



# Meningkatkan Oil Extraction Rate (OER) Buah Sawit Segar Menggunakan Biokatalis Termotabil dari Mikroba Termofilik Lokal

Oleh:

- Asri Peni Wulandari, Ph.D (Dosen Project, Biologi)
- Muhammad Haikal Algifari (Team Leader, Biologi)
- Launa Silky Karenindra R. (Kimia)
- Maula Esa Safarina (Kimia)
- Felice Olivia Lengkey (Biologi)
- Adil Abdul Rauf (Teknologi Industri Kimia)
- Fadli Mustafa (Teknologi Industri Kimia)
- Marchiella Widjaja (Teknologi Industri Pertanian)



# TUJUAN PROJECT

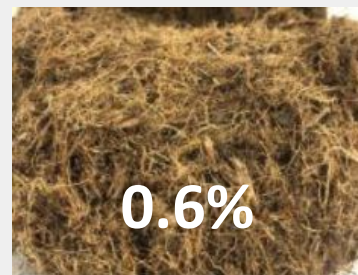


1. Meningkatkan ***Oil Extraction Rate (OER)*** *Fresh Fruit Bunch* (FFB) sawit menggunakan enzim
2. Menemukan **enzim lokal** yang **aktif dan stabil di suhu tinggi** (termostabil)
3. Menemukan **formulasi enzim yang efektif** dalam mendegradasi lignoselulosa FFB

# EKSTRAKSI OIL SAWIT

## Traditional Extraction

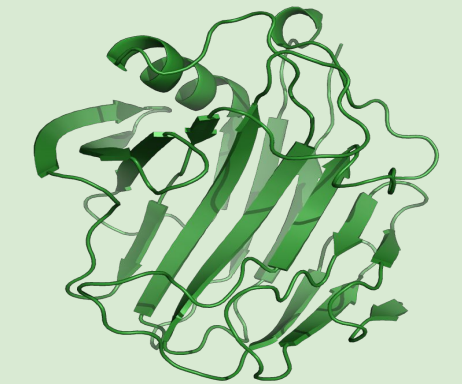
1. Telah **mencapai batas ekstraksi optimal**
2. OER umumnya ~22%. Terdapat *Oil Loss* limbah non-FFB 1.6-2.0%. **Efisiensi ekstraksi oil 88%**
3. Menggunakan energi dan sumber daya yang signifikan (uap, air, panas, *vacuum & pressing*)



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

## Enzymatic Extraction

1. **Nanoscale Precision**
2. **High OER & Minimum *Oil Loss***
3. ***Less Water & Less Energy***

