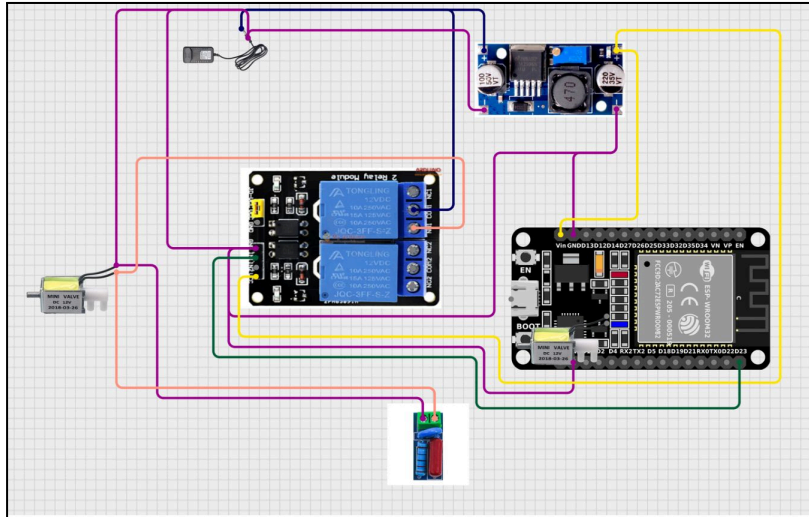
SMARTA bekerja dengan *smart watering system* yang di mana penyiraman pada bibit kelapa sawit akan dilakukan dengan otomatis oleh SMARTA. Arsitektur SMARTA bersifat modular, terdiri dari unit kendali utama, antarmuka aktuasi daya, dan infrastruktur distribusi fisik yang di mana Unit Kendali Utama (*Microcontroller Unit* - MCU) merupakan ESP32, berperan sebagai otak sistem. Modul mikrokontroler ini menyediakan kemampuan pemrosesan dan yang krusial, konektivitas WiFi. ESP32 berfungsi sebagai *gateway* IoT yang menerima perintah dari *server cloud*. Setelah itu Antarmuka Pengguna dan Komando (*Human-Machine Interface* - HMI) kita menggunakan MQTT yang di mana platform aplikasi mobile yang bertindak sebagai *dashboard* HMI. Melalui MQTT, pengguna dapat mengatur parameter penyiraman (durasi, jadwal) atau menginisiasi tindakan penyiraman secara real-time (manual override). Kemudian untuk Modul Aktuasi Daya (*Power Switching Module*) menggunakan relay 5 volt yang berfungsi sebagai saklar elektromekanis antara tegangan rendah (sinyal dari ESP32) dan tegangan tinggi (daya 24 Volt untuk pompa). Relay ini memisahkan sirkuit kendali dari sirkuit daya, memastikan keamanan dan efisiensi. Setelah itu aktuator dan infrastruktur distribusi seperti water pump 24 volt akan bertanggung jawab menciptakan tekanan hidrolik untuk memindahkan air dari sumbernya (ember) yang di mana dibantu oleh pipa PVC, selang, sambungan pipa, penutup pipa sebagai infrastruktur fisik yang membentuk jaringan distribusi air dari pompa ke titik akhir penyiraman. Setelah itu nozzle atau komponen ujung (*end-effector*) yang bertugas mengubah aliran air bertekanan menjadi semprotan halus, memastikan cakupan air yang merata pada setiap bibit.

Dengan memahami cara kerja keseluruhan sistem, proses operasional SMARTA dapat dijelaskan lebih rinci melalui tahapan-tahapan yang terjadi sejak perintah diberikan hingga pompa berhenti bekerja. Mekanisme operasional SMARTA dimulai dengan input dari pengguna (atau jadwal otomatis) dan diakhiri dengan aktuasi fisik pompa. Pertama yaitu Inisiasi Perintah (*Command Initiation*). Proses ini dimulai saat pengguna menginisiasi perintah melalui antarmuka MQTT. Perintah ini berupa Perintah Manual yang di mana pengguna menekan tombol virtual (misalnya, 'ON') pada dashboard. Perintah digital ini kemudian dikirim melalui jaringan internet ke *server cloud*, yang selanjutnya meneruskannya ke ESP32 melalui koneksi WiFi. Kedua, Pemrosesan Logika dan Kontrol (*Logic Processing and Control*). ESP32 menerima paket data dari *server*. Berdasarkan program *firmware* yang tertanam, ESP32 menginterpretasikan perintah tersebut sebagai kebutuhan untuk mengaktifkan aktuator. ESP32 kemudian mengirimkan sinyal kendali digital (tegangan rendah, biasanya 3.3V atau 5V) ke pin input pada relay 5 volt. Ketiga, Aktuasi Daya (*Power Actuation*) relay 5 volt bertindak sebagai perantara yang penting. Sinyal kendali tegangan rendah dari ESP32 memicu koil elektromagnetik di dalam *relay*. Koil ini menarik saklar mekanik yang berfungsi untuk menyambungkan: menghubungkan sumber daya 5 volt ke water pump 24 volt. Dengan tersambungny sirkuit, pompa seketika mendapatkan daya dan mulai beroperasi. Keempat, Distribusi Fluida (*Fluid Distribution*) yaitu ketika pompa menyala, air dihisap dari sumber (Tandon) dan didorong dengan tekanan melalui selang dan jaringan pipa PVC yang telah dirakit menggunakan sambungan pipa. Air bertekanan kemudian dikeluarkan melalui nozzle, mendistribusikan volume air yang dibutuhkan ke area pembibitan yang ditargetkan. Dan yang terakhir Penghentian Operasi (*System Deactivation*) yaitu proses penghentian terjadi saat durasi penyiraman yang ditetapkan dalam program MQTT telah selesai. Pengguna menekan tombol 'OFF' secara manual pada aplikasi. Sinyal 'OFF' ini diterima kembali oleh ESP32 yang kemudian memutus sinyal kendali ke *relay*. *Relay* segera memutuskan sirkuit daya 24 volt, menyebabkan water pump 24 volt berhenti bekerja, dan penyiraman pun terhenti. Untuk lebih jelasnya lagi, berikut merupakan gambaran dari SMARTA.



