



Utilization of Oil Palm Trunks (OPT) for Controlled-Release NPK Fertilizer

Oleh:

- Prof. Dr. rer. nat. Witri Wahyu Lestari, S.Si., M.Sc. (Team Leader)
- Vito Bintang Saputra
- Khairunnisa Irianto
- Widyastuti Majidah
- Firza Agustian Effendi



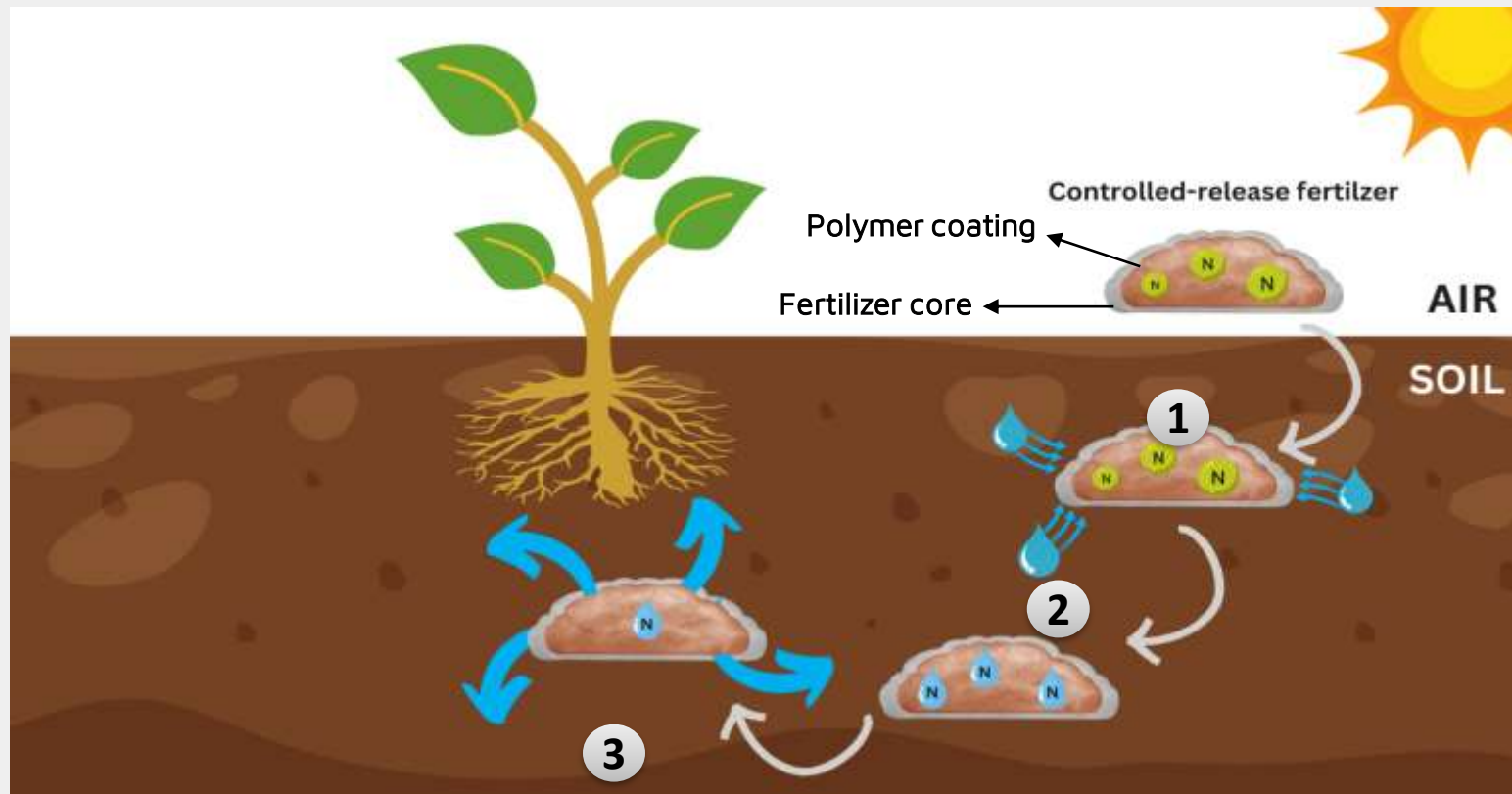


TUJUAN PROJECT

Tujuan yang dicapai pada project ini adalah:

