



Pemanfaatan Limbah CKS dan TKKS sebagai Sumber Enzim Pektinase dan Nutrisi Mikroba Penghasil Selulase dalam Formulasi Pupuk NPK untuk Meningkatkan Kadar Minyak Kelapa Sawit

Project Leader: Rio Eliezer Martua Sagala

Team Project:

1. Titiek Nuraziza
2. Nur Sepliana Harfika
3. Yosua Anjupaian Situmeang
4. Johannes Martin Sinambela



TUJUAN RISET

PETA SEBARAN KELAPA SAWIT



KELAPA SAWIT DI KALIMANTAN TIMUR



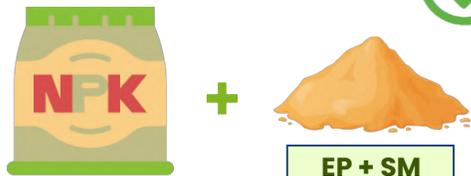
33%

Produksi Kelapa Sawit Indonesia berasal dari Kalimantan Timur

- Luas Perkebunan 1.228.138 hektar
- Produksi kelapa sawit 45.58 ton/tahun
- Pengolahan CPO 40%

Limbah TKKS dan CKS
15 Juta ton/tahun

Memanfaatkan potensi limbah cangkang dan tandan kosong kelapa sawit untuk produksi enzim pektinase dan enzim selulase guna meningkatkan kadar minyak kelapa sawit.



Menemukan formulasi optimum antara pupuk NPK dengan enzim pektinase dan selulase

Menghemat biaya penggunaan pupuk NPK dan memaksimalkan potensi ekonomi dari peningkatan kualitas buah sawit.



JUSTIFIKASI RISET

Penelitian	Hasil
Virly, A (2013)	<p>Metode : Fermentasi limbah kelapa sawit yang sudah dihancurkan dan dicampur dengan brown sugar dan air dengan perbandingan 3 : 1: 10. Ditambahkan ammonium sulfat secara bertahap dengan konsentrasi 20%, 40%, 80% (w/v). Campuran didiamkan semalam. Endapan dilarutkan dengan 0,2 M buffer asetat Ph 5,6 sebanyak 10 mL.</p> <p>Hasil : Fraksinasi amonium sulfat kadar protein tertinggi dapat dari kombinasi CKS gelembung gas yang dihasilkan. Aktivitas pektinase terbesar dihasilkan dari sampel CKS+TKS dengan aktivitas sebesar 2,044 U/mg.</p> <p>Kekurangan : Durasi fermentasi yang lama. Pada penelitian tersebut fermentasi anaerob selama 3 bulan tergolong lama dibandingkan metode lain yang lebih efisien, sehingga kurang efektif untuk produksi skala besar.</p>
Hamka et al (2016)	<p>Metode : Isolasi bakteri selulolitik, setiap 1 g sampel ditambahkan 100 ml media CMC steril dan diinkubasi pada suhu ruang (30–32°C) diaduk dengan kecepatan 150 rpm selama 10 hari. Lalu pengecatan gram. Sebanyak 0.5 mL supernatan dari kultur bakteri ditambahkan kedalam 0.5 mL dari 1% (w/v) Carboxymethyl cellulose (CMC) yang dilarutkan di dalam 0.05 M buffer fosfat (pH 7).</p> <p>Hasil : Hasil isolate bakteri <i>Bac. 2,3</i> menghasilkan aktivitas selulase 15,79 units/mL pada inkubasi selama 36 jam.</p> <p>Kekurangan : Metode pengukuran aktivitas selulase yang terbatas, karena hanya menggunakan metode DNS untuk gula reduksi tanpa uji tambahan seperti spektrofotometri lebih lanjut.</p>
Ainul, L (2015)	<p>Metode : substrat alkali ekstrak TKKS sebanyak 100 gr bubuk TKKS dihidrolisis dengan NaOH 1 M dalam 1000 ml aquades. Filtrat diekstraksi menggunakan ekstraksi etanol dengan perbandingan V : V = 6 : 4 (etanol:filtrat). Uji aktivitas enzim berdasarkan terbentuknya gula pereduksi dengan metode Somogyi-Nelson. Lalu, sebanyak 0.1 ml sampel diencerkan dengan 0.4 ml akuades dan ditambahkan 0.5 ml reagen Somogyi.</p> <p>Hasil : Hidrolisis TKKS oleh <i>crude enzim</i> bahwa reaksi optimum menggunakan Ph 7,5 suhu 40 °C. Gula pereduksi yang dihasilkan sebesar sebesar 756 µgram/ml Dimana dapat menghasilkan gula pereduksi sebesar 1,5% dari total pereduksi dalam TKKS.</p> <p>Kekurangan : Kurangnya variasi substrat. Di penelitian tersebut hanya menggunakan TKKS sebagai substrat utama. Padahal, penggunaan kombinasi substrat lain ada yang lebih mudah terdekomposisi dapat meningkatkan efisiensi produksi enzim.</p>