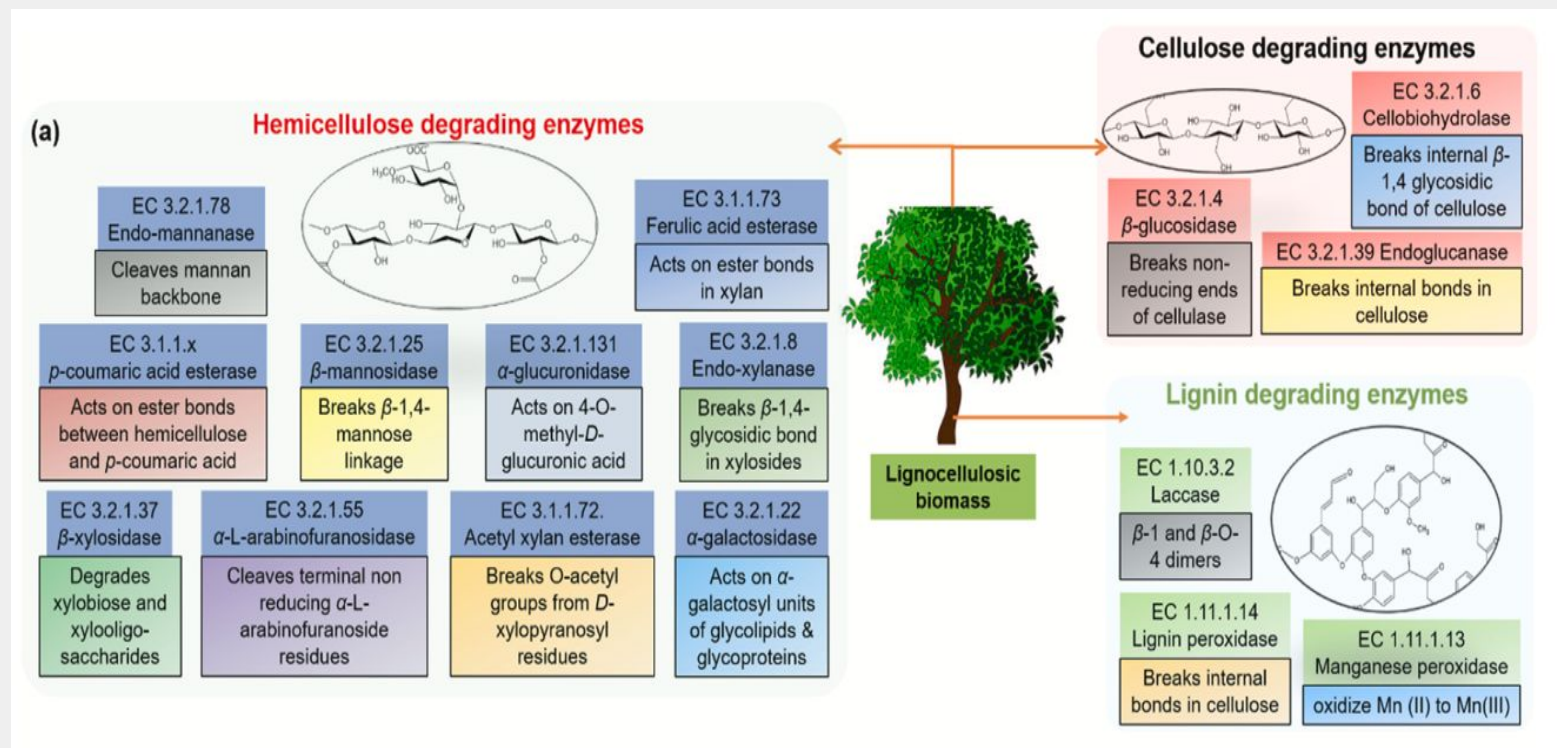


- Rathi et al (2012) **meningkatkan efisiensi ekstraksi oil sawit sebesar 90%** menggunakan formulasi enzim dengan aktivitas exocellulolytic, pectinolytic, mannanolytic and glucanolytic.
- Palmora® (Novozyme.c), **meningkatkan 0.7%\* OER** dengan komposisi utama GH10 Xylanase dari isolat *Aspergillus fumigatus* (Arnab et al., 2016).

