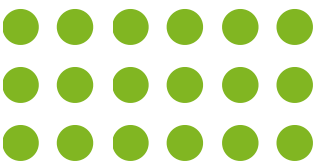


"Rekayasa dan Produksi Enzim Xylanase Termostabil dari Isolat lokal *Trichoderma yunnanense* TM10 untuk Meningkatkan *Oil Extraction Rate* (OER) Buah Sawit"

Tim:

- Febri Doni, S.Si., M.Sc., Ph.D (Dosen Biologi UNPAD)
- Dr. Mia Miranti Rustama S.Si., M.P. (Dosen Biologi UNPAD)
- Dedat Prismantoro S.Si (Mahasiswa Biologi UNPAD)
- Muhammad H. Algifari (Mahasiswa Biologi UNPAD)



TUJUAN RISET

Mendapatkan **enzim termostabil** dari isolat **Trichoderma yunnanense TM10** untuk **meningkatkan OER** buah sawit segar

- Melakukan **ekspresi gen** pengkode xylanase dari isolat lokal Trichoderma yunnanense TM10 menggunakan sistem ekspresi heterolog
- Melakukan **produksi skala laboratorium** dan **pemurnian** enzim, serta karakterisasi aktivitasnya pada proses ekstraksi minyak yang dioptimalkan
- Melakukan **uji aplikasi enzim xylanase skala pilot** pada proses ekstraksi di Mill, serta mengevaluasi rendemen dan kualitas minyak yang dihasilkan

EKSTRAKSI OIL ENZIMATIS

Ekstraksi Tradisional

- Metode 100 tahun ini telah mencapai **batas ekstraksi optimal**
- **OER umumnya <22%** & efisiensi mill berkisar 88%. Terdapat oil loss pada limbah non-FFB 1.6-2.0% (Chew et al., 2021)

Pre-Treatment Enzim

- Meningkatkan OER & meminimalkan Oil Loss
- Mengurangi kebutuhan treatment air & panas



Sumber: Chew et al., 2021

Peningkatan **OER 1% setara 3 Juta Ton Oil Sawit** secara global (Chew et al., 2021)

Pemanfaatan dan R&D ekstraksi oil sawit enzimatis didominasi oleh **luar negeri atau import**

Rathi et al., (2012) meningkatkan **efisiensi ekstraksi oil sawit ~90%**

Komposisi atau formulasi enzim: exocellulolytic 3.5-6.5%, pectinolytic 1-2.5%, mannanolytic 35-55%, glucanolytic 0.5-1.5%, dan inert filler laktosa atau maltodextrin 20-30%.



