

**PERANCANGAN SISTEM PEMANTAUAN  
SERANGGA POLLINATOR DAN PENYERBUKAN  
BUATAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI  
BIOAKUSTIK-CITRA BERBASIS RASPBERRY PI  
UNTUK MENINGKATKAN *FRUITSET* PADA  
TANAMAN KELAPA SAWIT**

**Project Leader : Ikhwanuddin, S.Si, M.Si**

**Team Project : Fathurrahman, S.Si, M.Si**

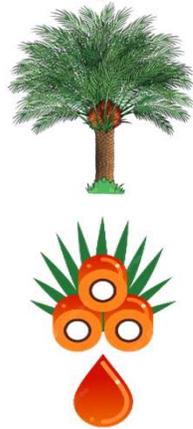
**Juliaster Marbun, S.Pd, M.Si**

**Yusuf Nafiq Buwono**



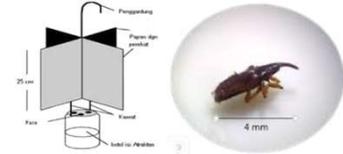
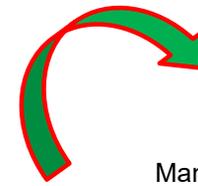
# LATAR BELAKANG RISET

Kelapa sawit merupakan tanaman dengan sistem penyerbukan silang yang bergantung pada keberadaan serangga pollinator alami salah satunya *Elaeidobius kamerunicus* (kumbang kecil) dari famili *Curculionidae* yang telah meningkatkan fruitset dari 40% menjadi 70%-80% di perkebunan kelapa sawit dengan produksi minyak sawit mencapai 5-6 ton/ha/tahun (Basri et al., 2018).



Penyebab penurunan jumlah *E. kamerunicus*:

- Penggunaan insektisida dan pestisida kimia dengan sebesar 30% dalam lima tahun terakhir
- Deforestasi & fragmentasi habitat
- Ketidakseimbangan rasio bunga jantan dan betina
- Variasi iklim dan hujan lebat dengan intensitas >20 mm/hari menurunkan keberhasilan penyerbukan hingga 25%



Manual Observasi Manual di Lapangan (Hand Counter), Metode Perangkap Serangga (Sticky Trap / Pitfall Trap) dan Penghitungan Kumbang dari Koleksi Bunga Jantan

## Sistem Pemantauan Pollinator Berbasis Bio-Akustik dan Citra



Sensor kamera

Pintu masuk

Sistem ini memantau serangga pollinator secara otomatis menggunakan sensor suara dan citra berbasis Raspberry Pi. Mikrofون Lavalier atau Adufruit MAX9814 mendeteksi frekuensi kepanasan sayap kumbang (100 Hz – 400 Hz), sementara kamera dan Machine Learning (YOLO) mengidentifikasi serta menghitung jumlahnya. Data diproses untuk memantau tren populasi dan mendeteksi penurunan pollinator. Jika jumlahnya berkurang, sistem memberikan peringatan otomatis untuk tindakan seperti introduksi ulang kumbang atau penyerbukan buatan, memastikan fruitset optimal dan meningkatkan produktivitas kelapa sawit

# TUJUAN RISET



Mengembangkan sistem pemantauan otomatis serangga pollinator menggunakan sensor suara dan citra berbasis Raspberry Pi untuk mendeteksi dan menganalisis aktivitas kumbang *Elaeidobius kamerunicus* secara real-time.



Meningkatkan efektivitas penyerbukan kelapa sawit dengan deteksi dini penurunan populasi pollinator, memungkinkan intervensi cepat seperti introduksi ulang kumbang atau penyerbukan buatan, guna mengoptimalkan fruitset dan produktivitas tanaman





# JUSTIFIKASI PROPOSAL

Penelitian oleh **Alberti et al. (2023)** membahas penggunaan **sensor bioakustik IoT** untuk memantau serangga terbang, terutama penyerbuk. Studi ini membandingkan metode konvensional seperti **pan traps dan hand netting** dengan deteksi otomatis berbasis suara. Hasilnya menunjukkan **korelasi positif** antara jumlah dengungan serangga per jam dengan data yang diperoleh dari metode tradisional, menunjukkan potensi pemantauan pasif yang lebih efisien dan berkelanjutan. Namun, pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan akurasi identifikasi spesies.

