



Inovasi Pupuk Zeolit Enriched Bio-NanoSilika (LitBioSi) untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Kelapa Sawit dan Efisiensi Pemupukan NPK di Lahan Marginal Terdampak Perubahan Iklim

Project Leader : Sundahri

Team Project :

Prof. Tri Candra Setiawati

Prof. Sugeng Winarso



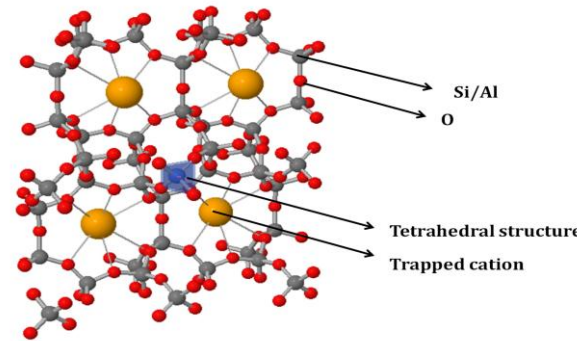
TUJUAN RISET

1. Meningkatkan pertumbuhan bibit serta produktivitas tanaman dan kualitas minyak sawit.
2. Meningkatkan efisiensi pemupukan (N, P, dan K) akibat leaching.
3. Mengurangi potensi penurunan produktivitas tanaman kelapa sawit akibat perubahan iklim, seperti: kekeringan dan penggenangan.
4. Meningkatkan populasi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dan *Trichoderma spp* di area perakaran dalam upaya memacu pertumbuhan, meningkatkan serapan hara, dan menekan serangan penyakit.
5. Meningkatkan efisiensi pengapuran dalam menekan keracunan tanaman akibat logam berat (Al dan Fe).
6. Meningkatkan sex rasio bunga betina tanaman kelapa sawit serta daya simpan dan viabilitas polen.
7. Menemukan formula pupuk yang efektif dalam meningkatkan produktivitas tanaman kelapa sawit serta mengurangi potensi kerugian akibat pencucian unsur hara pada lahan kritis (berpasir) dan efek negatif perubahan iklim.

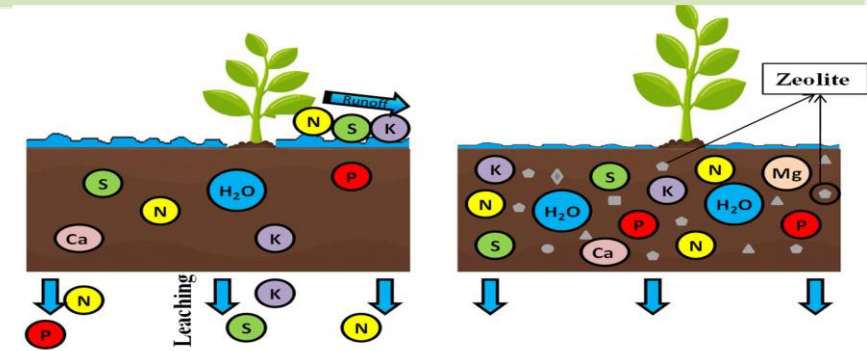
JUSTIFIKASI RISET

70% Lahan PT BGA merupakan lahan marginal (Kalili, 2025). Menurut Zazali (2022), 45% lahan PT BGA bergelombang dan berpasir.

Pada lahan berpasir, 30-70% pupuk berdaya larut tinggi (sintetis) hilang akibat leaching (Legese *et al.*, 2024). Pemberian zeolit sebagai gentong hara diharapkan dapat mengatasi masalah ini (Bernardi *et al.*, 2016; Sundahri *et al.*, 2013; Sundahri, 2005).



Gambar 1. Struktur zeolit



Gambar 2. Zeolit menurunkan leaching unsur hara

Zeolit bermuatan negatif sehingga hanya menyerap kation karena itu perlu dimodifikasi agar dapat menyerap anion termasuk nutrisi yang tidak bermuatan.

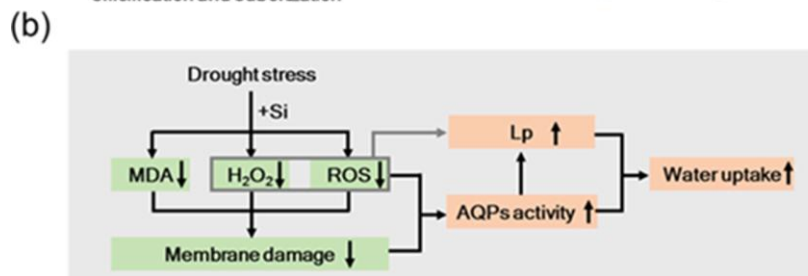
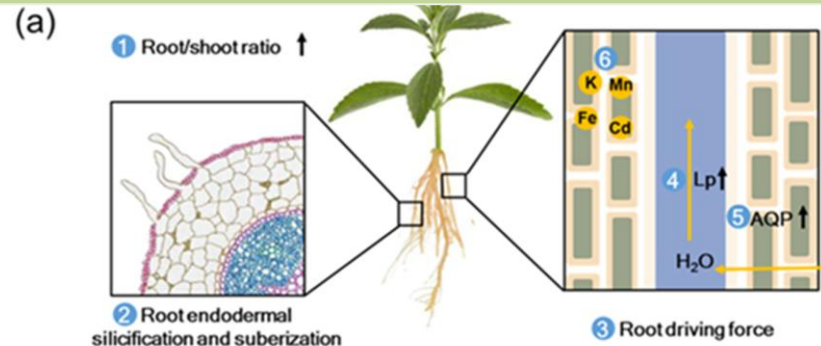
Selain permasalahan lahan marginal, perubahan iklim berdampak signifikan terhadap produktivitas tanaman kelapa sawit. Kekeringan 2015-2016 di Indonesia → menurunkan produksi sawit Indonesia sebesar 17% (PT BGA). Kekeringan tersebut juga menurunkan produktivitas kelapa sawit 60% pada semester 1 2016 di Sumatera bagian Selatan (Darlan *et al.*, 2016).