Gambar 1. Prototype Alat SMARTA.

https://www.canva.com/design/DAG5FhRl6kQ/VkVZTQ6tW_IPn75jbVzpPA/edit?utm_content=DAG5FhRl6kQ&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton



Gambar 2. Skematik Alat SMARTA.

https://www.canva.com/design/DAG5FhRl6kQ/VkVZTQ6tW_IPn75jbVzpPA/edit?utm_content=DAG5FhRl6kQ&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton

Pada saat *pre-nursery*, keberadaan dan ketersediaan air sangat mempengaruhi semua proses dan metabolisme dalam organisme tumbuhan. Volume air yang dibutuhkan untuk tanaman kelapa sawit di *pre-nursery* adalah 0,1–0,25 liter air/hari/polybag dengan rotasi 2 kali sehari, sedangkan di *main-nursery* adalah 2 liter air/hari/polybag dengan rotasi penyiraman 2 kali sehari (PPKS, 2014).

Tabel 1. Kebutuhan air tanaman *pre-nursery* kelapa sawit.

Fase Pembibitan	Volume Air Harian per Pohon	Keterangan
Pre-Nursery (0–3 Bln)	0,1 – 0,25 Liter	Volume rendah dan konstan.
Main Nursery (3–12 Bln)	2 – 3 Liter	Kebutuhan air melonjak drastis karena polybag besar, naungan dihilangkan, dan sistem perakaran telah berkembang pesat.

Di pembibitan biasanya penyiraman dilakukan sebanyak dua kali sehari yaitu pada pagi dan sore hari. Penyiraman pagi yaitu dimulai pukul 07.00 WIB sampai jam 11.00 WIB sedangkan penyiraman sore hari dimulai pukul 16.00 WIB. Penyiraman pada siang hari jarang dilaksanakan, hal ini karena pada siang hari penguapan pada tanaman lebih tinggi. Air

yang cepat menguap akan membuat komponen mineral atau zat terlarut lainnya yang sebelumnya terkandung di dalam air siraman akan tertinggal di permukaan daun atau bagian tanaman lainnya. Hal tersebut tidak baik bagi tanaman dan dapat membuat tanaman menjadi mati karena sifatnya yang toksik (Dwiyana et al, 2015).

Sistem irigasi sprinkler untuk pembibitan kelapa sawit. Sprinkler merupakan suatu alat yang bisa menyembrotkan air dalam jumlah dan radius penyiraman pada tekanan tertentu. Di mana sprinkler ini bisa berupa sprinkler yang berputar, tetap, nozzle, maupun pipa yang berputar. Untuk menjamin keseragaman penyiraman air maka jarak antar sprinkler dan pipa lateral harus overlap pada diameter penyiramannya, hal ini untuk menanggulangi pengaruh angin. Berdasarkan cara kerjanya sprinkler dapat dibedakan atas sprinkler tekanan rendah, tekanan sedang dan sprinkler tekanan tinggi. Tinggi rendahnya tekanan akan mempengaruhi jauh dekatnya radius atau pancaran airnya.

Tabel 2. Penetapan parameter sistem dan kebutuhan air.

Parameter	Simbol	Nilai	Keterangan
Luas Lahan	A total	36 m ²	0.0036 Hektar
Kebutuhan Harian Maks	V target harian	250 ml (0.25 L)	Dipilih nilai maksimum
Sesi Penyiraman	N sesi	2 kali	Pagi dan Sore
Kebutuhan per Sesi	V sesi	125 ml (0.125 L)	250 ml/2
Kepadatan Bibit per m ²	D bibit/m ²	25 bibit/m ²	Standar penempatan bibit berdempetan
Diameter Sprinkler yang Dipilih	d spk	2,0 meter	Diameter cakupan optimal untuk PN (Micro-Sprayer)
Debit Sprinkler (Q spk)	Q spk	8 L/jam	Debit rendah yang ideal untuk irigasi PN

Pemenuhan kebutuhan air maksimum 250 ml per bibit per hari di areal 36 m² membutuhkan perhitungan yang akurat mengenai diameter sprinkler dan lamanya waktu penyiraman. Dengan mempertimbangkan bahwa pipa lateral berdiameter 1 inci memiliki kapasitas tinggi, maka hal penting yang harus dilakukan adalah menentukan sprinkler dengan debit yang rendah.

Tabel 2 menyajikan data yang digunakan dalam merencanakan sistem irigasi untuk suatu lahan. Luas lahan yang menjadi fokus adalah 36 m² atau 0.0036 hektar (A total). Berdasarkan standar, kepadatan bibit ditetapkan sebesar 25 bibit per m² (Dbibit/m²) yang berarti total bibit di lahan tersebut mencapai 900 unit. Untuk memenuhi kebutuhan hidrasi,

setiap bibit diasumsikan memerlukan kebutuhan harian maksimum sebesar 250 ml (V_{target} harian). Untuk optimasi dan efisiensi penyerapan, penyiraman dibagi menjadi dua sesi (N_{sesi}) dalam sehari (pagi dan sore), sehingga setiap sesi hanya membutuhkan 125 ml air per bibit (V_{sesi}). Sistem irigasi yang dipilih menggunakan micro-sprayer (PN) dengan diameter cakupan yang optimal sebesar 2,0 meter (d_{spk}) per unitnya, dengan debit air yang rendah dan ideal sebesar Liter per jam (Q_{spk}) per sprinkler. Seluruh parameter ini krusial sebagai dasar perhitungan total kebutuhan air lahan dan penentuan durasi serta tata letak sistem irigasi.