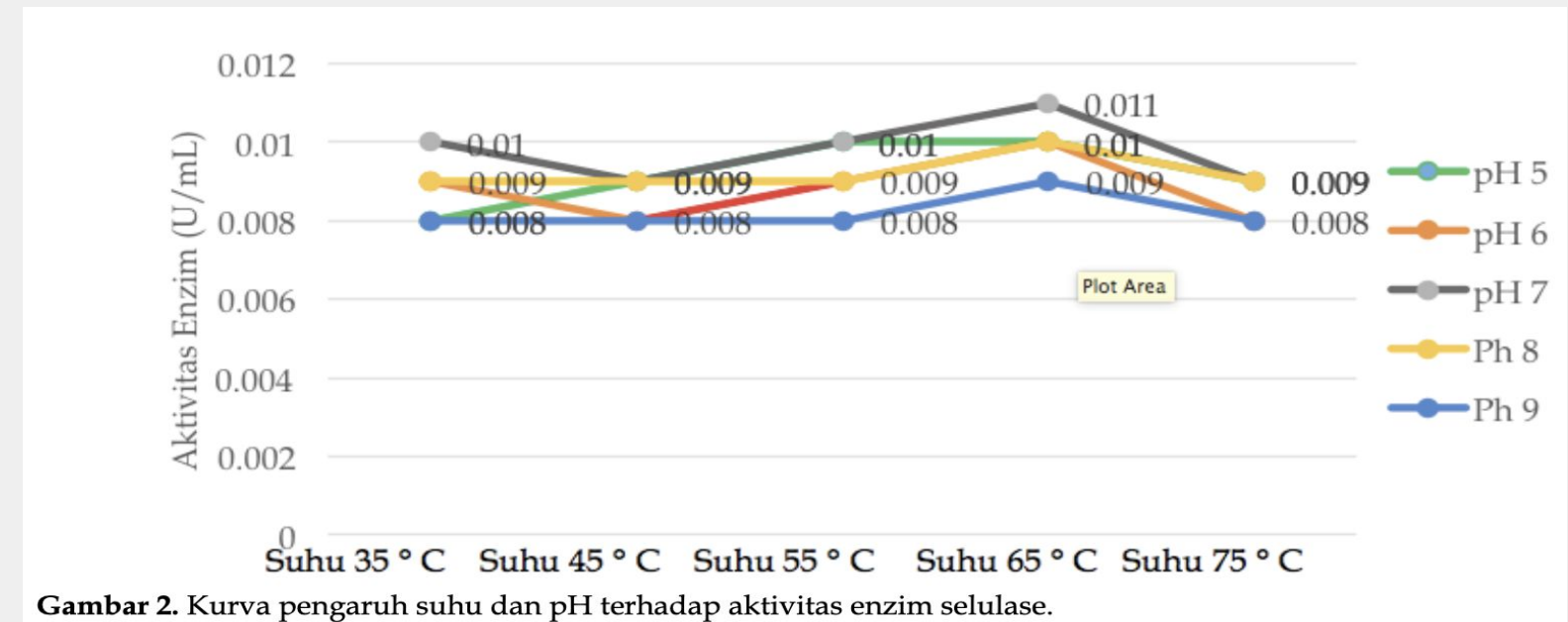
# CELLULASE & XYLANASE

- **Lignoselulosa:** Cellulosa, Hemiselulosa & Lignin merupakan komponen utama dinding sel FFB (Yasim-Anuar et al., 2017)
- Enzim Cellulase dan Xylanase adalah salah satu enzim yang dapat mengubah rantai selulosa menjadi molekul sederhana (Glukosa dan Xylose) sehingga **“mendegradasi” lignoselulosa.**

Oil Palm Biomass	Cellulose (%)	Hemicellulose (%)	Lignin (%)
Raw oil palm mesocarp fiber (OPMF)	43 ± 0.7	33 ± 1.2	22 ± 2.0



- **Uji aktivitas cellulase & xylanase** dapat dilakukan menggunakan reagen 3,5-Dinitrosalicylic Acid (DNS) berdasarkan estimasi jumlah gula reduksi yang dihasilkan dari media CMC 1% dan xylan 1% dan diukur dengan spektrofotometer.



Gambar 2. Kurva pengaruh suhu dan pH terhadap aktivitas enzim selulase.

- Uji ini dilakukan pada variasi suhu 35°C, 45°C, 55°C, 65°C, dan 75°C sehingga **aktivitas enzim dan suhu optimum** dapat diketahui (Puspitasari & Ibrahim, 2020; Imanisa et al., 2023).

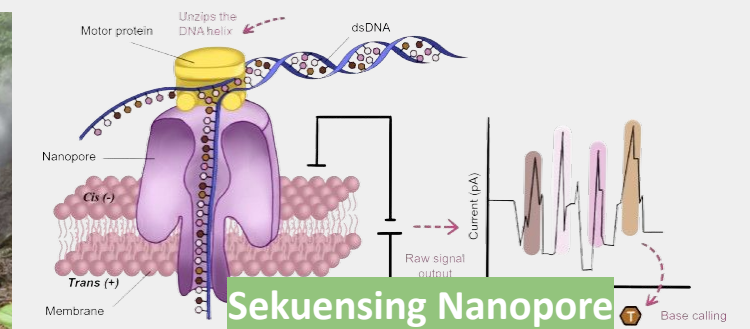
# TERMOSTABILITAS & EFISIENSI

Semakin tinggi suhu sistem ekstraksi oil maka akan **meningkatkan difusi & viskositas substrat** sehingga menaikkan laju reaksi, **menurunkan peluang kontaminasi** dan membutuhkan **kuantitas enzim yang lebih sedikit**  
(Ajeje et al., 2021)

