

PROPOSAL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN BPDPKS

Formulasi Teknologi Pemupukan Presisi Berbasis Pendekatan *Microbial Biomass, Machine Learning* dan Penginderaan Jauh

Peneliti:

- Dr. Reni Ustiatik, S.P., M.P. (Universitas Brawijaya)
- Ir. Aditya Nugraha Putra, SP, MP (Universitas Brawijaya)
- Istika Nita, S.P., M.P. (Universitas Brawijaya)*
- Anita Dwy Fitria, S.P., M.P. (Universitas Siliwangi)*
- Novandi Rizky Prasetya, S.P. (Mahasiswa Pasca Sarjana UB)

**anggota peneliti yang tidak dimasukkan dalam proposal namun tetap berkontribusi untuk pengembangan secara penta helix*



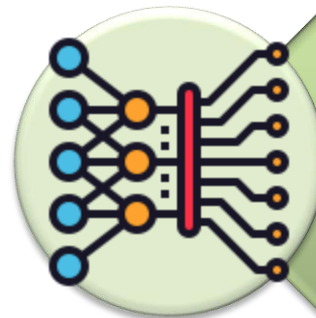
TUJUAN PROJEK



Mengidentifikasi pola spasial hubungan keberadaan MBC dan ketersediaan unsur hara makro, *nutrient pools* dalam tanah, serapan dan deteksi dini defisiensi di perkebunan kelapa sawit



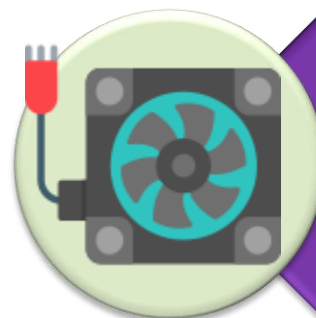
Menganalisis peran dan potensi teknologi *machine learning* dan penginderaan jauh dalam pengumpulan data tentang kondisi tanah secara efisien



Mengidentifikasi dan memahami tantangan yang terkait dengan penerapan teknologi penginderaan jauh dan *machine learning* dalam konteks pemupukan pada industri kelapa sawit.



Menyusun model persamaan terbaik, akurat dan mengembangkan model dalam mengidentifikasi unsur hara makro dalam tanah dan tanaman melalui kombinasi pendekatan hubungan MBC, penginderaan jauh, indeks vegetasi dan tanah, serta *machine learning* untuk efisiensi pemupukan.



Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dan *machine learning* untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan tanah dan pemupukan



JUSTIFIKASI RISET/PROJEK

Justifikasi Riset	Rincian
Latar Belakang dan urgensi	Kelapa sawit menjadi pilar penting perekonomian Indonesia dengan kontribusi PDB sebesar 2,9% dan ekspor mencapai 22,97 miliar USD di 2020. Luasan lahan kelapa sawit mencapai ±16.833.985 ha yang tersebar di 26 provinsi dan mampu menciptakan 16 juta lapangan pekerjaan. Permintaan akan minyak sawit sendiri juga terus meningkat (rata-rata +9,92% dalam 5 tahun) (Masykur, 2013) sehingga potensi pengembangannya akan terus menjadi daya tarik lokal dan global. Indonesia memegang peran kunci dalam pasar global sebagai penghasil kelapa sawit terbesar dunia. Status ini terancam terus-menerus oleh isu degradasi lahan yang disebabkan oleh industri ini. Pertanyaannya adalah bagaimana cara menjaga kestabilan produksi tetap terjaga sementara aspek lingkungan tetap berkelanjutan?.
Permasalahan	Akar masalah utama adalah aplikasi pemupukan yang tidak efisien dan tidak berkelanjutan karena kurangnya informasi spesifik kebutuhan hara tanaman. Masalah ini menyebabkan terjadinya pencucian dan ketidakseimbangan hara serta terhambatnya pertumbuhan fisiologis sehingga menurunkan produksi serta kapabilitas lingkungan untuk digunakan secara berkelanjutan. Perlu ada pendekatan holistik berbasis ilmiah berupa sistem mitigasi dan restorasi lahan terdegradasi ini agar pemanfaatan berkelanjutan bisa terjamin.
Rumusan Masalah	1. Bagaimana hubungan keberadaan MBC dengan ketersediaan unsur hara makro di perkebunan kelapa sawit? 2. Bagaimana penggunaan teknologi penginderaan jauh dan machine learning dapat meningkatkan efisiensi dalam pemupukan pada industri perkebunan kelapa sawit? 3. Apa saja tantangan yang dihadapi dalam menerapkan kedua teknologi ini dalam memprediksi kebutuhan unsur hara dalam tanah? 4. Bagaimana penggunaan kedua teknologi ini dapat membantu mengatasi kendala-kendala yang ada dalam pengelolaan pemupukan dengan tingkat kesiapan teknologi tinggi?

