



Advanced Green SiO₂ Nanofluid Materials for Enhancing Oil Extraction Rate (OER)

Oleh:

- Prof. Dr. rer. nat. Witri Wahyu Lestari, S.Si., M.Sc. (Team Leader)
- Mujtahid Kaavessina Ph.D., M.T., S.T.
- Vito Bintang Saputra
- Alayya Yakuta Firdausi Sahrianta
- Nur Rohmah Al-Fiyani
- Nur Aini



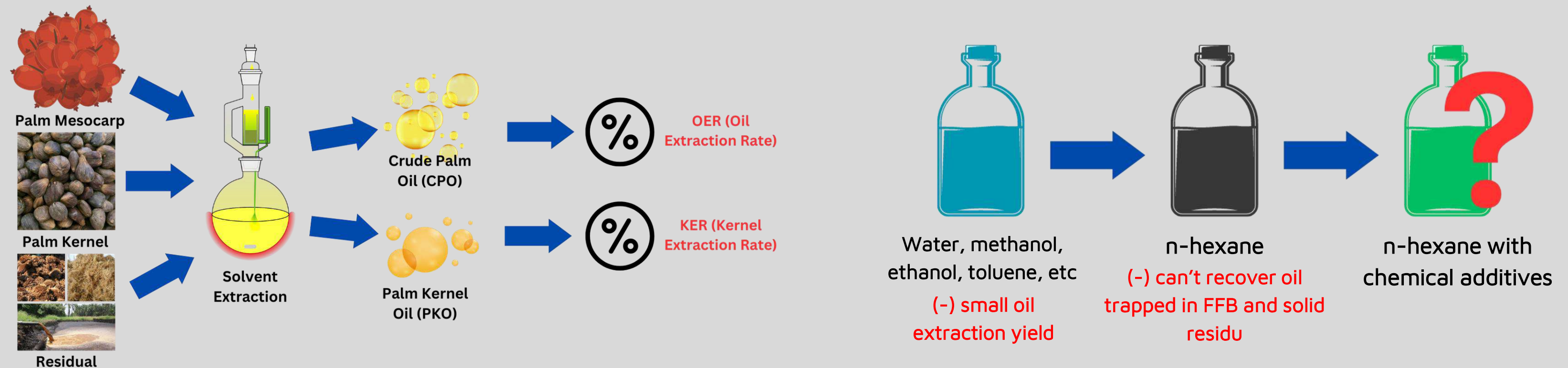


TUJUAN PROJECT

Meliputi ruang lingkup peningkatan oil content pada proses pengolahan crude palm oil dari pohon kelapa sawit dengan detail tujuan:

- Meningkatkan *oil extraction rate* (OER) menggunakan SiO_2 nanofluid pada proses ekstraksi.
- pemulihan sisa minyak dari limbah kelapa sawit menggunakan SiO_2 nanofluid

JUSTIFIKASI PROJECT



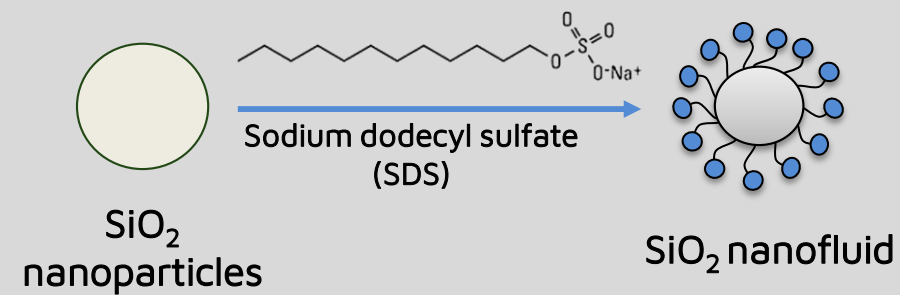
- Efektivitas produksi minyak sawit dilihat dari persen OER dan KER, yang dapat ditingkatkan melalui **efisiensi proses ekstraksi dan oil recovery**
- Metode ekstraksi dengan pelarut menjadi kandidat yang baik sebab **dapat diaplikasikan pada beberapa proses pengolahan** meliputi ekstraksi CPO dan PKO, serta *oil recovery* residu (Chew et al. 2022).

