

Pengaruh Pencampuran *Light Phase Decanter* Dengan *Crude Oil* dari *Crude Oil Tank* (COT) Terhadap Mutu CPO

The Effect of Mixing Light Phase Decanter with Crude Oil from The Crude Oil Tank (COT) on CPO Quality

Muhammad Ihsan Alfarizi^{1*}, Degita Fahmi Brillyansyah¹, Lulus Muallimin¹, dan Chandra Gunawan²

Abstrak Untuk meningkatkan produktivitas pabrik kelapa sawit, upaya maksimalisasi perolehan minyak dan minimalisasi kehilangan (*losses*) menjadi hal yang sangat penting. Salah satu metode yang dapat diterapkan adalah optimalisasi pencampuran antara *light phase* hasil keluaran decanter dengan *crude oil* dari *crude oil tank* di *continuous settling tank*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh *light phase* terhadap kualitas akhir minyak produksi, sekaligus menentukan persentase pencampuran optimal yang menghasilkan mutu minyak terbaik. Percobaan dilakukan dengan empat variasi pencampuran, yaitu 90%:10%, 80%:20%, 70%:30%, dan 60%:40% antara *crude oil* dan *light phase*. Setelah pencampuran, dilakukan uji laboratorium untuk menentukan kadar minyak, asam lemak bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran pada hasil minyak. Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase *light phase* dalam campuran, semakin tinggi kadar minyaknya. Kadar ALB campuran awalnya menurun hingga titik minimum pada 23,8% *light phase* akibat efek pengenceran *crude oil* oleh *light phase* yang memiliki kandungan minyak lebih tinggi, namun kembali meningkat pada proporsi lebih besar karena kontribusi FFA dari *light phase* yang lebih tinggi dan potensi reaksi hidrolisis lanjutan. Kadar air dan kotoran dari *light phase* tidak memberikan pengaruh signifikan

terhadap mutu minyak hasil pencampuran karena perbedaannya dengan *crude oil* relatif kecil. Komposisi optimal diperoleh pada persentase *light phase* sebesar 23,8%, dengan kadar minyak 65,07%, ALB 2,0367%, kadar air 0,367%, dan kadar kotoran 0,0189%. Hasil ini menunjukkan bahwa strategi pencampuran yang tepat mampu meningkatkan efisiensi pemanfaatan minyak dan menekan *losses*, sehingga mendukung peningkatan produktivitas dan keberlanjutan industri kelapa sawit tanpa menurunkan standar mutu CPO.

Kata kunci: *crude oil*, *light phase*, mutu CPO, pencampuran, produktivitas

Abstract To improve the productivity of palm oil mills, maximizing oil recovery and minimizing losses are crucial efforts. One applicable approach is optimizing the mixing of the *light phase* discharged from the decanter with *crude oil* from the *crude oil tank* in the *continuous settling tank*. This study aimed to analyze the effect of the *light phase* on the final quality of the produced oil and to determine the optimal mixing ratio that yields the best oil quality. Experiments were conducted with four mixing variations between *crude oil* and *light phase*: 90%:10%, 80%:20%, 70%:30%, and 60%:40%. After mixing, laboratory analyses were performed to determine the oil content, free fatty acid (FFA) level, moisture content, and impurities of the resulting oil. The results showed that higher proportions of *light phase* in the mixture led to increased oil content. The FFA level initially decreased to a minimum at 23.8% *light phase* due to the dilution effect of *crude oil* by the *light phase*, which had higher oil content, but then increased at higher proportions because of the higher FFA contribution from the *light phase* and potential hydrolysis reactions. Moisture and impurity levels from the *light phase* did not significantly affect the quality of the mixed oil because their differences compared to

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Muhammad Ihsan Alfarizi^{1*} (✉)

¹Division of Agricultural Engineering, Department of Agricultural Technology, Politeknik Negeri Jember, Jember, 68121, Indonesia

Email: ihsan.alfarizi@polije.ac.id

²Division of Agriculture Industrial Technology, Department of Agriculture Technology, Faculty of Agriculture, Universitas Riau, Riau, 28293, Indonesia

crude oil were relatively small. The optimal composition was achieved at 23.8% light phase, yielding 65.07% oil content, 2.0367% FFA, 0.367% moisture, and 0.0189% impurities. These findings indicate that an appropriate mixing strategy can improve oil utilization efficiency and reduce losses, thus supporting productivity enhancement and the sustainability of the palm oil industry without compromising CPO quality standards.