JUSTIFIKASI RISET/PROJEK

Justifikasi Riset	Rincian
Upaya Pemecahan Masalah (Pengembangan Penelitian Sebelumnya)	Penelitian ini bermaksud untuk mengintroduksi teknologi pendekatan hubungan keberadaan <i>Microbial Biomass Carbon</i> (MBC), <i>Microbial Biomass Carbon</i> (MBN), <i>machine learning</i> dan penginderaan jauh untuk menduga hara makro khusus untuk kelapa sawit. Teknologi ini banyak dikembangkan untuk tanaman semusim namun belum terlihat efektivitasnya untuk tanaman tahunan (Sun <i>et al.</i> , 2019).
Gambaran Teknologi	Penelitian ini memanfaatkan citra satelit Sentinel-2 sebagai produk penginderaan jauh yang memiliki tingkat akurasi tinggi. Data dari data tersebut selanjutnya dikembangkan model berdasarkan faktor pendorong penentu kesuburan tanah yang dikombinasikan dengan data hasil analisis laboratorium serta disebarakan menggunakan <i>machine learning</i> . Penelitian ini sangat penting untuk industri perkebunan kelapa sawit karena dapat membantu meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan perkebunan melalui pengoptimalan penggunaan pupuk, pengurangan biaya produksi, serta pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan.
Novelty (Kebaruan Inovasi)	Sistem ini menggabungkan teknologi deteksi hara dan faktor yang berpengaruh terhadap ketersediaannya (mikroba dan indeks vegetasi-tanah) yang diolah dengan <i>machine learning</i> sehingga didapatkan data yang sangat akurat
Luaran	Tingkat <i>Technology Readiness Level</i> (TRL) 5-7, Paten dan Artikel Internasional (Terindeks Scopus)
Impact Terhadap Penyelesaian Masalah Di BGA	Manfaat penelitian ini mencakup peningkatan produktivitas pertanian, reduksi dampak lingkungan melalui penentuan dosis pupuk yang tepat, efisiensi dalam pengumpulan data kondisi tanah, serta percepatan proses analisis data dan pengambilan keputusan terkait pemupukan di BGA. Selain itu, penelitian ini juga mendorong praktik pertanian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam industri kelapa sawit, memberikan dampak positif jangka panjang di BGA.
Skalabilitas	Penelitian ini dapat digunakan di skala yang sangat luas (1 scene citra satelit bisa mencakup area seluas 290 km ² , sehingga dengan cakupan wilayah yang luas bisa dilakukan dalam beberapa hari saja)

RENCANA PENGEMBANGAN

Pengembangan sistem dan model pendugaan unsur hara makro di perkebunan kelapa sawit secara presisi, berbasis, pendekatan *Microbial Biomass Carbon and Nitrogen (MBC-MBN)*, penginderaan jauh dan *machine learning*

Penentuan Titik Observasi

Pembuatan peta survei dan titik observasi

01



Pengiriman Data secara *Realtime*

NodeMCU menggunakan protokol MQTT

03



Pengolahan Data Citra Satelit

- Citra sentinel-2 diolah menggunakan metode megacomposite
- Kemudian hasilnya digunakan untuk analisis plot kelapa sawit menggunakan algoritma deep learning berupa U-Model

05



Uji Akurasi Model

- Uji validasi data sampel tanah dan data sensor
 - Uji t berpasangan (*paired t-test*)

07



02

Penggunaan sensor JXBS-3001

Pengambilan data kadar hara tanah dan tanaman



04

Analisis *Microbial Biomass Carbon (MBC)*

- Biomassa mikroba tanah dianalisis dengan menggunakan metode ekstraksi fumigasi kloroform (CFE)
- Estimasi kandungan C-organik diukur menggunakan metode *Walkley and Black*



06

Analisis Data *Random Forest*

Pengolahan data hasil sensor kandungan unsur hara NPK tanah dan tanaman, data klimatologi, data tanah, data topografi, dan data hasil transformasi indeks.