- Keunggulannya daripada ekstraksi mekanik yaitu menghasilkan minyak lebih banyak (dapat menjangkau seluruh bagian *mesocarp*), tidak memecah biji sawit atau merusak kernel (kontaminasi dan mempengaruhi kualitas minyak), serta lebih efisien untuk *oil recovery* (Demirel et al. 2022).

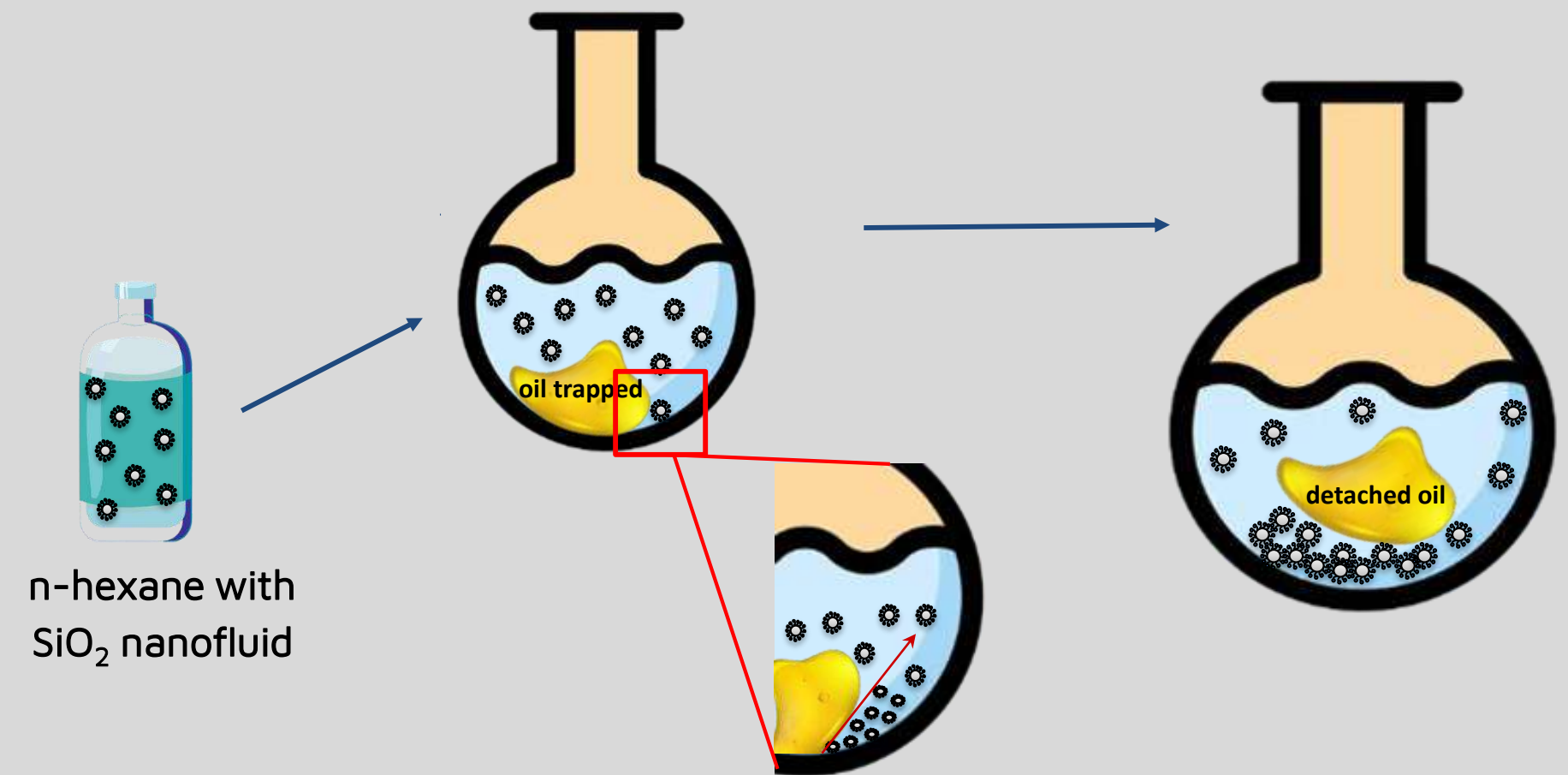
- Solven non-polar seperti n-heksana dapat mengekstraksi minyak dengan baik, mudah dipisahkan, dan probabilitas membentuk emulsi yang kecil (Yunus et al. 2018).
- Pada *oil recovery* POME, n-heksana dapat menghasilkan *oil extraction yield* sebesar 90% (Malik et al. 2021).