Penelitian oleh **Volponi et al. (2023)** memperkenalkan **buzzOmeter system**, alat untuk merekam dan menganalisis suara serangga penyerbuk di habitat aslinya. Sistem ini mencapai **akurasi identifikasi 80,7%** dan dapat digunakan untuk memahami peran suara dalam interaksi ekologis, seperti komunikasi serangga dan penyerbukan. Dibandingkan metode laboratorium, sistem ini lebih relevan untuk studi lapangan meskipun menghadapi tantangan kebisingan lingkungan.

Penelitian oleh **Kundur & Mallikarjuna (2023)** mengembangkan metode deteksi dan klasifikasi hama serangga menggunakan Deep Learning untuk membantu petani mengurangi kehilangan hasil panen akibat hama. Mereka menguji dua model berbasis Faster R-CNN EfficientNet B4 dan B7 pada dataset IP102, dengan model EfficientNet B7 mencapai akurasi hingga 99% untuk 5 kelas hama. Metode ini terbukti lebih cepat dan akurat dibandingkan pendekatan sebelumnya, menjadikannya solusi potensial untuk deteksi hama secara otomatis guna meningkatkan hasil pertanian dan melindungi tanaman.

## Posisi Peneliti Dalam Melakukan Project

### Inovasi pada Pemanfaatan Teknologi Bioakustik dan Citra dalam Pemantauan Pollinator

Peneliti mengembangkan sistem berbasis **sensor suara dan citra** untuk mendeteksi aktivitas serangga pollinator secara otomatis. Teknologi **bioakustik** digunakan untuk menganalisis frekuensi kepak sayap spesies pollinator utama pada kelapa sawit, sementara **citra berbasis Machine Learning** diterapkan untuk mengidentifikasi dan menghitung jumlah pollinator yang berinteraksi dengan bunga sawit.

### Optimasi Algoritma Deteksi dan Analisis Data untuk Peningkatan Efektivitas Penyerbukan

Peneliti merancang algoritma pemrosesan data yang mampu **menyaring noise lingkungan**, mengklasifikasikan spesies pollinator berdasarkan pola suara dan citra, serta mengidentifikasi pola aktivitas harian serangga. Jika terjadi **penurunan signifikan dalam populasi pollinator**, sistem akan memberikan peringatan otomatis sehingga dapat dilakukan intervensi seperti **introduksi ulang serangga pollinator atau penyerbukan buatan** dengan teknik yang lebih efisien.





# BIG PICTURE RISET

## Penelitian dan Pengembangan Awal

- Analisis teori tentang bioakustik, citra, pollinator, dan penyerbukan buatan
- Pengembangan perangkat Raspberry Pi dengan mikrofon dan kamera
- Implementasi algoritma pemrosesan suara dan citra
- Pengujian sistem di lingkungan perkebunan berbeda untuk mengevaluasi performa pemantauan.
- Pemrosesan data bioakustik dan citra menggunakan machine learning
- Evaluasi dan Korelasi dengan Fruitset

**2024**

**Luaran:**  
Prototipe TRL 4-5  
Publikasi dan HAKI



## Optimalisasi Formulasi dan Pengujian Lapangan Awal

- Meningkatkan efektivitas performansi teknologi bioakustik-citra dengan beberapa perulangan data
- Menyiapkan lahan uji coba dengan variasi kondisi vegetasi dan kepadatan populasi pollinator
- Mengintegrasikan sistem database rekaman suara serta citra aktivitas pollinator secara real-time.
- Menghitung biaya dan manfaat penggunaan teknologi bioakustik-citra.

**2025**

**Luaran:**  
Purwarupa TRL 6-7  
Publikasi dan HAKI



## Pengembangan dan Validasi Skala Besar

- Optimasi database sistem bioakustik-citra berdasarkan hasil pengujian lapangan terbatas dan pengembangan analisis hubungan aktivitas pollinator terhadap efektivitas penyerbukan.
- Penerapan teknologi bioakustik-citra pada skala perkebunan besar, dengan pemantauan aktivitas pollinator dan penyerbukan buatan di berbagai wilayah dengan kondisi lingkungan yang berbeda.
- Evaluasi dampak ekonomi dan sosial, serta identifikasi keuntungan teknologi ini bagi industri kelapa sawit dalam peningkatan fruitset dan efisiensi produksi.

