



Institut Teknologi  
**Telkom**  
Purwokerto

# **SMART FARMING: MANAJEMEN PEMUPUKAN BERBASIS SPASIAL MODELLING DAN INTERNET OF THINGS (IoT)**

Oleh:

- Sudianto, M.Kom



**Institut Teknologi Telkom Purwokerto**

# LATAR BELAKANG



Kelapa sawit merupakan komoditas unggulan Indonesia [1]. Salah satu indikator dalam menjaga kualitas tanah tanaman kelapa sawit yaitu melalui pemantauan dan manajemen kebutuhan nutrisi. Kebutuhan nutrisi pada perkebunan kelapa sawit pada umumnya dipenuhi dengan cara pemupukan.

## WHAT HAPPENS?

**Nutrisi** berlebihan mengakibatkan dampak lingkungan, begitu sebaliknya nutrisi yang kurang mengakibatkan produktivitas menurun.



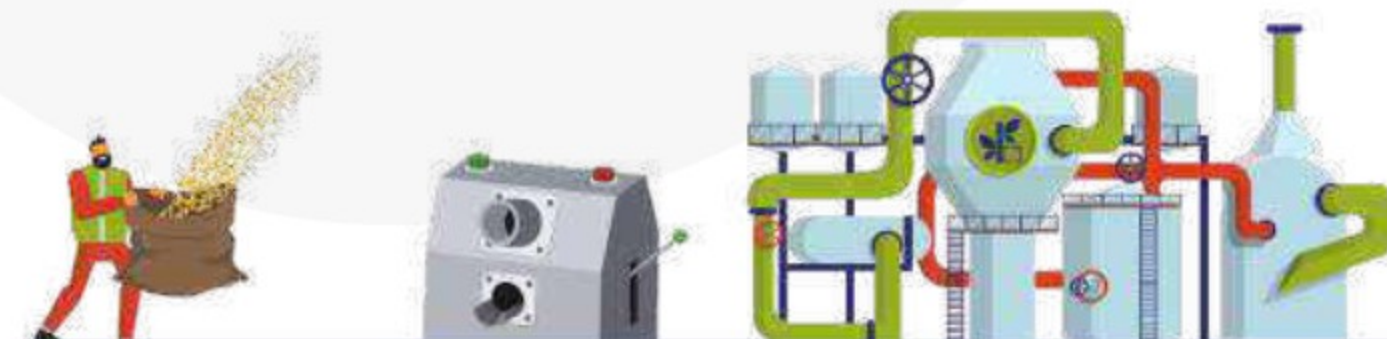
[1] [BPS] Badan Pusat Statistik. 2023. Indonesian Statistics 2022

## Bagaimana Manajemen Pemupukan pada Perkebunan?

### FAKTOR

Perubahan lingkungan global yang menyebabkan ketidakpastian cuaca.

Semakin tidak pastinya **ketersediaan pupuk** untuk nutrisi pada tanah.



