

BUKU PANDUAN TEKNIS & DOKUMENTASI LENGKAP SISTEM

SMART IOT & AI PERKEBUNAN DURIAN

Otomasi Fertigasi Presisi 4-Drum (600L), Irigasi AI Multi-Multiplier, Radar Epidemiologi HPT Multi-Horizon, Fusi Sensor Rizosfer & Satelit Cuaca Global

Entitas Pengembang:	PT. Sampora Precision Agriculture - Tim Divisi Otomasi & IoT
Populasi & Varietas:	70 Pohon Durian Unggul (Musang King / D197, Bawor Banyumas, Black Thorn / D200)
Lokasi & Topografi:	Perkebunan Dataran Tinggi (619 MDPL) - Zona Agroklimat Sub-Montane Tropis
Unit Pengendali Utama:	Master Controller IoT 32-Bit Dual-Core Industrial + Dual-Core Task Scheduling
Jaringan Sensor Lapangan:	Probe Rizosfer 7-in-1 (N, P, K, pH, EC, Suhu, Lengas), Sensor Mikroklimat Tajuk & Dual Flow Meter Presisi
Satelit Cuaca Terintegrasi:	Global Weather Forecast Multi-Horizon Engine (3h Spray Guard, 12h Rain, 24h Leaching Guard)
Pusat Komputasi Server:	Server Linux Edge (Node.js AI Engine + SQLite Time-Series Database + WebSocket Real-Time)
Fase Pertumbuhan Kebun:	Fase 1: Bibit Muda (Usia 0 - 6 Bulan) - Program Inisiasi Akar & Trubus Daun Sehat
Status Verifikasi Sistem:	100% Lulus Audit Operasional Presisi & Beroperasi Penuh di Lapangan

DOKUMEN RESMI OPERASIONAL, AGRONOMI PRESISI & KELAYAKAN INVESTASI

Dokumen ini menyajikan seluruh arsitektur sistem, skematik kelistrikan fungsional, rumus matematis fertigasi, algoritma radar penyakit, SOP lapangan, dan proyeksi finansial 10 tahun.

DAFTAR ISI BUKU PANDUAN LENGKAP

Bab / Bagian	Judul Materi Pokok & Lingkup Pembahasan	Halaman
BAB 1	Profil Perkebunan, Topografi Wilayah & Zonasi Blok Tanaman	Halaman 3
BAB 2	Arsitektur Sistem Cyber-Physical IoT & Topologi Komunikasi	Halaman 3
BAB 3	Desain Skematik Fungsional, Rangkaian Proteksi Snubber & Kanal I/O	Halaman 4
BAB 4	Spesifikasi Sensor Lapangan, Register Analitik & Kalibrasi Debit Air	Halaman 5
BAB 5	Algoritma Kecerdasan Buatan (Decision Engine, AI Multiplier & Satelit)	Halaman 6
BAB 6	Panduan Operasional Fertigasi Presisi 4-Drum (600L) & Protokol Anti-Endapan	Halaman 7
BAB 7	Radar Epidemiologi HPT Multi-Horizon, Jendela Emas Semprot & Metode WALES	Halaman 8
BAB 8	Panduan Antarmuka Pengguna (Web Dashboard & Mobile Precision Dock)	Halaman 9
BAB 9	Studi Kelayakan Finansial, Komparasi Investasi & Keputusan Resmi	Halaman 10
BAB 10	Standar Pemeliharaan, Troubleshooting & Prosedur Pembaruan Nirkabel (OTA)	Halaman 12
LAMPIRAN	Lembar Pengesahan Sistem & Kontak Teknis Operasional	Halaman 12

BAB 1: PROFIL PERKEBUNAN & ZONASI BLOK TANAMAN

Perkebunan durian berlokasi pada elevasi **619 meter di atas permukaan laut (MDPL)** yang tergolong dalam zona iklim dataran tinggi basah (*sub-montane microclimate*). Kondisi agroklimat ini memiliki amplitudo suhu harian 22 C s/d 31 C dan kelembaban udara rata-rata 60% s/d 85% RH, yang merupakan habitat ideal bagi varietas durian unggul bernilai ekonomis tinggi.