JUSTIFIKASI PROJECT

Novelty



- SiO₂ nanoparticles dapat digunakan dalam aplikasi EOR karena memiliki karakteristik tahan terhadap suhu tinggi, permukaan yang luas, porositas yang dapat disesuaikan, dan mampu mereduksi IFT. Namun, surfaktan memiliki kemampuan reduksi IFT yang lebih besar dibandingkan SiO₂ NPs (Joshi dkk., 2022)
- Sodium dodecyl sulfate (SDS) mampu mengurangi *interfacial tension* antara air-minyak dan memiliki *additional oil recovery* (13% OOIP) yang lebih tinggi dibandingkan surfaktan lain dalam SiO₂ (Liu dkk., 2020)

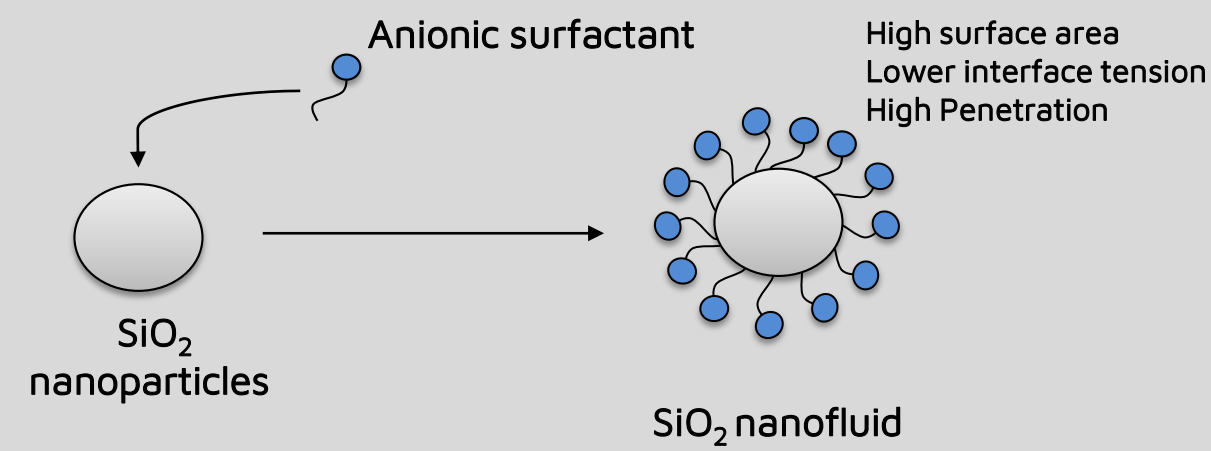


- N-hexane with SiO₂ nanofluid mampu membantu memisahkan minyak dari air dengan cara mengadsorpsi minyak ke permukaannya sehingga minyak dapat dengan mudah dipisahkan dari air. Hal tersebut akan meningkatkan *oil extraction rate* (Imoisili., 2020)