# LATAR BELAKANG

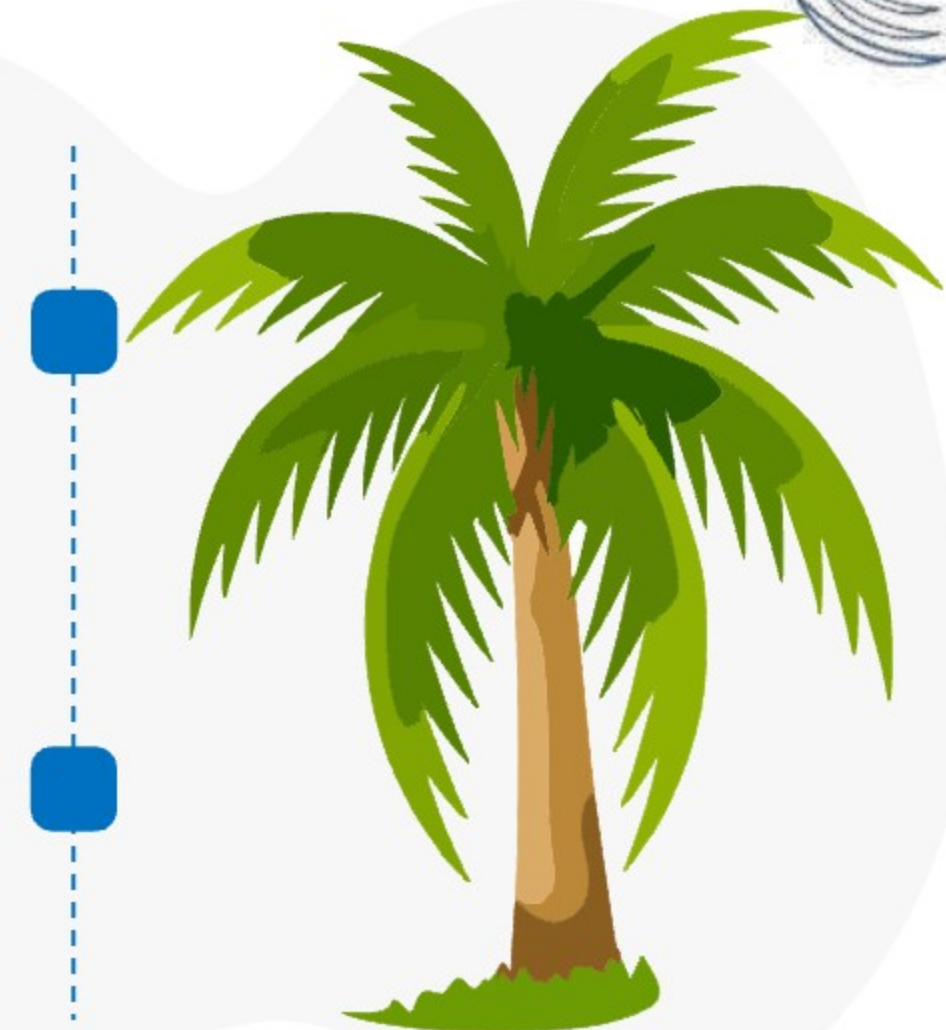


Areal penanaman sawit yang luas

Pendugaan masih umum dilakukan secara konvensional, sehingga sangat tidak efektif karena membutuhkan biaya, waktu dan padat karya

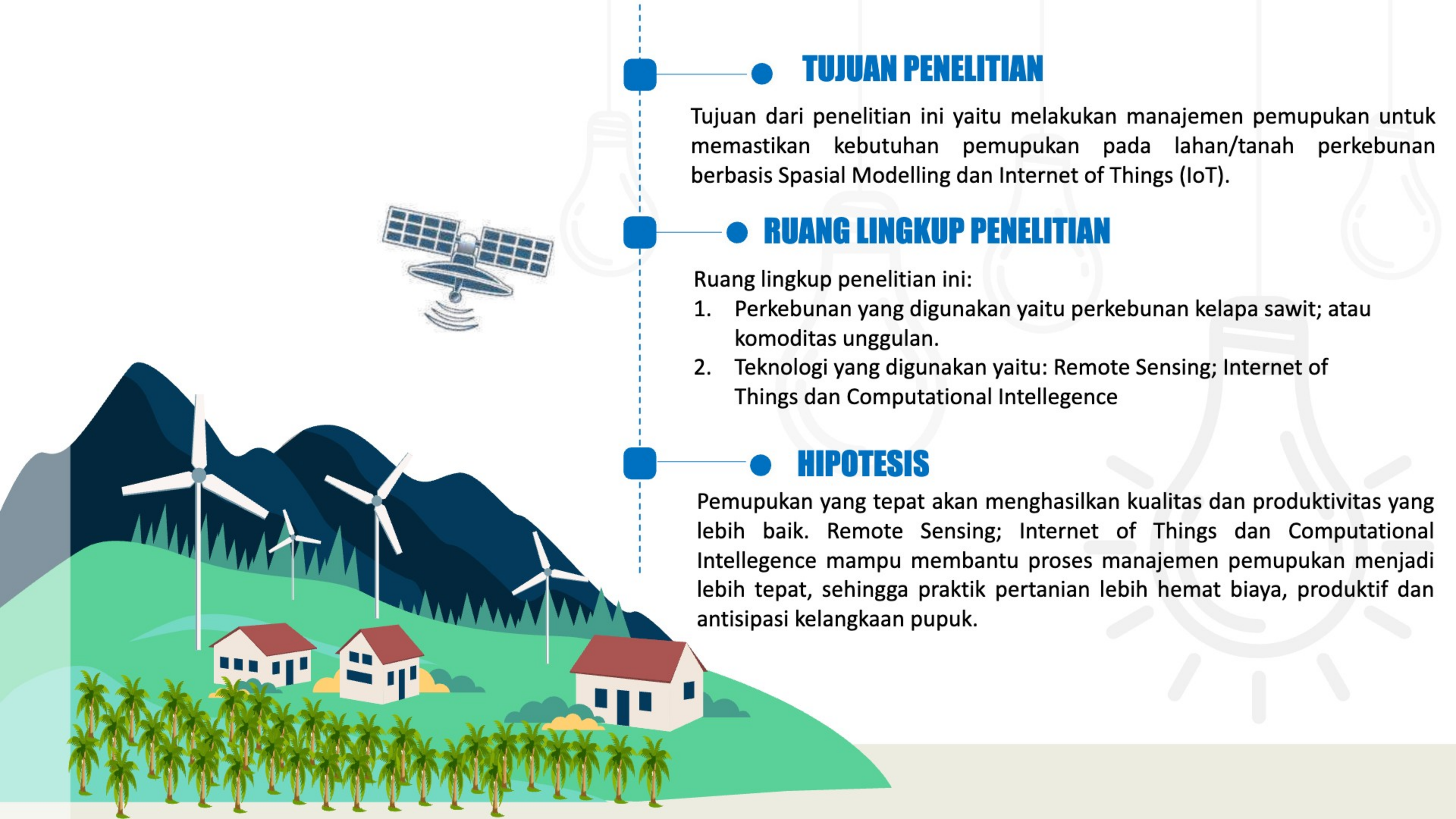
Mencegah potensi membuang sumber daya seperti penggunaan pupuk yang berlebihan

Sebagai instrument untuk Pertanian Presisi dan *Sustainable*



PENTING MANAJEMEN PEMUPUKAN





## ● TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini yaitu melakukan manajemen pemupukan untuk memastikan kebutuhan pemupukan pada lahan/tanah perkebunan berbasis Spasial Modelling dan Internet of Things (IoT).