Sumber: Palmora®

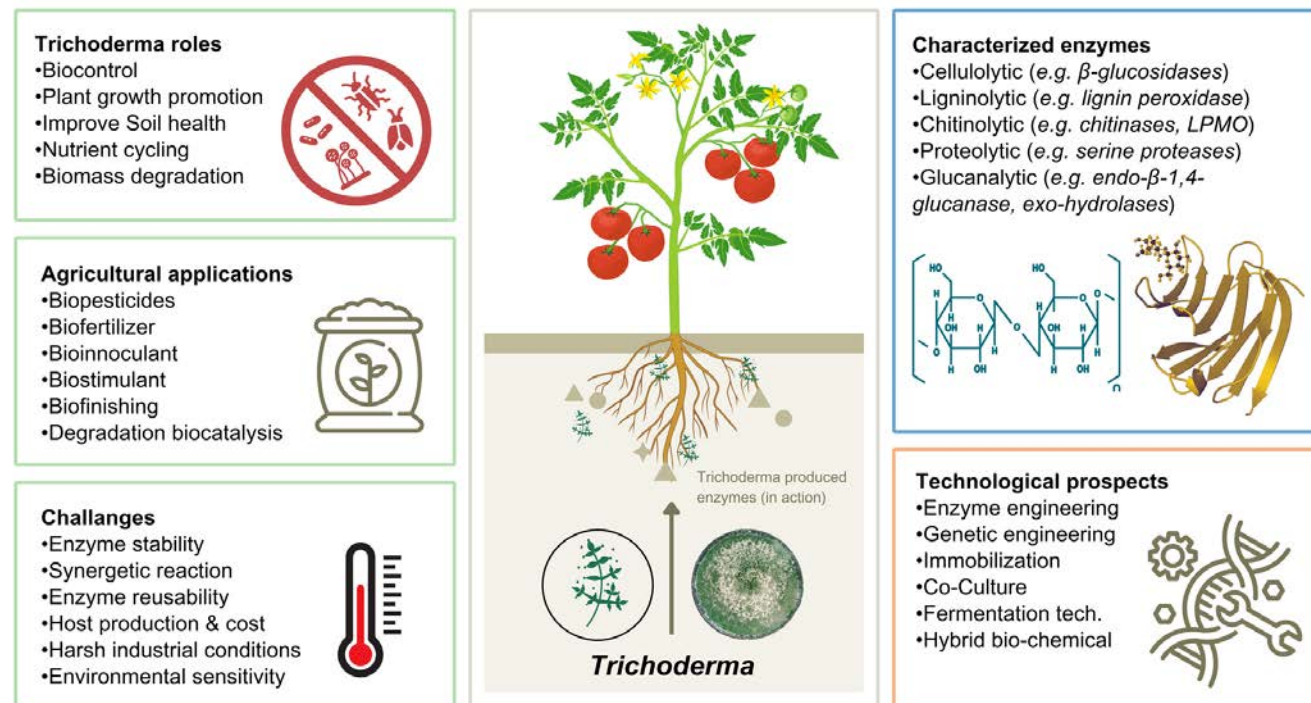
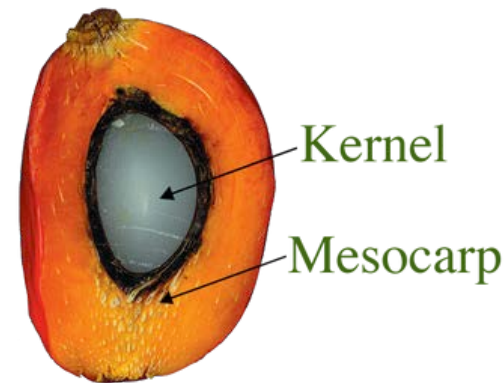


- Palmora® (Novozyme.inc) meningkatkan **OER 0.7%***, dengan **komposisi utama GH10 Xylanase** A. fumigatus (Arnab, 2016).

POTENSI ISOLAT & ENZIM LOKAL

Trichoderma sp.

- Trichoderma sp. merupakan salah satu **fungi dengan multikapabilitas** seperti biokontrol, siklus nutrisi, hingga degradasi biomasa (Woo, 2023).
- Enzim hydrolase** (e.g selulase, xylanase, dll) berperan penting dalam multikapabilitas fungi ini (Algifari, et al. 2025)
- Treatment **enzim lignoselulase** dapat memecah dinding sel tanaman, memudahkan ekstraksi, dan **meningkatkan laju ekstraksi oil** (Amelia et al, 2023)



Sumber: Algifari et al (2025)