Nomor Jalur / Blok	Katup Solenoid	Jumlah Pohon	Varietas Dominan	Panjang Pipa Distribusi
Blok Jalur 1	Katup Jalur 1 (Kanal 1)	12 Pohon	Musang King (D197) Super	50 Meter (Pipa HDPE 3/4")
Blok Jalur 2	Katup Jalur 2 (Kanal 2)	12 Pohon	Musang King (D197) Super	50 Meter (Pipa HDPE 3/4")
Blok Jalur 3	Katup Jalur 3 (Kanal 3)	12 Pohon	Bawor Banyumas Kaki Tiga	50 Meter (Pipa HDPE 3/4")
Blok Jalur 4	Katup Jalur 4 (Kanal 4)	12 Pohon	Bawor Banyumas Kaki Tiga	50 Meter (Pipa HDPE 3/4")
Blok Jalur 5	Katup Jalur 5 (Kanal 5)	11 Pohon	Black Thorn (D200) / Ochee	45 Meter (Pipa HDPE 3/4")
Blok Jalur 6	Katup Jalur 6 (Kanal 6)	11 Pohon	Super Tembaga / D200	45 Meter (Pipa HDPE 3/4")
TOTAL KEBUN	6 Jalur Aktif	70 POHON	Varietas Unggul Terpilih	Total Pipa: 290 Meter

BAB 2: ARSITEKTUR CYBER-PHYSICAL IOT & TOPOLOGI JARINGAN

Sistem menerapkan arsitektur **3-Tier Closed-Loop Cyber-Physical System** yang menjamin keandalan kontrol di kebun tanpa jeda (*zero latency*) dan memiliki proteksi fail-safe mandiri:

1. Tingkat Lapangan & Akuisisi Data (Field & Sensing Layer):

Probe sensor tanah multi-parameter ditanam pada kedalaman zona perakaran aktif (30 cm). Sensor mengalirkan data analitis kimia-fisika tanah secara berkala melalui kabel berpelindung (*shielded twisted-pair*) menggunakan bus komunikasi serial industri yang tahan terhadap interferensi medan elektromagnetik.

2. Tingkat Pengendali Mikro Lapangan (Master Controller Layer):

Unit pengendali mikro dual-core mengalokasikan tugas komputasi secara independen:

- *Core Jaringan:* Menangani stack protokol komunikasi TCP/IP WiFi, client message queue, server pembaruan firmware nirkabel, dan watchdog pengawas integritas koneksi.
- *Core Logika & Hidrolika:* Menangani interupsi frekuensi pulsa flow meter berakurasi tinggi, polling register sensor, timer proteksi keselamatan (60 menit batas henti darurat), dan aktivasi relay aktuator.

3. Tingkat Server Edge & Kecerdasan Buatan (AI Engine Layer):

Pusat komputasi server edge menyimpan deret waktu (*time-series database*) telemetri, mengevaluasi model epidemiologi penyakit multi-horizon (24h / 72h / 7d), mengkalkulasi faktor pengali agronomi dinamis, dan melayani antarmuka pengguna dashboard real-time.

Protokol Komunikasi	Jalur Fisik	Fungsi & Karakteristik
Bus Komunikasi Industri	Kabel Shielded 2-Wire (A+, B-)	Pembacaan Sensor Tanah 7-in-1 & Sensor Mikroklimat Udara Bebas Gangguan
Message Queue (MQTT)	TCP/IP WiFi 2.4 GHz (Port 1883)	Pertukaran data real-time: Telemetri (5s), Perintah Aktuator, Status, & Log Internal
WebSocket Real-Time	HTTP Port 8088	Komunikasi dua arah berkecepatan tinggi antara antarmuka pengguna dengan server
REST API Endpoints	HTTP GET / POST	Layanan data terstruktur: `/api/history`, `/api/disease_radar_ai`, `/api/agronomy/future-advisory`
OTA Engine Nirkabel	HTTP Port 80	Pembaruan program binary pengendali lapangan via WiFi tanpa membuka box panel fisik

BAB 3: DESAIN SKEMATIK ELEKTRONIK & KANAL I/O FUNGSIONAL

Seluruh penetapan kanal I/O unit pengendali telah dirancang secara presisi dengan pemisahan jalur daya optocoupler terisolasi:

Kanal I/O Kontroler	Arah Sinyal	Aktuator / Sensor Terhubung	Logika Kerja & Fungsi Proteksi
Kanal Output Relay 1	OUTPUT	Relay Katup Blok Jalur 1	Active-LOW (Kontrol Solenoid Valve Jalur 1)
Kanal Output Relay 2	OUTPUT	Relay Katup Blok Jalur 2	Active-LOW (Kontrol Solenoid Valve Jalur 2)
Kanal Output Relay 3	OUTPUT	Relay Katup Blok Jalur 3	Active-LOW (Kontrol Solenoid Valve Jalur 3)
Kanal Output Relay 4	OUTPUT	Relay Katup Blok Jalur 4	Active-LOW (Kontrol Solenoid Valve Jalur 4)
Kanal Output Relay 5	OUTPUT	Relay Katup Blok Jalur 5	Active-LOW (Kontrol Solenoid Valve Jalur 5)
Kanal Output Relay 6	OUTPUT	Relay Katup Blok Jalur 6	Active-LOW (Kontrol Solenoid Valve Jalur 6)
Kanal Output Relay 7	OUTPUT	Relay Katup Suplai Pupuk (V7)	Active-LOW (Suplai Nutrisi dari Toren Pupuk 600L)
Kanal Output Relay 8	OUTPUT	Relay Katup Air Utama (V8)	Active-LOW (Suplai Air Toren Utama & Siklus Pembilas)
Kanal Output Relay 9	OUTPUT	Relay Pompa Injeksi Dosing	Active-LOW (Pompa Dosing Kimia Penggerak Magnetik)
Kanal Input Pulsa 1	INPUT	Digital Flow Meter Air Utama	Hardware Interrupt FALLING edge + Resistor Pull-up + Debounce Filter
Kanal Input Pulsa 2	INPUT	Digital Flow Meter Pupuk Cair	Hardware Interrupt FALLING edge + Resistor Pull-up + Debounce Filter
Kanal Serial Bus RX	INPUT	Penerima Jalur Bus Sensor	Penerimaan paket data telemetri serial berkecepatan 9600 Baud
Kanal Serial Bus TX	OUTPUT	Pengirim Jalur Bus Sensor	Pengiriman query polling data ke sensor tanah & iklim
Kanal Arah Bus Control	OUTPUT	Pengontrol Arah Transceiver Bus	Direction Switch (HIGH = Mengirim Perintah, LOW = Menerima Data)
Kanal Sensor Lingkungan	INPUT/OUTPUT	Sensor Iklim Tajuk Daun	Akuisisi temperatur lingkungan & kelembaban relatif kanopi
Kanal Sensor Hujan Fisik	INPUT	Sensor Presipitasi Hujan Fisik	Deteksi konduktivitas tetesan hujan instan di area perkebunan

STANDAR KESELAMATAN & PROTEKSI ELEKTRONIK

RANGKAIAN PROTEKSI PEREDAM INDUKTIF (RC SNUBBER NETWORK):
Saat katup solenoid atau pompa dimatikan, pemutusan arus induktif menghasilkan lonjakan tegangan transien balik (*inductive kickback*) yang dapat mencapai ratusan volt. Modul **Peredam Transien RC Snubber (Kapasitor 0.1 uF Kelas-X2 275VAC + Resistor 100 Ohm Daya 2W)** wajib terpasang paralel pada setiap terminal kontak relay. Rangkaian ini menyerap percikan bunga api listrik, mencegah degradasi kontak mekanik, dan mengeliminasi interferensi frekuensi tinggi.

BAB 4: SPESIFIKASI SENSOR LAPANGAN, REGISTER ANALITIK & DEBIT AIR

1. Probe Sensor Multi-Parameter Rizosfer Tanah (7 Parameter Simultan):

Sensor menggunakan elektroda probe baja tahan karat standar industri (*anti-corrosion grade*) dengan register holding analitis:

Parameter Kimia / Fisika Tanah	Alamat Register Data	Resolusi / Satuan	Rentang Pengukuran	Kompensasi Suhu
Suhu Tanah Rizosfer	0x0000	0.1 C	-40 C s/d +80 C	Internal Thermistor
Lengas Tanah (Moisture)	0x0001	0.1 %	0.0% s/d 100.0%	Kompensasi Otomatis
Konduktivitas Listrik (EC)	0x0002	1 uS/cm	0 s/d 20.000 uS/cm	Terkoreksi Suhu 25 C
pH Derajat Keasaman Tanah	0x0003	0.01 pH	3.00 s/d 9.00 pH	Kompensasi Elektrolit
Ketersediaan Nitrogen (N)	0x0004	1 mg/kg (PPM)	0 s/d 1.999 mg/kg	Tersedia
Ketersediaan Fosfor (P)	0x0005	1 mg/kg (PPM)	0 s/d 1.999 mg/kg	Tersedia
Ketersediaan Kalium (K)	0x0006	1 mg/kg (PPM)	0 s/d 1.999 mg/kg	Tersedia
Total Padatan Terlarut (TDS)	0x0007	1 mg/L	0 s/d 10.000 mg/L	Dikonversi dari EC

2. Kalibrasi Digital Flow Meter Presisi (Air Utama & Pupuk Dosing):

Flow Meter beroperasi berdasarkan prinsip induksi magnetik rotor turbin yang memicu sensor efek Hall secara proporsional.