Tabel 3. Pengaplikasian kalibrasi durasi siram.

Parameter	Simbol	Nilai	Perhitungan & Keterangan
Total Bibit	N bibit	900 bibit	Jumlah bibit yang akan disiram
Kebutuhan Air per Bibit	V sesi	125 ml	Volume air yang harus didapatkan setiap bibit
Total Kebutuhan Air Sistem	V total	112,5 L	$900 \times 125 \text{ ml} = 112.500 \text{ ml} (112,5 \text{ L})$
Jumlah Sprinkler	N spk	30 unit	Jumlah sprinkler mikro yang digunakan
Debit Sprinkler per Unit	Q spk	8 L/jam	Debit
Total Debit Sistem	Q total	240 L/jam	$30 \text{ unit} \times 8 \text{ L/jam/unit}$
Waktu Penyiraman yang Dibutuhkan	t	0,46875 jam	$112,5 \text{ L} \div 240 \text{ L/jam}$
Waktu Konversi (Menit)	t menit	28 menit 7,5 detik	$0,46875 \text{ jam} \times 60 \text{ menit/jam}$

Tabel 3 menggambarkan hasil sistem ini dikonfigurasi untuk mendistribusikan volume air yang tepat sebesar 125 ml kepada setiap unit bibit dari total populasi 900 bibit. Dengan basis kebutuhan tersebut, Total Kebutuhan Air Sistem yang wajib dikeluarkan dalam setiap sesi penyiraman adalah $900 \text{ bibit} \times 0,125 \text{ L/bibit}$, yang menghasilkan total volume 112,5 Liter. Sistem ini memanfaatkan array 30 unit sprinkler dengan kapasitas discharge yang telah diupgrade menjadi 8 L/jam per unit. Dengan demikian, Total Debit Sistem yang beroperasi secara simultan adalah $30 \text{ unit} \times 8 \text{ L/jam}$, mencapai 240 L/jam. Untuk menghitung durasi operasi penyiraman (t), total volume kebutuhan air dibagi dengan total discharge rate sistem ($112,5 \text{ L} \div 240 \text{ L/jam}$), menghasilkan durasi 0,46875 jam. Setelah konversi unit waktu, durasi yang diperlukan supaya setiap bibit memperoleh alokasi 125 ml air adalah 28 menit 7,5 detik. Durasi ini mengindikasikan waktu operasional yang efisien untuk menyelesaikan satu periode penyiraman lengkap

Tabel 4. Pengaruh frekuensi penyiraman terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di *pre-nursery*.

Parameter Pengamatan	Frekuensi Penyiraman (1 hari sekali)	Frekuensi Penyiraman (2 hari sekali)
----------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

Tinggi Tanaman (cm)	22,24 a	22,70 a
Jumlah Daun (helai)	3,75 a	3,79 a
Berat Segar Tajuk (g)	4,39 a	4,68 a
Berat Kering Tajuk (g)	0,91 a	0,98 a
Berat Segar Akar (g)	2,66 a	2,98 a
Berat Kering Akar (g)	0,36 a	0,41 a
Volume Akar (ml)	2,68 a	3,04 a

Analisis data yang disajikan dalam Tabel 4 memperlihatkan bahwa frekuensi penyiraman harian dan setiap dua hari tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada semua parameter pertumbuhan yang diukur. Tidak terdapat interaksi yang signifikan antara frekuensi penyiraman dan parameter-parameter yang diamati. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua jadwal penyiraman memiliki pengaruh yang setara terhadap semua indikator pertumbuhan yang dievaluasi. Dari temuan ini dapat disimpulkan bahwa penyiraman sekali sehari dan setiap dua hari cukup untuk menyediakan kelembaban yang memadai guna mengoptimalkan pertumbuhan bibit kelapa sawit pada fase pembibitan awal, asalkan tingkat kelembaban media tanam telah mencapai batas yang memadai untuk mendukung proses metabolisme bibit (Anjas, 2020). Studi ini memperkuat bahwa pemberian air sekali sehari dengan volume berkisar antara 150 ml hingga 300 ml per hari memenuhi persyaratan untuk pertumbuhan optimal bibit kelapa sawit pada fase pra- pembibitan.

Tabel 5. Aspek Komersial Pengembangan SMARTA.

Aspek Komersialisasi	Status Produk Saat Ini (Dasar: Manual/Timer)	Potensi Pengembangan (Masa Depan: Otomatis Penuh)
1. Nilai Jual Utama (Value Proposition)	Kontrol Jarak Jauh & Jadwal Tetap. Memberi ketenangan saat bepergian (liburan) dengan menyiram berdasarkan waktu.	Efisiensi Air Maksimal & Kesehatan Tanaman. Penyiraman didasarkan pada kebutuhan riil (data sensor) dan kondisi cuaca, menghemat air dan mencegah kerusakan tanaman.
2. Target Pasar Utama	Hobi & Konsumen Rumah Tangga (Pemilik tanaman yang sering bepergian).	Pertanian Presisi Skala Kecil/Menengah, Urban Farming Komersial, Pengelola Landscape.