Demikian pula banjir di Aceh Selatan menyebabkan penurunan produksi sawit hingga 50% (Antara 2017). Genangan berkepanjangan dapat menurunkan kualitas minyak (CPO) dan meningkatkan serangan penyakit (Setiowati *et al.*, 2023).

JUSTIFIKASI RISET

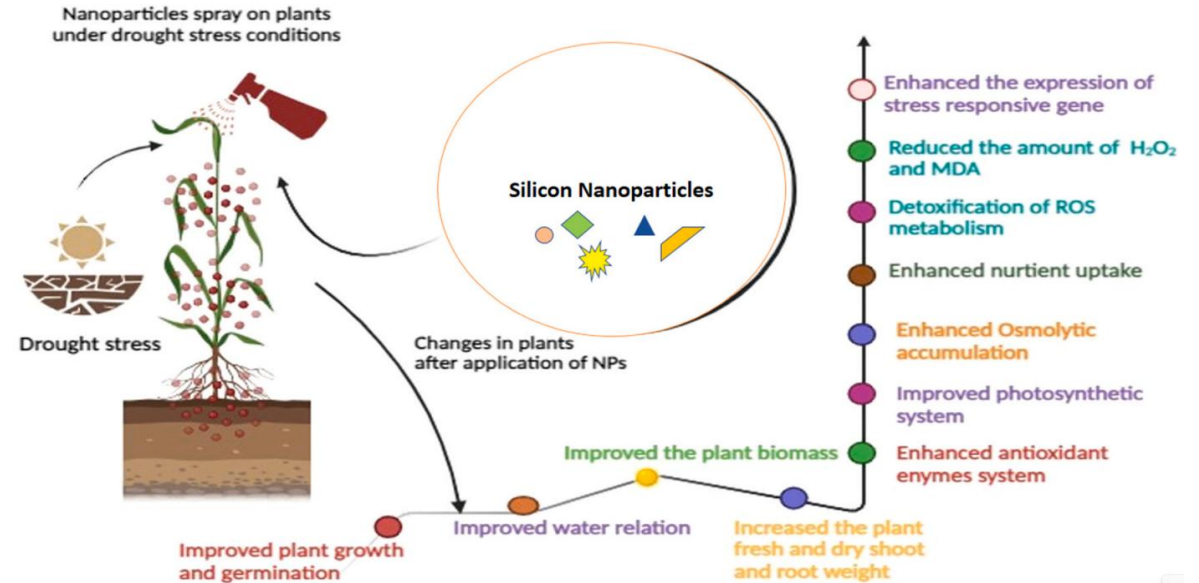
Silikon terbukti mampu mengurangi dampak stres biotik dan abiotik pada tanaman termasuk perubahan iklim (penggenangan dan kekeringan) dan serangan penyakit (Moraes *et al.*, 2022; Sundahri *et al.*, 2013).

Konduktansi hidrolik akar dan aquaporin diatur oleh Si pada kondisi cekaman kekeringan → dengan menghambat produksi spesies oksigen reaktif (ROS) dan hidrogen peroksida (H_2O_2) → mengurangi produksi ROS dan kerusakan membran → meningkatkan penyerapan air (Gambar 3-4) (Wang *et al.*, 2021).



Gambar 3. Mekanisme silikon dalam stres kekeringan

Silika diaplikasikan dalam ukuran nanometer (Gambar 4, Grewal *et al.*, 2024) agar dapat dijerap zeolit bersama pupuk NPK dan PGPRs + *Trichoderma spp*, untuk meningkatkan adaptasi tanaman terhadap kekeringan (Grewal *et al.*, 2024) dan penggenangan (Wu *et al.*, 2023) serta naungan (Sundahri *et al.*, 2024).



Gambar 4. Efek diversifikasi NanoSilika pada karakteristik morfologi, fisiokimia, dan molekuler tanaman dalam kondisi cekaman kekeringan

Tabel 1. Jenis dan fungsi PGPR yang digunakan dalam penelitian ini

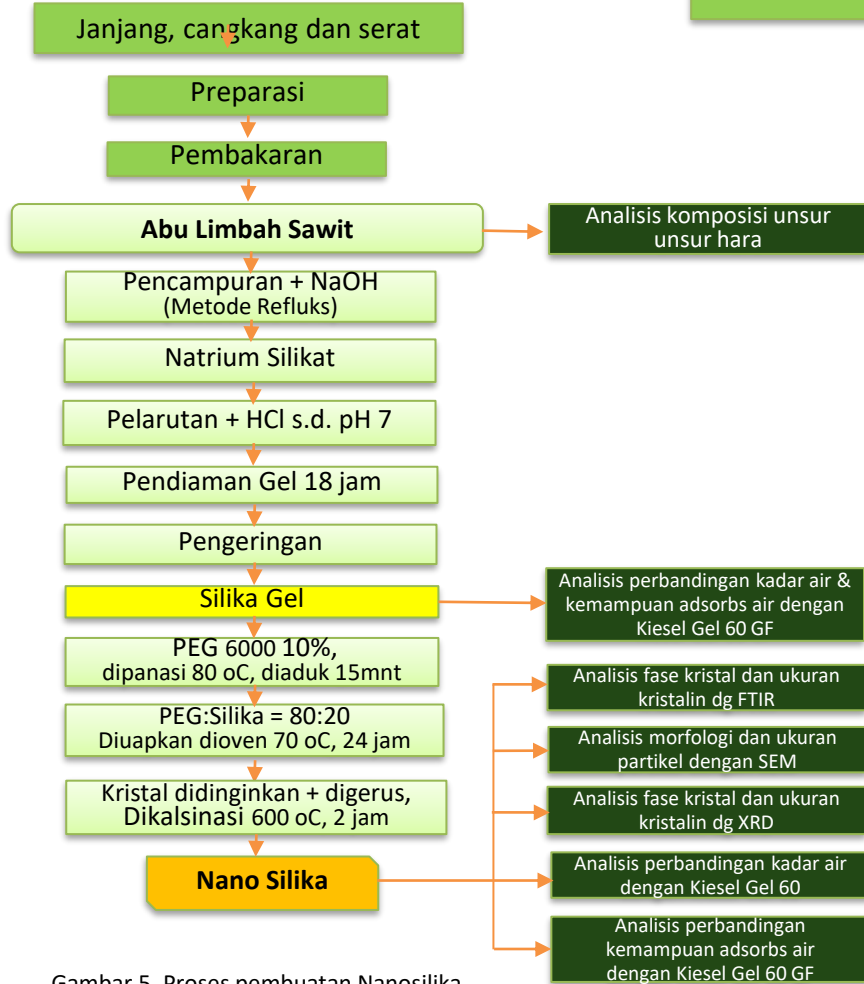
Jenis Mikroba	Fungsi	Authors
<i>Rhizobium</i>	Menghasilkan hormon auksin (IAA)	Widawati, 2015
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Menghasilkan hormon auksin (IAA)	Reetha et al., 2014
	Menghasilkan hormon sitokinin	Wijastuti et al., 2013
	Menekan pertumbuhan <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>Cepae</i>	El-Mougry & Abdel-Kader, 2019
<i>Azospirillum</i>	Menghasilkan hormon IAA, sitokinin, dan giberelin	Cassán et al., 2015
<i>Aspergillus niger</i>	Menghasilkan hormon IAA dan giberelin	Lubna et al., 2018
<i>Trichoderma spp.</i>	Berpotensi mengendalikan serangan BPB 86,1%	Musa et al., 2018
<i>Pf + Trichoderma</i>	Menekan insidensi layu bakteri pada tomat 12,3%	Manan et al., 2018