- **Karakteristik Frekuensi Pulsa:** $F\text{ (Hz)} = 5.5 \times \text{Debit (L/menit)}$.
- **Faktor Konversi Volume:** $330\text{ Pulsa} = \text{Tepat } 1.0\text{ Liter Cairan}$.
- **Perhitungan Debit Real-Time:** Debit fluida dihitung setiap detik: $Q\text{ (L/min)} = \text{Frekuensi Pulsa} / 5.5$.
- **Akumulasi Volume Tertutup:** $\text{Volume Total} = \text{Akumulasi Pulsa} / 330.0$.

3. Pemodelan Defisit Tekanan Uap (Vapor Pressure Deficit / VPD):

VPD merepresentasikan daya dorong evaporasi atmosfer dan keterbukaan pori-pori stomata daun durian yang dihitung secara real-time dari data sensor suhu (T) dan kelembaban udara (RH):

Rumus Matematis Tekanan Uap Jenuh (Saturated Vapor Pressure):

- $VP_{sat} = 0.61078 \times \exp((17.27 \times T) / (T + 237.3))\text{ [kPa]}$

Rumus Matematis Defisit Tekanan Uap (VPD Aktual):

- $VPD = VP_{sat} \times (1.0 - (RH / 100.0))\text{ [kPa]}$

Interpretasi Klinis Agronomi:

- **VPD Optimal (0.80 - 1.20 kPa):** Buka stomata 100%, fotosintesis & serapan pupuk daun maksimal.
- **VPD Kering / Panas Terik (> 1.60 kPa):** Stomata menutup rapat mencegah dehidrasi. **DILARANG SEMPROT.**
- **VPD Jenuh Basah (< 0.40 kPa):** Udara jenuh, transpirasi macet, risiko tinggi infeksi jamur *Phytophthora*.

BAB 5: ALGORITMA KECERDASAN BUATAN & SATELIT CUACA

Sistem menerapkan **Agronomic Decision Engine** berbasis fusi sensor lapangan dan satelit cuaca yang secara otomatis memodulasi kuota air dan pupuk:

Parameter Input Sensor	Nilai Telemetry	Faktor Pengali (Multiplier)	Aksi Logika AI & Alasan Fisiologis Tanaman
pH Derajat Keasaman	6.00 - 7.00	x1.00 (100% Normal)	Zona serapan optimal - unsur makro NPK dan mikro Ca-Mg diserap sempurna.
pH Derajat Keasaman	5.50 - 5.99	x0.85 (85% Dosis)	Kondisi agak masam - efisiensi pupuk menurun, dosis dikurangi proporsional.
pH Derajat Keasaman	< 5.50	x0.00 (LOCKOUT)	KONDISI MASAM EKSTREM - Penguncian otomatis pupuk kimia untuk mencegah toksisitas Al/Fe.
Lengas Tanah	< 25.0 %	x1.30 (+30% Air)	Tanah kering defisit - penambahan volume irigasi untuk memulihkan kapasitas lapang.
Lengas Tanah	25.0 - 34.9 %	x1.15 (+15% Air)	Defisit ringan - penambahan durasi penyiraman secara terukur.
Lengas Tanah	35.0 - 55.0 %	x1.00 (Kapasitas Lapang)	Kelembaban rizosfer ideal - volume irigasi berjalan sesuai baseline.
Lengas Tanah	55.1 - 65.0 %	x0.75 (-25% Air)	Tanah cukup basah - pengurangan kuota air guna mencegah pemborosan.
Lengas Tanah	> 65.0 %	x0.50 (-50% Air)	KONDISI BECEK / JENUH - Pemotongan air maksimal guna mencegah asfiksia & busuk akar.
Suhu Tanah Rizosfer	> 31.0 C	+15% Air Siram	Pendinginan Zona Perakaran (*Rootzone Cooling*) di siang hari terik.
Satelit Horison 3 Jam	Peluang Hujan >= 50%	LOCKOUT SPRAY	LARANGAN SEMPROT - Mencegah bahan aktif tercuci air hujan (*Washout Prevention*).
Satelit Horison 12 Jam	Peluang Hujan >= 60%	-50% Air Siram	Pemotongan jadwal siram sore karena diprediksi akan turun hujan lebat.
Satelit Horison 24 Jam	Curah Hujan > 25 mm	HOLD FERTIGASI	TUNDA PEMUPUKAN 24 JAM - Mencegah larutan hara terlarut hanyut oleh limpasan air.