## ● RUANG LINGKUP PENELITIAN

Ruang lingkup penelitian ini:

1. Perkebunan yang digunakan yaitu perkebunan kelapa sawit; atau komoditas unggulan.
2. Teknologi yang digunakan yaitu: Remote Sensing; Internet of Things dan Computational Intelligence

## ● HIPOTESIS

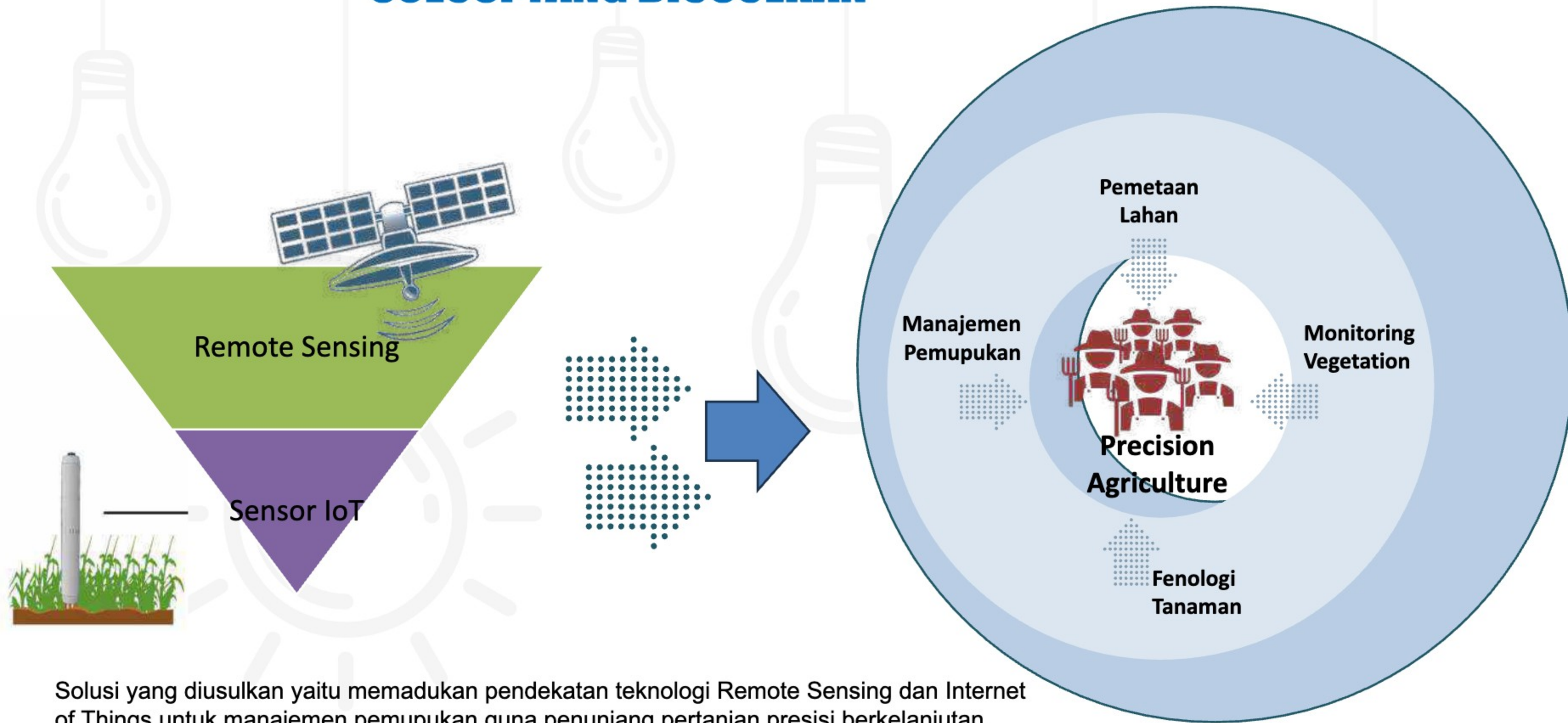
Pemupukan yang tepat akan menghasilkan kualitas dan produktivitas yang lebih baik. Remote Sensing; Internet of Things dan Computational Intelligence mampu membantu proses manajemen pemupukan menjadi lebih tepat, sehingga praktik pertanian lebih hemat biaya, produktif dan antisipasi kelangkaan pupuk.