BIG PICTURE RISET

Tahun	2025	2026
Luaran	a. Formula pupuk LitBioSi-BGA	a. Metode penggunaan pupuk LitBioSi-BGA untuk meningkatkan : (1) efisiensi NPK dan pengapuran pada pembibitan kelapa sawit di media gambut dan (2) mengurangi efek negatif pengurangan pencahayaan akibat perubahan iklim
	b. Metode penggunaan pupuk LitBioSi-BGA untuk meningkatkan: (1) efisiensi pupuk NPK pada pembibitan kelapa sawit di lahan berpasir serta (2) mengurangi efek cekaman kekeringan dan penggenangan	c. Metode penggunaan pupuk LitBioSi-BGA untuk : (1) meningkatkan kualitas CPO, produktivitas tanaman kelapa sawit di lahan gambut, (2) sex rasio bunga betina serta (3) daya simpan dan viabilitas pollen kelapa sawit
	c. Metode penggunaan pupuk LitBioSi-BGA untuk meningkatkan kualitas CPO produktivitas tanaman kelapa sawit di lahan berpasir	c. Produksi Pupuk LitBioSi-BGA
	d. Artikel ilmiah di jurnal internasional bereputasi dan media massa nasional	d. Artikel ilmiah di jurnal internasional bereputasi dan media massa nasional
	e. Pengurusan Paten (HKI)	
Biaya	Rp 299.580.000,-	Rp 950.000.000,-