BAB 6: PANDUAN OPERASIONAL FERTIGASI PRESISI 4-DRUM (600L)

Sistem fertigasi mengadopsi **Manifold Terpisah 4 Drum @ 150 Liter (Total 600 Liter)** yang terhubung ke pompa injeksi presisi. Metode pemisahan ini mengeliminasi risiko presipitasi kimia (pengendapan garam kalsium-fosfat yang menyumbat pipa):

Wadah Drum (150L)	Kategori Unsur Pupuk	Bahan Pupuk Komersial	Fungsi Fisiologis & Catatan
Drum 1 (150 Liter)	Unsur Nitrogen (N)	Urea (46% N) / ZA (21% N) / Kalsium Nitrat	Mendorong pembentukan klorofil, tunas daun, & ranting vegetatif.
Drum 2 (150 Liter)	Unsur Fosfat (P)	SP-36 / MAP (12-61-0) / MKP (0-52-34)	Merangsang pertumbuhan perakaran halus & pembentukan energi sel.
Drum 3 (150 Liter)	Unsur Kalium (K)	SOP Kalium Sulfat (50% K2O - Bebas Klor)	Memperkokoh kayu batang, ketahanan penyakit, & kualitas buah.
Drum 4 (150 Liter)	Bio-Stimulan & Organik	Asam Humat 85% / POC Organik / Asam Amino	Meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK) & kesehatan mikroba rizosfer.

Matriks Kebutuhan Dosis Nutrisi NPK Berdasarkan Fase Pertumbuhan Pohon:

Fase Usia Tanam	Usia Pohon	Target NPK / Pohon	Volume Pupuk Cair / Pohon	Total Kebun (70 Pohon)	Frekuensi Aplikasi
Fase 1: Bibit Muda (Saat Ini)	1 - 6 Bulan	5.0 - 8.0 gram NPK	1.5 - 2.5 Liter / pohon	105 - 175 Liter	1x per Minggu
Fase 2: Vegetatif Aktif	7 - 18 Bulan	10.0 - 20.0 gram NPK	3.0 - 6.0 Liter / pohon	210 - 420 Liter	1x per Minggu
Fase 3: Kerangka Percabangan	19 - 36 Bulan	25.0 - 50.0 gram NPK	7.5 - 15.0 Liter / pohon	525 - 1.050 Liter	1x per 2 Minggu
Fase 4: Induksi Bunga	37 - 48 Bulan	80.0 - 120.0 gram NPK	24.0 - 36.0 Liter / pohon	1.680 - 2.520 Liter	Aplikasi Khusus MKP/KNO3
Fase 5: Pembesaran Buah	49 - 60 Bulan	150.0 - 200.0 gram NPK	45.0 - 60.0 Liter / pohon	3.150 - 4.200 Liter	2x per Bulan
Fase 6: Pohon Dewasa Prima	> 60 Bulan	250.0 - 350.0 gram NPK	75.0 - 105.0 Liter / pohon	5.250 - 7.350 Liter	2x per Bulan

STANDAR OPERASIONAL PROSEDUR (SOP) FERTIGASI

PROTOKOL DUA-FASE INJEKSI & PEMBILASAN OTOMATIS (TWO-PHASE FLUSHING):

1. **Fase 1 (Injeksi Nutrisi Murni):** Katup Blok Target + Katup Pupuk (V7) + Pompa Dosing AKTIF secara simultan. Air utama (V8) ditutup untuk mencegah *backflow*.
2. **Fase 2 (Pembilasan Bersih / Clean Flushing):** Pompa Dosing dan Katup Pupuk (V7) DIMATIKAN, lalu Katup Air Utama (V8) AKTIF selama 20-30 detik guna mendorong sisa pupuk keluar dari pipa ke perakaran. Hal ini menjamin pipa selalu bersih bebas kerak kristal pupuk.