- Pemanfaatan batang kelapa sawit sebagai *raw material* untuk sintesis *carboxymethyl cellulose*
- Pembuatan *controlled-release NPK fertilizer* terenkapsulasi komposit *carboxymethyl cellulose*

JUSTIFIKASI PROJECT



Controlled-release fertilizer baru-baru ini dikembangkan sebagai pupuk yang dapat menunda pelepasan unsur hara dan meningkatkan **nutrient use efficiency** pada tanah pertanian dan mencegah hilangnya bahan kimia selama irigasi dan mengurangi degradasinya melalui dekomposisi mikroba, fotolisis, dan hidrolisis (Li and Chen, 2020).

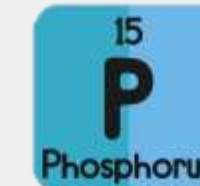
MECHANISM OF CONTROLLED-RELEASED FERTILIZER

1. Air menembus ke dalam lapisan dan butiran inti pada pupuk
2. Nutrisi dilarutkan dalam larutan, dan proses ini menghasilkan tekanan osmotik
3. Unsur hara dilepaskan ke dalam tanah secara terkendali melalui membran lapisan yang membengkak

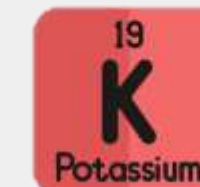
Role of macronutrient fertilizer



Memberi daya pada pertumbuhan batang dan daun.



Mempengaruhi pertumbuhan, dan mempercepat pematangan buah.



Mendorong pertumbuhan akar, menguatkan dan menyebar.

Hidrogel berbasis selulosa telah banyak diaplikasikan sebagai *material additives* pada pupuk karena kemampuan menahan dan menyerap air dalam jumlah besar serta mengurangi konsumsi air irigasi (Li et al., 2016).

Penambahan *cross-linking* pada hidrogel akan membantu meningkatkan kekuatan mekanik komposit serta menciptakan hidrogel yang sangat berpori dan meningkatkan kapasitas penyerapan airnya (Olad et al., 2018).

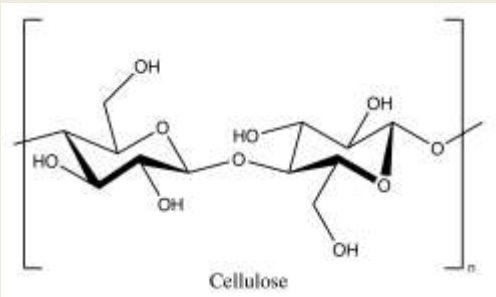
JUSTIFIKASI PROJECT

Research Propose

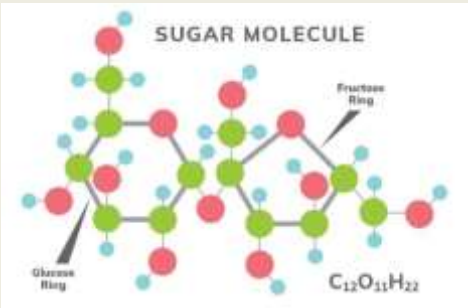


Batang kelapa sawit dapat memiliki kandungan gula dan **selulosa** yang cukup tinggi yang dapat dimanfaatkan agar dapat memenuhi **zero-net waste** pada produksi limbah kelapa sawit (Said et al., 2021).