- Degradasi Xylan dari sampel bambu yang dihaluskan menunjukkan peningkatan sakarifikasi enzimatis dari 58,98 menjadi 83,23 % **pada suhu 50°C** (Huang et al., 2015)
- Campuran enzim proteolitik, selulolitik dan pektolitik yang digunakan untuk ekstraksi oil pada biji labu di suhu 45-55°C. **Suhu terbaik untuk proses ini adalah 54°C** dengan perolehan minyak yang dicapai sebesar 72,64 % (Nosenko et al., 2019)

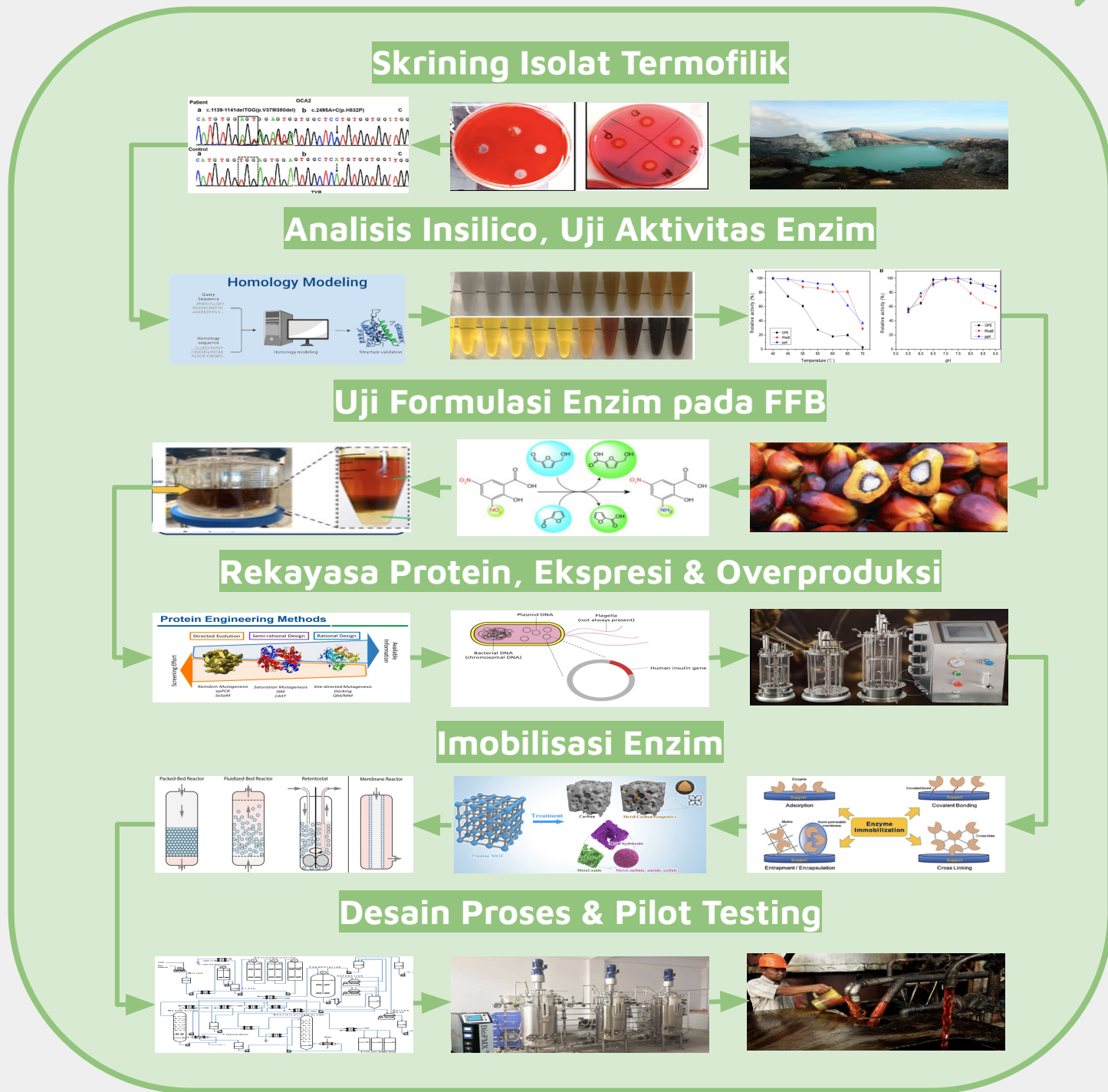
Ekstraksi oil enzimatis di suhu tinggi terhalang oleh **menurunnya stabilitas struktur enzim seiring kenaikan suhu**