# JUSTIFIKASI RISET/PROJECT

| Objective                                                                                                                                                                                | Tahun | Ref    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------|
| Estimasi kadar nitrogen kelapa sawit menggunakan spectral reflectance                                                                                                                    | 2016  | [9]    |
| Estimasi nitrogen pada kelapa sawit menggunakan citra UAV                                                                                                                                | 2020  | [10]   |
| Pemantauan nitrogen pada kelapa sawit menggunakan multi-temporal indeks dari citra UAV                                                                                                   | 2018  | [11]   |
| Estimasi kandungan dan akumulasi nitrogen kelapa sawit menggunakan citra hiperspektral UAV                                                                                               | 2021  | [12]   |
| Sistem pendugaan nitrogen tanah di lahan perkebunan kelapa sawit dengan Pendekatan Analisis Citra Sentinel-1                                                                             | 2021  | [13]   |
| Spektroskopi Vis-NIR dan Data OLI Satelit Landsat-8 untuk Memetakan Nutrisi Tanah dalam Kondisi Kering: Studi Kasus di Pantai Barat Laut Mesir                                           | 2020  | [14]   |
| Penerapan ekstrak tanah universal untuk menentukan ketersediaan NPK: Studi kasus zona penanaman tanaman di Tiongkok tengah                                                               | 2020  | [15]   |
| Prediksi Nutrisi Tanah Menggunakan Data Penginderaan Jarak Jauh Di India Barat: Evaluasi Model Pembelajaran Mesin                                                                        | 2021  | [16]   |
| Estimasi tekstur dan nutrisi tanah menggunakan data penginderaan jauh di India Utara - wilayah Punjab                                                                                    | 2023  | [17]   |
| Pemetaan ketersediaan lahan berbasis spasial dan machine learning                                                                                                                        | 2023  | [18]   |
| Fenologi tanaman dan Monitoring growth tanaman                                                                                                                                           | 2023  | [19]   |
| Menjelaskan pendekatan prediktif untuk meningkatkan produktivitas pertanian di Maroko melalui rekomendasi tanaman, menunjukkan aplikasi praktis dari analisis prediktif dalam pertanian. | 2023  | [20]   |
| Membahas pembelajaran mesin yang dipandu pengetahuan untuk meningkatkan kuantifikasi siklus karbon dalam agroekosistem, menampilkan aplikasi lanjutan ML dalam pemodelan lingkungan.     | 2023  | [21]   |
| Menilai AI dan ML untuk analisis tanah dalam konteks praktik pertanian berkelanjutan, menekankan pentingnya pendekatan berkelanjutan dalam teknologi pertanian.                          | 2023  | [22]   |
| Pertanian Presisi: Manajemen Pemupukan berbasis Spasial Modeling dan Internet of Things (IoT)                                                                                            | 2024  | Usulan |

Penelitian yang diusulkan melibatkan pembuatan model prediktif menggunakan algoritma Machine Learning (ML) seperti (Random Forest, Gradient Boosting, Adaboost, dan XGBoost) dengan pengaturan hyperparameter untuk memperoleh kinerja optimal. Selain itu, data Remote Sensing yang didapatkan dari image citra satelit melalui ekstraksi untuk memperoleh informasi nilai N, P, K dan pH. Sehingga hasil dari pixel ekstraksi image dijadikan nilai inputan untuk memperoleh prediktif kesesuaian lahan yang cocok dengan jenis tanaman dan lingkungan tanahnya. Dengan demikian, kebaruan yang diusulkan: (1) pada tahun pertama, device IoT data nutrisi tanah terintegrasi model AI untuk mengukur rekomendasi jenis tanaman yang sesuai dengan kondisi tanah; (2) Tahun kedua, Pemetaan nutrisi tanah berdasarkan Remote Sensing, AI dan IoT; (3) Tahun ketiga, Decision Support System jenis pupuk dan kadar pupuk yang harus diberikan berdasarkan jenis tanaman melalui data Remote Sensing, IoT dan AI.

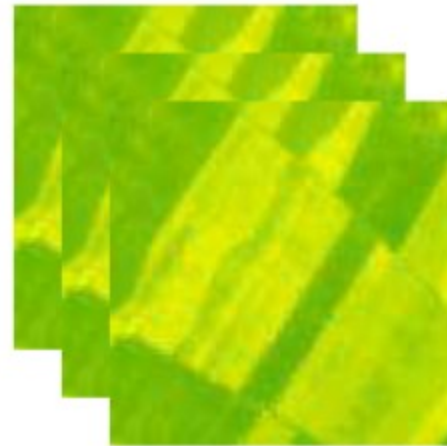
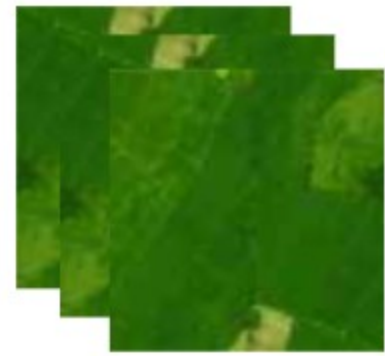
# SOLUSI YANG DIUSULKAN



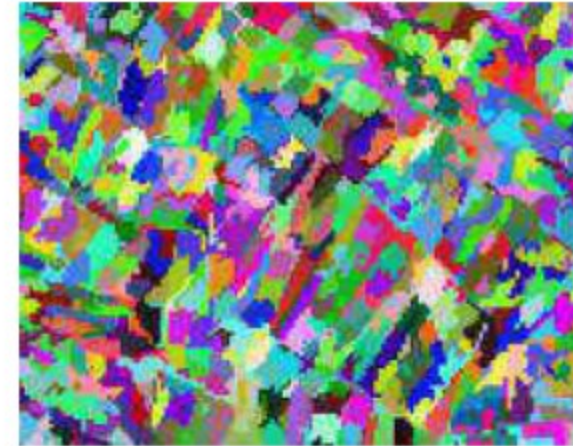
Solusi yang diusulkan yaitu memadukan pendekatan teknologi Remote Sensing dan Internet of Things untuk manajemen pemupukan guna penunjang pertanian presisi berkelanjutan.