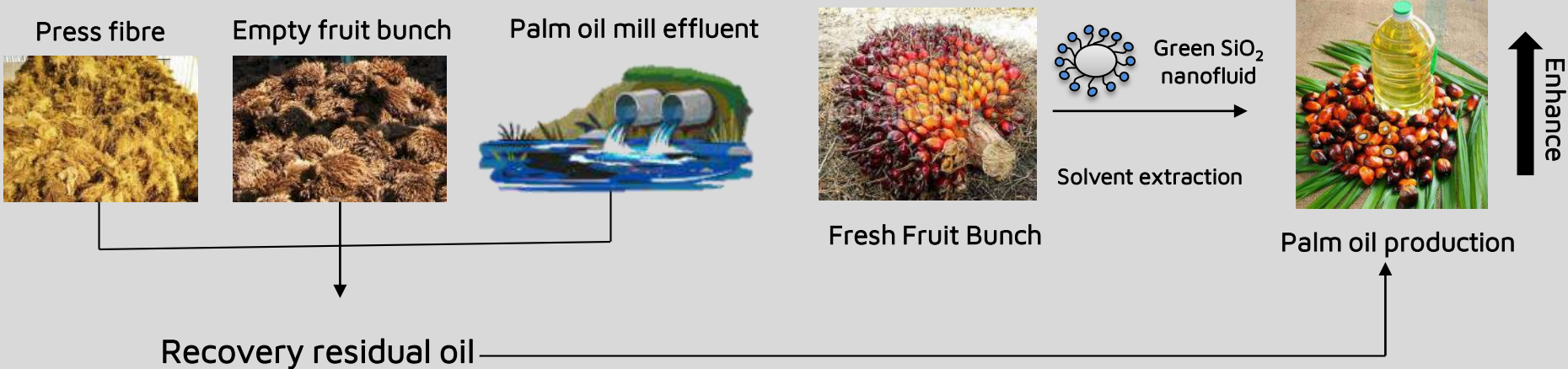
BIG PICTURE PROJECT

PT. Bumitama Gunajaya Agro memproses 3.86 juta metrik ton tiap tahunnya untuk ekstraksi crude palm oil, menghasilkan limbah seperti *empty fruit bunch, press fibre, dan palm oil mill effluent* (POME) yang bisa digunakan untuk meningkatkan *oil extraction rate* (OER) dan produksi minyak sawit.

Additive Materials



Enhance Palm Oil Content



The milestone green SiO_2 nanofluid industrial application

2024 Produk, Prosedur kerja Rp 300.000.000	- Lab-scale production : optimasi metodologi sintesis SiO_2 nanopartikel dari <i>palm kernel shell</i>. - Pemulihan sisa minyak yang terperangkap dari limbah kelapa sawit dan pendekatan alternatif dalam ekstraksi minyak kelapa sawit menggunakan <i>solvent extraction</i> dengan penambahan green SiO_2 nanofluid
2025 Publikasi, HKI, Paten Implementasi produk Rp. 1.000.000.000	- Evaluasi masif pada kualitas minyak yang diperoleh dan efisiensi dari <i>oil extraction rate</i> (OER) - Meningkatkan proses produksi dari laboratorium ke skala percontohan dan batch. - Perancangan sistem skala industri dalam proses pembuatan SiO_2 nanofluid serta proses ekstraksi pada buah kelapa sawit dan proses <i>recovery residual palm oil</i> yang terperangkap pada limbah kelapa sawit
2026 Massive production, Scalability produk Rp, 3.000.000.000	- Produksi SiO_2 nanofluid secara massif dalam skala industri - Penerapan dalam skala industry pada proses ekstraksi buah kelapa sawit dan proses <i>recovery residual palm oil</i> yang terperangkap pada limbah 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								
Sintesis SiO ₂ nanopartikel konvensional								
Pembuatan SiO ₂ nanofluid								
Solvent extraction FFB menggunakan green SiO ₂ nanofluid								
Recovery residual oil dari limbah kelapa sawit menggunakan solvent extraction								
Penujian hasil ekstraksi minyak kelapa sawit								
Pembuatan draft publikasi ilmiah, paten dan HKI								
Pengolahan dan interpretasi data hasil riset								
INDUSTRY-SCALE PRODUCTION : RUANG LINGKUP BGA GROUP DAN UNIVERSITAS (SUSTAINABLE RESEARCH RESULT)								
Perancangan sistem produksi massif skala industri (green SiO ₂ nanofluid dan solvent extraction palm oil)								
Implementasi produksi palm oil								