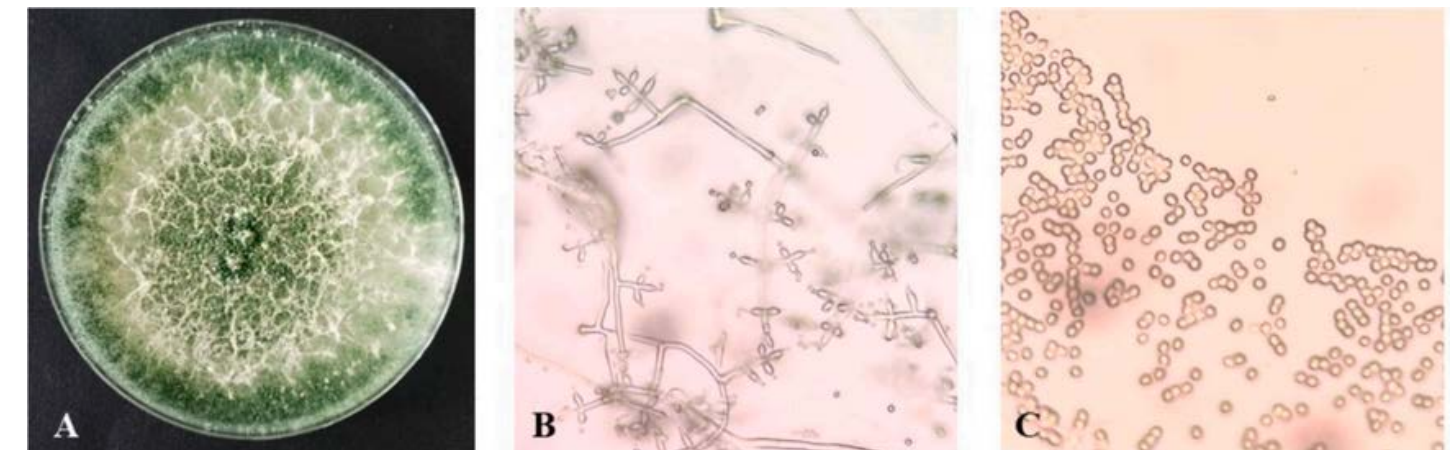
Mesocarp Sawit:

Cellulose $43 \pm 0.7\%$
Hemicellulose $33 \pm 1.2\%$
Lignin $22 \pm 2.0\%$



Sumber: Amelia (2023)

Trichoderma yunnanense TM10



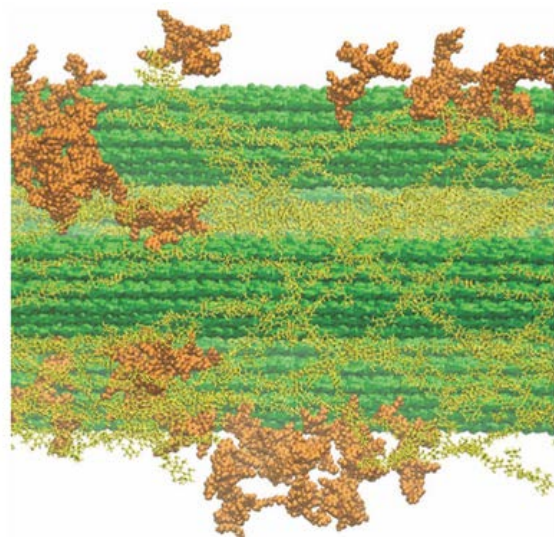
Sumber: Akbari et al (2024)

- Salah satu **strain baru** yang diisolasi dari sawah organik di Jawa Barat, Indonesia (Akbari, 2024) & telah memiliki data **whole-genome** (Prismantoro, 2024).
- Salah satu spesies yang berpotensi sebagai biocontrol **basal stem rot disease** dan **stimulan pertumbuhan** tanaman (Budi et al., 2023; Akbari, 2024)

Bagaimana **efektivitas enzim** dari T. yunnanense TM10 dalam meningkatkan laju ekstraksi oil sawit?

TANTANGAN & PELUANG ENZIM

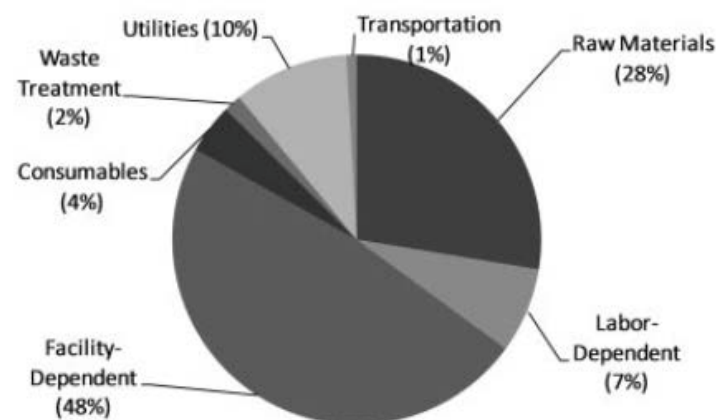
Efektivitas Rendah



(Smith, 2019)