# REMOTE SENSING FOR MAPPING

## Image Collection



**N, P, K, pH, SOM**



**Seed Grid (SNIC & GLCM)**



**Segmentation**

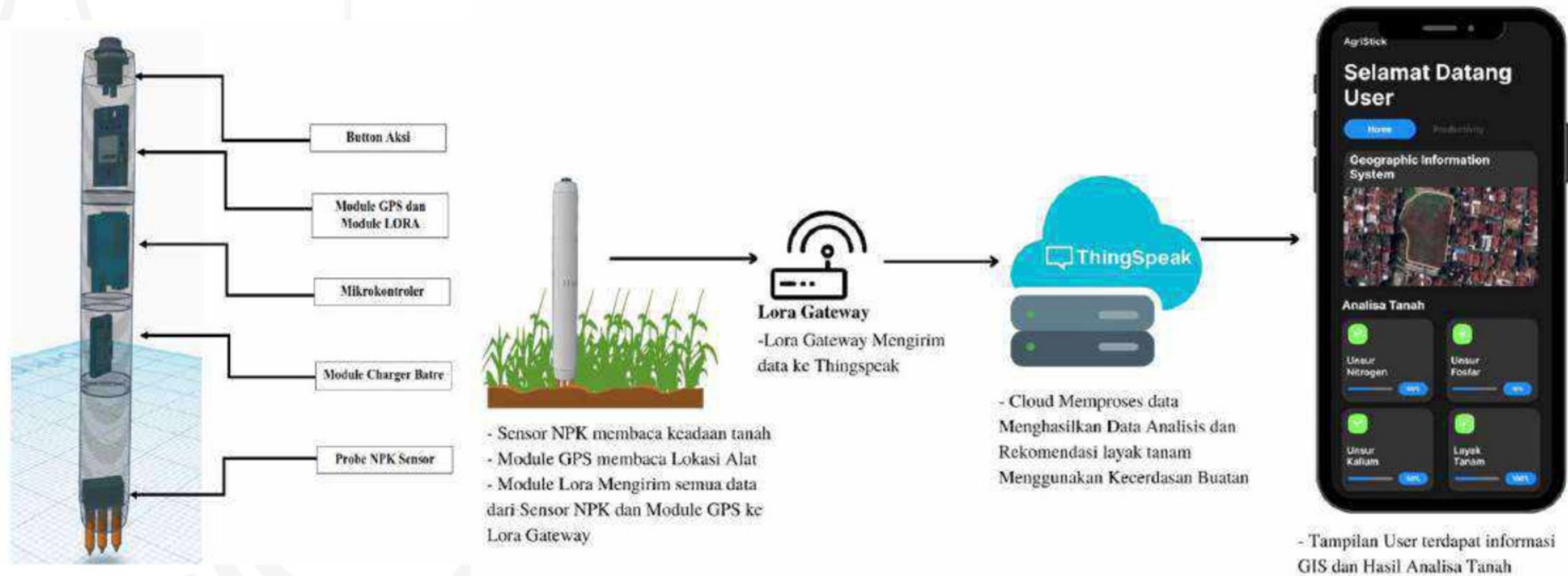


**Mapping of Fertilization**

$$\begin{aligned}\text{Ava. N} &= -31.661 + 186.022 \times \text{Blue} - 364.274 \times \text{Green} + 421.943 \times \text{Red} - 308.068 \times \text{NIR} + 207.957 \times \text{SWIR1} - 12.762 \times \text{SWIR2} \\ \text{Ava. P} &= 0.404 - 2.702 \times \text{Blue} + 22.540 \times \text{Green} - 14.156 \times \text{Red} + 3.613 \times \text{NIR} - 2.648 \times \text{SWIR1} + 2.304 \times \text{SWIR2} \\ \text{Ava. K} &= -610.060 - 1424.543 \times \text{Red} + 933.043 \times \text{SWIR2} + 4103.577 \times \text{Green} - 1733.486 \times \text{Blue} \\ \text{pH} &= 3.983 - 0.544 \times \text{Blue} - 1.112 \times \text{Green} + 6.131 \times \text{Red} + 2.193 \times \text{NIR} - 1.647 \times \text{SWIR1} + 2.739 \times \text{SWIR2} \\ \text{SOM} &= -1.421 - 8.083 \times \text{Blue} + 17.355 \times \text{Green} - 5.135 \times \text{Red} + 2.473 \times \text{NIR} - 3.275 \times \text{SWIR1} + 2.134 \times \text{SWIR2}\end{aligned}$$