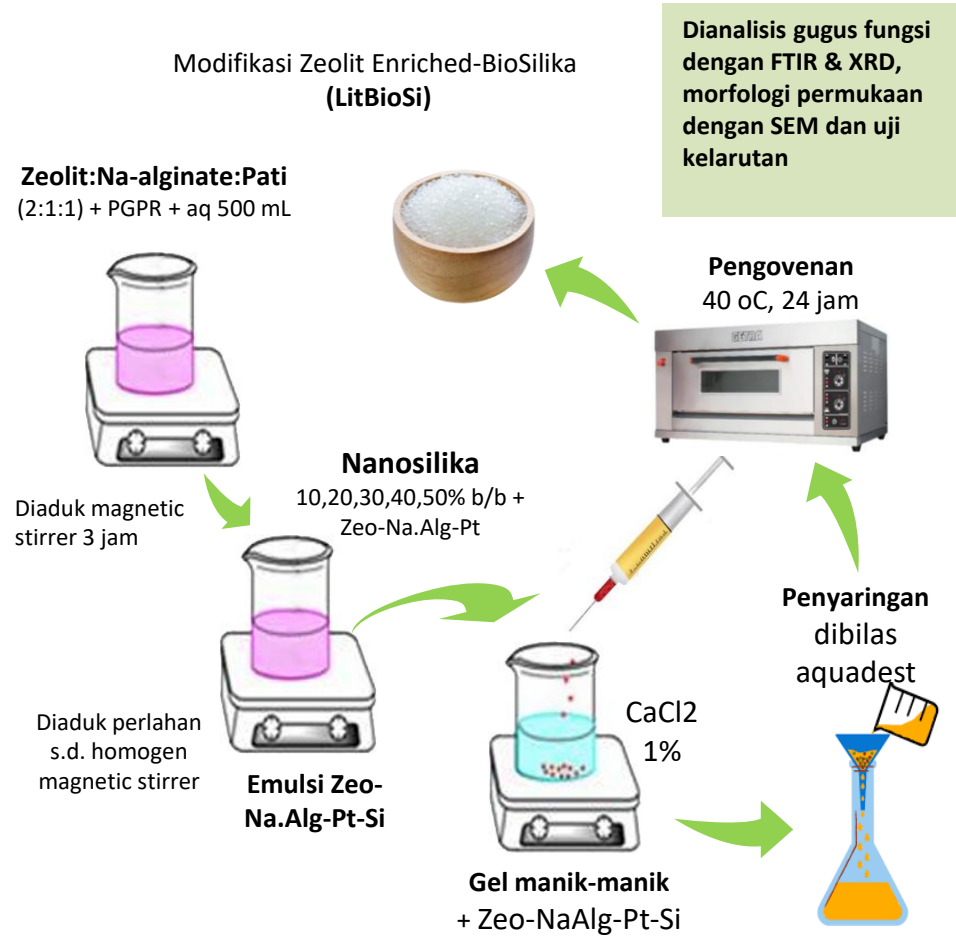
METODOLOGI RISET

TAHUN 1

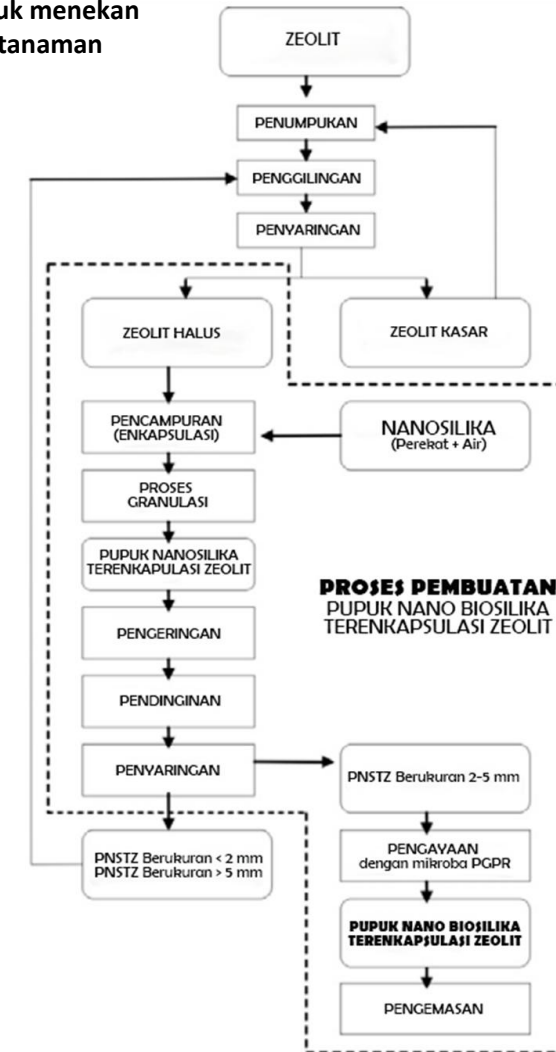


Gambar 5. Proses pembuatan Nanosilika

Tujuan untuk menemukan metode atau formula pupuk LitBioSi yang dapat dipakai untuk menekan efek negatif kekeringan dan penggenangan pada pertumbuhan bibit dan produktivitas tanaman kelapa sawit pada lahan berpasir



Gambar 6. Proses pembuatan LitBioSi



Gambar 7. Proses pembuatan pupuk LitBioSi Granular

Percobaan I di Pembibitan

Percobaan pendahuluan Kompisisi silika dibandingkan zeolit

Kontrol, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, dan 1:10

Parameter : tinggi bibit dan jumlah daun

Penelitian stres air dan dosis LitBioSi

Faktor 1 : Perlakuan stres air (S) terdiri dari 3 taraf :

S0 : Kontrol, S1 : Stres kekeringan dan S2 : Stres genangan

Faktor 2 : Dosis pupuk LitSi (zeolite-silika) + Jenis Bio (P) terdiri dari 10 taraf :

P0 : 0 gram/tanaman, P1 : 2,5 gram/tanaman, P2 : 2,5 gram/tanaman + Bio-R,

P3 : 2,5 gram/tanaman + Bio-F, P4 : 5 gram/tanaman, P5 : 5 gram/tanaman +

Bio-R, P6 : 5 gram/tanaman + Bio-F, P7 : 7,5 gram/tanaman, P8 : 7,5

gram/tanaman + Bio-R, dan P9 : 7,5 gram/tanaman + Bio-F

Keterangan:

PGPR+ dalam penelitian ini mengacu pada hasil penelitian yang digunakan untuk Pendaftaran Paten no. P00202501762 pada 25 Februari 2025 UNEJ a.n. Sundahri dan Saputra).

Parameter penelitian:

Laju pertumbuhan (tinggi tanaman), kadar air tanaman, berat kering tanaman, jumlah daun, ketebalan kutikula, luas, ketebalan dan panjang daun, volume akar, jumlah akar, panjang akar, berat kering tajuk dan akar,

jumlah dan persentase jaringan aerenkim, analisis tanah lengkap, kekerasan jaringan, sudut daun, diameter batang, serapan silika dalam daun, analisis tanah lengkap, laju fotosintesis, kadar klorofil total, analisis antioksidan: fenol, tanin dan flavonoid, analisis pupuk LitBioSi dengan X-Ray difraksi, FTIR dan SEM, analisis PGPR SEM, analisis silika pada dinding sel SEM.

Percobaan II di Kebun (Lahan Pasir):

Penelitian jenis pupuk dan pengurangan dosis NPK:

(1) Jenis pupuk : kontrol, zeolite (Lit), modif-Lit, LitBioSi, dan Modif-LitBioSi, dimana dosis LitBioSi berdasarkan hasil penelitian di pembibitan.

(2) Pengurangan dosis NPK: kontrol (dosis penuh), $\frac{1}{2}$ dosis, dan $\frac{1}{4}$ dosis NPK.

Parameter produktivitas: analisis tanah lengkap, serapan NPK, NPK tersisa dalam tanah, laju fotosintesis, kadar klorofil, penambahan jumlah pelepah, jumlah bunga betina, jumlah bunga jantan, sex rasio, fruitset, jumlah tandan buah segar, bobot tandan buah segar, diameter buah, berat buah per janjang, dan jumlah buah per janjang.

Parameter kualitas produksi: rendemen, kadar minyak mesokarp, kandungan asam lemak bebas, titik leleh/didih, densitas/berat jenis, kekentalan/viskositas, warna, beta karoten, kejernihan, kadar air, asam amino (protein) dan kadar gula.

Tujuan: (1) mengetahui efek pupuk LitBioSi dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit dalam kondisi kurang pencahayaan akibat perubahan iklim, (2) meningkatkan efisiensi pemupukan NPK dan pengapuran di tanah gambut, serta (3) meningkatkan produktivitas tanaman kelapa sawit di lahan gambut, kualitas minyak, sex ratio bunga betina serta viabilitas dan daya simpan polen.