Keywords: *crude oil, light phase, CPO quality, mixing, productivity*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara penghasil dan eksportir kelapa sawit terbesar di dunia untuk komoditas *crude palm oil* (CPO). Menurut (Riwaldi *et al.*, 2023), kebutuhan akan buah kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) meningkat tajam seiring dengan meningkatnya kebutuhan CPO dunia. Oleh karenanya, peluang perkebunan kelapa sawit dan industri kelapa sawit masih sangat prospektif, baik untuk memenuhi pasar dalam dan luar negeri. Menurut Pardamean dalam (Badal *et al.*, 2024), kondisi krisis ekonomi sekalipun, industri kelapa sawit terbukti mampu *survive* dan tetap tumbuh, apalagi jika dikelola dan dikembangkan secara benar. Industri kelapa sawit merupakan salah satu industri strategis yang bergerak pada sektor pertanian (*agro based industry*) yang banyak berkembang di negara-negara tropis seperti Indonesia, Malaysia dan Thailand. Industri kelapa sawit Indonesia menyumbang 3,5% dari total PDB Indonesia dan menyerap lebih dari 16 juta tenaga kerja.

Kelapa sawit memiliki dua produk utama, yaitu CPO (*crude palm oil*) yang diperoleh dari daging buah kelapa sawit dan PKO (*palm kernel oil*) diperoleh dari biji sawit (Lutfiah Abdullah *et al.*, 2024). Minyak kelapa sawit dapat diolah menjadi minyak nabati, bahan baku untuk produk deterjen, kosmetik, sabun, serta digunakan sebagai biofuel dan biodiesel (Fevriera & Safara Devi, 2023). Prospek perkembangan industri kelapa sawit saat ini sangatlah pesat, dimana pada tahun 2022 terjadi peningkatan sebesar 3,76 persen dibanding tahun 2021 menjadi 46,82 juta ton. Tahun 2023, produksi CPO kembali mengalami peningkatan menjadi 47,08 juta (BPS, 2024).

Peningkatan produksi minyak kelapa sawit berbanding lurus dengan jumlah limbah yang dihasilkan sehingga memerlukan pengelolaan yang optimal. Limbah pabrik kelapa sawit (PKS) akan terus meningkat seiring dengan naiknya volume produksi. Menurut Purnomo *et al.* (2024), setiap ton minyak kelapa sawit mentah (CPO) yang dihasilkan dapat menghasilkan sekitar 3,5 ton *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang mengandung bahan organik tinggi dan berpotensi mencemari lingkungan. Limbah hasil pengolahan kelapa sawit dapat memberikan dampak negatif terhadap kualitas air, tanah, udara, serta ekosistem secara keseluruhan (Susilawati & Supajitno, 2015; Alpandari *et al.*, 2021).

Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas pabrik pengolahan kelapa sawit sekaligus meminimalkan limbah adalah dengan memaksimalkan efisiensi proses ekstraksi minyak. Salah satu cara yang dapat diterapkan yaitu mencampurkan kembali fraksi minyak yang terbawa dalam limbah cair hasil *decanter* (*light phase*) dengan minyak utama (*crude oil*) yang dikumpulkan di *crude oil tank* sebelum dialirkan ke *continuous settling tank*.