3. Model Harga	Harga Sekali Beli (One-time Purchase). Harga rendah-menengah karena fungsionalitas terbatas.	Model Hibrida: Harga Hardware Premium + Layanan Berlangganan (SaaS) untuk fitur cloud storage dan analitik prediktif.
4. Pemasaran & Narasi	Fokus pada Kenyamanan dan Aksesibilitas (Simple Remote Control).	Fokus pada Inteligensi, Efisiensi Biaya, dan Keberlanjutan (Konservasi Air).
5. Hambatan Teknis Komersial	Ketergantungan pada Operator Manusia. Keputusan penyiraman tidak otomatis, rentan terhadap kesalahan manusia.	Kompleksitas Instalasi & Kalibrasi Sensor. Membutuhkan panduan yang lebih detail atau jasa instalasi profesional.
6. Potensi Ekspansi Jangka Panjang	Terbatas pada pasar domestik untuk alat bantu.	Berpotensi memasuki pasar Agrikultur Global sebagai sistem manajemen irigasi cerdas.

Penerapan sistem penyiraman terpandu pada fase *pre-nursery* bibit kelapa sawit meningkatkan pembentukan akar primer, seragamitas pertumbuhan, serta mengurangi kehilangan air dibanding praktik manual. Pemantauan kelembaban substrat menggunakan sensor volumetrik yang dikombinasikan dengan data cuaca memungkinkan pengaktifan irigasi presisi sesuai kebutuhan fisiologis anak bibit sehingga risiko stres kekeringan dan serangan patogen berkurang. Model teknologi hibrida—perangkat keras sederhana untuk distribusi air dipadukan layanan analitik berbasis cloud—mendukung skalabilitas komersial persemaian kecil-menengah dan memberi nilai tambah melalui rekomendasi pemupukan dan jadwal sanitasi. Kendala utama yang dilaporkan meliputi biaya instalasi awal, kebutuhan kalibrasi berkala, serta kapasitas teknis tenaga lapang untuk pengoperasian; oleh karena itu implementasi efektif memerlukan pelatihan pengguna, panduan pemasangan, dan layanan purna jual. Dengan desain yang menekankan kemudahan penggunaan, pemeliharaan minimal, dan integrasi praktik agronomi, pendekatan ini berpotensi meningkatkan produktivitas nursery sekaligus menjaga konservasi sumber daya untuk adopsi yang lebih luas.

PARAGRAF PENUTUP

Penggunaan teknologi *Internet of Things* (IoT) pada SMARTA sejalan dengan inovasi dan solusi berkelanjutan untuk perkebunan masa depan yang di mana alat ini mewakili pendekatan modern dan strategis untuk mengatasi ketidakefisienan yang terjadi pada fase

pra-kebun kelapa sawit. Dengan memanfaatkan ESP32 sebagai unit kontrol dan MQTT sebagai antarmuka pengguna yang sangat memungkinkan SMARTA berguna secara efektif dalam penyiraman secara otomatis yang terukur dan akurat sesuai dengan kebutuhan aktual bibit. Inovasi ini secara khusus mengatasi permasalahan penyiraman manual terutama dalam, ketidakaturan pasokan air di setiap tanaman sehingga dapat meningkatkan keberhasilan penanaman, meminimalkan pekerja dan pemborosan air serta mendorong bibit yang unggul.

Dalam mengoptimalkan potensi penuh dari teknologi ini di pembibitan *pre-nursery* disarankan melakukan penelitian lanjut mengenai metode, penggunaan, serta komponen penyusunan alat agar dapat digunakan secara luas. Selain itu, mendorong kolaborasi antara peneliti, pengembang teknologi (seperti tim SMARTA), dan petani kelapa sawit skala kecil sangat penting untuk mempromosikan adopsi, skalabilitas, dan efektivitas sistem SMARTA dalam kemajuan modernisasi pertanian berkelanjutan.

REFERENSI

- Alqamari, M. (2025). *KAJIAN PERAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DALAM MENGHADAPI SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS (SDGS)(TINJAUAN LITERATUR)*. Jurnal SOMASI (Sosial Humaniora Komunikasi), 6(1), 191-200.
- Anjas, K. 2020. *Pengaruh Pupuk Tankos (Tandan Kosong) dan Frekuensi Penyiraman Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq) Pre Nursery*. Institut Pertanian Stiper, Yogyakarta.
- Anugrah, A. R. S. (2023). *Sinkronisasi kebijakan kelapa sawit berkelanjutan*. Jurnal Kebijakan Publik, 14(3), 319-328.
- Dwiyana, S. R., Sampoerna, Ardian. 2015. *Waktu dan Volume Pemberian Air Pada Bibit Kelapa Sawit (Elaeis gueneensis Jacq) di Main Nursery*. Fakultas Pertanian Universitas Riau. Pekanbaru.
- Haryanti, N., Marsono, A., & Sona, M. A. (2021). *Strategi Implementasi Pengembangan Perkebunan Kelapa Sawit di Era Industri 4.0*. Jurnal Dinamika Ekonomi Syariah, 8(1), 76-87.
- Mariyah, M., Syaukat, Y., Hartoyo, S., Fariyanti, A., & Krisnamurthi, B. (2018). *Penentuan umur optimal peremajaan kelapa sawit di Kabupaten Paser Kalimantan Timur*. Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan, 11(1), 103-115.
- Purwosetyoko, N. S., Nasruddin, N., Rafli, M., Faisal, F., & Nurdin, M. Y. (2022). *Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq) Fase Pre Nursery Menggunakan Ekstraks Daun Muccuna Bracteata*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi, 1(2), 34-38.
- Ritonga, A. D., Putra, D. P., & Rohmiyati, S. M. (2025). *Pengaruh Blotong sebagai Bahan Pembenh Tanah Bertekstur Kasar dan Frekuensi Pengairan terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit di Main Nursery*. AGROFORETECH, 3(2), 1–10.