BIG PICTURE RISET

Masalah

1. Apa pengaruh pemberian pupuk NPK terhadap oil content pada buah sawit?
2. Bagaimana pengaruh olahan limbah sawit yang ditambahkan pada tanaman sawit.
3. Bagaimana pengaruh kondisi tanah sekitar tanaman sawit terhadap pengaplikasian pupuk.

Metodologi Penelitian

1. Pembuatan enzim pektinase berbasis limbah TKKS dan CKS.
2. Pembuatan substrat mikroba penghasil selulase berbasis TKKS dan CKS.
3. Formulasi pupuk NPK dengan enzim pektinase dan substrat mikroba.

Hasil yang Diharapkan

1. Memberikan peningkatan oil content terhadap buah sawit secara berkala.
2. Memanfaatkan limbah sawit yang tidak bernilai menjadi suatu produk berharga.
3. Dapat diaplikasikan terhadap masyarakat luas.

Kaitan dengan Tren



Kontribusi dan Manfaat

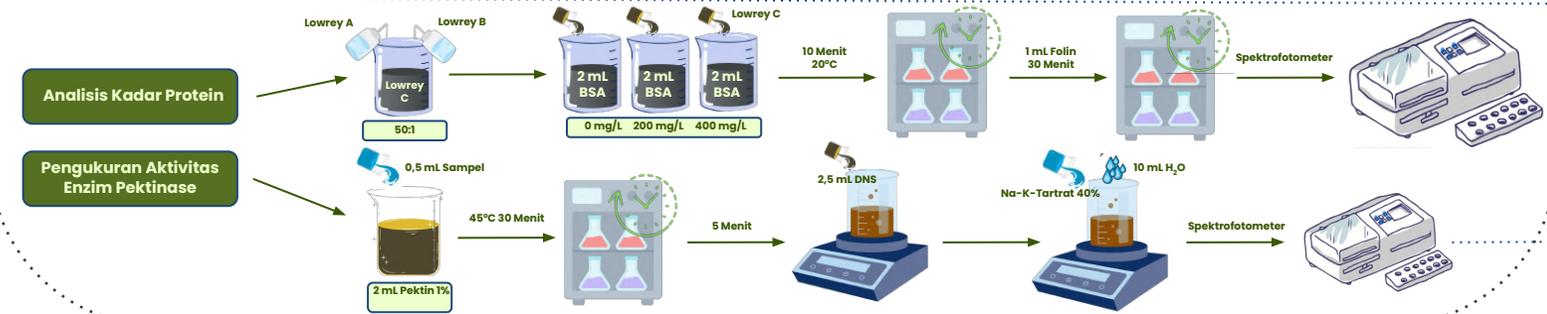
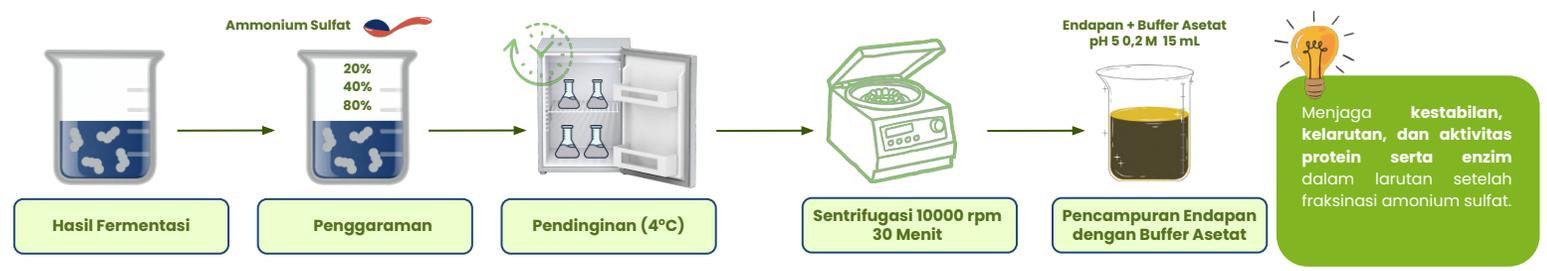
Peningkatan daya serap akar tanaman sawit terhadap pemberian pupuk dengan bantuan mikroorganisme yang hidup disekitar taman sawit. Sehingga, dengan semakin banyaknya nutrisi yang dapat diserap akan meningkatkan kandungan minyak pada buah sawit.