RAB PROJECT

Lab-scale research cost

Rincian	Qty	Harga	Total
1. <u>Biaya bahan</u>			37.791.000
Fresh fruit bunch (FFB)	10 kg	-	-
Empty fruit bunch (EFB)	10 kg	-	-
Press <u>fibre</u>	10 kg	-	-
Palm oil mill effluent (POME)	10 L	-	-
Chemical reagent	1 set	37.791.000	37.791.000
2. <u>Biaya alat</u>			194.109.000
Alat <u>gelas laboratorium dan ekstraksi</u>	1 set	4.550.000	4.550.000
APD <u>laboratorium</u>	6 set	1.000.000	1.000.000
<u>Prototipe alat</u>	1 set	40.000.000	40.000.000
Alat <u>penunjang sintesis</u>	1 set	148.559.000	148.559.000
3. <u>Penujian/karakterisasi material</u>			12.250.000
Analisa lab dan uji <u>riset</u>	1 set	12.250.000	12.250.000

Grand total

Rp. 300.000.000,00

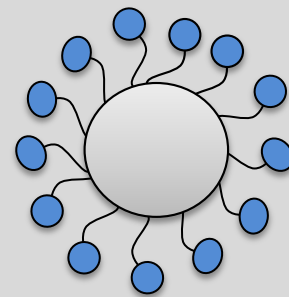
Rincian	Qty	Harga	Total
4. <u>Luaran proposal</u>			10.850.000
<u>Publikasi ilmiah</u>	1	5.000.000	5.000.000
HKI	1	2.850.000	2.850.000
Paten	1	3.000.000	3.000.000
5. <u>Lain-lain</u>			45.000.000
Honorarium <u>ketua</u>	1 org	10.000.000	10.000.000
Honorarium <u>anggota</u>	5 org	7.000.000	35.000.000

Link detail RAB project

uns.id/RABBGAResearchInnovation

LUARAN PROJECT

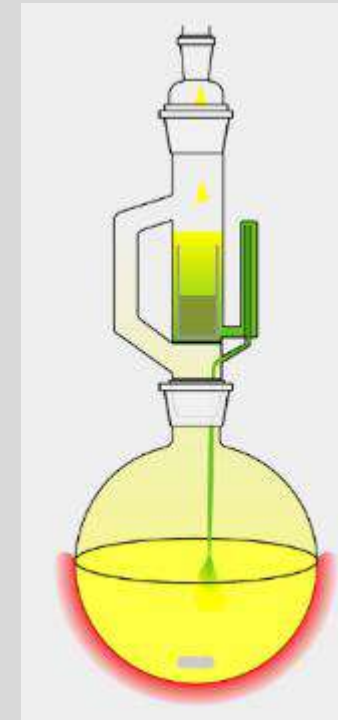
Produk



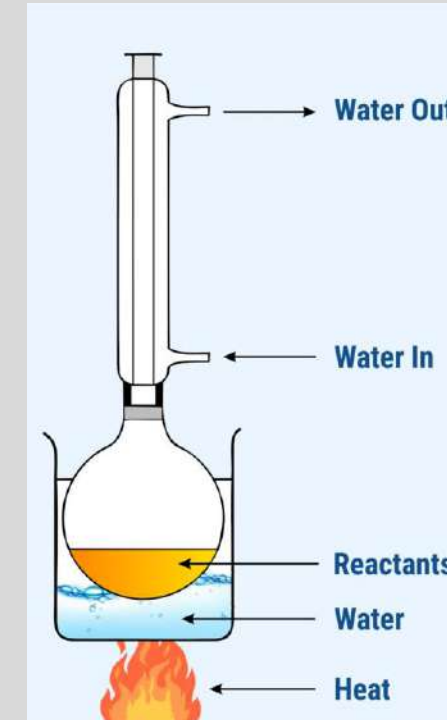
SiO₂ nanofluid

Produk **chemical additives** SiO₂ difungsikan untuk inovasi dalam **meningkatkan oil extraction rate** dalam produksi minyak kelapa sawit

Metode



Solvent extraction method



Sol-gel method

Metode **solvent extraction** untuk meningkatkan oil extraction rate dan **sol-gel** dalam sintesis green SiO₂ NPs yang telah dioptimasi untuk mendapatkan efisiensi produksi minyak kelapa sawit yang tinggi