Decanter berfungsi untuk memisahkan minyak, air, dan padatan dari limbah cair. *Light phase* merupakan fraksi cair hasil pemisahan yang masih mengandung minyak dalam jumlah cukup tinggi serta sebagian kecil air dan kotoran. Pencampuran kembali *light phase* ke dalam *crude oil* diharapkan dapat meningkatkan rendemen minyak (*CPO recovery*) dan mengurangi kehilangan minyak (*oil losses*) yang terbawa limbah cair. Namun demikian, pencampuran ini juga berpotensi mempengaruhi mutu minyak akhir, seperti kadar asam lemak bebas (FFA), kadar air, dan kotoran. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian mengenai pengaruh pencampuran *light phase* terhadap kualitas minyak hasil produksi, sekaligus menentukan persentase pencampuran yang optimal untuk memperoleh mutu minyak terbaik tanpa menurunkan standar kualitas CPO.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak pencampuran *light phase* dengan *crude oil* terhadap kualitas minyak campuran serta mengidentifikasi rasio campuran yang menghasilkan mutu minyak optimal sehingga dapat menjadi strategi untuk meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi kerugian minyak di limbah cair pabrik kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *crude oil* dan *light phase* yang diperoleh dari PT. Socfin Indonesia Kebun Bangun Bandar, Sumatera Utara, Indonesia. Selain itu, digunakan juga beberapa bahan kimia untuk analisis laboratorium, yaitu iso-octane p.a, n-heksana p.a, larutan natrium hidroksida (NaOH) 0,1 N, larutan kalium hidroksida (KOH) 0,1 N, dan indikator fenolftalein (phenolphthalein).

Metode

Preparasi Sampel

Pengambilan sampel *light phase* dilakukan di *valve* keluaran *light phase* yang berasal dari *decanter*, dengan menggunakan alat pengutip *light phase* yang dituangkan ke dalam toples kaca. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 4 kali masing-masing sebanyak ± 750 ml. Pengambilan sampel *crude oil*

dilakukan di *crude oil tank* dengan menggunakan alat pengutip *crude oil* dan kemudian dituangkan ke dalam toples kaca. Pengambilan dilakukan sebanyak 4 kali masing-masing sebanyak ± 750 ml.

Pengujian mutu sampel *light phase* dan *crude oil*

Crude oil merupakan minyak kasar yang didalamnya masih terkandung air, emulsi, dan lumpur (Wong et al., 2015). Oleh karena itu untuk mendapatkan minyak dilakukan terlebih dahulu proses sentrifugasi. Sampel yang dapat diambil sejumlah 10 ml dan dimasukkan ke dalam tabung *sentrifuge*, kemudian tabung diletakkan ke dalam *centrifuge*, alat ini digunakan untuk memisahkan antara minyak dan *non oil content* yang ada. Setelah itu baru dilakukan pengujian dari minyak yang didapat dari proses sentrifugasi. Pengujian ini dilakukan di laboratorium untuk mengetahui kadar asam lemak bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran dari sampel yang ada dengan cara dan perhitungan sebagai berikut (Ulfindrayani & A'yuni, 2018).

$$\text{Kadar ALB} = \frac{\text{ml KOH} \times \text{N KOH} \times 25,6 \text{ (BM asam palmitat)}}{\text{Berat sampel}}$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{\text{Berat sampel minyak setelah di oven (B)}}{\text{Berat sampel minyak sebelum di oven (A)}}$$

$$\text{Kadar Kotoran} = \frac{C - B}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A = berat sampel

B = berat kertas saring sesudah dikeringkan

C = berat kertas saring + kotoran

Pengujian yang sama juga dilakukan pada sampel *light phase* untuk menentukan kadar minyak, kadar air, kadar kotoran, dan kadar ALB yang terkandung di dalamnya. Hasil analisis menunjukkan bahwa *light phase* memiliki kandungan minyak lebih tinggi dibandingkan *crude oil*, namun dengan kadar ALB, air, dan kotoran yang relatif sebanding, sehingga data keduanya dapat dibandingkan untuk analisis mutu campuran.