- Suryadi, S., Dharmawan, A. H., & Barus, B. (2020). *Ekspansi Perkebunan Kelapa Sawit: Persoalan Sosial, ekonomi dan Lingkungan Hidup (Studi Kasus Kab. Pelalawan, Riau)*. Jurnal Ilmu Lingkungan, 18(2), 367-374.
- Wardah, S., Adrian, M. N. I. (2017). *Penentuan Jumlah Karyawan yang Optimal pada Penanaman Lahan Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode Work Load Analysys (WLA)*. Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, 15(1), 28-34.
- Yanto, A. (2023). *PROTOTIPE ALAT PENYIRAMAN TANAMAN BIBIT SAWIT SECARA OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER ESP8266* (Doctoral dissertation, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta).

BIODATA SINGKAT PENULIS



Nama Lengkap Penulis 1 : Mhd. Imam Maulana Purba
Tempat, Tanggal Lahir : Medan, 30 September 2004
Instagram : @muhamnadimam25



Nama Lengkap Penulis 2 : Abiyyu Putra Yuanto
Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 29 November 2006
Instagram : @abiyyu_yuanto



Nama Lengkap Penulis 3 : Aura Balqis Cleo Natya Hariono
Tempat, Tanggal Lahir : Bojonegoro, 1 Oktober 2006
Instagram : @aqiscnath



Politeknik LPP Yogyakarta

SMARTA

SMART AMARTA

Transformasi Penyiraman Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada Fase Pre-Nursery Berbasis Sprinkler Otomatis dengan System IOT dalam Mewujudkan Integrated Farming System (IFS).