Percobaan I di Pembibitan pada media gambut: Pengurangan Pencahayaan

Penelitian ini terdiri atas 2 faktor, yaitu jenis pupuk dan pengurangan pencahayaan.

Masing masing-masing faktor disusun secara faktorial dan diulang 3 kali (RAK).

(1) Jenis pupuk: kontrol, zeolite (Lit), modif-Lit, LitBioSi, dan Modif-LitBioSi.

(2) Pengurangan pencahayaan: Kontrol dan pencahayaan 30-50%.

Parameter penelitian: Tinggi tanaman, laju pertumbuhan, kekuatan batang, kadar air tanaman, berat kering tanaman, jumlah daun, ketebalan dan luas daun, volume akar, analisis tanah lengkap, kekerasan batang, sudut daun, serapan silika daun, laju fotosintesis, kadar klorofil, analisis silika pada dinding sel dan PGPR dengan SEM serta analisis kadar antioksidan: fenol, tanin, dan plavonoid.

Percobaan II di Lahan Gambut (Kebun): Pengurangan dosis NPK:

(1) Jenis pupuk: kontrol, zeolite (Lit), modif-Lit, LitBioSi, dan Modif-LitBioSi

(2) Pengurangan dosis NPK: kontrol (dosis penuh), $\frac{1}{2}$ dosis, dan $\frac{1}{4}$ dosis NPK.

Parameter produktivitas: analisis tanah lengkap, serapan NPK, NPK tersisa dalam tanah, laju fotosintesis, kadar klorofil, penambahan jumlah pelepah, jumlah bunga betina, jumlah bunga jantan, sex rasio, fruitset, jumlah tandan buah segar, bobot tandan buah segar, diameter buah, panjang buah dan berat buah per janjang, jumlah buah per janjang dan analisis mikroskopis PGPR pada perakaran.

Parameter kualitas produksi: rendemen, kadar minyak dalam mesocarp, kandungan asam lemak bebas, titik leleh/didih, densitas/berat jenis, kekentalan/viskositas, warna, beta karoten, kejernihan, kadar air, asam amino (protein) dan kadar gula serta kadar antioksidan: fenol, tanin, dan plavonoid.

Percobaan III di Lahan Gambut (Kebun): Pengurangan dosis Pengapuran

Jenis pupuk: kontrol, zeolite (Lit), modif-Lit, LitBioSi, dan Modif-LitBioSi

Pengurangan dosis Pengapuran: kontrol (dosis penuh), $\frac{1}{2}$ dosis, dan $\frac{1}{4}$ dosis pengapuran

Parameter produktivitas: analisis tanah lengkap, serapan kalsium, kalsium tersisa dalam tanah, kadar logam berat (Al dan Fe), laju fotosintesis, kadar klorofil, analisis mikroskopis PGPR pada zona perakaran, pertambahan jumlah pelepah, jumlah bunga betina, jumlah bunga jantan, sex rasio, **viabilitas dan daya simpan pollen**, jumlah tandan buah segar, bobot tandan buah segar, diameter buah, panjang buah dan berat buah per janjang, jumlah buah per jajang, ketebalan cangkang, berat cangkang, rasio berat cangkang dan buah.

Parameter kualitas produksi: rendemen, kadar minyak dalam mesocarp, kandungan asam lemak bebas, titik leleh/didih, densitas/berat jenis, kekentalan/viskositas, warna, beta karoten, kejernihan, dan kadar air serta kadar antioksidan: fenol, tanin, dan plavonoid.

GANTT CHART RISET

No	Kegiatan	Juni				Juli				Agustus				September				Oktober				November			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Penyiapan bahan penelitian																								
2	Pembuatan nano-silika																								
3	Modifikasi zeolit																								
4	Perlakuan komposisi zeolit : nano-silika																								
5	Pembuatan pupuk LitBioSi																								
6	Analisis ukuran dan morfologi kristal (SEM)																								
7	Analisis struktur dan ukuran kristal (XRD & PTIR)																								
8	Pembuatan media tanam																								
9	Penanaman bibit sawit																								
10	Perlakuan pupuk LitBioSi dan stres air																								
11	Penyiraman, pemupukan dan penyiangan																								
12	Pengamatan dan analisis data																								
13	Persiapan penelitian di kebun																								
14	Perlakuan jenis pupuk dan pengurangan NPK																								
15	Pengamatan dan analisis data																								
16	Analisis data																								
17	Pembuatan laporan akhir																								
18	Pembuatan artikel di jurnal dan media massa																								
19	Pengurusan paten (HKI)																								