BAB 7: RADAR EPIDEMIOLOGI HPT, JENDELA EMAS & METODE WALES

Sistem menjalankan model epidemiologi **Multi-Horizon Threat Radar (24h / 72h / 7d)** untuk mendeteksi dini 5 ancaman utama kebun durian:

Hama / Penyakit Sasaran	Kondisi Pemicu Multi-Horizon	Jam Emas Aplikasi	Formulasi Rekomendasi per Tangki 16L	Batas Henti Semprot
Kanker Batang & Busuk Akar (Phytophthora)	RH >85% + Jam basah 72h >24 jam + pH masam (<5.8)	06:00 - 08:30 WIB (Pagi hari)	40g Fosetil-Aluminium 80% / 25g Metalaksil + 8ml Perekat	Kembali ke preventif saat luka batang kering.
Kutu Loncat & Thrips Daun Muda	Trubus daun muda + VPD 1.2-1.6 kPa + Suhu panas >30 C	06:00 - 08:00 WIB (Pagi hari)	12ml Abamektin 18 EC + 25ml Asam Amino + 8ml Perekat	Hentikan insektisida saat daun tua mengeras.
Penggerek Batang & Cabang (Xyleborus)	Kumbang aktif saat senja + Kayu cabang membesar	16:00 - 17:30 WIB (Sore hari)	8ml Klorantraniliprol / 16ml Fipronil + Kuas Bubur Kalifornia	Hentikan suntik liang jika serbuk kayu berhenti.
Antraknosa & Hawar Daun (Colletotrichum)	Daun basah kumulatif 72h >30 jam + RH >82%	06:30 - 08:30 WIB (Pagi hari)	10ml Difenokonazol + 6ml Azoksistrobin + 8ml Perekat	Sanitasi ranting tumpang tindih.
Layu Pembuluh & Busuk Leher Akar (Fusarium)	Suhu tanah >28 C + Hipoksia drainase buruk	07:00 - 09:30 WIB (Kocor tanah)	160g Hayati Trichoderma + 30g Asam Humat (Buka Nosel Kocor)	Lanjutkan agen hayati rutin 1 bulan sekali.

Protokol Baku Pencampuran Bahan Aktif 1 Tangki (Metode WALES):

Untuk mencegah terjadinya penggumpalan bahan aktif kimia yang dapat menyumbat nosel atau membakar daun (*fitotoksitas*), urutan pelarutan WAJIB mengikuti urutan **W - A - L - E - S**:

1. **W (Water):** Isi tangki 16 Liter dengan air bersih hingga mencapai 50% volume (8 Liter).
2. **A (Agitation):** Nyalakan pengaduk / sirkulasi air sebelum memasukkan obat apa pun.
3. **L (Liquid / Soluble):** Masukkan formula berbentuk cairan pekat larut air (SL / SC / Asam Amino).
4. **E (Emulsifiable):** Masukkan formula berbasis minyak emulsi (EC / EW).
5. **S (Surfactant / Sticker):** Terakhir, masukkan perekat non-ionik / perata organosilikon lalu penuhi air hingga 16 Liter.

PANTANGAN KESELAMATAN AGRONOMI

PANTANGAN MUTLAK KAPAN WAJIB STOP PENYEMPROTAN (ABSOLUTE STOP RULES):

- **Fase Bunga Mekar Penuh (Anthesis 14-21 Hari):** DILARANG KERAS menyemprot insektisida/fungisida kimia pada bunga mekar karena mematikan lebah & kumbang penyerbuk alami, yang menyebabkan gagal bakal buah.
- **Batas Waktu Pra-Panen (Pre-Harvest Interval / PHI 14 Hari):** Hentikan total aplikasi kimia sintetis minimal 14 hari sebelum pemetikan buah matang agar hasil panen 100% bebas residu kimia berbahaya.

BAB 8: PANDUAN PENGGUNAAN WEB & MOBILE PRECISION DOCK

Dashboard operasional dapat diakses dari browser komputer maupun smartphone melalui URL lokal **http://10.99.0.8:8088**. Antarmuka mengusung struktur tab navigasi modern tanpa pengguliran panjang (*zero endless scrolling*):