METODOLOGI RISET

$$\text{Unit aktivitas pektinase (U/mL)} = \frac{\text{Konsentrasi asam galakturonat (ppm)}}{\text{BM asam galakturonat} \times V \times t} \times \text{FP}$$

$$\text{Aktivitas spesifik (U/mg)} = \frac{\text{Total aktivitas (U)}}{\text{Total protein (mg)}}$$

STEP I PEMBUATAN ENZIM PEKTINASE



Tabel Formulasi Sampel

No	Formulasi	Sampel (g)		Total (g)
		TKKS	CKS	
1	TKKS	300	-	300
2	CKS	-	300	300
3	TKKS + CKS	100	200	300
4	TKKS + CKS	150	150	300
5	TKKS + CKS	200	100	300

Tujuan

Penggaraman digunakan untuk mengisolasi protein dan enzim dari filtrat hasil fermentasi TKKS dan CKS, sebelum diuji menggunakan metode Lowry (untuk kadar protein) dan DNS (untuk aktivitas enzim).

Tujuan

Absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 750 nm (Lowrey) dan 540 nm (DNS)

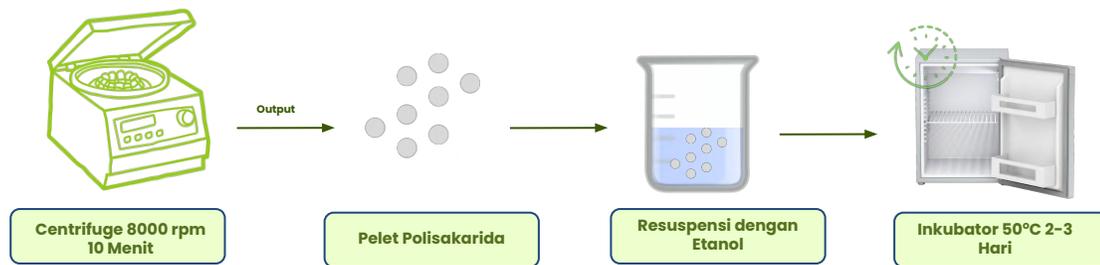
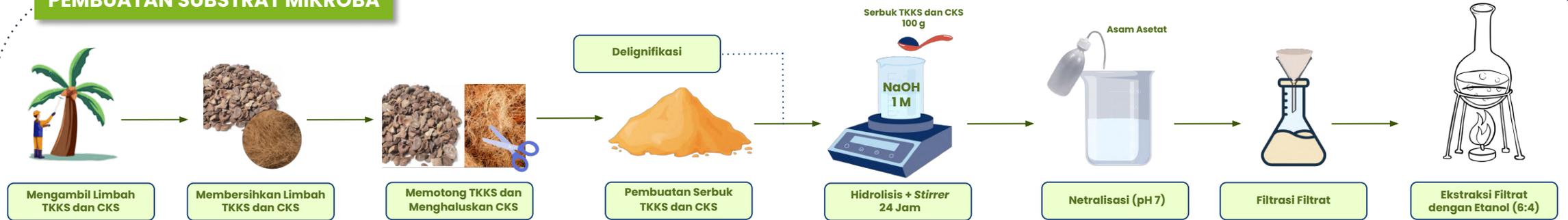
Sebagai standar, digunakan asam galakturonat dengan kisaran konsentrasi 500 mg/L