Mulai Presentasi →



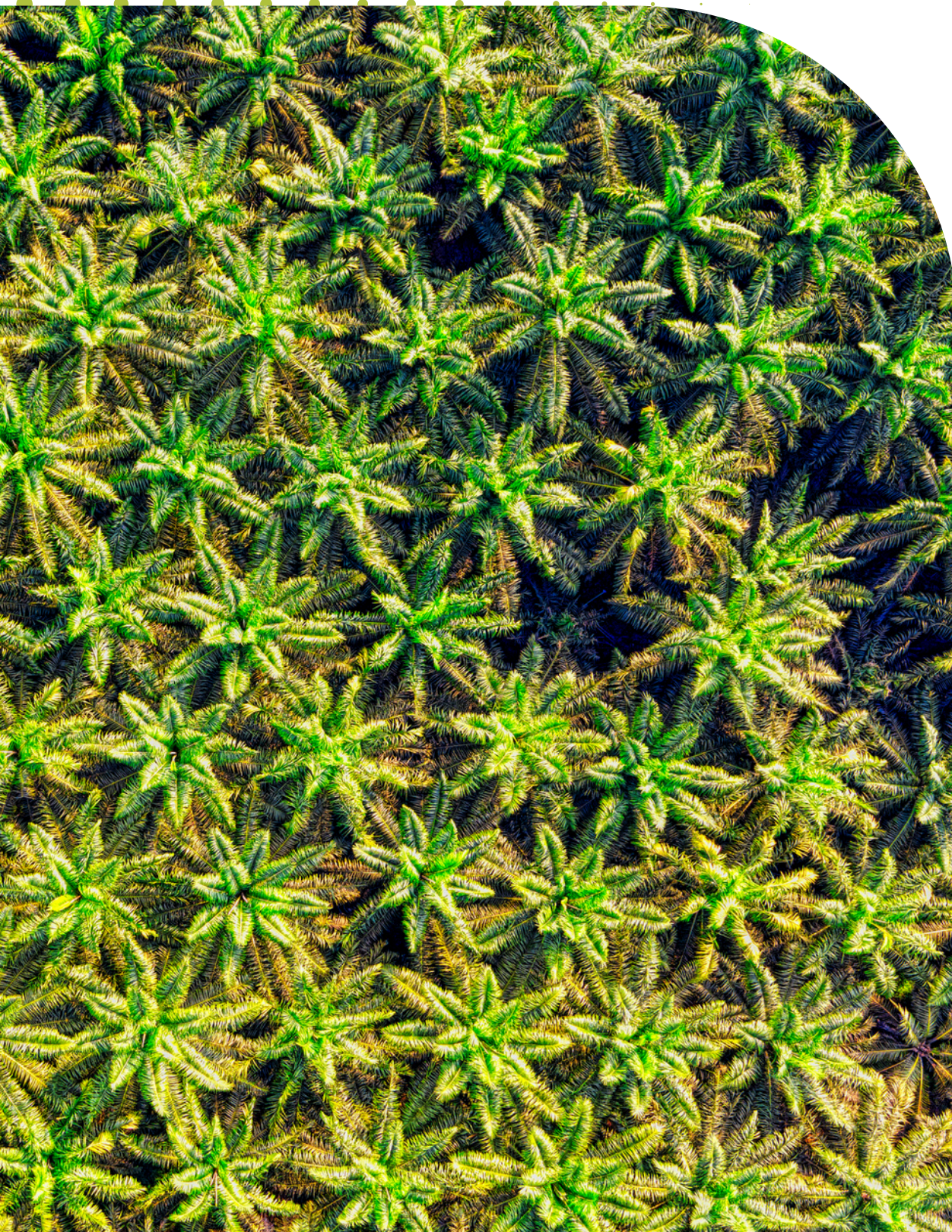


Table Contents

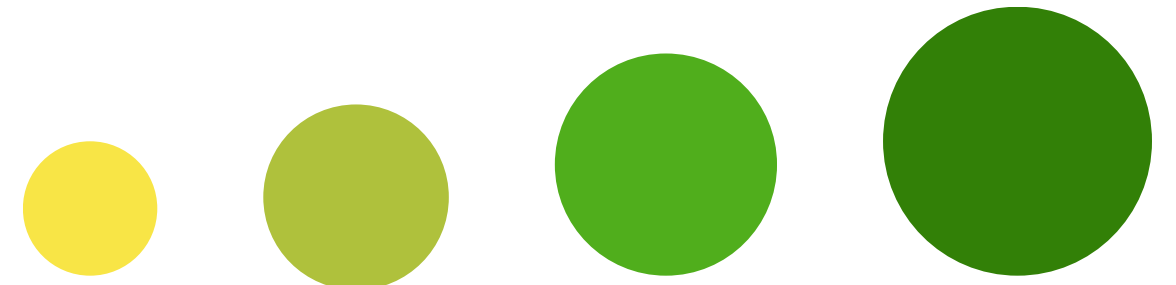
01 Kelapa Sawit	02 Peremajaan Kelapa Sawit	03 Faktor Penurunan Bibit Kelapa sawit	04 Tahapan Pembuatan SMARTA
05 Cara Kerja SMARTA	06 SWOT	07 Market Goals	08 More Information



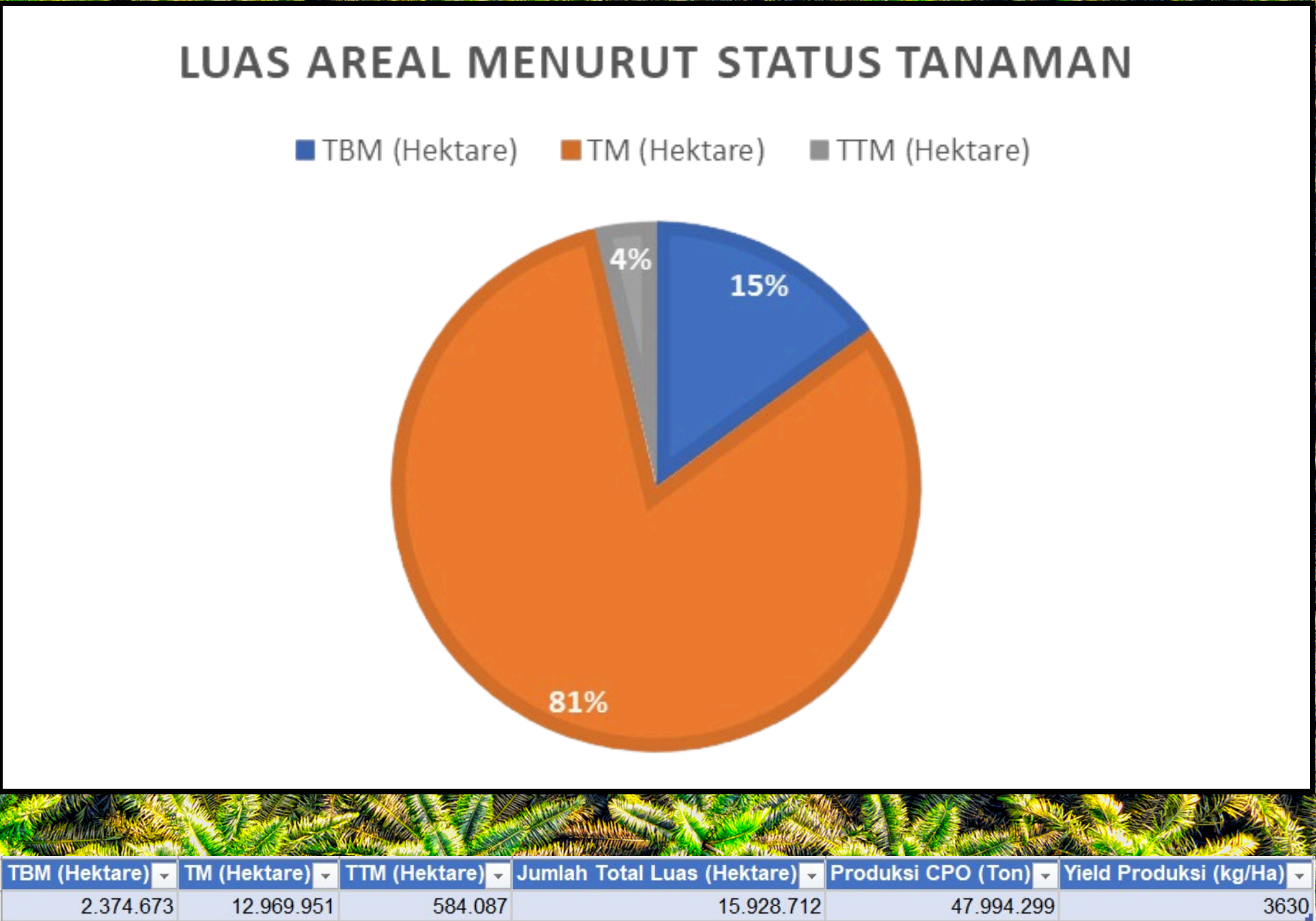
Kelapa Sawit



- Produksi CPO Indonesia 56-57 juta ton
- Luas perkebunan : ~15.9 juta ha
- Volume ekspor 25-29 juta ton
- Produk turunan kelapa Sawit bernilai ekonomi