**2026**

**Luaran:**  
Teknologi TRL 8-9



## Skala Penerapan Komersial

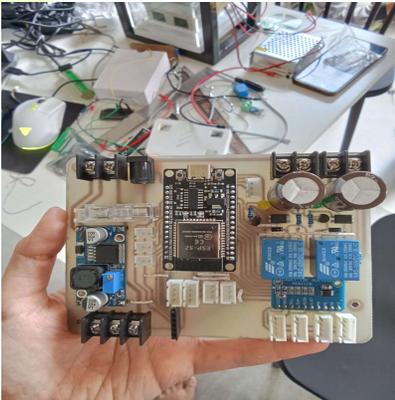
- Kerjasama dengan pihak industri, khususnya BGA, untuk produksi massal, perencanaan distribusi, dan pemasaran teknologi pemantauan bioakustik-citra.
- Peluncuran resmi dan implementasi teknologi bioakustik-citra dalam pemantauan serangga pollinator dan penyerbukan buatan di perkebunan kelapa sawit skala luas.
- Monitoring kinerja dan evaluasi dampak penerapan teknologi, termasuk efektivitas peningkatan fruitset, produktivitas tanaman, serta manfaat lingkungan dan ekonomi.

**2027**

**Luaran:**  
Komersial Produk

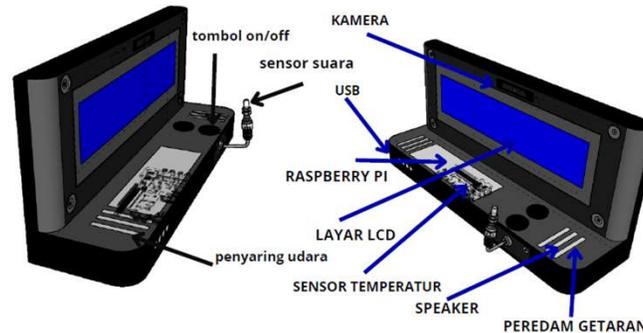


# METODOLOGI RISET



## Persiapan Alat dan Bahan

Komputer dengan sistem windows 8 64-bit, Raspberry Pi, koloni kumbang pollinator (*E. kamerunicus*), powerbank Anker 13400 mAh, *dummy* bunga kelapa sawit, mikrofon Boya By-M1 Lavalier dengan rentang frekuensi 65 Hz – 18 KHz. Sensor kamera (modul kamera Raspberry Pi dengan resolusi 5 megapiksel, bahan akrilik dan plastik



## Desain Sistem Pemantauan

Sistem pemantauan dirancang untuk mencakup dua komponen utama, yaitu pemantauan bioakustik dan pemantauan citra. Desain sistem meliputi pembuatan housing untuk melindungi perangkat keras dari kondisi lingkungan seperti hujan dan kelembaban tinggi. Housing dirancang menggunakan bahan akrilik dengan dimensi yang disesuaikan untuk menampung Raspberry Pi, modul kamera, mikrofon, dan powerbank. Modul kamera diposisikan menghadap ke area bunga kelapa sawit untuk merekam aktivitas kumbang, sementara mikrofon ditempatkan di dekat bunga untuk menangkap suara aktivitas kumbang.

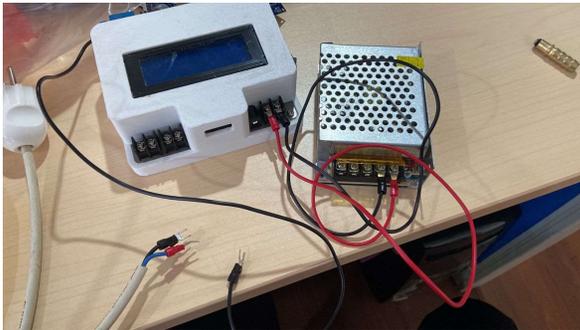


## Integrasi Perangkat Keras

Melibatkan pemasangan Raspberry Pi, modul kamera, mikrofon, dan powerbank. Modul kamera dihubungkan ke Raspberry Pi melalui antarmuka Camera Serial Interface (CSI), sedangkan mikrofon dihubungkan melalui port USB. Powerbank dihubungkan ke Raspberry Pi melalui port microUSB untuk menyediakan daya selama pengambilan data lapangan. Seluruh perangkat kemudian ditempatkan dalam housing yang telah dirancang sebelumnya untuk memastikan keamanan dan ketahanan perangkat.