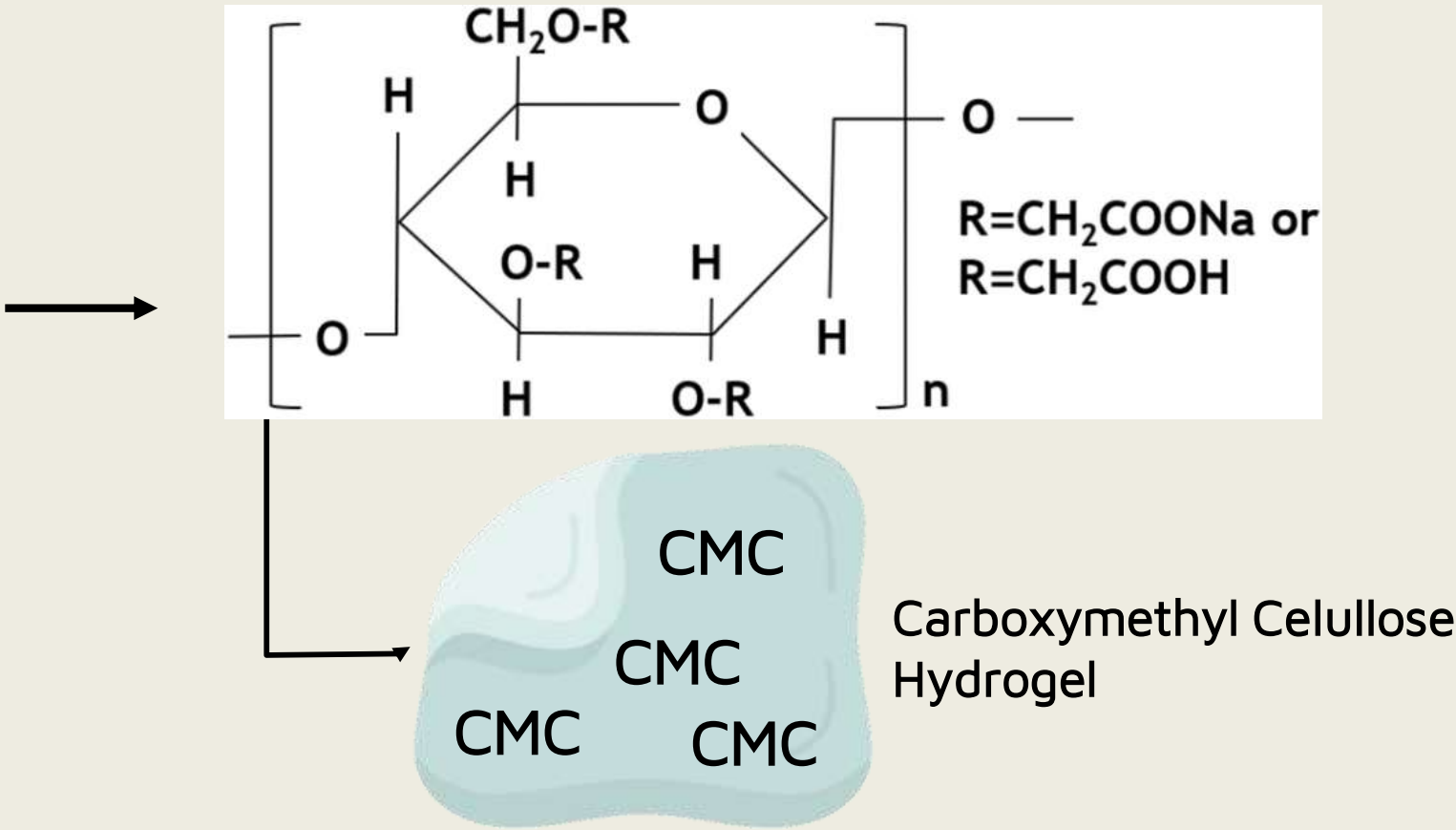
Oil palm trunk (OPT) content



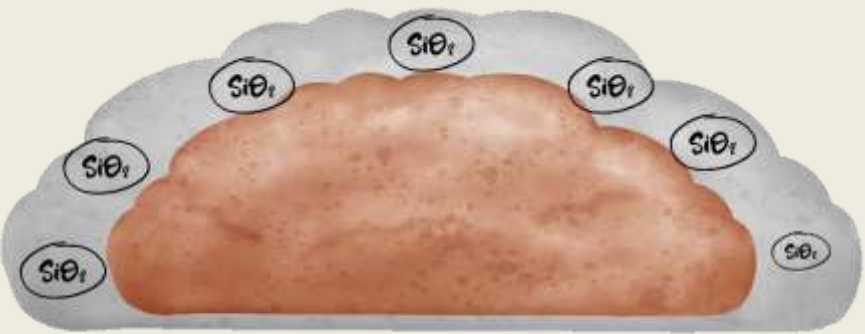
29 – 45%
Cellulose



~70%
Sugar



Karboksimetil selulosa (CMC) adalah jenis turunan selulosa yang memiliki kemampuan untuk diperbaharui, tidak beracun, mudah terurai secara biologis, dapat dimodifikasi dengan mudah, dan memiliki daya serap air yang tinggi. CMC berpotensi sebagai material coating untuk mengontrol pelepasan pada pupuk (Cao et al., 2024).