Luaran project lainnya

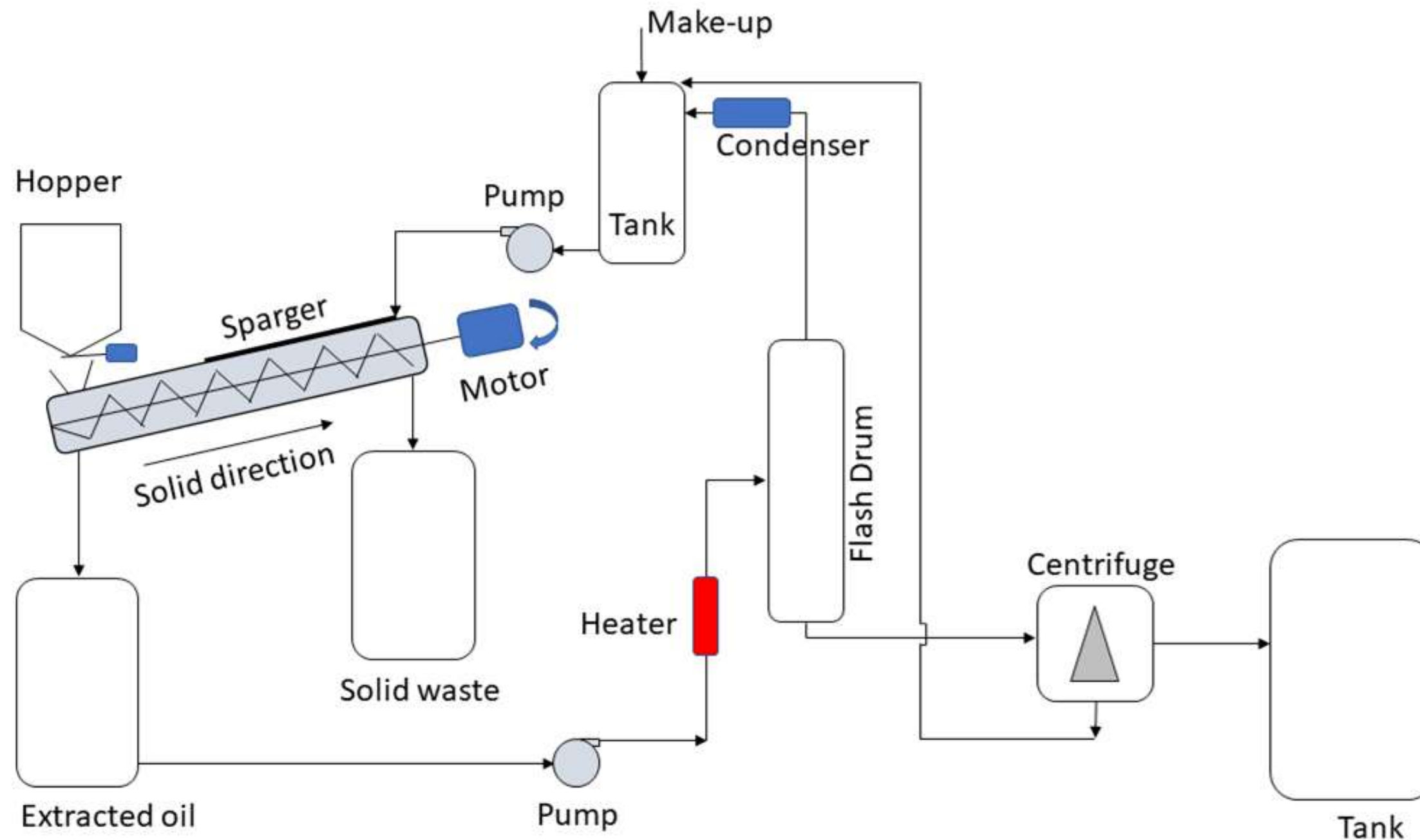
1

Publikasi ilmiah

2

HKI dan Paten

PROTOTYPE PRODUCTION



Mekanisme singkat kerja

Proses ekstraksi minyak kelapa sawit menggunakan n-hexane dengan *material additives* SiO_2 nanofluid

n-hexane dipisahkan menggunakan flash drum pada suhu 100 C untuk menyisahkan minyak dan nanosilica