Aktivitas enzim pektinase adalah jumlah enzim yang menghasilkan 1 μmol asam galakturonat per menit dalam kondisi tertentu.



METODOLOGI RISET

STEP II PEMBUATAN SUBSTRAT MIKROBA



Resuspensi dengan Etanol berfungsi untuk menghilangkan sisa NaOH yang ada pada pelet polisakarida

Delignifikasi dengan NaOH untuk merusak struktur lignin, memisahkan sebagian lignin dan hemiselulosa serta menyebabkan penggembungan struktur selulosa

STEP III FORMULASI



Formulasi Pupuk



Trial and Error

Formulasi 1	99% NPK 0,5% EP 0,5% SM
Formulasi 2	98% NPK 1% EP 1% SM
Formulasi 3	97% NPK 1,5% EP 1,5% SM
Formulasi 4	96% NPK 2% EP 2% SM

EP = Enzim Pektinase
SM = Substrat Mikroba

GANTT CHART RISET

No	Tahapan Penelitian	Bulan								Penanggung Jawab
		4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Persiapan Riset									Titiek
2	Kajian Pustaka									Yosua
3	Fermentasi limbah TKKS dan PKS									Johanes
4	Fraksinasi Amonium Sulfat									Titiek
5	Analisis Kadar Protein									Rio
6	Uji coba Pengukuran Aktivitas Enzim Pektinase dengan Metode DNS									Titiek
7	Persiapan TKKS dan CKS sebagai Substrat Mikroba Penghasil Selulase									Rio
8	Formulasi Pupuk NPK dengan Enzim Pektinase dan Substrat Mikroba									Yosua
9	Uji Efektivitas Pupuk NPK									Johanes
10	Analisis hasil data penelitian									Fika
11	Konsultasi dengan dosen Pembimbing									Rio
12	Publikasi media sosial									Fika
13	Penyusunan Jurnal dan HKI									Yosua
14	Penyusunan Laporan Akhir									Fika



LUARAN RISET

Jenis Luaran	Status Target Capaian	Keterangan
Jurnal Nasional Sinta 2	<i>Accepted</i>	Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)
Menghasilkan HKI	Terdaftar	HKI
Sosial Media	-	Instagram
<i>Video After Movie</i>	<i>Published</i>	Instagram



RENCANA ANGGARAN RISET

Pembuatan Enzim	
Nama produk	Harga
<i>dinitrosalicylic acid</i> DNS	100.000
<i>folin ciocalteu</i>	60.000
Amonium Sulfat (1000 gram)	245.000
Na ₂ CO ₃ (10 gram)	50.000
H ₂ SO ₄ (Asam Sulfat) 100 ml	30.000
NaOH (1 kg)	50.000
Brown sugar merk palm suiker (1 kg)	40.000
<i>pectin from citrus peel</i> (1 kg)	540.000
<i>Bovine serum albumin</i> (5 gram)	1.200.000
CuSO ₄ (500 gram)	50.000
Na-K-Tartrat (25 gram)	100.000
Asam asetat (glacial)	40.000
Reagen lowry B (50 ml)	150.000
Asam dinitrosalisilat	100.000
Reagen lowry A (50 ml)	80.000
Na-K-Tartrat (500 gram)	350.000
Sodium sulfite (1 kg)	50.000
Asam Galakturonat 5 gr	300.000
Botol Kaca Fermentasi 3 Buah	500.000
Saringan 250 mesh	300.000
TOTAL	4.335.000