LUARAN RISET

LUARAN UTAMA



Gambar 8. Ilustrasi luaran penelitian

RENCANA ANGGARAN RISET

RAB TAHUN I

1. HONORARIUM				
Keterangan	Harga	Satuan	Volume	Jumlah
Project Leader	2.500.000	Bulan	6	15.000.000
Anggota peneliti	1.000.000	Bulan	5 x 2	10.000.000
Teknisi laboratorium	800.000	Bulan	4	3.200.000
Pengumpul data	650.000	Bulan	4	2.600.000
Pengolah data	800.000	Bulan	4	3.200.000
Teknisi lapangan	750.000	Bulan	4	3.000.000
Pengelola keuangan	750.000	Bulan	4	3.000.000
SUB TOTAL (Rp)				40.000.000
2. BAHAN				
Keterangan	Volume	Harga	Satuan	Jumlah
Pereaksi Anthrone (analisis karbohidrat)	200	7.000	mL	1.400.000
Aquadest	25	12.000	L	300.000
H ₂ SO ₄	5	90.000	L	450.000
Zeolit	50	15.000	kg	750.000
Na ₂ SO ₄	6	950.000	kg	5.700.000
HCl	5	90.000	L	450.000
Kertas Lakmus	5	10.000	Pcs	50.000
Bibit sawit	250	5.000	batang	1.250.000
Ember	192	50.000	lembar	9.600.000
Bakteri PGPR	2	2.000.000	paket	2.000.000
Tanah	2	500.000	Truk	1.000.000
Pupuk NPK 16 16 16	5	50.000	kg	250.000
Pestisida organik	1	250.000	kg	250.000
Selang air	5	25.000	m	125.000
Gembor	2	200.000	buah	400.000
Cangkul	2	200.000	buah	400.000
Pemotong gulma	1	200.000	buah	200.000
SSD portable 1 TB untuk data, foto, video	1	2.750.000	buah	2.750.000
Meteran	2	25.000	Pcs	50.000
Kertas saring Whatman	2	500.000	Pcs	1.000.000
SUB TOTAL (Rp)				28.175.000
3. JASA				
Keterangan	Volume	Harga	Satuan	Jumlah
Onkoks penghalusan zeolit	8	150000	HOK	1.200.000
Sewa greenhouse	1	500000	set	5.000.000
Sewa laminar	1	500000	buah	500.000
Sewa mesin pembuat pupuk granular	1	750000	set	750.000
Sewa sentrifuge	1	500000	buah	500.000
Sewa furnes	1	1000000	set	1.000.000
Sewa AAS	1	1500000	set	1.500.000
Sewa oven	3	100000	buah	300.000
Analisis tanah lengkap	1	1500000	paket	1.500.000
Analisis ekstrak jaringan	48	75000	sampel	3.600.000
Analisis karbohidrat daun	48	100000	sampel	4.800.000
Analisis kandungan unsur dalam zeolit (K, Ca, Na, Mg, NH ₄ , Al)	4 x 6	100000	sampel	1.200.000
Jasa pemanasan zeolit dalam furnes	1	500000	paket	500.000
Analisis serapan N, P dan K tanaman	48 x 3	100000	sampel	14.400.000
Analisis serapan silika dalam jaringan	48	200000	sampel	9.600.000
Analisis silika dalam tanah	4	200000	sampel	800.000
Analisis laju fotosintesis	48	150000	sampel	7.200.000
Analisis klorofil	48	250000	sampel	12.000.000
Analisis metabolit sekunder (fenol)	1	4680000	paket	4.680.000
Biaya dokumentasi foto dan videografi	4	2000000	buah	8.000.000
Sewa laboratorium Kimia dan Fisika Tanah	4	750000	sampel	3.000.000
Mikroskopi PGPR dalam zeolit - SEM	4	750000	sampel	3.000.000
Mikroskopi abu boiler - SEM	4	750000	sampel	3.000.000
Mikroskopi nanosilika - SEM	4	750000	sampel	3.000.000
Pengamatan PGPR dalam zeolit - SEM	4	750000	sampel	3.000.000
Analisis X-Ray difraksi zeolit dan PGPR	8	500000	sampel	4.000.000
Analisis spektra FTIR zeolit dan PGPR	8	500000	sampel	4.000.000
Mikroskopi nanosilika-PGPR-zeolit - SEM	4	750000	sampel	3.000.000
Mikroskopi struktur zeolit - SEM	4	750000	sampel	3.000.000
Jasa pengamatan silika dengan infrared	8	400000	sampel	3.200.000
Jasa pengamatan silika zeolit - SEM	4	750000	sampel	3.000.000
Jasa pengamatan PGPR - SEM	4	750000	sampel	3.000.000
Jasa pembuatan mikrotom untuk preparat	4	750000	sampel	3.000.000
Mikroskopi silika pada dinding sel -SEM	24	750000	sampel	18.000.000
Transpor Jember - PT BGA Sampit	1	5.000.000	PP	5.000.000
Lumpsum Jember - PT BGA Sampit	1	1.000.000	HOK	5.000.000
Transpor lokal peneliti	3x5x25	75.000	HOK	28.125.000
Transpor lokal teknisi lab dan lapangan	2x4x25	75.000	HOK	15.000.000
Biaya pengiriman bibit tanaman kelapa sawit	250	20.000	kg	5.000.000
Biaya pengiriman abu limbah boiler	50	20.000	kg	1.000.000
Biaya menerjemahkan	1	500000	artikel	500.000
Biaya proof reader	1	1500000	artikel	1.500.000
Biaya publikasi di Jurnal Internasional	1	3.000.000	artikel	3.000.000
Biaya pembuatan laporan	1	500000	paket	500.000
Biaya desain kemasan pupuk	1	250000	paket	250.000
Biaya kemasan pupuk nanobiotika zeolit	20	15000	paket	300.000
Biaya pembuatan banner pekan inovasi	1	500000	paket	500.000
Biaya publikasi di media massa	1	500000	paket	500.000
Biaya pengurusan HKI	1	4500000	paket	4.500.000
Biaya pengurusan Paten TO tahun	1	13500000	paket	13.500.000
Biaya Pekan Inovasi PT BGA	1	6000000	paket	6.000.000
SUB TOTAL (Rp)				231.405.000
Total anggaran yang diusulkan (Rp)				299.580.000