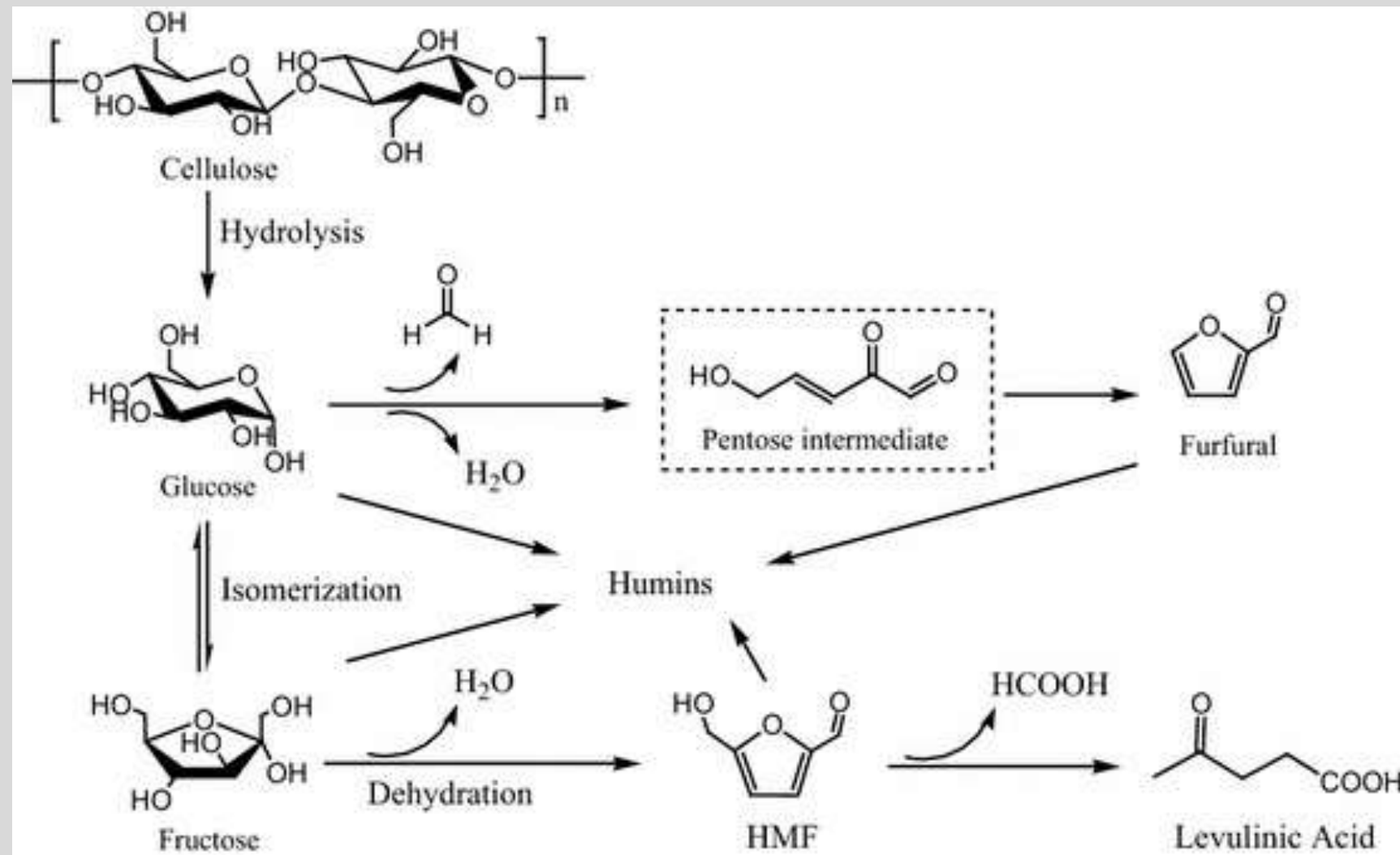


CMC/SiO₂ nanokomposit
coating fertilizer

Penambahan nanopartikel silika dalam hidrogel secara signifikan memengaruhi sifat fisik, mekanik, dan pengembangannya. Hal ini disebabkan oleh kemampuan nanopartikel silika untuk meningkatkan kapasitas pengembangan hidrogel melalui sifat hidrofilik gugus hidroksilnya. (Olad et al., 2018).