- Dibutuhkan enzim termostabil, yang dapat diisolasi dari organisme yang hidup di lingkungan panas **70-80°C (termofilik)**
- Berkembangnya teknologi sekuensing, bioinformatika **mempercepat penemuan** dan rekayasa **enzim termostabil**.
- Isolat termofilik yang telah diidentifikasi meliputi:
  - Cellulase: *Bacillus*, *Geobacillus*, *Caldibacillus*, *Acidothermus*, *Caldocellum*, *Clostridium*, *Trichoderma* (Ghosh et al., 2020).
  - Xylanase: *Bacillus*, *Streptomyces*, *Leycectanus*, *Melanocarpus*, *Aspergillus* (Bhardwaj et al., 2019).



# BIG PICTURE PROYEK

## Riset



## Luaran



## Implementasi



# GANTT CHART PELAKSANAAN

Kegiatan	Mei			Juni			Juli			Agustus			September			Oktober		
	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-30
Preparasi Media	████████████████████																	
Pengambilan Sampel			████████████████████															
Pengkayaan dan Isolasi				████████████████████	████████████████████	████████████████████												
Identifikasi & sequencing							████████████████████	████████████████████	████████████████████									
Analisis Insilico									████████████████████	████████████████████	████████████████████							
Ekstrak Kasar Enzim										████████████████████	████████████████████	████████████████████						
DNS Assay													████████████████████	████████████████████				
Skrining Suhu & Aktivitas Optimum														████████████████████	████████████████████	████████████████████		
Uji Formulasi pada FFB																████████████████████	████████████████████	████████████████████

# RAB RISET/PROJECT

Rincian	Satuan	Kuantitas	Harga	Total
<b>1. Honorarium</b>				<b>45.000.000</b>
Project Leader	Rp.	1	15.000.000	15.000.000
Anggota Project	Rp.	6	5.000.000	30.000.000
<b>2. Biaya Bahan</b>				<b>78.700.000</b>
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 (Formula enzim, Buffer, reagen, dll)	Paket	1	30.000.000	30.000.000
<b>3. Biaya Jasa</b>				<b>119.000.000</b>
Perjalanan & Akomodasi	Person	8	2.000.000	16.000.000
Analisis Laboratorium (HPLC, Spektrofotometer, dll)	Parameter	25	2.200.000	55.000.000
Sequencing (Oxford Nanopore Platform)	Sample	8	4.000.000	32.000.000
Biaya tak terduga, resiko, dll	Paket	1	16.000.000	16.000.000
<b>TOTAL</b>				<b>242.700.000</b>



# COST-BENEFIT ANALYSIS

## Benefit

Variable:

- **Peningkatan OER** dan minim Oil Loss
- Berkurangnya penggunaan energi dan air
- Efisiensi lahan, **mengurangi limbah**
- Efisiensi ukuran alat pada proses
- Penggunaan enzim yang lebih sedikit
- **Stabilitas & reusability enzim** meningkat

Intangible:

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



## Cost

Variable:

- Biaya **pembelian enzim** & pemakaian ulang
- Tenaga kerja: pelatihan skill dan pengetahuan
- Energi dan bahan bakar operasional (bioreactor, dll)
- **Retrofitting**, modifikasi atau pembelian alat
- Biaya pemeliharaan dan perbaikan mesin.