- Proses **ekstraksi oil yang ekstrim** (suhu, pH, inhibitor) menghambat kinerja enzim
- **Akses enzim ke substrat** terhalang oleh kompleksitas lignoselulosa buah sawit

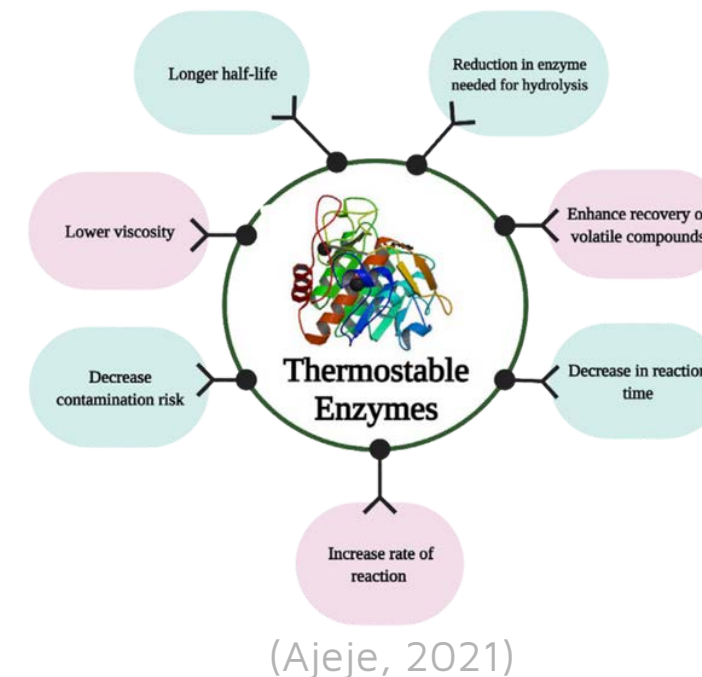
Produksi Mahal



(Ferreira, 2018)

- **Bahan baku produksi menyumbang 28%** biaya enzim, fasilitas 48%, utilitas 10%, tenaga kerja 7%, bahan habis pakai 4%, lainnya 3%.

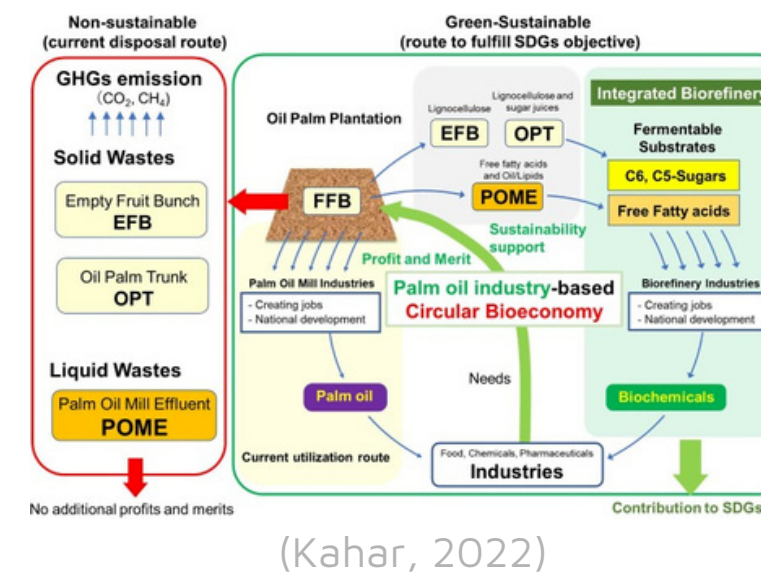
Termostabilitas



Enzim Tahan Panas

- Memudahkan purifikasi enzim
- Meningkatkan laju reaksi enzim
- Meningkatkan kontak substrat
- Menurunkan viskositas
- Menurunkan kontaminan
- Retensi enzim yang tinggi