Komponen / Tab Antarmuka	Lokasi Akses	Fungsi Operasional & Indikator Kunci
Bar Status Diagnostik	Header Atas	Indikator chip status real-time: Server Cloud/Lokal, Kontroler IoT, Bus Sensor, Sensor Tanah, Sensor Udara.
Tab 1: Telemetri & Cuaca	Tab Pertama (Telemetri)	Pita telemetri instan (Suhu, Lengas, NPK, pH, EC, VPD), radar cuaca satelit 12 jam, & status kelembapan daun.
Tab 2: Penyiraman & Katup	Tab Kedua (Irigasi)	Sakelar kontrol Katup 1-6, Katup Pupuk V7, Katup Air V8, Pompa Dosing, & Tombol Makro Siram Otomatis.
Tab 3: Fertigasi & Nutrisi AI	Tab Ketiga (Fertigasi)	Nutri-Forecast 4 KPI deret waktu, kalkulator timbangan resep 4 drum 150L, & matriks formulasi NPK lengkap.
Tab 4: Radar Hama & Semprot	Tab Keempat (Proteksi)	Executive Threat Radar 5 penyakit, sinkronisasi 1-klik ke kalkulator tangki 16L, & katalog diagnosis HPT.
Tab 5: Riwayat & Log Grafis	Tab Kelima (Analitik)	Grafik interaktif multi-parameter dengan filter rentang data & terminal log konsol mikrokontroler real-time.
Proteksi PIN Otorisasi	Modal Kunci Keamanan	Pengamanan katup dan pompa menggunakan PIN otorisasi (Sesi buka kunci aman selama 10 menit).
Mobile Precision Dock	Bilah Bawah Smartphone	Navigasi melayang responsif: Telemetri, Irigasi, Fertigasi, Proteksi, Analitik, Parameter.

BAB 9: STUDI KELAYAKAN EKONOMI, KOMPARASI INVESTASI & KEPUTUSAN

Studi kelayakan finansial menguji proyeksi bisnis perkebunan **70 Pohon Durian Unggul** selama 10 tahun berdasarkan asumsi harga jual konservatif tingkat kebun **Rp 135.000 / kg** (Grade A):

Thn	Fase Pertumbuhan Pohon	Kg/Pohon	Total Panen	Omset Bruto (Rp)	Biaya Opex (Rp)	Profit Bersih (Rp)
1	Fase 1: Vegetatif Muda (Investasi Awal)	0 kg	0 kg	Rp 0	Rp 20.000.000	-Rp 20.000.000
2	Fase 2: Vegetatif Pembesaran Batang	0 kg	0 kg	Rp 0	Rp 22.000.000	-Rp 22.000.000
3	Fase 3: Pembentukan Kerangka Kanopi	0 kg	0 kg	Rp 0	Rp 25.000.000	-Rp 25.000.000
4	Fase 4: Panen Belajar (10-12 buah/pohon)	25 kg	1.750 kg	Rp 236.250.000	Rp 32.000.000	+Rp 204.250.000
5	Fase 5: Produksi Awal (25-30 buah/pohon)	60 kg	4.200 kg	Rp 567.000.000	Rp 38.000.000	+Rp 529.000.000
6	Fase 5: Produksi Berkembang (45-50 bh)	100 kg	7.000 kg	Rp 945.000.000	Rp 45.000.000	+Rp 900.000.000
7	Fase 5: Produksi Stabil (65-70 buah/pohon)	140 kg	9.800 kg	Rp 1.323.000.000	Rp 52.000.000	+Rp 1.271.000.000
8	Fase 6: Menuju Masa Prima (80-90 buah)	175 kg	12.250 kg	Rp 1.653.750.000	Rp 58.000.000	+Rp 1.595.750.000
9	Fase 6: Masa Prima (100-110 buah/pohon)	210 kg	14.700 kg	Rp 1.984.500.000	Rp 62.000.000	+Rp 1.922.500.000
10	Fase 6: Puncak Produktivitas (120-130 bh)	250 kg	17.500 kg	Rp 2.362.500.000	Rp 68.000.000	+Rp 2.294.500.000
TO TAL	AKUMULASI TOTAL 10 TAHUN	-	67.200 kg	Rp 9.072.000.000	Rp 422.000.000	Rp 8.650.000.000

9.1. Metrik Kelayakan Finansial Komprehensif (Valuation Metrics):

Indikator Kelayakan Finansial	Nilai Perhitungan	Standar Kelayakan	Status / Interpretasi
Net Present Value (NPV @ 10%)	Rp 3.967.462.777 (Rp 3,96 Milyar)	NPV > 0	SANGAT LAYAK (Nilai bersih uang hari ini jauh melampaui modal).
Internal Rate of Return (IRR)	98.34 % per tahun	IRR > Suku Bunga (6%)	LUAR BIASA TINGGI (Pengembalian modal 98.3% per tahun).
Benefit-Cost Ratio (B/C Ratio)	15.06 x	B/C Ratio > 1.0	SANGAT MENGUNTUNGKAN (Setiap Rp 1 biaya menghasilkan Rp 15).
Payback Period (Titik Impas BEP)	3.6 Tahun (Tahun ke-4)	PBP < 5 Tahun	CEPAT (Tahun ke-4 investasi lunas dan mulai mencetak profit masif).
Akumulasi Profit Bersih 10 Thn	Rp 8.650.000.000 (Rp 8,65 Milyar)	Positif	PASSIVE INCOME (Menghasilkan rata-rata Rp 865 Juta s/d Rp 2,2 M/thn).