# METODOLOGI RISET



## Pengembangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python yang diinstal pada sistem operasi Raspbian OS. Perangkat lunak ini dirancang untuk melakukan dua fungsi utama, yaitu merekam suara aktivitas kumbang dan menangkap citra aktivitas penyerbukan. Data yang direkam akan disimpan dalam format file .wav untuk suara dan .mp4 untuk video. Selain itu, perangkat lunak dilengkapi dengan algoritma untuk analisis sinyal suara menggunakan metode Short-Time Fourier Transform (STFT) guna mengidentifikasi pola frekuensi suara kumbang.



## Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dalam tiga tahap. Pertama, data baseline diambil tanpa adanya intervensi untuk memahami pola aktivitas alami kumbang. Kedua, data diambil dengan simulasi penyerbukan buatan menggunakan dummy bunga kelapa sawit. Ketiga, data diambil dengan memantau aktivitas kumbang dalam kondisi lingkungan yang bervariasi, seperti cuaca hujan atau panas. Perekaman dilakukan selama periode aktivitas kumbang, yaitu pukul 08.00 hingga 16.00 WIB.



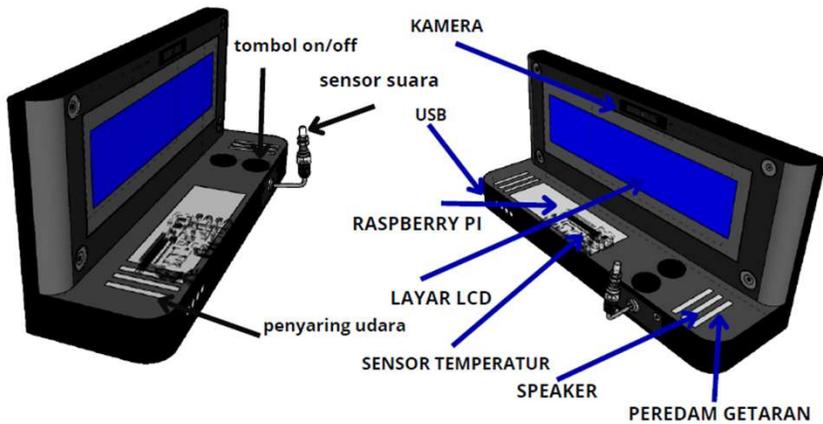
## Analisis Data

Data suara yang diperoleh akan dikonversi ke dalam bentuk spektrogram menggunakan software Raven Pro untuk analisis frekuensi.

Data citra akan dianalisis menggunakan teknik pengolahan citra digital (YOLO) untuk mengidentifikasi aktivitas penyerbukan. Hasil analisis akan digunakan untuk mengevaluasi efektivitas sistem dalam memantau aktivitas kumbang dan meningkatkan fruitset pada tanaman kelapa sawit. Data yang telah dianalisis akan disajikan dalam bentuk grafik dan tabel untuk memudahkan interpretasi hasil penelitian.



# GANTT CHART RISET



No	Jadwal Kegiatan	Bulan														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1	Studi Literatur	█														
2	Pencarian perlengkapan alat, komponen elektronik dan lahan perkebunan kelapa sawit	█	█													
3	Konstruksi dan pemrograman sistem Bioakustik-Citra terintegrasi mikrofon Boya By-M1 Lavalier dan sensor kamera Raspberry Pi untuk pemantauan aktivitas serangga pollinator dan efektivitas penyerbukan buatan pada tanaman kelapa sawit		█	█	█											
4	Evaluasi performa sistem Bioakustik-Citra dalam mendeteksi aktivitas serangga pollinator dan efektivitas penyerbukan buatan di lahan perkebunan kelapa sawit dengan kondisi lingkungan yang bervariasi.				█	█	█	█								
5	Analisis validasi sistem pemantauan berbasis Bioakustik-Citra dalam mengidentifikasi spesies pollinator dan korelasinya terhadap peningkatan fruitset pada kelapa sawit.								█	█						
6	Pengolahan dan analisis data hasil rekaman suara dan citra untuk menentukan pola aktivitas serangga pollinator serta respons tanaman kelapa sawit terhadap penyerbukan buatan.										█	█				
7	Pendugaan hubungan antara aktivitas pollinator, efektivitas penyerbukan buatan, dan peningkatan fruitset berdasarkan data Bioakustik-Citra sebagai dasar rekomendasi peningkatan produktivitas kelapa sawit.												█	█		
8	Laporan Monev															█
9	Laporan Akhir, Publikasi, Paten, MoU dan Desiminasi															█