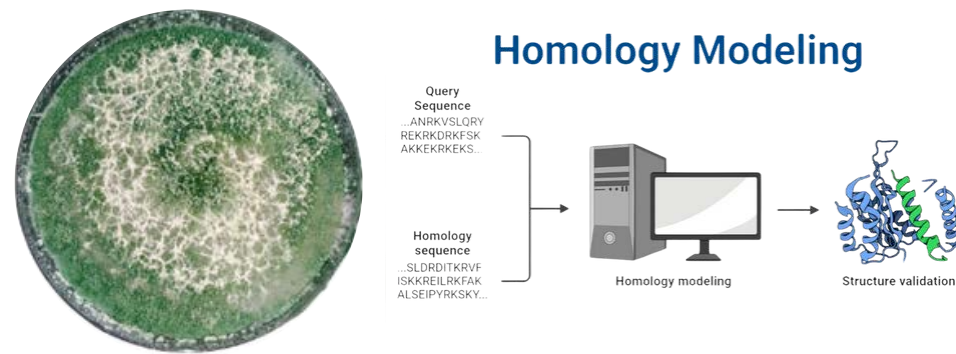
Produksi Enzim Lokal



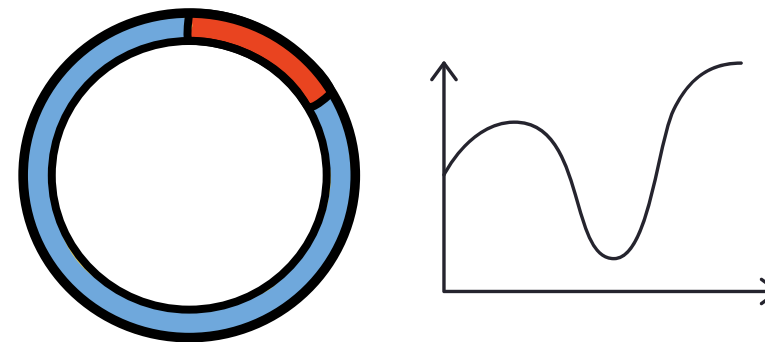
- Konsep **biorefinery** dalam pengolahan limbah industri sawit dapat digunakan untuk produksi enzim dan mengurangi ketergantungan biaya impor

METODOLOGI RISET

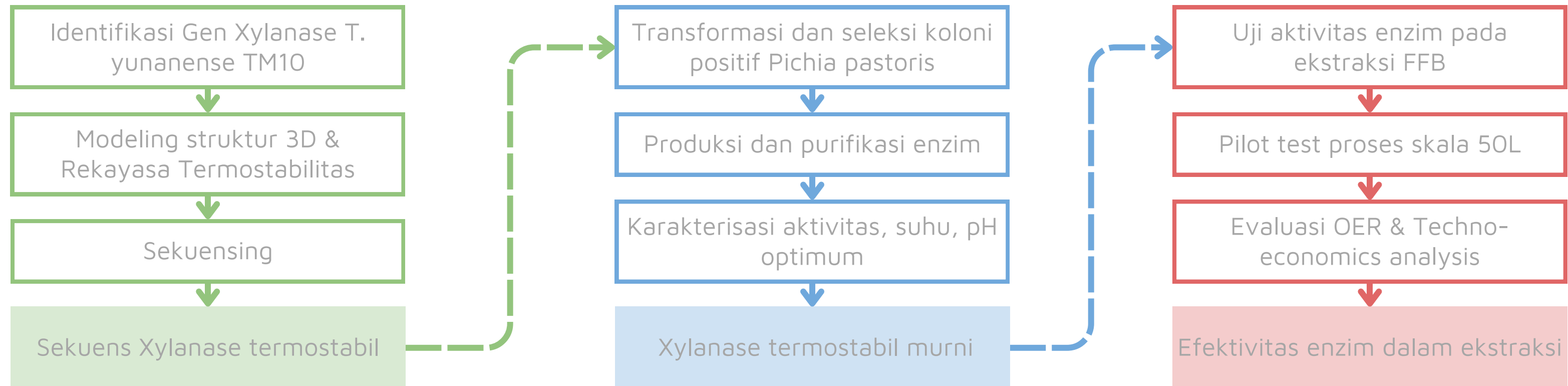
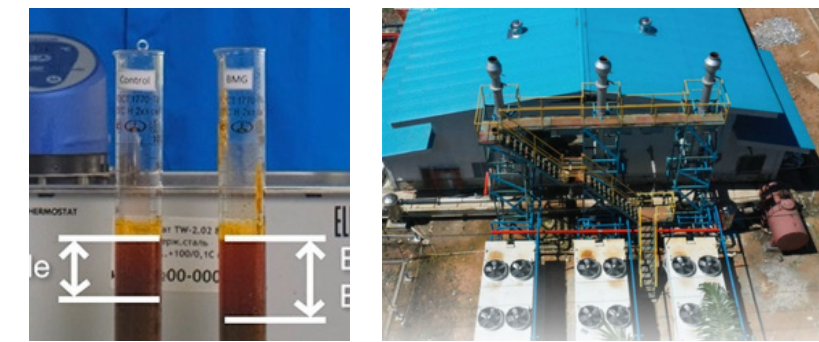
1. Identifikasi Xylanase Termotabil



