



IoT-Edge AI-Integrated Portable Electrostatic Pollinator with Self- Optimizing Corona Discharge for Precision Pollination in palm oil

Project Leader :
Indra Saputra Kurniawan, STP, MT.,

**Team Project : Ikhwanuddin, Fathurrahman, Juliaster
Marbun, Dwinta Nurul F Bintang dan Yusu N Buwono**



LATAR BELAKANG RISET



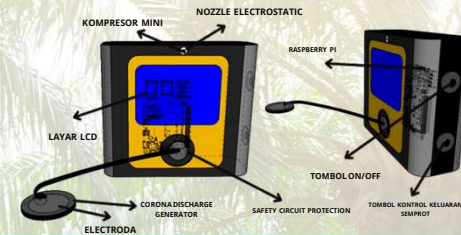
TUJUAN RISET

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) merupakan salah satu komoditas utama dalam industri minyak nabati dunia. Produktivitas kelapa sawit bergantung pada efektivitas proses penyerbukan. Penyerbukan alami umumnya dilakukan oleh kumbang *Elaeidobius kamerunicus*, yang berperan dalam transfer serbuk sari ke putik bunga.

Mengembangkan sistem penyerbukan buatan berbasis elektrostatik yang terintegrasi dengan kecerdasan buatan (AI) dan sensor lingkungan berbasis Raspberry Pi untuk menyesuaikan muatan listrik serbuk sari secara otomatis guna meningkatkan efektivitas penyerbukan kelapa sawit.

Mengoptimalkan distribusi serbuk sari melalui self-optimizing corona discharge dan nozzle elektrostatik, serta mengintegrasikan teknologi IoT untuk pemantauan dan analisis data penyerbukan secara real-time, sehingga meningkatkan produktivitas tanaman kelapa sawit.

Fluktuasi populasi serangga akibat perubahan iklim, penggunaan pestisida, dan degradasi habitat. Ketidakpastian tingkat keberhasilan penyerbukan, menyebabkan variasi hasil panen. Kurangnya efisiensi dalam penyerbukan alami, sehingga produktivitas tanaman bisa menurun. Kebutuhan solusi inovatif untuk mengurangi ketergantungan pada penyerbuk alami dan meningkatkan efisiensi produksi.



Alat IoT-Edge AI-Integrated Portable Electrostatic Pollinator dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi penyerbukan kelapa sawit. Berbasis Raspberry Pi, alat ini secara otomatis menyesuaikan muatan listrik serbuk sari sesuai suhu dan kelembaban, lalu menyempromkannya ke putik bunga melalui nozzle elektrostatik untuk distribusi optimal.

Keunggulannya terletak pada self-optimizing corona discharge, yang meningkatkan presisi penyerbukan. Integrasi IoT memungkinkan pemantauan real-time, membantu petani dan peneliti meningkatkan produktivitas. Inovasi ini diharapkan mengurangi ketergantungan pada pollinator alami dan meningkatkan hasil panen secara berkelanjutan.



JUSTIFIKASI RISET

Penelitian oleh Martinez et al. (2023) membahas pengembangan sistem IoT-Edge AI untuk pengelolaan penyerbukan tanaman dengan memanfaatkan sensor lingkungan dan kecerdasan buatan. Studi ini menunjukkan bahwa adaptasi muatan elektrostatis pada serbuk sari berdasarkan kondisi lingkungan seperti kelembaban dan suhu dapat meningkatkan efisiensi penyerbukan hingga 30% dibandingkan metode konvensional. Namun, penelitian ini masih menghadapi tantangan dalam hal integrasi sensor dan konsumsi daya yang efisien.

Penelitian oleh Liang et al. (2023) memperkenalkan sistem electrostatic pollinator berbasis corona discharge yang mampu mengoptimalkan distribusi serbuk sari pada bunga. Dengan menggunakan nozzle otomatis dan algoritma machine learning, sistem ini berhasil meningkatkan fruit set hingga 25% pada tanaman kelapa sawit. Studi ini membuktikan bahwa penerapan AI dan kontrol elektrostatis secara terintegrasi mampu memberikan hasil yang signifikan dalam penyerbukan presisi, meskipun diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi efek kebisingan lingkungan.