Pencampuran / *Mixing*

Pencampuran dilakukan untuk memastikan *crude oil* dan *light phase* dapat bergabung menjadi satu kesatuan yang homogen sehingga dapat diuji kualitas minyak campuran dengan parameter yang konsisten. Proses pencampuran dilakukan pada sampel minyak hasil sentrifugasi, yaitu fraksi minyak murni yang telah terpisah dari air dan kotoran melalui proses sentrifugasi, bukan pada bahan mentah yang masih mengandung air atau emulsi.

Pencampuran dilakukan dengan empat variasi perbandingan volume antara *crude oil* dan *light phase decanter*, yaitu: 90% *crude oil* : 10% *light phase* (90 mL : 10 mL), 80% *crude oil* : 20% *light phase* (80 mL : 20 mL), 70% *crude oil* : 30% *light phase* (70 mL : 30 mL), 60% *crude oil* : 40% *light phase* (60 mL : 40 mL).

Setiap variasi campuran disiapkan dalam empat ulangan sehingga total percobaan berjumlah 16 sampel untuk memastikan data yang representatif dan dapat diandalkan. Pencampuran dilakukan dengan mengukur volume *crude oil* dan *light phase* sesuai rasio perlakuan menggunakan gelas ukur berskala, kemudian dituangkan ke dalam beaker glass berkapasitas 250 mL yang bersih dan kering. Campuran dihomogenkan secara manual menggunakan batang pengaduk kaca selama ± 2 menit hingga tercapai homogenitas visual tanpa pemisahan lapisan minyak. Seluruh proses dilakukan pada suhu ruang ($\pm 28^\circ\text{C}$) untuk mempertahankan karakteristik alami minyak dan mencegah perubahan mutu akibat pemanasan (Senphan *et al.*, 2025). Setelah homogen, sampel ditutup rapat dan segera dianalisis untuk menentukan kadar minyak, asam lemak bebas (ALB), kadar air, dan kadar kotoran. Prosedur ini menggambarkan kondisi pencampuran di tingkat laboratorium yang dapat dijadikan acuan untuk skala industri dengan penyesuaian kapasitas dan sistem pengadukan.

Pengujian Mutu Minyak Campuran

Pengujian minyak campuran dilakukan dengan langkah yang sama dengan pengujian sampel *light phase* dan *crude oil* yakni dengan proses sentrifugasi supaya didapat minyak yang akan digunakan sebagai sampel pengujian. Menurut (Dianingsih *et al.*, 2016)

proses sentrifugasi diakui sebagai metode efektif dalam pemisahan minyak dari senyawa pengotor dalam pengolahan minyak sawit, di mana teknik ini membantu dalam mendapatkan sampel yang homogen untuk analisis lebih lanjut. Pengujian ini dilakukan di laboratorium untuk mengetahui kadar minyak, kadar asam lemak bebas, kadar air, dan kadar kotoran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan rangkaian percobaan yang telah dilaksanakan, diperoleh data karakteristik mutu *crude oil*, *light phase*, dan minyak campuran yang menjadi dasar analisis hubungan antara proporsi pencampuran dan kualitas minyak. Data yang dihasilkan mencakup parameter utama mutu minyak, meliputi kadar minyak, kadar Asam Lemak Bebas (ALB) atau Free Fatty Acid (FFA), kadar air, dan kadar kotoran pada setiap variasi rasio pencampuran. Hasil ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai perbedaan sifat dasar antara *crude oil* dan *light phase*, sekaligus menunjukkan bagaimana perubahan proporsi kedua fraksi tersebut memengaruhi kualitas minyak campuran. Temuan ini menjadi landasan penting untuk mengevaluasi potensi pencampuran sebagai strategi peningkatan rendemen minyak tanpa menurunkan mutu CPO. Data hasil penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Sampel Crude Oil dan Light Phase
Table 1. Sample Data of Crude Oil and Light Phase

Crude Oil	MINYAK (%)	Non Oil Content (%)	FFA (%)	AIR (%)	KOTORAN (%)
C1	74	26	1,95	0,45	0,01
C2	62	38	1,9	0,39	0,02
C3	69	31	2,02	0,28	0,01
C4	53	47	1,81	0,31	0,01
Rerata	64,5	35,5	1,921	0,358	0,013