08

Analisis Perhitungan Pupuk

$$FR = (NP - (BD \times PD \times LA \times NL)) \times (100/NF)$$

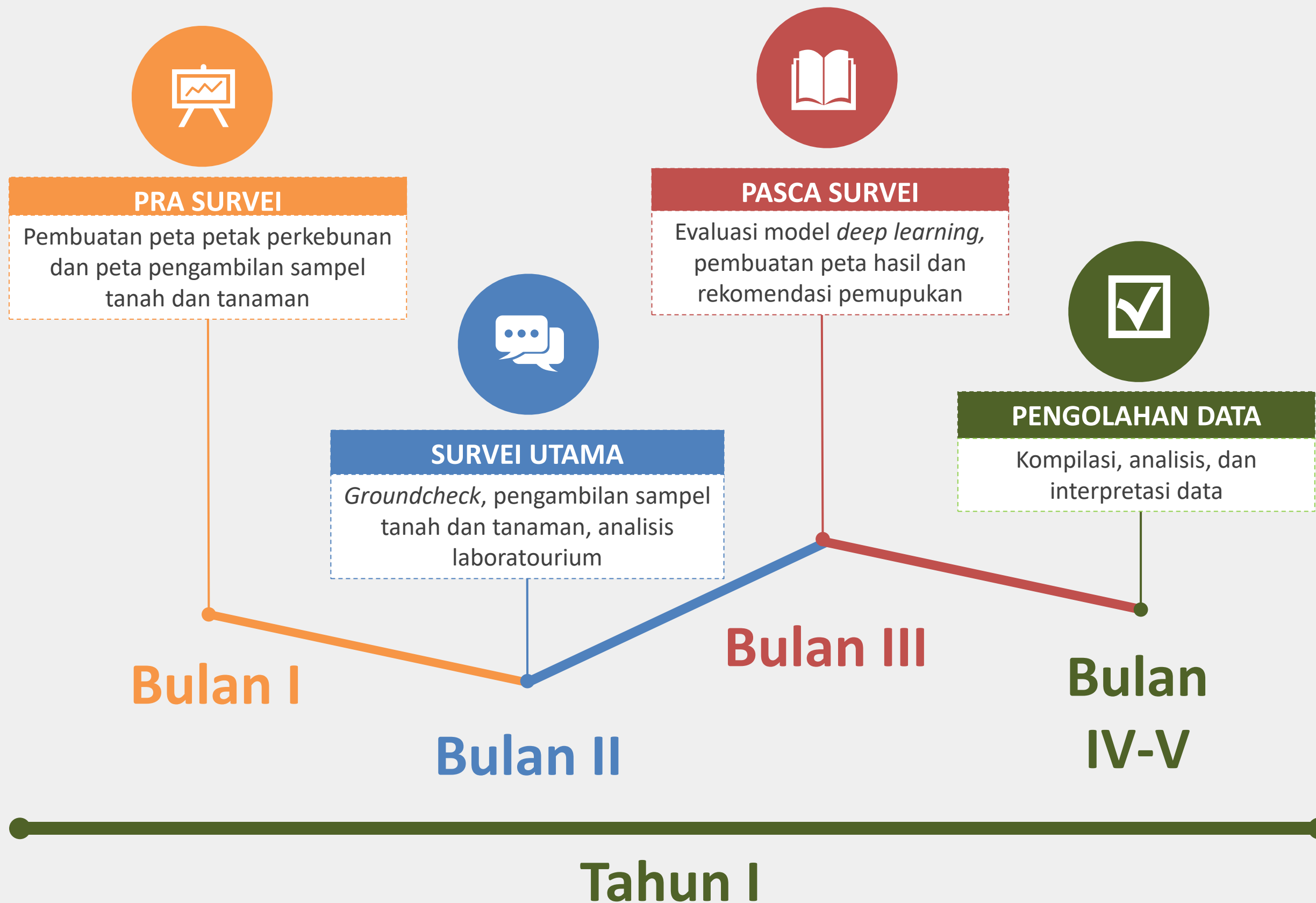


Mengidentifikasi pola spasial hubungan keberadaan MBC dan ketersediaan unsur hara makro, *nutrient pools* dalam tanah, serapan dan deteksi dini defisiensi di Perkebunan Kelapa Sawit

Menyusun model persamaan terbaik, akurat dan mengembangkan model dalam mengidentifikasi unsur hara makro dalam tanah dan tanaman melalui kombinasi pendekatan hubungan MBC, penginderaan jauh, indeks vegetasi dan tanah, serta *machine learning* untuk efisiensi pemupukan.