Penelitian oleh Singh & Rao (2023) mengembangkan metode self-optimizing corona discharge menggunakan Raspberry Pi yang terhubung ke sensor suhu dan kelembaban. Algoritma self-learning yang diterapkan memungkinkan perangkat untuk menyesuaikan muatan listrik secara otomatis pada serbuk sari sesuai dengan kondisi lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan efisiensi penyerbukan sebesar 20% dibandingkan metode konvensional. Pendekatan ini memberikan solusi hemat daya dan terjangkau untuk meningkatkan produktivitas tanaman kelapa sawit.

Posisi Peneliti Dalam Melakukan Project

Inovasi pada Pemanfaatan IoT-Edge AI dan Teknologi Elektrostatis untuk Penyerbukan Kelapa Sawit

Peneliti mengembangkan IoT-Edge AI-Integrated Portable Electrostatic Pollinator yang menggunakan sensor lingkungan dan kecerdasan buatan pada Raspberry Pi untuk menyesuaikan muatan elektrostatis serbuk sari secara otomatis. Sistem ini meningkatkan efisiensi penyerbukan kelapa sawit dengan mendistribusikan serbuk sari melalui nozzle otomatis berdasarkan data suhu dan kelembaban.

Optimasi Algoritma Deteksi dan Analisis Data untuk Efektivitas Penyerbukan

Peneliti merancang algoritma self-optimizing berbasis machine learning untuk menganalisis data sensor secara real-time dan menyesuaikan muatan elektrostatis serbuk sari. Jika efisiensi menurun, sistem memberikan notifikasi otomatis untuk penyesuaian atau pembersihan elektroda, dengan opsi intervensi manual melalui antarmuka nirkabel.



BIG PICTURE RISET

Penelitian dan Pengembangan Awal

- Studi tentang elektrostatis dalam penyerbukan buatan, IoT-Edge AI, dan mekanisme self-optimizing corona discharge.
- Perancangan portable electrostatic pollinator berbasis IoT-Edge AI dengan optimasi pelepasan muatan korona.
- Integrasi sensor dan aktuator untuk mengontrol medan elektrostatis secara adaptif.
- Evaluasi efektivitas perangkat dalam meningkatkan efisiensi penyerbukan presisi di perkebunan kelapa sawit.
- Analisis dampak teknologi terhadap peningkatan fruitset dan produktivitas tanaman.

2024

Luaran:
Prototipe TRL 4-5
Publikasi dan HAKI

Optimalisasi Desain dan Pengujian Lapangan Awal

- Meningkatkan efektivitas performa elektrostatis dengan optimasi parameter self-optimizing corona discharge melalui beberapa perulangan pengujian.
- Menyiapkan lahan uji coba dengan variasi kondisi vegetasi dan tingkat kerapatan bunga untuk mengukur efektivitas penyerbukan.
- Mengintegrasikan sistem IoT-Edge AI untuk pemantauan dan penyesuaian otomatis medan elektrostatis dalam proses transfer polen.
- Menganalisis biaya dan manfaat penggunaan portable electrostatic pollinator dibandingkan metode penyerbukan konvensional.

2025

Luaran:
Purwarupa TRL 6-7
Publikasi dan HAKI

Pengembangan dan Validasi Skala Besar

- Optimasi sistem elektrostatis berdasarkan hasil pengujian lapangan awal untuk meningkatkan efektivitas self-optimizing corona discharge.
- Penerapan teknologi IoT-Edge AI electrostatic pollinator pada skala perkebunan besar, dengan penyesuaian medan elektrostatis untuk berbagai kondisi lingkungan.
- Pemantauan efektivitas penyerbukan presisi melalui analisis hubungan antara parameter elektrostatis dan tingkat keberhasilan transfer polen.
- Evaluasi dampak ekonomi dan sosial serta manfaat teknologi ini dalam meningkatkan fruitset dan efisiensi produksi kelapa sawit.

2026

Luaran:
Teknologi TRL 8-9

Skala Penerapan Komersial

- Kerjasama dengan industri, khususnya BGA, untuk produksi massal, distribusi, dan pemasaran IoT-Edge AI electrostatic pollinator.
- Peluncuran resmi dan implementasi teknologi dalam penyerbukan presisi di perkebunan kelapa sawit skala luas.
- Monitoring kinerja dan evaluasi dampak, termasuk efektivitas peningkatan fruitset, produktivitas tanaman, serta manfaat ekonomi dan lingkungan.