Intangible:

- R&D enzim, produksi dan formulasi
- Mitigasi risiko: kontaminasi, **kerusakan enzim**.
- Legal: regulasi, uji kelayakan, sertifikasi (halal, dll)
- Reputasi: komplain dan reputasi negatif

# COST-BENEFIT ANALYSIS

## Komponen Analisa Benefit :

Cost Project

Profit/Saving Project

Payback Period

Benefit Cost Ratio (Rasio B/C)

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	=	<b>Based on the profitability analysis</b> <ul style="list-style-type: none"><li>•The project generated a gross profit of 1,337 M</li><li>•After accounting for indirect costs, the net profit is 0,43 M</li><li>•The net profit margin indicates that 21% of the total revenue translates into profit.</li><li>•The ROI shows a favorable return of 26% on the initial investment</li></ul>
Payback Period	=	2 th
Benefit Cost Ratio (Rasio B/C)	=	1,26 (atau >1 Usaha Layak Dijalankan)



Bumitama Gunajaya Agro

Towards **Sustainable**  
Palm Oil **Processing**

—

# Daftar Pustaka

- Ajeje, S. B., Hu, Y., Song, G., Peter, S. B., Afful, R. G., Sun, F., ... & Sun, H. (2021). Thermostable cellulases/xylanases from thermophilic and hyperthermophilic microorganisms: current perspective. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *9*, 794304.
- Arnab, G. U. H. A., Dasgupta, A., Ramakrishna, H., Desikan, H., & Rushworth, M. (2016). Process for extraction of palm oil using enzymes. Worldwide patent WO2016162510A1
- Bhardwaj, N., Kumar, B., & Verma, P. (2019). A Detailed Overview of Xylanases: an Emerging Biomolecule for Current and Future Prospective. *Bioresources and Bioprocessing*. *6*(40).
- Chew, C. L., Ng, C. Y., Hong, W. O., Wu, T. Y., Lee, Y. Y., Low, L. E., ... & Chan, E. S. (2021). Improving sustainability of palm oil production by increasing oil extraction rate: A review. *Food and Bioprocess Technology*, *14*, 573-586.
- Ghosh, S., Lepcha, K., Basak, A., & Mahanty, A. K. (2020). Thermophiles and thermophilic hydrolases. In *Physiological and Biotechnological Aspects of Extremophiles* (pp. 219-236). Academic Press.
- Huang, C., He, J., Li, X., Min, D., & Yong, Q. (2015). Facilitating the enzymatic saccharification of pulped bamboo residues by degrading the remained xylan and lignin-carbohydrates complexes. *Bioresource technology*, *192*, 471-477.
- Imanisa, T. W., Mardawati, E., & Masruchin, N. (2023). Xylanase Production from *Aspergillus niger* via Submerged Fermentation towards Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) Valorization as Value-added Biorefinery Products. *Biomass, Biorefinery, and Bioeconomy*, *1*(1).
- Nosenko, T., Vovk, G., & Korolyuk, T. (2019). Effect of hydrolytic enzymes pretreatment on the oil extraction from pumpkin seeds.
- Puspitasari, D., & Ibrahim, M. (2020). Optimasi aktivitas selulase ekstraseluler isolat bakteri eg 2 isolasi dari bungkil kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.). *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, *9*(1), 42-50.
- Rathi, C. L., Pradhan, S., Javvadi, S., & Wani, A. (2012). An enzyme composition and process for extracting oil from oil palm, fruits. WO2012/011130.
- Yasim-Anuar, T. A. T., Ariffin, H., Norrrahim, M. N. F., & Hassan, M. A. (2017). Factors affecting spinnability of oil palm mesocarp fiber cellulose solution for the production of microfiber. *BioResources*, *12*(1), 715-734.