(continued)

<i>Light Phase</i>	MINYAK (%)	Non Oil Content (%)	FFA (%)	AIR (%)	KOTORAN (%)
L1	76	24	1,93	0,32	0,01
L2	74	26	1,9	0,29	0,02
L3	77	23	1,96	0,33	0,01
L4	72	28	2,04	0,28	0,03
Rerata	74,75	25,25	1,956	0,305	0,018

Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan karakteristik yang jelas antara *crude oil* dan *light phase*. Kandungan minyak *light phase* lebih tinggi (74,75%) dibandingkan *crude oil* (64,5%). Hal ini terjadi karena setelah proses sentrifugasi, *light phase* hanya menyisakan dua komponen utama, yaitu minyak dan lumpur. Sebaliknya, *crude oil* yang diambil dari tangki masih mengandung air, emulsi, dan kotoran sehingga fraksi minyaknya lebih rendah. Menurut Chen *et al.*, (2020) desain dan analisis decanter tiga fase untuk pemisahan minyak-air-padatan menegaskan bahwa pemisahan terjadi karena perbedaan densitas antara padatan, air, dan minyak. Padatan terakumulasi di dinding, sedangkan cairan berat (air) dan ringan (minyak) terpisah ke zona berbeda.

Kadar Free Fatty Acid (FFA) pada kedua fraksi relatif sama (1,921% pada *crude oil* dan 1,956% pada *light phase*), menunjukkan bahwa kualitas minyak dari kedua fraksi masih dalam rentang mutu yang setara. Tidak adanya perbedaan signifikan ini disebabkan oleh kesamaan kondisi bahan baku dan tidak adanya perlakuan tambahan yang memicu hidrolisis trigliserida. FFA terbentuk akibat aktivitas enzim lipase dan proses degradasi kimia selama penanganan pascapanen (Yuandry, 2024), sehingga kadar FFA yang relatif rendah ini masih sesuai dengan standar SNI untuk CPO (maksimum 5%; Edyson *et al.*, 2022).

Kadar air *crude oil* (0,358%) lebih tinggi dibandingkan *light phase* (0,305%), karena *crude oil* berasal dari tangki penampungan yang masih mengandung air sisa proses pengolahan. *Light phase* yang telah melalui proses sentrifugasi memiliki air yang lebih sedikit. Namun demikian, kadar air keduanya masih di atas standar internasional untuk CPO (<0,25%) (Julianti *et al.*, 2025), menunjukkan

perlu proses pengeringan lanjutan.

Kadar kotoran kedua fraksi relatif serupa (0,013% pada *crude oil* dan 0,018% pada *light phase*), keduanya masih di bawah batas maksimum 0,05% yang ditetapkan oleh standar mutu internasional untuk CPO (Shidiq *et al.*, 2022). Keseragaman ini terjadi karena analisis dilakukan pada minyak yang sudah dipisahkan dari komponen non-minyak melalui sentrifugasi, sehingga minim kontaminasi tambahan. Secara keseluruhan, hasil ini mengindikasikan bahwa *light phase* memiliki potensi sebagai bahan pencampur untuk meningkatkan kandungan minyak pada *crude oil* karena fraksi minyaknya lebih tinggi. Namun, aspek kadar air yang melebihi batas standar perlu menjadi perhatian karena dapat mempengaruhi stabilitas mutu minyak selama penyimpanan.

Hubungan Antara Persentase Light Phase Terhadap Kadar Minyak Dalam Campuran

Hasil pencampuran *crude oil* dengan *light phase* pada berbagai proporsi (10%, 20%, 30%, dan 40% *light phase*) menunjukkan bahwa kadar minyak dalam campuran meningkat seiring bertambahnya persentase *light phase*, dengan kisaran 65,2%–68,3%. Tren ini menegaskan bahwa *light phase* memiliki kontribusi positif terhadap peningkatan kandungan minyak pada *crude oil*, seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