2027

Luaran:
Komersial Produk

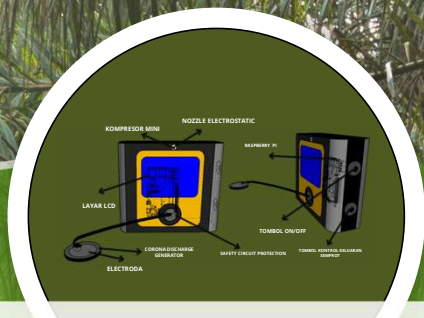


METODOLOGI RISET



Persiapan Alat dan Bahan

Komputer dengan sistem operasi Windows 10 64-bit Raspberry Pi 4 Model B sebagai pengendali utama Sensor lingkungan (DHT22 untuk suhu dan kelembaban, serta sensor cahaya LDR. Powerbank Anker 20000 mAh untuk suplai daya selama pengujian lapangan Nozzle elektrostatik yang didesain khusus untuk penyemprotan serbuk sari bermuatan listrik Elektroda corona discharge untuk memberikan muatan elektrostatik pada serbuk sari. Bunga kelapa sawit asli dan dummy bunga untuk simulasi penyerbukan Modul kamera Raspberry Pi dengan resolusi 8 MP untuk dokumentasi proses penyerbukan Bahan akrilik dan plastik untuk pembuatan housing alat



Desain Sistem Polinasi

Sistem polinasi dirancang untuk mengoptimalkan efisiensi penyerbukan kelapa sawit dengan metode elektrostatik berbasis IoT dan AI. Desain ini mencakup:

1. Housing perangkat yang dibuat dari bahan akrilik untuk melindungi perangkat dari kondisi lingkungan seperti hujan dan debu.
2. Integrasi sensor lingkungan untuk mengukur suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya guna menyesuaikan muatan listrik serbuk sari secara otomatis.
3. Nozzle elektrostatik yang diposisikan strategis untuk memastikan distribusi serbuk sari yang optimal pada bunga kelapa sawit.



Integrasi Perangkat

Menghubungkan Raspberry Pi dengan sensor lingkungan melalui antarmuka I2C dan GPIO. Menghubungkan kamera modul melalui antarmuka CSI untuk dokumentasi penyerbukan. Menghubungkan nozzle elektrostatik dengan elektroda corona discharge untuk memberikan muatan listrik pada serbuk sari. Menggunakan powerbank sebagai sumber daya utama untuk perangkat selama pengujian di lapangan. Menempatkan semua komponen dalam housing yang tahan terhadap kondisi lingkungan

METODOLOGI RISET

Pengembangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Python yang diinstal pada Raspberry Pi dengan sistem operasi Raspbian OS. Fitur utama perangkat lunak meliputi:

1. Optimasi muatan elektrostatis menggunakan algoritma AI yang menyesuaikan voltase elektroda berdasarkan data sensor lingkungan.
2. Kontrol nozzle elektrostatis untuk mengatur jumlah serbuk sari yang disemprotkan.
3. Pemantauan real-time melalui IoT menggunakan platform seperti Node-RED atau Blynk untuk mengirimkan data ke cloud.
4. Analisis gambar dan video menggunakan metode pengolahan citra untuk mendeteksi efektivitas penyerbukan.

Pengambilan Data

Pengujian di laboratorium

- Mengukur muatan elektrostatis serbuk sari sebelum dan sesudah melalui elektroda.
- Menguji efektivitas penyemprotan serbuk sari pada dummy bunga kelapa sawit.

Pengujian lapangan awal

- Menempatkan alat di perkebunan kelapa sawit dengan berbagai kondisi lingkungan (pagi, siang, dan sore).
- Mengukur tingkat keberhasilan penempelan serbuk sari pada bunga kelapa sawit menggunakan analisis citra.