2. Ekspresi, Produksi, dan Karakterisasi

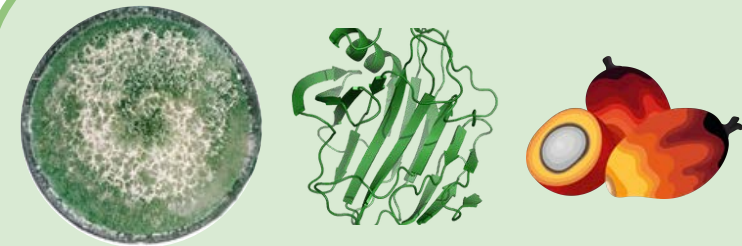


3. Uji Aplikasi pada Mill BGA Skala Pilot



BIG PICTURE RISET

Riset



"Rekayasa dan Produksi Enzim Xylanase Termotabil dari Isolat lokal *Trichoderma yunnanense* TM10 untuk Meningkatkan Oil Extraction Rate (OER) Buah Sawit"



"Formulasi dan Optimalisasi Produk Enzim Xylanase Termotabil untuk Peningkatan Efisiensi Ekstraksi Minyak Sawit"



"Pengembangan dan Komersialisasi Produk Enzim Termotabil untuk Optimalisasi Ekstraksi Minyak Sawit di Industri"

Luaran

Produk Enzim

1. Xylanase murni
2. Data produksi enzim
3. Data ekstraksi sk pilot
4. Publikasi ilmiah

Formulasi Produk (TKT 4-5)

Formulasi enzim lainnya dari *Trichoderma yunnanense* TM10

Skala Industrial (TKT >6)