RAB TAHUN III

1. HONORARIUM				
Keterangan	Harga	Satuan	Volume	Jumlah
Project Leader	2.500.000	Bulan	6	15.000.000
Anggota peneliti	1.000.000	Bulan	5 x 2	10.000.000
Teknisi laboratorium	800.000	Bulan	4	3.200.000
Pengumpul data	650.000	Bulan	4	2.600.000
Pengolah data	800.000	Bulan	4	3.200.000
Teknisi lapangan	750.000	Bulan	4	3.000.000
Pengelola keuangan	750.000	Bulan	4	3.000.000
SUB TOTAL (Rp)				40.000.000
2. BAHAN				
Keterangan	Volume	Harga	Satuan	Jumlah
Peralatan glass untuk penelitian penyakit	1	925.000	paket	925.000
Aquadest	25	12.000	L	300.000
H ₂ SO ₄	5	50.000	L	250.000
Zeolit	50	15.000	kg	750.000
Na ₂ SO ₄	6	950.000	kg	5.700.000
HCl	5	90.000	L	450.000
Kertas Lakmus	5	10.000	Pcs	50.000
Bibit sawit	250	5.000	batang	1.250.000
Ember	192	50.000	lembar	9.600.000
Bakteri PGPR	2	2.000.000	paket	2.000.000
Tanah	2	500.000	Truk	1.000.000
Pupuk NPK 16 16 16	5	50.000	kg	250.000
Pestisida organik	1	250.000	kg	250.000
Selang air	5	25.000	m	125.000
Gembor	2	200.000	buah	400.000
Cangkul	2	200.000	buah	400.000
Pemotong gulma	1	750.000	buah	750.000
Meteran	2	25.000	Pcs	50.000
Kertas saring Whatman	2	500.000	Pcs	1.000.000
SUB TOTAL (Rp)				25.500.000
3. JASA				
Keterangan (tahun beda warna)	Volume	Harga	Satuan	Jumlah
Onkoks penghalusan zeolit	8	150000	HOK	1.200.000
Sewa laboratorium Produksi Tanaman	2	2000000	bulan	4.000.000
Sewa laboratorium Kimia dan Fisika Tanah	2	2000000	bulan	4.000.000
Sewa laboratorium Teknologi Hasil Pertanian	2	2000000	bulan	4.000.000
Sewa laminar	1	500000	buah	500.000
Sewa mesin pembuat pupuk granular	1	750000	set	750.000
Sewa sentrifuge	1	500000	buah	500.000
Sewa furnes	1	1000000	set	1.000.000
Sewa AAS	1	1500000	set	1.500.000
Sewa oven	3	100000	buah	300.000
Analisis tanah lengkap	1	1500000	paket	1.500.000
Analisis sudut daun	36	10000	sampel	360.000
Analisis kekuatan batang	36	25000	sampel	900.000
Analisis berat kering	36	25000	sampel	900.000
Analisis kadar air tanaman	36	25000	sampel	900.000
Analisis luas daun	36	10000	sampel	360.000
Analisis kekerasan batang	36	50000	sampel	1.800.000
Analisis laju fotosintesis	36	150000	sampel	5.400.000
Analisis kadar klorofil	36	150000	sampel	5.400.000
Analisis mikroskopis PGPR pada akar - SEM	36	750000	sampel	27.000.000
Analisis mikroskopis silika pada dinding sel - SEM	36	750000	sampel	27.000.000
Analisis silika dalam daun	36	200000	sampel	7.200.000
Analisis silika dalam tanah	36	200000	sampel	7.200.000
Analisis fenol	1	250000	sampel	250.000
Analisis tanah lengkap termasuk NPK	1	1500000	paket	1.500.000
Analisis serapan N dalam tanaman	36	100000	sampel	3.600.000
Analisis serapan P dalam tanaman	36	100000	sampel	3.600.000
Analisis serapan K dalam tanaman	36	100000	sampel	3.600.000
Analisis silika NPK tanah	36 x 3	100000	sampel	10.800.000
Analisis serapan silika dalam jaringan	36	200000	sampel	7.200.000

Analisis silika tersedia dalam tanah	36	200000	sampel	7.200.000
Analisis laju fotosintesis	36	150000	sampel	5.400.000
Analisis klorofil	36	150000	sampel	5.400.000
Penambahan jumlah pelepah	36	250000	sampel	9.000.000
Analisis ketebalan kutikula	36	75000	sampel	2.700.000
Analisis mikroskopis silika pada dinding sel - SEM	36	750000	sampel	27.000.000
Analisis mikroskopis PCPR pada akar - SEM	36	750000	sampel	27.000.000
Analisis ketebalan daun	36	25000	sampel	900.000
Analisis rendemen	36	100000	sampel	3.600.000
Analisis ALB	36	200000	sampel	7.200.000
Analisis densitas minyak	36	100000	sampel	3.600.000
Analisis viskositas minyak	36	100000	sampel	3.600.000
Analisis warna minyak	36	50000	sampel	1.800.000
Analisis betakaroten	36	200000	sampel	7.200.000
Analisis kejernihan minyak	36	100000	sampel	3.600.000
Analisis kadar air	36	50000	sampel	1.800.000
Analisis protein	36	150000	sampel	5.400.000
Analisis kadar gula	36	150000	sampel	5.400.000
Analisis tanah lengkap termasuk pH dan kalsium	1	1500000	paket	1.500.000
Analisis serapan kalsium dalam jaringan	36	100000	sampel	3.600.000
Analisis silika kalsium dalam jaringan	36	100000	sampel	3.600.000
Analisis serapan silika dalam jaringan	36	200000	sampel	7.200.000
Analisis silika tersedia dalam tanah	36	200000	sampel	7.200.000
Analisis laju fotosintesis	36	150000	sampel	5.400.000
Analisis klorofil	36	150000	sampel	5.400.000
Penambahan jumlah pelepah	36	20000	sampel	720.000
Analisis jumlah bunga betina dan jantan	36	20000	sampel	720.000
Analisis sex ratio	36	20000	sampel	720.000
fruitset	36	15000	sampel	540.000
jumlah tandan buah segar	36	10000	sampel	360.000
bobot tandan buah segar	36	25000	sampel	900.000
diameter buah	36	10000	sampel	360.000
panjang buah	36	10000	sampel	360.000
berat buah per panjang	36	25000	sampel	900.000
jumlah buah per panjang	36	20000	sampel	720.000
Analisis mikroskopis silika pada dinding sel - SEM	36	750000	sampel	27.000.000
Analisis mikroskopis PGPR pada akar - SEM	36	750000	sampel	27.000.000
Analisis mikroskopis Ca pada dinding sel - SEM	36	750000	sampel	27.000.000
Analisis mikroskopis PCPR pada akar - SEM	36	750000	sampel	27.000.000
Analisis mikroskopis aerenkim akar - SEM	36	750000	sampel	27.000.000
Analisis mikroskopis silika dalam aerenkim - SEM	36	750000	sampel	27.000.000
Analisis mikroskopis Al pada akar - SEM	36	750000	sampel	27.000.000
Analisis mikroskopis Fe pada akar - SEM	36	750000	sampel	27.000.000
Analisis rendemen	36	100000	sampel	3.600.000
Analisis ALB	36	200000	sampel	7.200.000
Analisis densitas minyak	36	100000	sampel	3.600.000
Analisis viskositas minyak	36	100000	sampel	3.600.000
Analisis warna minyak	36	50000	sampel	1.800.000
Analisis betakaroten	36	200000	sampel	7.200.000
Analisis kejernihan minyak	36	100000	sampel	3.600.000
Analisis kadar air	36	50000	sampel	1.800.000
Analisis protein	36	150000	sampel	5.400.000
Analisis kadar gula	36	150000	sampel	5.400.000
Analisis Fe dalam tanah	36	250000	sampel	9.000.000
Analisis Al tanah	36	250000	sampel	9.000.000
Analisis Al tanaman	36	250000	sampel	9.000.000
Analisis Fe tanaman	36	250000	sampel	9.000.000
Transpor peneliti Jember - PT BGA Sampit	3x4	5.000.000	PP	60.000.000
Lumpsum peneliti Jember - PT BGA Sampit	3x4x5	1.000.000	HOK	60.000.000
Transpor lokal peneliti	3x5x25	100.000	HOK	37.500.000
Transpor asisten Jember-Sampit	2x4	5.000.000	PP	40.000.000
Lumpsum asisten Jember - PT BGA Sampit	2x4x5	750.000	HOK	30.000.000
Transpor lokal asisten	3x4x25	100.000	HOK	30.000.000
Biaya menerjemahkan	1	500000	artikel	500.000
Biaya proof reader	1	1500000	artikel	1.500.000
Biaya publikasi di Jurnal Internasional	1	3.000.000	artikel	3.000.000
Biaya pembuatan laporan	1	500000	paket	500.000
Biaya pembuatan banner pekan inovasi	1	500000	paket	500.000
Biaya publikasi di media massa	1	500000	paket	500.000
Biaya dokumentasi	1	5.130.000	paket	5.130.000
SUB TOTAL (Rp)				884.500.000
Total anggaran yang diusulkan (Rp)				950.000.000