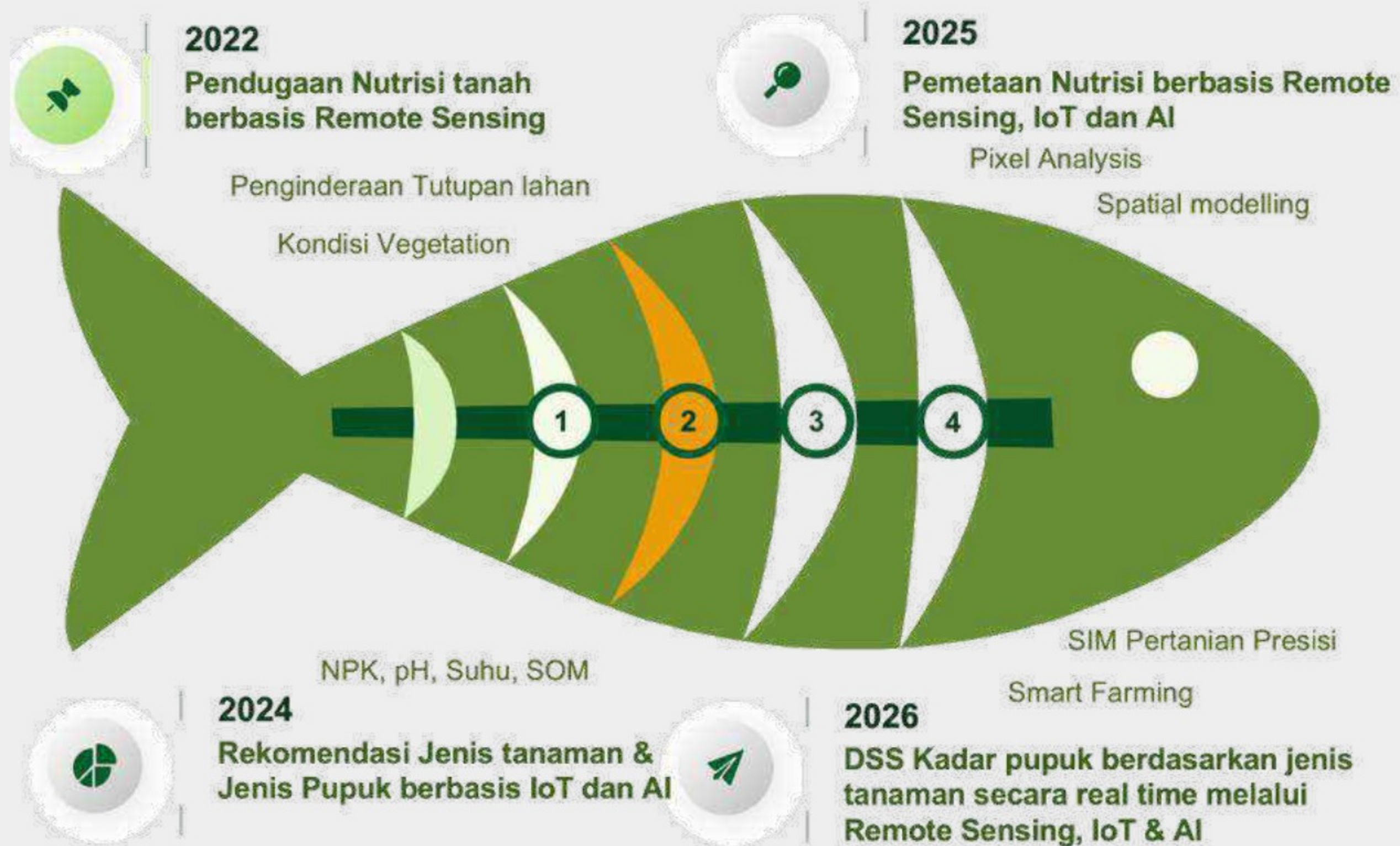
Remote Sensing membantu petani maupun *stakeholder* untuk pemetaan sebaran kondisi nutrisi pada tanah. Selain itu, membantu menentukan kesesuaian lahan yang cocok untuk karakteristik tanaman yang sesuai dengan kondisi tanah.