GOOD ALTERNATIVE PRODUCT

Batang kelapa sawit dapat dijadikan sebagai bahan produksi fine chemicals “5-hydroxymethylfurfural”



Mechanism of cellulose treatment

5-hydroxymethylfurfural (HMF) sebagai bahan kimia platform biomassa yang penting karena banyak digunakan sebagai bahan penyusun serbaguna untuk sintesis bahan kimia, obat-obatan, biofuel dan monomer polimer

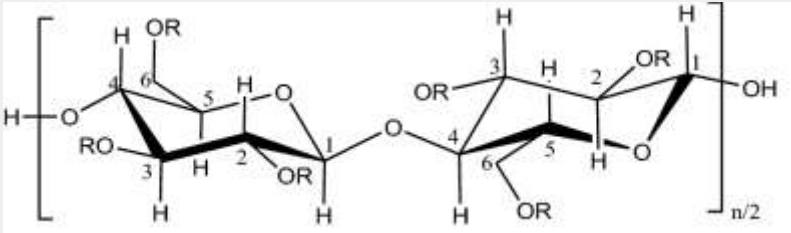
**BERPOTENSI SEBAGAI PRODUK
KOMERSIALISASI DAN MEMBERIKAN PROFIT
BAGI PT. BUMITAMA GUNAJAYA AGRO**

BIG PICTURE RISET/PROJECT

Batang kelapa sawit yang sudah ditebang menjadi limbah yang belum termanfaatkan serta menjadi tantangan bagi PT. Bumitama Gunajaya Agro guna mewujudkan **net-zero waste production** dalam pengolahan minyak kelapa sawit. **Kandungan selulosa yang cukup tinggi** pada batang kelapa sawit berpotensi menjadi material fungsional seperti **bahan pelapis untuk mengontrol pelepasan pupuk NPK**.



Oil palm trunk (OPT)



Cellulose ethers	R groups
Methylcellulose	H, CH ₃
Ethylcellulose	H, CH ₂ CH ₃
Hydroxyethyl methylcellulose	H, CH ₃ , [CH ₂ CH ₂ O] _n H
Hydroxypropyl cellulose	H, [CH ₂ CH(CH ₃)O] _n H
Carboxymethyl cellulose	H, CH ₂ COONa