9.2. Studi Komparasi Terhadap Portofolio Investasi Alternatif:

Instrumen Investasi	Rata-rata Return / Thn	Waktu Balik Modal	Tingkat Risiko & Karakteristik	Proteksi Inflasi
Deposito Bank / Obligasi SBN	5.0% - 6.5% p.a.	15 - 20 Tahun	Rendah (Tetapi tergerus inflasi 3-4% & pajak 20%)	Lemah
Reksadana Saham / IHSG	9.0% - 12.0% p.a.	8 - 10 Tahun	Sedang - Tinggi (Fluktuasi sentimen pasar modal)	Sedang
Properti Komersial / Ruko	5.0% - 7.5% p.a.	12 - 15 Tahun	Sedang (Capital outlay besar, risiko kekosongan penyewa)	Baik
Kebun Durian Konvensional (Tanpa IoT)	18.0% - 25.0% p.a.	6 - 7 Tahun	TINGGI (Risiko kematian bibit 35-50%, rentan mati akar)	Baik
Kebun Durian Smart IoT & AI (Proyek Ini)	> 45.0% - 98.3% p.a.	3.6 Tahun	TERKENDALI (Tingkat keberhasilan >95%, perlindungan AI)	SANGAT KUAT

KEPUTUSAN RESMI KELAYAKAN INVESTASI

KESIMPULAN AKHIR & KEPUTUSAN INVESTASI (INVESTMENT VERDICT):

Berdasarkan seluruh perhitungan valuasi finansial (NPV Positif Rp 3,96 Milyar, IRR 98.34%, B/C Ratio 15.06, dan Payback Period 3.6 Tahun) serta mitigasi risiko agronomi berbasis teknologi IoT & AI:

- **KEPUTUSAN: PROYEK DINYATAKAN SANGAT LAYAK INVESTASI (STRONGLY RECOMMENDED).**
- **REKOMENDASI EKSEKUTIF:** Pertahankan SOP pemupukan 4-drum dan penyiraman AI secara konsisten untuk memaksimalkan akumulasi biomassa dan produktivitas buah durian grade premium.

BAB 10: STANDAR PEMELIHARAAN, TROUBLESHOOTING & WEB OTA

Gejala / Masalah	Kemungkinan Penyebab	Langkah Perbaikan & Solusi Teknis Lapangan
Sensor Tanah Status Offline	Kabel bus kendur atau polaritas A/B terbalik	1. Periksa terminal jalur komunikasi A+ dan B- pada unit transceiver. 2. Pastikan tegangan suplai DC 12V stabil (min 11.5V). 3. Cek lampu indikator transmisi data RX/TX.
Debit Aliran 0 L/min saat katup ON	Turbin tersumbat pasir / lumut	1. Buka penutup flow meter dan bersihkan rotor magnetik. 2. Pasang filter saringan (*disc filter 120 mesh*) sebelum flow meter.
Sistem Restart / WiFi Terputus	Lonjakan tegangan transien aktuator	1. Pastikan modul RC Snubber terpasang di kontak relay NO-COM. 2. Pisahkan sumber daya logika 5V dengan beban daya 12V/220V.
Pembaruan Program Nirkabel (OTA)	Prosedur Web OTA Update	1. Jalankan script OTA otomatis dari server. 2. Server mengunggah binary ke unit pengendali via WiFi tanpa membuka panel fisik.

LEMBAR PENGESAHAN DOKUMEN SISTEM SMART IOT KEBUN DURIAN

Dokumen teknis dan panduan operasional ini telah melalui proses audit menyeluruh, pengujian telemetri perangkat keras secara langsung, dan dinyatakan **100% Sah, Terverifikasi, dan Siap Digunakan sebagai Standar Operasional Perkebunan Durian.**

Lokasi: Kebun Durian Dataran Tinggi (619 MDPL) • Tanggal Pengesahan: 18 Agustus 2026

PT. SAMPORA PRECISION AGRICULTURE - DIVISI OTOMASI & IOT