Peningkatan ini terjadi karena *light phase* memiliki fraksi minyak yang lebih tinggi (74,75%) dibandingkan *crude oil* (64,5%), sehingga setiap penambahan *light phase* memperkaya komposisi minyak dalam campuran. Namun, meskipun terjadi peningkatan kandungan minyak pada setiap kenaikan persentase *light phase*, nilai tersebut tidak

pernah melampaui kandungan minyak *light phase* murni, yang menandakan bahwa kandungan minyak

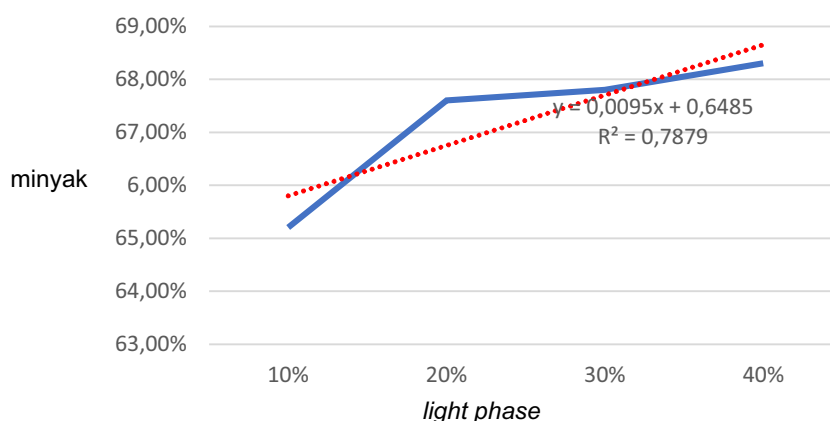
campuran masih dipengaruhi oleh *crude oil* sebagai komponen dominan.

Tabel 2. Hubungan Antara Pencampuran *Light Phase* Terhadap Kandungan Minyak Dalam Minyak Campuran
Table 2. The Relationship Between *Light Phase* Mixing and the Oil Content in the Mixed Oil

No	<i>Light Phase</i> (%)	Kandungan Minyak (%)
1	10	65,2
2	20	67,6
3	30	67,8
4	40	68,3

Tren kenaikan ini juga mengindikasikan bahwa pencampuran *light phase* merupakan strategi yang efektif untuk mengurangi kehilangan minyak (*oil losses*) yang sebelumnya terbawa limbah cair hasil proses decanter. Secara praktis, semakin besar fraksi *light phase* yang ditambahkan, semakin besar pula

rendemen minyak yang dapat dikembalikan ke aliran produksi utama. Namun, peningkatan kandungan minyak ini perlu dipertimbangkan bersama dengan parameter mutu lainnya, seperti kadar ALB, kadar air, dan kotoran, untuk memastikan kualitas minyak akhir tetap sesuai standar CPO.



Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Pencampuran *Light Phase* Terhadap Kandungan Minyak Dalam Minyak Campuran

Figure 1. Graph of the Relationship Between *Light Phase* Mixing and Oil Content in the Mixed Oil

Kandungan minyak campuran cenderung meningkat seiring bertambahnya proporsi *light phase*, ditunjukkan oleh pola kenaikan linear dengan $R^2 = 0,79$. Tren ini menunjukkan bahwa penambahan *light phase* berkontribusi nyata terhadap peningkatan kandungan minyak, meskipun sebagian variasi tetap dipengaruhi faktor lain di luar komposisi campuran.

Hubungan Antara Persentase Minyak Limbah Terhadap Kadar Asam Lemak Bebas (ALB) Dalam Minyak Campuran

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar ALB dalam minyak campuran berada pada kisaran sempit, yaitu 2,04%–2,07%, dengan pola yang tidak linear. Kadar ALB awalnya menurun saat proporsi *light phase* ditingkatkan hingga 20–30%, kemudian sedikit

meningkat kembali pada penambahan *light phase* 40%.