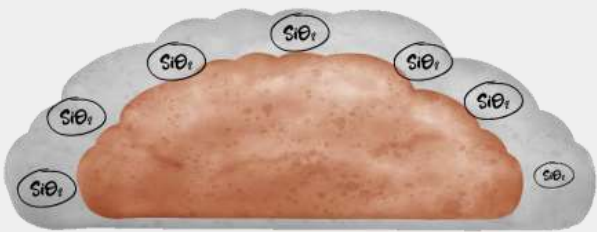
Cellulose source



Coating
additive



NPK Fertilizer



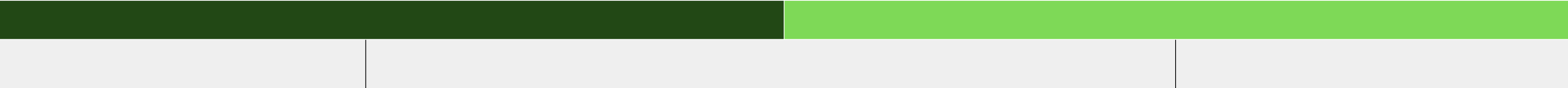
Controlled-release
NPK Fertilizer

The milestone green SiO₂ nanofluid industrial application

2024 Produk, Prosedur kerja Rp 200.000.000	- Lab-scale production : optimasi pembuatan karboksimetil selulosa dari batang kelapa sawit. Trial produksi HMF sebagai side project - Pembuatan controlled-release NPK fertilizer dengan proses in-situ produksi NPK fertilizer dengan hydrogel karboksimetil selulosa nanokomposit SiO₂ - Uji kualitas pupuk terlapisi hydrogel karboksimetil selulosa nanokomposit SiO₂
2025 Publikasi, HKI, Paten Implementasi produk Rp. 400.000.000	- Uji coba penggunaan controlled-release NPK fertilizer pada produktivitas pohon kelapa sawit (Skala percontohan) - Produksi karboksimetil kitosan dari batang kelapa sawit dalam skala percontohan atau batch - Perancangan sistem dan evaluasi kinerja terhadap komersialisasi produk serta penggunaan secara masif
2026 Massive production, Scalability produk Rp, 700.000.000	- Produksi controlled-release NPK fertilizer secara massif dalam skala industri - Penerapan dalam skala industry dengan menggunakan controlled-release NPK fertilizer pada penanaman buah kelapa sawit - Investasi strategis tidak hanya menjanjikan keuntungan yang signifikan namun juga berkontribusi terhadap masa depan yang berkelanjutan dan inovatif.

GANTT CHART PELAKSANAAN

Activities	Mei	Jun	Jul	Agt	Sept	Okt	2025	2026
LAB-SCALE PRODUCTION : RUANG LINGKUP RISET UNIVERSITAS								
Pembelian alat dan bahan kebutuhan riset								
Optimasi metode sintesis karboksimetil selulosa dari batang kelapa sawit								
Sintesis karboksimetil selulosa								
Sintesis SiO ₂ nanopartikel								
Trial produksi 5-HMF								
Pembuatan <i>controlled-release NPK fertilizer</i>								
Uji kualitas <i>controlled-release NPK fertilizer</i>								
Uji penggunaan controlled-release NPK fertilizer terhadap tumbuhan								
Pembuatan draft publikasi ilmiah, HKI, dan Paten								
Pengolahan dan interpretasi data hasil riset								
INDUSTRY-SCALE PRODUCTION : RUANG LINGKUP BGA GROUP DAN UNIVERSITAS (SUSTAINABLE RESEARCH RESULT)								
Perancangan sistem produksi massif skala industry (<i>green SiO₂ nanofluid</i> dan <i>solvent extraction palm oil</i>)								
Implementasi produksi palm oil								



RAB RISET/PROJECT

Rincian	Qty	Harga	Total
1. Biaya Bahan			
Batang kelapa sawit	10 kg	-	-
Chemical reagen	1 set	Rp50.550.000	Rp50.550.000
Produksi HMF	1 set	Rp50.000.000	Rp50.000.000
2. Biaya Alat			
Alat gelas laboratotium	1 set	Rp3.000.000	Rp3.000.000
Alat penunjang sintesis	1 set	Rp40.700.000	Rp40.700.000
APD laboratorium	5 set	Rp1.000.000	Rp1.000.000
3. Pengujian/karakterisasi material			
Anlisa lab dan uji riset	1 set	Rp14.750.000	Rp14.750.000

Rincian	Qty	Harga	Total
4. Luaran proposal			
Publikasi artikel ilmiah	1	Rp5.000.000	Rp5.000.000
HKI	1	Rp2.500.000	Rp2.500.000
Paten	1	Rp2.500.000	Rp2.500.000
5. Lain-lain			
Honorarium	5 org	Rp30.000.000	Rp30.000.000

Grand total

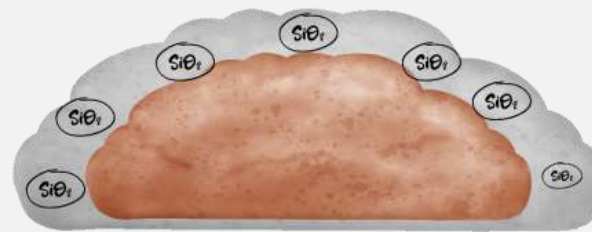
Rp 200.000.000

Link detail RAB project

uns.id/RABBGAIResearchProject

LUARAN PROPOSAL

Produk

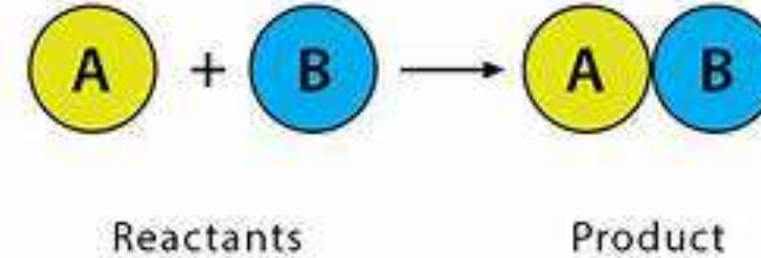


Controlled-release
NPK Fertilizer

Produk pupuk NPK terlapisi hydrogel karboksimetil selulosa dari batang kelapa sawit yang dikompositkan dengan SiO_2 nanopartikel sebagai alternatif **peningkatan produksi pohon kelapa sawit**