Techno-economics, komersialisasi

Implementasi

CPO



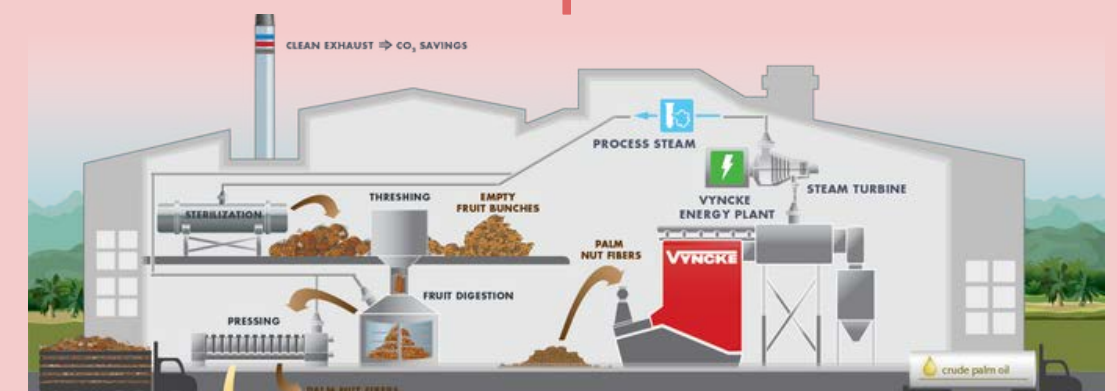
Biofuel



Bioproduk



Oleokimia



Palm Oil Mill 2.0 with Enzyme Technology

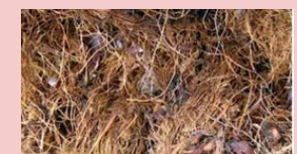
FFB



TTKS

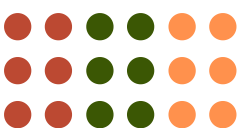


Substrat lainnya





GANTT CHART RISET

[illegible]

RENCANA ANGGARAN RISET

Rincian	Satuan	Kuantitas	Harga	Total
1. Honorarium				45.000.000
Project Leader	Rp.	2	7.500.000	15.000.000
Anggota & Asisten	Rp.	10	3.000.000	30.000.000
2. Biaya Bahan				78.700.000
Media Assay (CMC, Xylan medium)	Pcs.	4	3.550.000	14.200.000
Media Agar (LB)	Pcs.	5	3.000.000	15.000.000
Cawan petri (disposable)	Pack	100	35.000	3.500.000
Peralatan sampling, lab & logistik	Paket	1	16.000.000	16.000.000
Larutan (Buffer, reagen, dll)	Paket	1	30.000.000	30.000.000
3. Biaya Jasa				119.000.000
Perjalanan & Akomodasi	Person	8	2.000.000	16.000.000
Analisis Laboratorium (HPLC, Spektrofotometer, dll)	Parameter	25	2.200.000	55.000.000
Sequencing (Illumina Platform)	Sample	8	4.000.000	32.000.000
Biaya tak terduga, resiko, dll	Paket	1	16.000.000	16.000.000
TOTAL				242.700.000



COST BENEFIT ANALYSIS



Anggaran: **1,647,700.000** akan diselesaikan 100% dalam 3 tahun

Cost Project	=	1.647.700.000,- Varian jadwal= 0.33 M Varian Biaya = 116 juta
Profit/Saving Project	=	Based on the profitability analysis •The project generated a gross profit of 1,337 M •After accounting for indirect costs, the net profit is 0,43 M •The net profit margin indicates that 21% of the total revenue translates into profit. •The ROI shows a favorable return of 26% on the initial investment
Payback Period	=	2 th
Benefit Cost Ratio (Rasio B/C)	=	1,26 (atau >1 Usaha Layak Dijalankan)



DAMPAK RISET (NON FINANCIAL)

Benefit

Variable:

- **Peningkatan OER** dan minim Oil Loss
- Berkurangnya energi, air dan **limbah cair**
- Penggunaan enzim yang lebih sedikit
- **Durasi** proses menurun & laju reaksi meningkat
- Kepemilikan dan **kemandirian** produksi enzim
- **Modular & prospek** enzim pada industri lainnya

Intangible:

- Citra pelanggan, stakeholder & masyarakat
- Larutan **ramah lingkungan**, tidak toksik
- Inovasi dan diferensiasi dari pesaing
- **Diversifikasi** pasar dan produk olahan



Cost

Variable:

- Biaya **produksi** enzim
- Bahan dan energi **operasional bioreactor**
- **Retrofitting**, modifikasi alat
- Tenaga kerja dan pelatihan
- Fasilitas pendukung lainnya

Intangible:

- Riset & Pengembangan produksi
- Biaya mitigasi risiko kontaminasi, error, dll
- Regulasi, **uji kelayakan**, sertifikasi produk
- **Komplain** dan reputasi negatif



Terimakasih

Open Innovation BGA Tahun 2025