DAMPAK RISET (FINANCIAL & NON FINANCIAL)

Financial

Jenis Saving

- Potensi Gross Profit sangat tinggi karena pupuk yang dihasilkan membutuhkan material yang tidak sepenuhnya tersedia wilayah kebun PT BGA, namun zeolit berdaya guna di lahan sampai beberapa tahun bahkan puluhan tahun. Pupuk yang dihasilkan juga dapat mengatasi berbagai aspek yang berpotensi menurunkan produktivitas tanaman kelapa sawit.
- Potensi Cost Avoidance: pupuk yang dihasilkan dapat menurunkan kerugian akibat perubahan iklim dan lahan kritis serta pemborosan biaya pemupukan yang mencapai 30-70%.
- Potensi Profit sangat tinggi karena pupuk dan metode yang dihasilkan memiliki potensi untuk meningkatkan produktivitas tanaman kelapa sawit dalam kondisi normal dan dapat pula mengurangi potensi biotik maupun abiotik yang dapat menurunkan produktivitasnya.

Komponen Cost Project Analisis Benefit:

- Profit/Saving Project sangat tinggi karena manfaat yang didapatkan sangat banyak walaupun untuk memproduksi atau biaya pembelian nanosilika dan surfaktan untuk memodifikasi zeolit relatif mahal.

Non Financial

Komponen Analisis Dampak:

- Analisis Resiko dapat menekan kerugian karena terjadi penggenangan, kekeringan, penurunan intensitas dan kualitas pencahayaan serta serangan penyakit.
- Analisis Lingkungan dapat mengurangi kerusakan lingkungan perairan dan kualitas air tanah (minum) akibat akibat leaching
- Analisis Legal berupa paten (HKI) dapat menjadi kekayaan intelektual bersama antara PT BGA dan peneliti.

Analisis Resiko (dapat mencegah):

- Penurunan produktivitas akibat perubahan iklim (kekeringan, banjir, pengurangan pencahayaan serta angin kencang).
- Hama dan penyakit, seperti *Ganoderma boninense* (busuk pangkal batang) dan *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* (layu fusarium).
- Kehilangan pupuk dari zona perakaran yang dapat mencapai 70% dari total pupuk yang diberikan atau penurunan kesuburan tanah.
- Pencemaran lingkungan dan air minum akibat pencucian unsur hara.
- Penurunan kemasaman tanah dan keracunan logam berat.
- Pencemaran Al dan Fe disebabkan penggunaan abu boiler secara langsung (tanpa pengolahan).
- Penurunan jumlah bunga betina dan penurunan viabilitas dan daya simpan pollen.
- Pertumbuhan bibit yang rendah.

Keuntungan lain:

- Meningkatkan pertumbuhan, produktivitas tanaman dan kualitas minyak sawit.
- Mempercepat dan memaksimalkan serapan hara.
- Mengurangi penggunaan kapur dalam mengatasi kemasaman tanah.
- Mengurangi pemakaian pestisida sintetis yang berpotensi mencemari lingkungan dan residu bahan aktif pestisida pada minyak sawit.
- Meningkatkan nilai ekonomis limbah pabrik minyak sawit menjadi pupuk nano-biosilika terenkapsulasi zeolit yang ramah lingkungan dan low cost; disamping dapat menghasilkan silika murni sebagai bahan dasar industri bernilai ekonomis tinggi (hilirisasi lebih lanjut), seperti: katalisis, pigmen, farmasi, film tipis, isolator elektronik dan termal, bioimaging, biomedis, industri makanan, bahan panel solar sel, absorber kelembaban dan sebagainya.
- Jika PT BGA mengeluarkan biaya Rp 15 M/tahun untuk pembelian 1.000 ton NPK = 15:15:15 (harga Rp 15.000/kg), biaya program inovasi = Rp 1.249.580.000, efisiensi dari program ini diperkirakan 25% (Rp 3,75 M), maka:
- ROI = 2% dan B/C = 3



Terimakasih

Open Innovation BGA Tahun 2025