Metode

Synthesis Reaction



Metode sintesis karboksimetil selulosa dari batang kelapa sawit yang telah dioptimasi dan dapat diimplementasikan dalam **proses pembuatan pupuk NPK terlapisi hydrogel karboksimetil selulosa**

Luaran project lainnya

- 1 **Publikasi ilmiah**
- 2 **HKI dan Paten**

DAMPAK RISET/PROJECT

1 Finansial

- Profit/Saving Project
 - Self-production pupuk NPK dengan pelepasan terkontrol untuk penanaman pohon kelapa sawit.
 - Potensi cost avoidance dalam pemrosesan dan pembuangan limbah batang kelapa sawit

- Payback Ratio

$$\begin{aligned} \text{Payback Ratio} &= \frac{\text{investasi}}{\text{proceeds}} \rightarrow \text{Year avg BGA profit} \\ &= \frac{1.3 \text{ B}}{1797 \text{ B}} < 1 \text{ Tahun} \end{aligned}$$

- Benefit Cost Ratio

Benefit values

1 st Year	Rp. 471.698.113
2 nd Year	Rp. 444.998.220
3 rd Year	Rp. 419.810.000
TOTAL	Rp. 1.336.506.333

Total investment:
Rp. 1.300.000.000

Discount rate: 6%

B/C Ratio : 1.02808

2 Non-finansial

- Analisa Risiko
 - Perwujudan net-zero waste dalam produksi minyak kelapa sawit dengan memanfaatkan batang kelapa sawit sebagai material fungsional
 - Mendorong inovasi dan meningkatkan daya saing perusahaan dalam pasar global pada ruang lingkup produktivitas tanaman kelapa sawit
- Analisa Lingkungan
 - Pengurangan limbah dan dampak lingkungan dengan pemrosesan limbah sawit menjadi bahan baku karboksimetil selulosa.
 - pengoptimalan penggunaan limbah tak terpakai sebagai pupuk NPK dengan pelepasan terkontrol
- Analisa Legal
 - Peningkatan hubungan dengan pemangku kepentingan serta citra perusahaan sebagai pemimpin dalam inovasi berkelanjutan dengan mengadopsi nanoteknologi sebagai teknologi mutakhir.

BIBLIOGRAFI

- [1] Li, S. and Chen, G., 2020. Contemporary strategies for enhancing nitrogen retention and mitigating nitrous oxide emission in agricultural soils: present and future. *Environment, development and sustainability*, 22(4): 2703-2741.
- [2] Li, X., Li, Q., Xu, X., Su, Y., Yue, Q. and Gao, B. 2016. Characterization, swelling and slow-release properties of a new controlled release fertilizer based on wheat straw cellulose hydrogel. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 60(1): 564-572.
- [3] Olad, A., Zebhi, H., Salari, D., Mirmohseni, A. and Tabar, A.R. 2018. Slow-release NPK fertilizer encapsulated by carboxymethyl cellulose-based nanocomposite with the function of water retention in soil. *Materials Science and Engineering: C*, 90(1): 333-340. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.04.083>.
- [4] Said, F.M., Hamid, N.F., Razali, M.A.A. and Daud, N.F.S., 2021. Lignocellulosic of Oil Palm Biomass to Chemical Product via Fermentation. *Elaeis guineensis*.
- [5] Cao, Q., Chen, J., Wang, M., Wang, Z., Wang, W., Shen, Y., Xue, Y., Li, B., Ma, Y., Yao, Y. and Wu, H. 2024. Superabsorbent carboxymethyl cellulose-based hydrogel fabricated by liquid-metal-induced double crosslinking polymerisation. *Carbohydrate Polymers*, 331(1): 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2024.121910>.



Bumitama Gunajaya Agro

**THANK
YOU**

—