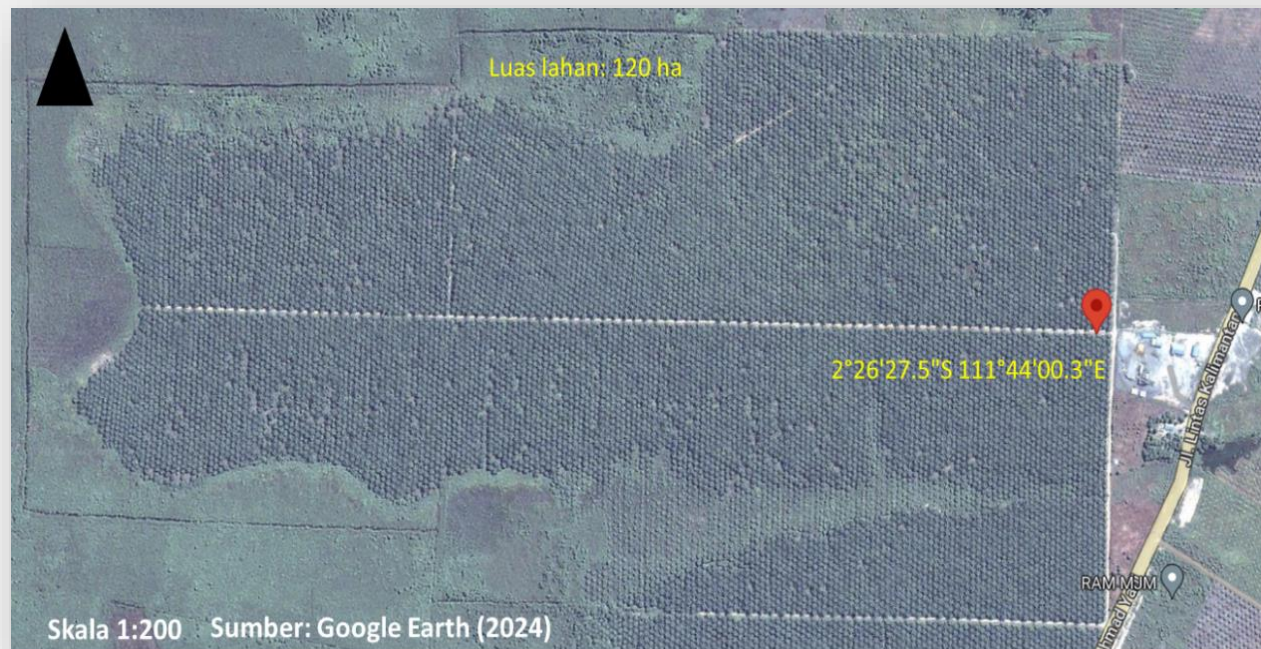
BIG PICTURE RISET/PROJECT



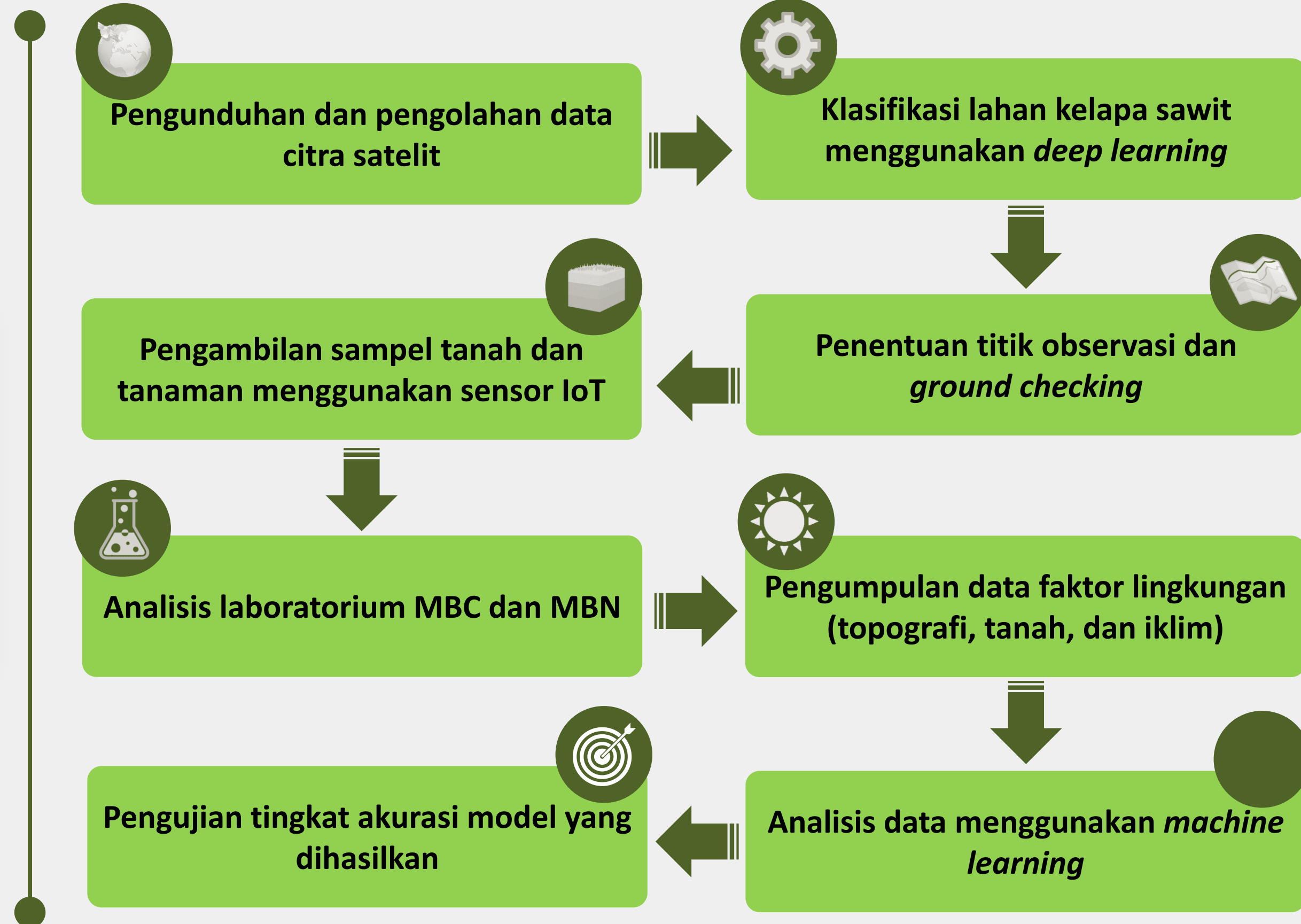
- Skala riset: pengaplikasian teknologi TKT 7
- Kompilasi data dari kegiatan tahun I dapat digunakan untuk pengambilan keputusan tahun berikutnya
- Pengaplikasian model dapat dilakukan selama multi tahun

LOKASI DAN ALUR PENELITIAN

Lokasi penelitian yang dipilih untuk rencana kegiatan berada di Desa Runtu, Kecamatan Arut Selatan, Kabupaten Kotawaringin Barat, Provinsi Kalimantan Tengah, dengan koordinat geografis 2°26'27.5"S 111°44'00.3"E



Dengan luasan sebesar 120 ha area ini menyediakan kondisi geografis dan klimatologis unik untuk memahami dinamika unsur hara dalam konteks agrikultur tropis



GANTT CHART PELAKSANAAN

[illegible]

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

No.	Komponen Biaya	Jumlah	
		Rp	%
A	Gaji/upah (termasuk honor narasumber)	75.000.000	30%
B	Biaya pembelian bahan dan/atau peralatan penelitian termasuk sewa laboratorium dan uji pasar	112.500.000	45%
C	Biaya perjalanan dalam negeri/ FGD/ publikasi	50.000.000	20%
D	Biaya operasional institusi (<i>management fee</i> institusi)	12.500.000	5%
Total		250.000.000	100%

No.	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Volume x Satuan)
A.	Gaji atau Upah				75.000.000
1	Asisten administrasi dan keuangan	150	OJ	60.000	9.000.000
2	Asisten lapangan	240	OH	100.000	24.000.000
3	Asisten pemetaan	6	OK	1.500.000	9.000.000
4	Asisten pengolah data	6	OK	1.500.000	9.000.000
	Honorarium				
1	Narasumber	24	OJ	1.000.000	24.000.000

No.	Uraian	Spesifikasi	Volume	Satuan (Rp)	Jumlah (Volume x Satuan)
D.	Biaya Operasional Institusi				12.500.000
1	Biaya institusi	PPN + PPh	1	12.500.000	12.500.000