# IOT FOR MONITORING

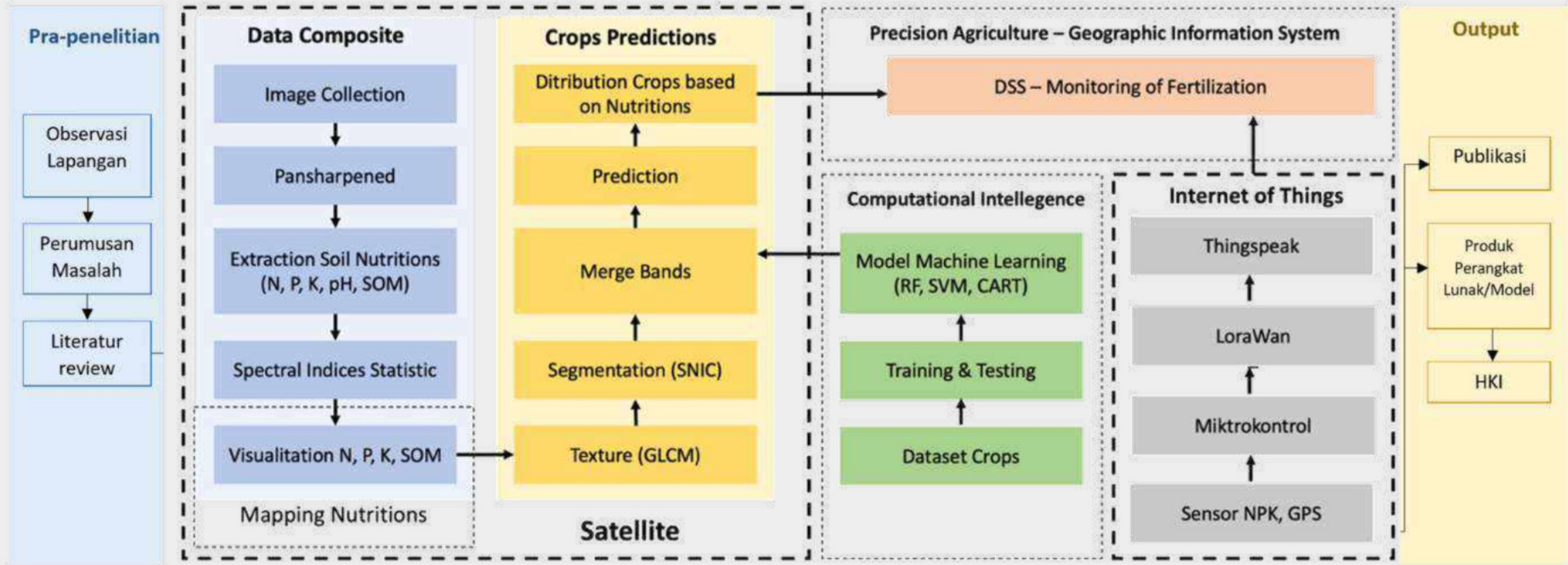


Internet of Things membantu untuk monitoring kebutuhan nutrisi tanah secara real time. Sehingga proses pemupukan bisa dilakukan dengan terukur dan tepat untuk membantu petani dalam pertanian presisi.

# BIG PICTURE RISET/PROJECT



# GANTT CHART PELAKSANAAN



# RAB RISET/PROJECT (BIAYA, MPP, ALAT DAN BAHAN)

| No              | Komponen Biaya Riset/<br>Aktivitas Riset/<br>Justifikasi Kebutuhan | Indikator Kinerja<br>Riset/ LUARAN   | Volume                                                                             | Frekuensi | Harga Satuan (Rp) | Satuan   | Jumlah | Proporsi Pendanaan |             |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------|----------|--------|--------------------|-------------|
|                 |                                                                    |                                      |                                                                                    |           |                   |          |        |                    |             |
|                 |                                                                    |                                      |                                                                                    |           |                   |          |        | Tahun I            |             |
| I.              |                                                                    |                                      |                                                                                    |           |                   |          |        |                    |             |
| A.1.1           | Kegiatan A                                                         | contoh : Pembelian bahan             | Tujuan Indikator Kinerja Riset/Luaran yang akan dihasilkan dari aktivitas tersebut |           |                   |          |        |                    |             |
|                 | 1                                                                  | Sensor NPK                           |                                                                                    | 5         | 1                 | 2200000  | Pcs    | 11.000.000         | 11.000.000  |
|                 | 2                                                                  | Arduino                              |                                                                                    | 5         | 1                 | 600000   | Pcs    | 3.000.000          | 3.000.000   |
|                 | 3                                                                  | Modul GPS                            |                                                                                    | 5         | 1                 | 340000   | Pcs    | 1.700.000          | 1.700.000   |
|                 | 4                                                                  | Modul LowRawan                       |                                                                                    | 5         | 1                 | 800000   | Pcs    | 4.000.000          | 4.000.000   |
|                 | 5                                                                  | Modul battery + battery              |                                                                                    | 5         | 1                 | 270000   | Pcs    | 1.350.000          | 1.350.000   |
|                 | 6                                                                  | Charger                              |                                                                                    | 2         | 1                 | 600000   | Pcs    | 1.200.000          | 1.200.000   |
|                 | 7                                                                  | Push Button                          |                                                                                    | 10        | 1                 | 70000    | Pcs    | 700.000            | 700.000     |
|                 | 8                                                                  | Kabel                                |                                                                                    | 22        | 1                 | 50000    | Pcs    | 1.100.000          | 1.100.000   |
|                 | 9                                                                  | Galvanum + baut                      |                                                                                    | 5         | 1                 | 1500000  | Pcs    | 7.500.000          | 7.500.000   |
|                 | 10                                                                 | sewa hosting + domain                |                                                                                    | 1         | 1                 | 3000000  | Pcs    | 3.000.000          | 3.000.000   |
|                 | 11                                                                 | Sewa Cloud IoT                       |                                                                                    | 1         | 2                 | 4500000  | Pcs    | 9.000.000          | 9.000.000   |
|                 | 12                                                                 | programming sistem aplikasi spasial  |                                                                                    | 2         | 4                 | 5500000  | OH     | 44.000.000         | 44.000.000  |
|                 | 13                                                                 | pengolahan data dan analisis spasial |                                                                                    | 2         | 4                 | 6000000  | OH     | 48.000.000         | 48.000.000  |
|                 | 14                                                                 | Sewa akun satelit high spectral      |                                                                                    | 1         | 12                | 3000000  | Pcs    | 36.000.000         | 36.000.000  |
|                 | 15                                                                 | sewa drone high resolution spectral  |                                                                                    | 1         | 2                 | 20000000 | Pcs    | 40.000.000         | 40.000.000  |
|                 | 16                                                                 | Enginer Perancang IoT                |                                                                                    | 2         | 2                 | 5000000  | OH     | 20.000.000         | 20.000.000  |
| Sub Total A.1.1 |                                                                    |                                      |                                                                                    |           |                   |          |        | 231.550.000        | 231.550.000 |
| A.1.2           | Kegiatan B                                                         | contoh : Honor Tenaga Lapangan       | Tujuan Indikator Kinerja Riset/Luaran yang akan dihasilkan dari aktivitas tersebut |           |                   |          |        |                    |             |
|                 | 1                                                                  | Tenaga Lapangan                      |                                                                                    | 3         | 3                 | 2700000  | OH     | 24.300.000         | 24.300.000  |
|                 | 2                                                                  | sekretariat/administrasi             |                                                                                    | 1         | 5                 | 1700000  | OH     | 8.500.000          | 8.500.000   |
|                 | 3                                                                  | Tenaga Survei                        |                                                                                    | 3         | 3                 | 2200000  | OH     | 19.800.000         | 19.800.000  |
|                 | 4                                                                  | Narasumber                           |                                                                                    | 1         | 1                 | 5000000  | OH     | 5.000.000          | 5.000.000   |
| Sub Total A.1.2 |                                                                    |                                      |                                                                                    |           |                   |          |        | 57.600.000         | 57.600.000  |
| A.1.3           | Aktivitas C                                                        | contoh : Perjalanan                  | Tujuan Indikator Kinerja Riset/Luaran yang akan dihasilkan dari                    |           |                   |          |        |                    |             |
|                 | 1                                                                  | Perjalanan Pesawat                   |                                                                                    | 3         | 5                 | 2800000  | kali   | 42.000.000         | 42.000.000  |
|                 | 2                                                                  | Perjalanan Lokal                     |                                                                                    | 3         | 10                | 450000   | kali   | 13.500.000         | 13.500.000  |
|                 | 3                                                                  | FGD dengan mitra                     |                                                                                    | 3         | 3                 | 2000000  | kali   | 18.000.000         | 18.000.000  |
|                 | 4                                                                  | Uji lab                              |                                                                                    | 1         | 3                 | 10000000 | kali   | 30.000.000         | 30.000.000  |
|                 | 5                                                                  | Konsumsi                             |                                                                                    | 3         | 30                | 100000   | kali   | 9.000.000          | 9.000.000   |
| Sub Total A.1.3 |                                                                    |                                      |                                                                                    |           |                   |          |        | 112.500.000        | 112.500.000 |
| A.1.4           | Aktivitas C                                                        | Gaji/upah                            | Tujuan Indikator Kinerja Riset/Luaran yang akan dihasilkan dari                    |           |                   |          |        |                    |             |
|                 | 1                                                                  | Ketua Peneliti                       |                                                                                    | 1         | 5                 | 4200000  | kali   | 21.000.000         | 21.000.000  |
|                 | 2                                                                  | Anggota Peneliti                     |                                                                                    | 3         | 5                 | 3200000  | Paket  | 48.000.000         | 48.000.000  |
| Sub Total A.1.3 |                                                                    |                                      |                                                                                    |           |                   |          |        | 69.000.000         | 69.000.000  |
| A.1.4           | Aktivitas C                                                        | contoh : Pelaporan                   | Tujuan Indikator Kinerja Riset/Luaran yang akan dihasilkan dari                    |           |                   |          |        |                    |             |
|                 | 1                                                                  | HKI                                  |                                                                                    | 1         | 1                 | 800000   | kali   | 800.000            | 800.000     |
|                 | 2                                                                  | Jurnal                               |                                                                                    | 1         | 1                 | 20000000 | kali   | 20.000.000         | 20.000.000  |
|                 | 3                                                                  | ATK                                  |                                                                                    | 1         | 1                 | 2000000  | Paket  | 3.000.000          | 3.000.000   |
|                 | 4                                                                  | Penyamaan persepsi (FGD) institusi   |                                                                                    | 1         | 2                 | 2000000  | Paket  | 4.000.000          | 4.000.000   |
|                 | 5                                                                  | Konsumsi                             |                                                                                    | 20        | 1                 | 100000   | Paket  | 2.000.000          | 2.000.000   |
| Sub Total A.1.3 |                                                                    |                                      |                                                                                    |           |                   |          |        | 29.800.000         | 29.800.000  |
| TOTAL BIAYA     |                                                                    |                                      |                                                                                    |           |                   |          |        | 500.450.000        | 500.450.000 |