Fenomena ini terjadi karena adanya efek pengenceran pada tahap awal pencampuran. Penambahan *light phase* hingga 20–30% menurunkan kadar ALB campuran karena *crude oil* memiliki kandungan air yang lebih tinggi yang dapat memicu

reaksi hidrolisis trigliserida (Melero *et al.*, 2015). Sebaliknya, *light phase* yang digunakan memiliki fraksi minyak lebih tinggi dan air relatif lebih rendah, sehingga pencampuran pada proporsi tersebut membantu menekan pembentukan ALB dan menurunkan nilainya. Data lengkap disajikan pada Tabel 3 berikut.

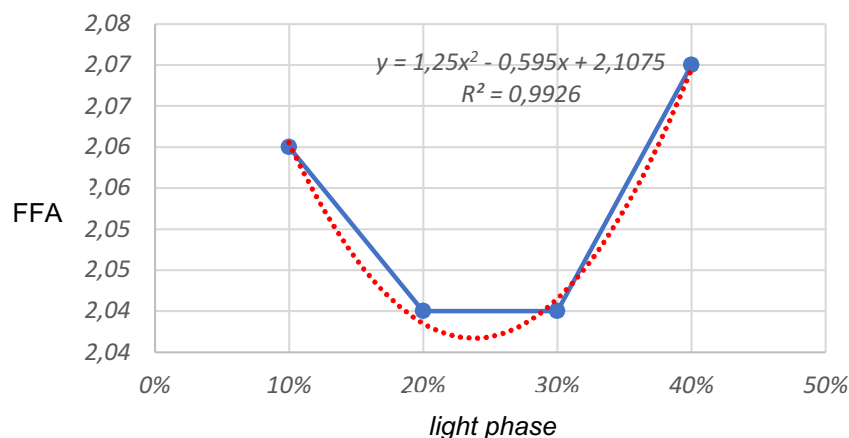
Tabel 3. Hubungan Antara Pencampuran Light Phase Terhadap Kadar Asam Lemak Bebas (ALB) Pada Minyak Campuran

Table 3. The Relationship Between Light Phase Mixing and Free Fatty Acid (FFA) Content in the Mixed Oil

No	Light Phase (%)	Kadar FFA (%)
1	10	2,06
2	20	2,04
3	30	2,04
4	40	2,07

Kadar ALB meningkat kembali pada proporsi *light phase* 40% karena dua faktor utama: kandungan ALB *light phase* yang sedikit lebih tinggi dari *crude oil* serta potensi reaksi hidrolisis lanjutan akibat sisa air dan aktivitas enzim lipase. Pola penurunan lalu peningkatan ALB ini

menunjukkan pentingnya rasio pencampuran dalam menjaga mutu minyak, dengan rasio optimal sekitar 23,8% *light phase*. Meski seluruh variasi ALB masih di bawah batas mutu CPO (<5% SNI), pengendalian rasio tetap diperlukan untuk menjaga kualitas dan nilai komersial minyak.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Pencampuran Light Phase Terhadap Kadar Asam Lemak Bebas (ALB) Pada Minyak Campuran

Figure 2. Graph of the Relationship Between Light Phase Mixing and Free Fatty Acid (FFA) Content in the Mixed Oil

Kadar FFA minyak campuran menunjukkan fluktuasi dengan pola non-linear yang sesuai model polinomial orde dua ($R^2 = 0,99$), menurun pada rasio *light phase* sedang lalu naik kembali pada rasio tinggi. Pola ini mengindikasikan adanya titik optimal pencampuran sebelum kontribusi FFA bawaan *light phase* dan hidrolisis lanjutan mulai mendominasi, sehingga FFA cenderung meningkat kembali setelah pencampuran. Peningkatan ini terjadi akibat reaksi hidrolisis trigliserida yang dikatalisis oleh enzim lipase, yang secara alami terdapat dalam lemak hewani dan nabati (Adiiba *et al.*, 2025). Selain aktivitas enzim, faktor eksternal seperti panas dan keberadaan air turut mempercepat proses hidrolisis, sehingga menghasilkan lebih banyak asam lemak bebas dalam minyak (Marlina & Ramdan, 2017). Semakin lama proses ini berlangsung, semakin tinggi kadar FFA yang terbentuk, yang dapat

mempengaruhi kualitas minyak secara keseluruhan.