Pembuatan Substrat dan Formulasi	
Nama produk	Harga
Asam Aetat 98% 1 Liter	100.000
Akuades 20 Liter	100.000
Kertas Saring	65.000
Ethanol 96% 1 Liter	100.000
Pupuk NPK 1 Karung	900.000
Aluminium Foil	50.000
Total	1.315.000

Karakterisasi/Pengujian/Lab/Transportasi/Publikasi	
Nama Produk	Harga
Spektrofotometer	800.000
Jurnal Sinta 2	800.000
HKI	500.000
Biaya Perjalanan	1.000.000
Laboratorium	1.000.000
Canva Premium	200.000
Total	4.300.000

Total Keseluruhan	9.950.000
--------------------------	------------------



DAMPAK RISET (*FINANCIAL & NON FINANCIAL*)



Riset ini menargetkan tanaman Kelapa sawit dalam kategori “Menghasilkan” atau siap berbuah (≥ 4 tahun) yang mana membutuhkan 2-2.5 kg pupuk NPK/ pohon/ aplikasi dengan frekuensi pemupukan 3 kali setahun. Dalam 1 hektar lahan sawit, diperkirakan ada 130 batang kelapa sawit, sehingga perhitungan kebutuhan pupuk NPK adalah ± 292.5 kg/aplikasi/hektar.

Mengacu pada harga pasaran pupuk NPK Sawit jenis 12-12-17-2+TE untuk pertumbuhan buah sawit yakni sebesar Rp.525.000,00 per 50 kg. Artinya, biaya yang diperlukan untuk pemupukan adalah Rp.3.071.250,00/hektar/aplikasi atau Rp.9.213.750,00/hektar/tahun.



Dalam praktiknya, ditemukan potensi limbah cangkang dan tandan kosong kelapa sawit belum dimanfaatkan secara optimal. Riset terdahulu telah membuktikan bahwa limbah tersebut dapat dipakai sebagai biomaterial untuk amelioran tanah, sehingga ada potensi aplikatif bagi kualitas tanah perkebunan sawit.

Tanah yang berkualitas tentu berdampak baik bagi peningkatan kadar minyak kelapa sawit. Kedua limbah tersebut mengandung enzim pektinase dan nutrisi bagi mikroba penghasil enzim selulase. **Enzim pektinase** berperan memecah pektin atau senyawa polisakarida kompleks pada dinding sel tanaman dan senyawa organik didalam tanah, sehingga memudahkan penyerapan nutrisi N (nitrogen), K (Kalium), dan P (phospor) pada tanah. Sedangkan **enzim selulase** yang dihasilkan oleh mikroba selulolitik bertujuan untuk memecah selulosa menjadi gula sederhana berupa glukosa dan selulosa yang kemudian diserap oleh mikroba tersebut sebagai sumber nutrisi bagi pertumbuhan dan metabolismenya.

Kondisi ini berpengaruh baik terhadap stabilitas pH tanah, kegemburan tanah, dan menjadi nutrisi esensial bagi pertumbuhan tanaman sawit yang pada akhirnya akan menambah kadar minyak tandan buah kelapa sawit sebanyak 5-10%.



± 25 kg/ TBS

Contain



18-26%



Produk akhir dari fermentasi Limbah CKS + TKKS



Palm Tree

Produce



+5-10% oil content increased



more profit

Pemanfaatan limbah cangkang dan tandan kosong kelapa sawit sebagai amelioran tanah melalui mekanisme pengayaan nutrisi oleh enzim pektinase dan selulase di dalam tanah berdampak baik terhadap produktivitas tanaman kelapa sawit. Inovasi ini merupakan wujud kepedulian terhadap masa depan perkebunan sawit Indonesia, karena praktiknya akan menjadi **branch** “ramah lingkungan” bagi produk sawit nasional. Selain itu, formulasi hasil fermentasi limbah CKS dan TKKS, karena mengurangi dampak dari ketergantungan pemakaian pupuk anorganik sehingga, kualitas tanah dapat tetap terjaga.





Terima Kasih

Open Innovation BGA Tahun 2025