No.	Uraian	Spesifikasi	Volume	Satuan (Rp)	Jumlah (Volume x Satuan)
C.	Biaya Perjalanan dan Luaran				50.000.000
1	Publikasi	Jurnal Sustainability terindeks Q1 Scopus	1	20.000.000	20.000.000
2	Diseminasi	HAKI dan Paten	1	350.000	350.000
3	Seminar Internasional	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	1	2.120.000	2.120.000
4	Sewa kendaraan pengambilan sampel tanah	Pengambilan sampel tanah	3	560.000	1.680.000
5	Biaya perjalanan	Surabaya-Palangkaraya	5	370.000	1.850.000
6	Biaya perjalanan Tiket Pesawat Surabaya-Palangkaraya PP	PP Surabaya-Palangkaraya	5	3.000.000	15.000.000
7	Biaya Taksi Perjalanan ke Bandara	Menuju ke Palangkaraya	5	150.000	750.000
8	Biaya Taksi Perjalanan dari Bandara ke Penginapan	Menuju Penginapan di Palangkaraya	5	150.000	750.000
9	Biaya Taksi Perjalanan dari Penginapan ke Bandara	Menuju ke Surabaya	5	150.000	750.000
10	Biaya Taksi Perjalanan dari Bandara ke Tempat Kedudukan	Menuju ke Surabaya	5	150.000	750.000
11	Biaya Penginapan	Penginapan di Palangkaraya	10	600.000	6.000.000

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

No.	Uraian	Spesifikasi	Volume	Satuan (Rp)	Jumlah (Volume x Satuan)
B.	Bahan Habis Pakai dan Peralatan				112.500.000
1	Aquades	Aquades jerigen isi 25 L	200	15.000	3.000.000
2	Kertas label	No. 103	100	5000	500.000
3	Tinta printer Cyan	Canon/Epson L3210 series	5	55.000	275.000
4	Tinta printer Black	Canon/Epson L3210 series	5	55.000	275.000
5	Tinta printer Yellow	Canon/Epson L3210 series	5	55.000	275.000
6	Tinta printer Magenta	Canon/Epson L3210 series	5	55.000	275.000
7	Kantong plastik	Jenis PE Ukuran 1 Kg	15	15.000	225.000
8	Karung plastik	Size 56 X 80 Ukuran 50 kg	55	11.000	605.000
9	Spidol permanen	Snowman	5	50.000	250.000
10	Timbangan saku	SOJIKYO Small Digital Scale 2000g	5	90.500	452.500
11	Amplop coklat	Ukuran 30 x 20 cm	15	20.000	300.000
12	Map plastik A4	Map kancing bening	5	20.000	100.000
13	Kertas HVS	A4 Tebal 70 gram	5	60.000	300.000
14	Kertas plano	A2 Tebal 70 gram	45	15.000	675.000
15	Papan poster	Ukuran A2	5	200.000	1.000.000
16	Cetak poster	Ukuran A0	10	165.000	1.650.000
17	Hard disk	1 Tera	1	805.000	805.000
18	Cetak peta kerja	Ukuran A2	10	150.000	1.500.000
19	Kertas <i>whatman</i>	No. 42 Diameter 9	250	7000	1.750.000
20	Selotip	Nachi Stationery Tape	6	10.000	60.000
21	Ring sampel	Ukuran T = 5 cm d = 7 cm	50	40.000	2.000.000
22	Reagen C organik Tanah dan Serapan	H3PO4 85%	2	1.760.000	3.520.000
23	Reagen C organik Tanah dan Serapan	K2Cr2O7 500 gram	1	2.677.000	2.677.000