# DAMPAK RISET/PROJECT

- **Menghemat Biaya Produksi:** Efisiensi dalam penggunaan pupuk, yang dapat menghasilkan penghematan biaya produksi.
- **Perencanaan Pemupukan yang Lebih baik:** merencanakan penggunaan pupuk dengan lebih baik, mengurangi pemborosan pupuk, dan biaya pembelian pupuk yang tidak diperlukan.
- **Peningkatan Kualitas Produk:** pemupukan yang tepat, kualitas hasil pertanian juga dapat meningkat. Produk yang lebih berkualitas dapat menghasilkan harga jual yang lebih tinggi, yang berkontribusi pada keuntungan yang lebih baik.
- **Peningkatan Produktivitas:** pemantauan dan manajemen yang lebih akurat dan tepat waktu terhadap pemupukan, perkebunan dapat mencapai peningkatan produktivitas tanaman.
- **Penghematan Biaya:** Teknologi pemantauan berbasis IoT dapat membantu menghindari penggunaan pupuk berlebihan, yang dapat mengurangi biaya produksi. Dengan pemupukan yang lebih efisien, petani dapat menghemat uang yang sebelumnya digunakan untuk pupuk yang tidak diperlukan.
- **Pengurangan Dampak Lingkungan:** Pemantauan yang lebih baik dapat membantu mengurangi dampak lingkungan yang disebabkan oleh penyalahgunaan pupuk kimia. Dengan menggunakan jumlah pupuk yang diperlukan tanpa limbah, penelitian ini dapat berkontribusi pada pertanian yang lebih berkelanjutan.



Bumitama Gunajaya Agro

**THANK  
YOU**  
—