# LUARAN RISET

01

Prototipe



02

Sistem



03

Produk



04

Model/metode



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





# RENCANA ANGGARAN RISET

## Peralatan dan Bahan Habis Pakai

Jenis Pengeluaran	Volume	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
<b>Belanja Peralatan dan Bahan (maks. 60%)</b>			
Elektronik akuisisi data	3 unit	3.500.000	10.500.000
Four point probes (GCS)	12 elektroda	850.000	10.200.000
Piringan stainless steel diameter 23 cm	12 piringan	200.000	2.400.000
Lock In Amplifier	1 unit	1.500.000	1.500.000
EC Meter Cont 3310	3 unit	3.000.000	9.000.000
Sensor tegangan dan arus INA219	3 unit	1.750.000	5.250.000
Veris EC Soil Seri 3100	3 unit	3.000.000	9.000.000
Data Logger Shield	1 pasang	500.000	500.000
Badan Implemen	3 papan	2.000.000	6.000.000
Poros, mur, baut	1 paket	1.000.000	1.000.000
Kerangka alat yang akan dikonstruksi/dilas yang diintegrasikan oleh sistem sensor	1 unit	5.000.000	5.000.000
Kotak kemasan dari PLA	3 paket	2.250.000	6.750.000
Sensor UV VEML 6070	3 unit	1.500.000	4.500.000
Pupuk NPK	1 sak	327.000	327.000
Sensor BH1750	3 unit	2.300.000	6.900.000
Remote untuk Otomatisasi	1 unit	5.000.000	5.000.000
Arduino uno	3 unit	1.000.000	3.000.000
Nodemcu IoT	3 unit	1.000.000	3.000.000
LCD 16 x 2	3 unit	300.000	900.000
Adaptor	1 unit	500.000	500.000
Solar Panel	1 unit	5.000.000	5.000.000
Konverter	1 unit	1.500.000	1.500.000
Baterai	1 unit	2.500.000	2.500.000

Kabel	2 gulungan	500.000	1.000.000
Akrilik	3 papan	500.000	1.500.000
Aquadest	20 L	20.000	400.000
Pegangan alat	3 unit	1.000.000	3.000.000
Kapasitor elko	15 unit	250.000	3.750.000
Kapasitor keramik	3 unit	750.000	2.250.000
Resistor dan Dioda	1 paket	1.000.000	1.000.000
Isolator teflon	6 pcs	250.000	1.500.000
Hardisk	1 unit	800.000	800.000
Cetak Membran Film	5 pasang	500.000	2.500.000
Software Origin	1 unit	500.000	500.000
Uji validasi unsur K metode AAS	5 kali	500.000	2.500.000
Uji validasi unsur P Metode AAS	5 kali	500.000	2.500.000
Uji validasi unsur N Metode AAS	5 unit	500.000	2.500.000
Validasi pH meter	1 unit	2.000.000	2.000.000
Validasi NPK sensor	1 unit	6.500.000	6.500.000
Multimeter	1 unit	500.000	500.000
Solder glue gun	3 buah	200.000	600.000
Cat Piloks	10 buah	150.000	1.500.000
Solder Timah	3 unit	200.000	600.000
Timah gulung	3 gulung	100.000	300.000
Lem tebak	3 buah	100.000	100.000
Timah soulder	2 unit	250.000	500.000
Masker	2 kotak	150.000	300.000
Handsensitizer	10 botol	50.000	500.000
<b>SUB TOTAL</b>			<b>138.327.000</b>