No	Provinsi Province	Luas / Area (ha)				Produksi Production (ton)	Produktivitas Yield (kg/ha)
		TBM Immature	TM Mature	TTM Damaged	Jumlah Total		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	Aceh	91.136	349.511	30.710	471.357	1.056.529	3.023
2	Sumatera Utara	156.938	1.150.758	44.530	1.352.225	5.006.543	4.351
3	Sumatera Barat	46.034	368.913	25.329	440.276	1.369.851	3.713
4	Riau	730.082	2.570.909	100.616	3.401.607	9.222.465	3.587
5	Jambi	145.747	700.201	106.202	952.150	2.214.159	3.162
6	Sumatera Selatan	159.399	1.054.812	26.879	1.241.090	4.130.197	3.916
7	Bengkulu	51.722	355.453	11.254	418.428	1.316.220	3.703
8	Lampung	18.768	167.053	11.634	197.455	461.900	2.765
9	Bangka Belitung	43.097	210.646	1.974	255.717	890.583	4.228
10	Kepulauan Riau	1.150	6.373	204	7.726	20.306	3.187
11	DKI Jakarta	-	-	-	-	-	-
12	Jawa Barat	89	15.089	2	15.180	44.425	2.944
13	Jawa Tengah	-	-	-	-	-	-
14	D.I. Yogyakarta	-	-	-	-	-	-
15	Jawa Timur	-	-	-	-	-	-
16	Banten	1.239	14.525	2.763	18.527	35.276	2.429
17	Bali	-	-	-	-	-	-
18	Nusa Tenggara Barat	-	-	-	-	-	-
19	Nusa Tenggara Timur	-	-	-	-	-	-
20	Kalimantan Barat	253.465	1.766.508	113.439	2.133.412	5.200.745	2.944
21	Kalimantan Tengah	252.405	1.869.461	49.134	2.171.000	8.466.673	4.529
22	Kalimantan Selatan	69.892	397.794	3.050	470.736	1.329.100	3.341
23	Kalimantan Timur	225.232	1.256.055	9.663	1.490.950	3.853.054	3.068
24	Kalimantan Utara	20.311	197.378	20.018	237.706	618.477	3.133
25	Sulawesi Utara	-	-	-	-	-	-
26	Sulawesi Tengah	20.688	117.399	2.772	140.859	400.555	3.412
27	Sulawesi Selatan	18.762	32.233	3.715	54.710	132.952	4.125
28	Sulawesi Tenggara	10.682	49.868	1.240	61.790	75.283	1.510
29	Gorontalo	1.167	10.636	763	12.566	27.446	2.580
30	Sulawesi Barat	29.968	109.538	7.766	147.272	374.839	3.422
31	Maluku	170	9.533	492	10.195	20.920	2.194
32	Maluku Utara	-	5.555	-	5.555	24.461	4.403
33	Papua Barat	17.834	57.717	434	75.985	89.501	1.551
34	Papua	8.697	126.035	9.505	144.236	701.842	5.569
INDONESIA		2.374.673	12.969.951	584.087	15.928.712	47.084.299	3.630



BPS (2024). Luas Areal Menurut Status Tanaman, Produksi CPO, dan Produktivitas Perkebunan Indonesia Menurut Provinsi, 2023.



Peremajaan Kelapa Sawit

Penggantian tanaman kelapa sawit tidak produktif dengan bibit unggul untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan kebun.

Mengapa Perlu?

Aspek Ekonomi

Tantangan

Aspek Lingkungan



Faktor Penurunan Kualitas Bibit Kelapa Sawit



- **Penyiraman yang tidak tepat.**
- Media tanam yang kurang baik.
- Serangan hama dan penyakit.
- Pnggunaan benih yang tidak unggul.



SMARTA

SMART AMARTA

SMARTA, perangkat penyiraman otomatis berbasis ESP32 dengan mekanisme sprinkler yang dikendalikan melalui jaringan IoT, dirancang untuk memberikan suplai air sesuai kondisi aktual media tanam.



Tahapan Pembuatan SMARTA

Tahap Software

- Arduino IDE
- MQTT
- ESP32

Tahap Rangkaian Elektronik

- ESP32 ke Relay 5V
- Adaptor → Step Down LM2596 → 5V untuk ESP32 & Relay
- RC Snubber
- Wiring Water Pump 24V
- Perakitan PCB

Tahap Sistem Air & Fisik

- Water Pump ke tandon
- Perakitan pipa PVC
- Memasang & mengkalibrasi nozzle

Hasil Akhir Sistem

- ESP32 → internet
- Smartphone → MQTT → Relay aktif
- Relay → Water Pump 24V
- Air → nozzle
- Sistem otomatis



Cara Kerja SMARTA

Inisiasi Perintah

- MQTT.
- ESP32 → WiFi.

Aktuasi Daya

- Relay
- Sirkuit daya.
- Adaptor → water pump

Pemrosesan Logika & Kontrol

- ESP32
- Firmware
- ESP32 → relay 5V.