Pengujian lapangan lanjutan

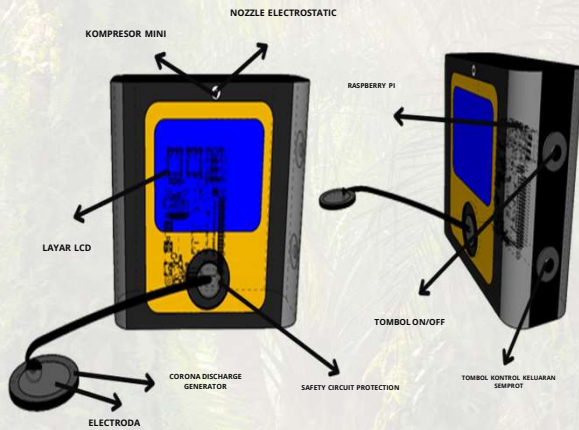
- Memantau perkembangan buah setelah penyerbukan.
- Menganalisis tingkat keberhasilan penyerbukan dibandingkan dengan metode alami.

Analisis Data

Analisis muatan elektrostatis menggunakan osiloskop untuk memastikan serbuk sari bermuatan optimal. Analisis pertumbuhan buah setelah penyerbukan untuk menentukan efektivitas alat dalam meningkatkan produktivitas kelapa sawit. Interpretasi data visual dalam bentuk grafik dan tabel untuk membandingkan hasil polinasi buatan dengan polinasi alami.

GANTT CHART RISET

Desain Prototipe



No	Jadwal Kegiatan	Bulan Ke-											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Studi Literatur												
2	Persiapan proposal riset, administrasi laboratorium, serta peralatan dan bahan riset												
3	Desain dan Fabrikasi Prototipe												
4	Pengujian Lapangan Awa												
5	Optimasi Sistem Elektrostatik												
6	Integrasi IoT-Edge AI												
7	Uji Kinerja dan Evaluasi Efektivitas												
8	Analisa data dan interpretasi hasil pengujian												
9	Laporan monev												
10	Laporan akhir, publikasi dan diseminasi hasil riset												

LUARAN RISET

01 Laporan Kemajuan



02 Laporan Akhir



03 Publikasi Jurnal



04 Hak Paten



1. Laporan Kemajuan dan laporan Akhir
2. Jurnal Ilmiah
3. HAKI/HAK CIPTA/PATEN



RENCANA ANGGARAN RISET

Proyeksi Anggaran Biaya Penelitian

1. Honorarium				
Honor	Honor/Jam	Waktu (Jam/Minggu)	Minggu	Besaran Honor
Ketua Peneliti	Rp500,000	-	30	Rp15,000,000
Anggota Peneliti	Rp500,000	-	20	Rp10,000,000
Pembantu Peneliti 1	Rp200,000	-	25	Rp5,000,000
Pembantu Peneliti 2	Rp200,000	-	25	Rp5,000,000
Jasa Laboran	Rp550,000	-	8	Rp4,400,000
Jasa desain grafis	Rp250,000	-	12	Rp3,000,000
Jasa analisis Jaringan Syaraf Tiruan	Rp450,000	-	12	Rp5,400,000
Jasa konstruksi dan rancang bangun	Rp550,000	-	12	Rp6,600,000
Jasa konsultasi pemrograman	Rp550,000	-	5	Rp2,750,000
Jasa Administrasi	Rp250,000	-	5	Rp1,250,000
Penganalisa Data Grafik Uji	Rp250,000	-	8	Rp2,000,000
Subtotal				Rp60,400,000