# RENCANA ANGGARAN RISET

2 Pengembangan (maks 20%)				
Sewa Lahan Uji	4 bulan	500.000	2.000.000	
Sewa alat uji dan validasi sensor	2 kali	1.000.000	2.000.000	
Sewa server thinkspeak.com untuk IoT	1 tahun	600.000	600.000	
Software Arduino dan Eagle	3 bulan	300.000	900.000	
Sewa Lab. Kimia FP UISU	3 bulan	500.000	1.500.000	
Biaya Operasional Maintenance (Biaya Tak Teduga)	1 Kali	10.000.000	10.000.000	
Sewa Lab Fisika FP UISU	3 bulan	500.000	1.500.000	
Sewa Server Pengolahan Analisis Data	1 tahun	15.000.000	15.000.000	
Sewa Turnitin dan DeepL (Paraphrase)	3 bulan	600.000	1.800.000	
Biaya Perawatan	1 tahun	5.000.000	5.000.000	
<b>SUB TOTAL</b>			<b>40.300.000</b>	

3 Perjalanan (maks. 15 %)				
Akomodasi pembelian alat dan bahan	3 kali	800.000	2.400.000	
Sewa Mobil	10 kali	1.000.000	10.000.000	
Uang harian pengambil data sampel dan survei lapangan	4 orang	1.500.000	6.000.000	
Konsumsi selama pengambilan data uji sampel	4 orang x 10 = 40 kali	70.000	2.800.000	
Akomodasi fabrikasi prototipe teknologi GCS-Lock In Amplifiers	4 orang	500.000	2.000.000	
Akomodasi perjalanan untuk pengujian dan validasi prototipe	4 orang	500.000	2.000.000	
<b>SUB TOTAL</b>			<b>25.200.000</b>	

4 Honorarium (maks. 25%)				
Honorarium Ketua Peneliti	1 orang	15.000.000	15.000.000	
Honorarium Anggota Peneliti	1 orang	10.000.000	10.000.000	
Honorarium Pembantu Peneliti	2 Orang	5.500.000	11.000.000	
Jasa konsultasi pemrograman dan konstruksi alat sensor	1 orang	2.500.000	2.500.000	
Jasa konstruksi desain prototipe	1 orang	3.000.000	3.000.000	
Jasa Maintenance alat	1 orang	3.000.000	3.000.000	
Pendaftaran HAKI dan pemeriksaan Substansi	1 kali	3.500.000	3.500.000	
<b>SUB TOTAL</b>			<b>48.000.000</b>	

## Total Anggaran Biaya Proposal

5 Anggaran Biaya Proposal		
Honorium		48.000.000
Biaya Bahan		65.500.000
Biaya Jasa		138.327.000
<b>GRAND TOTAL</b>		<b>251.827.000</b>
<b>GRAND TOTAL (Dua Ratus Lima Puluh Satu Juta Delapan Ratus Dua Puluh Tujuh Ribu Rupiah)</b>		





# DAMPAK RISET (FINANCIAL & NON FINANCIAL)

## 1. Dampak Finansial:

- a. Efisiensi Biaya Produksi – Mengurangi kebutuhan penyerbukan manual dan meningkatkan efektivitas pemantauan pollinator, sehingga mengoptimalkan penggunaan sumber daya.
- b. Peningkatan Produktivitas Kelapa Sawit – Teknologi bioakustik-citra membantu meningkatkan fruitset, sehingga menghasilkan panen yang lebih optimal dan meningkatkan pendapatan petani.
- c. Potensi Komersialisasi Teknologi – Sistem pemantauan dapat diproduksi massal dan dijual ke industri perkebunan, menciptakan peluang bisnis baru.
- d. Pengurangan Kerugian Akibat Colony Collapse Disorder (CCD) – Pemantauan yang lebih akurat dapat mengurangi kehilangan koloni lebah, yang berdampak pada kestabilan produksi madu dan penyerbukan.

## 2. Dampak Non-Finansial:

- a. Keberlanjutan Lingkungan – Teknologi ini membantu menjaga populasi serangga pollinator alami, yang berperan penting dalam keseimbangan ekosistem.
- b. Peningkatan Manajemen Perkebunan – Data berbasis bioakustik-citra memberikan informasi real-time bagi petani untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dalam manajemen lahan dan penyerbukan.
- c. Inovasi dalam Teknologi Pertanian – Menggabungkan kecerdasan buatan dan Internet of Things (IoT) dalam sistem pemantauan, mendukung revolusi industri 4.0 dalam sektor agribisnis.
- d. Peningkatan Kapasitas Riset dan SDM – Pengembangan teknologi ini dapat menjadi referensi untuk penelitian lanjutan, pelatihan petani, serta edukasi mahasiswa dalam bidang pertanian presisi.





# Terimakasih

*Open Innovation BGA Tahun 2025*