Distribusi Fluida

- Water pump
- Pipa PVC.
- Sprinkle & nozzle

Penghentian Operasi

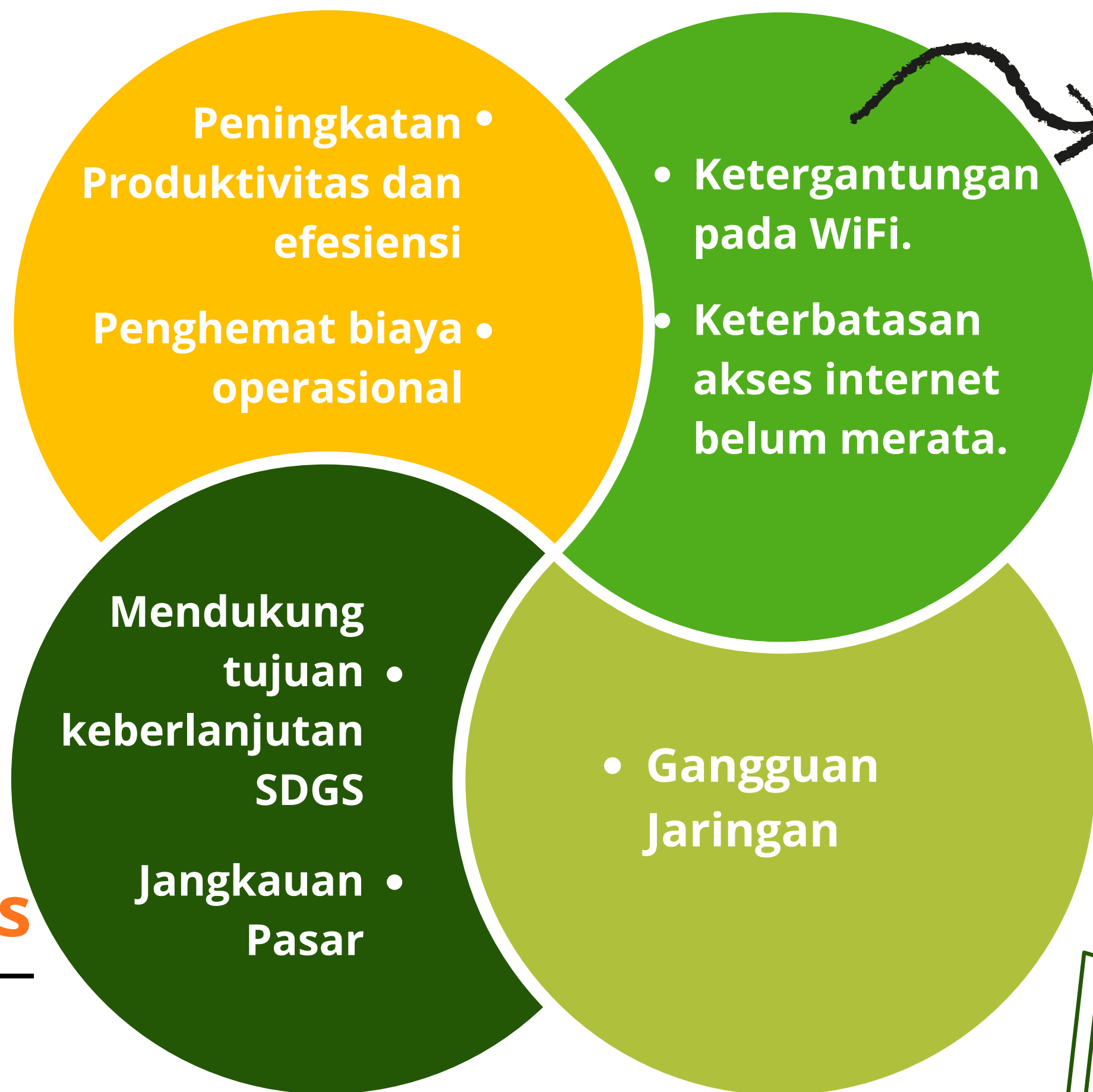
- Durasi penyiraman
- ESP32
- Relay → pompa berhenti.





Strenght

Opportunities





Market Goals

Equitas	SMARTA	Konvensional
Modal Awal	Lebih tinggi (sensor, kontrol, instalasi)	Rendah (alat sederhana)
Biaya Operasional	Rendah (otomatis, hemat tenaga)	Tinggi (butuh pekerja rutin)
Efisiensi Biaya Jangka Panjang	Tinggi, hemat air & tenaga	Rendah, biaya tetap naik
Kebutuhan Tenaga Kerja	Minim	Tinggi

Aspek	SMARTA	Konvensional
Mekanisme	Otomatis berbasis IoT	Dilakukan oleh tenaga manusia
Akurasi	Presisi sesuai kebutuhan tanaman	Rendah–sedang, bergantung intuisi
Efisiensi Air	Hemat (terukur)	Berpotensi berlebih
Tenaga Kerja	Minim	tinggi
Konsistensi	Stabil	Tidak stabil
Monitoring	Real-time via cloud	Tidak ada monitoring digital
Data	Tersimpan untuk analisis	Tidak ada data



More Information

Tabel 2. Penetapan parameter sistem dan kebutuhan air.

Parameter	Simbol	Nilai	Keterangan
Luas Lahan	A total	36 m ²	0.0036 Hektar
Kebutuhan Harian Maks	V target harian	250 ml (0.25 L)	Dipilih nilai maksimum
Sesi Penyiraman	N sesi	2 kali	Pagi dan Sore
Kebutuhan per Sesi	V sesi	125 ml (0.125 L)	250 ml/2
Kepadatan Bibit per m ²	D bibit/m ²	25 bibit/m ²	Standar penempatan bibit berdempetan
Diameter Sprinkler yang Dipilih	d spk	2,0 meter	Diameter cakupan optimal untuk PN (Micro-Sprayer)
Debit Sprinkler (Q spk)	Q spk	8 L/jam	Debit rendah yang ideal untuk irigasi PN

Tabel 3. Pengaplikasian kalibrasi durasi siram.

Parameter	Simbol	Nilai	Perhitungan & Keterangan
Total Bibit	N bibit	900 bibit	Jumlah bibit yang akan disiram
Kebutuhan Air per Bibit	V sesi	125 ml	Volume air yang harus didapatkan setiap bibit
Total Kebutuhan Air Sistem	V total	112,5 L	$900 \times 125 \text{ ml} = 112.500 \text{ ml} (112,5 \text{ L})$
Jumlah Sprinkler	N spk	30 unit	Jumlah sprinkler mikro yang digunakan
Debit Sprinkler per Unit	Q spk	8 L/jam	Debit
Total Debit Sistem	Q total	240 L/jam	$30 \text{ unit} \times 8 \text{ L/jam/unit}$
Waktu Penyiraman yang Dibutuhkan	t	0,46875 jam	$112,5 \text{ L} \div 240 \text{ L/jam}$
Waktu Konversi (Menit)	t menit	28 menit 7,5 detik	$0,46875 \text{ jam} \times 60 \text{ menit/jam}$



Politeknik LPP Yogyakarta



TERIMA KASIH

Selesai Presentasi →