2. Peralatan Penunjang				
Material	Justifikasi Pembelian	Kuantitas	Harga Satuan	Besaran Harga Peralatan Penunjang
Laboratorium Terpadu USU	Sewa peralatan penelitian	12 kali	Rp800,000	Rp9,600,000
Laboratorium Fisika UISU	Sewa peralatan penelitian	12 kali	Rp800,000	Rp9,600,000
Canva Premium	Media editing grafis	1 akun	Rp500,000	Rp500,000
Kuota internet	Keperluan online publikasi	12 kali	Rp100,000	Rp1,200,000
Adsense akun media sosial	Promosi sosial media	24 kali	Rp105,000	Rp2,520,000
Aplikasi JST	Sewa aplikasi	2 kali	Rp2,500,000	Rp5,000,000
Uji validasi warna	Uji validasi keakuratan sensor dalam pembacaan warna	12 kali	Rp450,000	Rp5,400,000
Uji validasi aroma	Uji validasi keakuratan sensor dalam pembacaan bau senyawa gas	12 kali	Rp450,000	Rp5,400,000
Uji Resistivitas Listrik	Uji validasi keakuratan sensor dalam pembacaan sifat listrik buah sawit	12 kali	Rp500,000	Rp6,000,000
Uji Kadar ALB	validasi kualitas sawit pada masa simpan	12 kali	Rp250,000	Rp3,000,000
Uji Kadar Beta Karoten	validasi kualitas sawit pada masa simpan	12 kali	Rp600,000	Rp7,200,000
Uji Kadar Rendaman	validasi kualitas sawit pada masa simpan	12 kali	Rp250,000	Rp3,000,000
Uji Kadar DOBI	validasi kualitas sawit pada masa simpan	12 kali	Rp450,000	Rp5,400,000
Subtotal				Rp63,820,000

3. Bahan Habis Pakai				
Material	Justifikasi Pembelian	Kuantitas	Harga Satuan	Besaran Harga Peralatan Penunjang
Tandan Buah Segar Kelapa Sawit	Bahan	500 kg	Rp2,000	Rp1,000,000
TGS813	Bahan	5 buah	Rp850,000	Rp4,250,000
TGS822	Bahan	5 buah	Rp750,000	Rp3,750,000
TGS2600	Bahan	5 buah	Rp200,000	Rp1,000,000
MQ136	Bahan	5 buah	Rp850,000	Rp4,250,000
TGS2602	Bahan	5 buah	Rp880,000	Rp4,400,000
Sensor e-nose	Bahan	5 buah	Rp600,000	Rp3,000,000
Wenner Schlumberger	Bahan	6 buah	Rp500,000	Rp3,000,000
Sensor Warna TCS3200	Bahan	5 buah	Rp275,000	Rp2,750,000
LDR Sensor	Bahan	5 buah	Rp175,000	Rp1,750,000
Fotodioda	Bahan	5 buah	Rp148,000	Rp740,000
Buzzer	Bahan	5 buah	Rp231,000	Rp1,155,000
Modul wifi esp8266	Bahan	5 buah	Rp387,000	Rp1,935,000
Arduino uno	Bahan	5 buah	Rp575,000	Rp2,875,000
Baterai lithium ion	Bahan	4 buah	Rp750,000	Rp3,000,000
LCD 16 x 2	Bahan	5 buah	Rp226,000	Rp1,130,000
A single-board computer Raspberry Pi (Model 3B+)	Bahan	2 buah	Rp2,750,000	Rp5,500,000
Lampu Neon	Bahan	8 buah	Rp232,000	Rp1,856,000
Packaging Arduino Uno	Bahan	5 buah	Rp185,000	Rp925,000
Kabel USB	Bahan	10 buah	Rp144,000	Rp1,440,000
Lem Perikat Serbaguna	Bahan	25 buah	Rp47,000	Rp1,175,000
Baut	Bahan	5 packing	Rp130,000	Rp650,000
Aluminium Profile	Bahan	8 packing	Rp450,000	Rp3,600,000