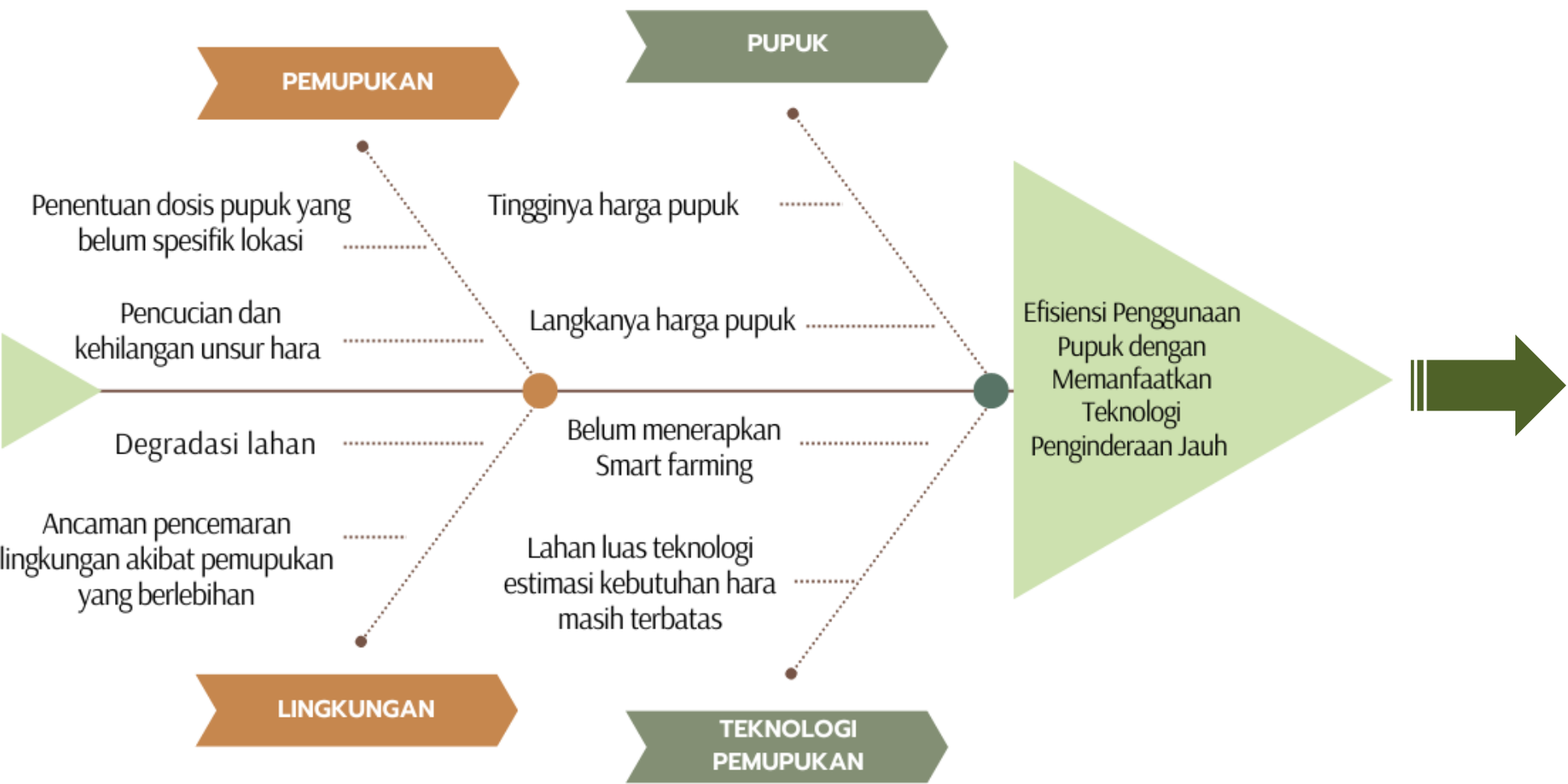
No.	Uraian	Spesifikasi	Volume	Satuan (Rp)	Jumlah (Volume x Satuan)
B.	Bahan Habis Pakai dan Peralatan				112.500.000
24	Reagen C organik Tanah dan Serapan	H2SO4 Pekat 98% Kemasan 2,5 L SMART Lab	2	850.000	1.700.000
25	Reagen C organik Tanah dan Serapan	FeSO4.7H2O 100 gram	1	550.000	550.000
26	Reagen pH Tanah KCl Tanah	KCl 1 N 500 gram	2	555.000	1.110.000
27	Reagen pH Tanah KCl Tanah	Buffer Ph 7 kemasan 1L	1	523.500	523.500
28	Reagen pH Tanah KCl Tanah	Buffer ph 4 kemasan 1L	2	538.500	1.077.000
29	Reagen N Total dan N Tersedia	CuSO4 kemasan 500 gram	1	793.000	793.000
30	Reagen N Total dan N Tersedia	Selenium 500 gram	2	2.190.000	4.380.000
31	Reagen N Total dan N Tersedia	NaOH (teknis) 500 gram	1	695.000	695.000
32	Reagen N Total dan N Tersedia	Brom kresol hijau 100 ml	2	194.000	388.000
33	Reagen N Total dan N Tersedia	Metil merah 100 gram	1	116.000	116.000
34	Reagen N Total dan N Tersedia	Etanol 96% kemasan 1 L (P.A)	2	850.000	1.700.000
35	Reagen N Total dan N Tersedia	Etanol 70% kemasan 2 L (P.A)	1	218.000	218.000
36	Reagen N Total dan N Tersedia	H3BO3 (P.A) 1 kg	2	1.950.000	3.900.000
37	Reagen P Tersedia dan Serapan	NaHCO3(P.A) 100 gram	1	2.000.000	2.000.000
38	Reagen P Tersedia dan Serapan	H2PO4(P.A) 1000 gram	2	1.030.000	2.060.000
39	Reagen P Tersedia dan Serapan	KCN 100 gram	1	720.000	720.000
40	Reagen K tersedia dan Serapan	Asam Hidro Klorida/HCl 37% 2,5 L	2	1.375.000	2.750.000
41	Reagen K tersedia dan Serapan	Amonium asetat/NH4Oac 500 gram	1	800.000	800.000
42	Reagen Analisis Tekstur Tanah	H2O2 Peroksida 30 % SMART LAB Kemasan 500 ml	2	1.300.000	2.600.000
43	Reagen Analisis Tekstur Tanah	Na4P2O7 500 gram	1	700.000	700.000
44	Analisis <i>Microbial Biomass Carbon</i> (MBC)	Ekstraksi Fumigasi Kloroform (CFE)	25	150.000	3.750.000
45	Analisis <i>Microbial Biomass Nitrogen</i> (MBN)	Ekstraksi Fumigasi Kloroform (CFE)	25	200.000	5.000.000
46	Sensor unsur hara	JXBS-3001	15	3.500.000	52.500.000