Kemudian dilakukan proses centrifugasi untuk memisahkan minyak kelapa sawit murni dengan material SiO_2 nanofluid

DAMPAK PROJECT

1 Finansial

- Profit/Saving Project
 - Penjualan minyak tambahan dengan peningkatan ekstraksi minyak.
 - Potensi cost avoidance dalam pemrosesan dan pembuangan limbah.

- Payback Ratio

$$\text{Payback Ratio} = \frac{\text{investasi}}{\text{proceeds}} \rightarrow \text{Year avg BGA profit}$$
$$= \frac{4.3 \text{ B}}{1797 \text{ B}} = <1 \text{ Tahun}$$

- Benefit Cost Ratio

100kg/H production estimate

1 st Year	Rp. 2.354.716.981
2 nd Year	Rp. 2.221.431.114
3 rd Year	Rp. 2.095.689.730
TOTAL	Rp. 6.671.837.826

Total investment: Rp. 4.300.000.000

Discount rate: 6%

B/C Ratio : 1.55159

2 Non-finansial

- Analisa Risiko
 - Efisiensi operasional dalam proses ekstraksi minyak dari tandan buah sawit.
 - Mendorong inovasi dan meningkatkan daya saing perusahaan dalam pasar global melalui penggunaan nanoteknologi sebagai teknologi baru.
- Analisa Lingkungan
 - Pengurangan limbah dan dampak lingkungan dengan pemrosesan limbah sawit menjadi bahan baku nanofluida.
 - pengoptimalan penggunaan SDA seperti air dan energi serta pengurangan jejak lingkungan operasi perusahaan dengan peningkatan tingkat ekstraksi minyak.
- Analisa Legal
 - Peningkatan hubungan dengan pemangku kepentingan serta citra perusahaan sebagai pemimpin dalam inovasi berkelanjutan dengan mengadopsi nanoteknologi sebagai teknologi mutakhir.

BIBLIOGRAFI

- [1] Chew, CL, Low, LE, Chia, WY, Chew, KW, Liew, ZK, Chan, ES, Chan, YJ, Kong, PS & Show, PL 2022, 'Prospects of palm fruit extraction technology: palm oil recovery processes and quality enhancement', *Food Reviews International*, vol. 38, no. Sup 1, pp. 893-920. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1890117>
- [2] Demirel, C, Herak, D, Kabutey, A & Mizera, Č. 2022. Investigation of optimal processing parameters of palm kernel oil extraction under uniaxial loading towards food security and energy sustainability. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 977. 012066. 10.1088/1755-1315/977/1/012066
- [3] Joshi, D., Maurya, N. K., Kumar, N., dan Mandal, A. 2022. Experimental investigation of silica nanoparticle assisted Surfactant and polymer systems for enhanced oil recovery. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. vol. 216, no, 1, pp. 2-16. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2022.110791>.
- [4] Liu, D., Zhang, X., Tian, F., Liu, X., Yuan, J., & Huang, B. 2022. Review on nanoparticle-surfactant nanofluids: Formula fabrication and application in enhanced oil recovery. *Journal of Dispersion Science and Technology*. vol. 35, no. 5, pp. 745-759. <https://doi.org/10.1080/01932691.2020.1844745>.
- [5] Zulqarnain, Yusoff, MHM, Ayoub, M, Nazir, MH, Sher, F, Zahid, I, & Ameen, M. 2021. Solvent extraction and performance analysis of residual palm oil for biodiesel production: Experimental and Simulation study. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 9. 105519. 10.1016/j.jece.2021.105519.
- [6] Yunus, N.A., Zakia, N., & Alwia, S.R. 2018. Design of Solvents for Palm Oil Recovery using Computer-Aided Approach. *Chemical Engineering Transactions*. vol. 63, pp. 583-588. 10.3303/CET1863098.



Bumitama Gunajaya Agro

**THANK
YOU**

—