RENCANA ANGGARAN RISET

Proyeksi Anggaran Biaya Penelitian

Pipa PVC untuk ganggang Alat	Bahan	4 meter (2,5 inch)	Rp158,000	Rp632,000
Akrilik	Bahan	8 packing	Rp167,000	Rp1,336,000
Mur	Bahan	5 packing	Rp145,000	Rp725,000
Rubber Shet	Bahan	1 packing (3 mm)	Rp4,935,000	Rp4,935,000
Timah soulder	Bahan	2 paket	Rp237,000	Rp474,000
Cat PiloX	Bahan	10 buah	Rp118,000	Rp1,180,000
Handsentizer	Bahan	5 buah	Rp75,000	Rp375,000
Masker	Alat	5 kotak	Rp85,000	Rp425,000
Pemotong Akrilik	Alat	2 buah	Rp423,000	Rp846,000
Kunci L Set	Alat	2 paking (3/8 inch)	Rp132,000	Rp264,000
Meteran ukur besi	Alat	2 buah	Rp422,000	Rp844,000
Lem Tembak	Bahan	2 paket	Rp200,000	Rp400,000
Solder Gun	Alat	2 buah	Rp540,000	Rp1,080,000
Solder Glue Gun	Alat	2 buah	Rp450,000	Rp900,000
Grindra	Alat	3 buah	Rp550,000	Rp1,650,000
Gusset Plate Siku	Alat	10 buah	Rp154,000	Rp1,540,000
Kertas Label	ATK	10 kotak	Rp15,000	Rp150,000
Tinta Printer	ATK	3 buah	Rp430,000	Rp1,290,000
Kertas HVS A4	ATK	10 rim	Rp80,000	Rp800,000
Perbanyak Laporan	ATK	10 eksemplar	Rp70,000	Rp700,000
Penjilidan	ATK	10 eksemplar	Rp20,000	Rp200,000
Subtotal				Rp75,877,000

4. Perjalanan				
Material	Justifikasi Pembelian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Besaran Harga Peralatan Penunjang (Rp)
Biaya pengiriman dari pembeli bahan dan komponen	Transportasi	4 kali	Rp250,000	Rp1,000,000
Akomodasi pembelian alat dan bahan dan TBS	Akomodasi	4 kali	Rp500,000	Rp2,000,000
Uang harian pengambil data sampel dan survei lapangan	Uang saku Harian	4 orang	Rp500,000	Rp2,000,000
Akomodasi konstruksi dan pemrograman	Akomodasi	4 orang	Rp500,000	cRp1,500,000
Konsumsi selama pengambilan data uji sampel	Konsumsi	4 orang x 20 kali = 80 kali	Rp70,000	Rp5,600,000
Akomodasi perjalanan untuk pengujian dan validasi alat	Akomodasi	4 orang	Rp800,000	Rp3,200,000
Subtotal				Rp15,300,000

5. Lain-lain				
Material	Justifikasi Pembelian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Besaran Harga Peralatan Penunjang (Rp)
Biaya Pemeliharaan atau Maintenance	Biaya tak terduga	-	Rp5,000,000	Rp5,000,000
Jurnal Internasional Bereputasi (Q2)	Publikasi	1 kali	Rp25,000,000	Rp25,000,000
Seminar Internasional	Publikasi	1 kali	Rp10,000,000	Rp10,000,000
Biaya Editing Bahasa Inggris Manuscript di Elsevier Author Services (540 USD)	Publikasi	1 kali	Rp9,575,000	Rp9,575,000
HAKI	Paten	1 kali	Rp3,500,000	Rp3,500,000
Subtotal				Rp53,075,000
Total Anggaran yang Diperlukan				Rp298,472,000



DAMPAK RISET (FINANCIAL & NON FINANCIAL)

DAMPAK FINANSIAL

1. Peningkatan Produktivitas & Efisiensi
– Penyerbukan presisi meningkatkan *fruitset*, menghasilkan panen lebih optimal dan efisiensi tenaga kerja.
2. Pengurangan Biaya Operasional – Mengurangi ketergantungan pada metode manual dan penggunaan serbuk sari dalam jumlah besar.
3. Peluang Komersialisasi – Pengembangan *IoT-Edge AI electrostatic pollinator* membuka pasar baru bagi industri agritech.
4. ROI (Return on Investment) yang Cepat – Implementasi teknologi berpotensi memberikan keuntungan dalam jangka pendek melalui peningkatan hasil panen.

DAMPAK NON-FINANSIAL

1. Keberlanjutan Lingkungan – Teknologi ini mengurangi limbah polen dan meningkatkan efisiensi penyerbukan alami tanpa pestisida tambahan.
2. Inovasi Teknologi – Menggabungkan elektrostatis, AI, dan IoT-Edge untuk menciptakan sistem otomatis yang lebih akurat.
3. Pemberdayaan Industri Sawit – Meningkatkan daya saing industri kelapa sawit dengan solusi berbasis teknologi cerdas.
4. Kontribusi Akademik & IP (Intellectual Property) – Mendorong publikasi ilmiah, paten, dan pengembangan teknologi di bidang agrikultur presisi.



Terimakasih

Open Innovation BGA Tahun 2025