DAMPAK RISET/PROJECT: ANALISIS B/C RATIO

Jenis Pengeluaran	Perhitungan Pengeluaran
- Pembelian Pupuk NPK tiap ha jika kebutuhan pupuk 2,5 kg/tanaman (305 kg/ha)→ asumsi 1 ha = 122 tanaman kelapa sawit (Efisiensi Pemupukan rendah antara 35-50%) - Asumsi luasan lahan tanam PT. Bumitama Gunajaya Agro (185.000 ha)	=Rp. 25.000/kg (Pupuk NPK) =Rp. 7.625.000/ha
- Pembelian Pupuk NPK tiap ha jika kebutuhan pupuk 1,75 kg/tanaman (305 kg/ha)→ asumsi 1 ha = 122 tanaman kelapa sawit (Efisiensi Pemupukan ± 70%) - Asumsi luasan lahan tanam PT. Bumitama Gunajaya Agro (185.000 ha)	=Rp. 25.000/kg (Pupuk NPK) =Rp. 5.337.000/ha
Efisiensi penggunaan anggaran 1 ha lahan kelapa sawit	= Rp. 7.625.000/ha - Rp. 5.337.000/ha = Rp. 2.287.000
Efisiensi penggunaan anggaran 185.000 ha lahan kelapa sawit	= Rp. 1.410.625.000.000 – Rp. 987.345.000.000 = Rp. 423.095.000.000
Pembiayaan project	= Rp. 250.000.000
Penghematan Biaya Produksi	= Rp. 423.095.000.000 - Rp. 250.000.000 = Rp. 422.845.000.000 ↓ \$

DAMPAK RISET/PROJECT: MANFAAT DAN LUARAN

GAP ANALYSIS



MANFAAT

Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dan *machine learning* menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan tanah dan pemupukan. Prediksi kebutuhan unsur hara yang akurat dapat meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya produksi, dan meminimalkan dampak negatif pada lingkungan, menjamin keberlanjutan industri kelapa sawit.

1

Reduksi dampak lingkungan melalui penentuan dosis pupuk yang tepat, efisiensi dalam pengumpulan data kondisi tanah, serta percepatan proses analisis data dan pengambilan keputusan terkait pemupukan

2

Penelitian ini juga mendorong praktik pertanian yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan dalam industri kelapa sawit, memberikan dampak positif jangka panjang

3

LUARAN PENELITIAN

Tahun	Jenis Luaran	Jenis		Keterangan
		W	T	
1	Jurnal terindeks Scopus Q1	v		<i>Journal of Sustainability</i>
	Jurnal terindeks Scopus Q3		v	<i>Journal of Degraded and Mining Lands Management</i>
	Paten sederhana	v		Hak Kekayaan Intelektual (HKI)

*W= Wajib, T= Tambahan



Bumitama Gunajaya Agro

**THANK
YOU**

—