Hubungan Antara Persentase *Light Phase* Terhadap Kadar Air Dalam Minyak Campuran

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar air minyak campuran berada pada kisaran 0,361%–0,378% dengan variasi yang relatif kecil antara proporsi pencampuran. Kadar air sedikit meningkat pada rasio 20% *light phase* dibandingkan rasio awal, kemudian kembali menurun pada rasio 30% dan 40% *light phase*. Pola ini menunjukkan bahwa perubahan proporsi *light phase* tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar air campuran, mengindikasikan kesamaan karakteristik kadar air pada kedua fraksi minyak. Data lengkap disajikan pada Tabel 4 berikut.

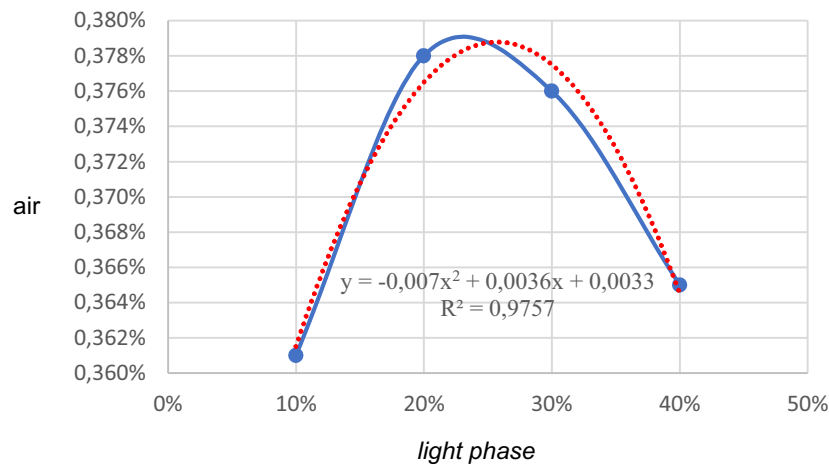
Tabel 4. Hubungan Antara Pencampuran *Light Phase* Terhadap Kadar Air Pada Minyak Campuran
Table 4. The Relationship Between *Light Phase* Mixing and Moisture Content in the Mixed Oil

No	<i>Light Phase</i> (%)	Kadar Air (%)
1	10	0,361
2	20	0,378
3	30	0,376
4	40	0,365

Fluktuasi ini menunjukkan bahwa persentase *light phase* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar air campuran, karena kadar air kedua bahan awal relatif mirip (0,358% pada *crude oil* dan 0,305% pada *light phase*). Perubahan kecil yang terjadi lebih disebabkan oleh variasi alami antar ulang percobaan dan tidak mencerminkan perbedaan nyata akibat komposisi bahan.

Meskipun demikian, kadar air yang terukur pada seluruh campuran masih melebihi batas maksimum standar mutu CPO internasional (<0,25%) (Anderson *et al.*, 2022). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh sampel minyak belum melalui proses pengeringan lanjutan (misalnya *vacuum drying*) setelah pencampuran sehingga sisa air tidak sepenuhnya terpisahkan. Kandungan air yang tinggi dapat mempercepat reaksi hidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas (FFA) dan menurunkan stabilitas minyak selama penyimpanan.

Kadar air minyak campuran menunjukkan fluktuasi dengan pola non-linear yang mengikuti model polinomial orde dua ($R^2 = 0,98$), namun perubahannya relatif kecil antarproporsi pencampuran. Variasi ini tidak mengindikasikan pengaruh signifikan dari rasio *light phase* terhadap kadar air, melainkan mencerminkan kondisi awal kedua fraksi yang serupa. Meskipun demikian, kadar air seluruh campuran masih melebihi batas mutu yang direkomendasikan untuk CPO (< 0,25%), yang dapat menurunkan stabilitas penyimpanan dan mempercepat hidrolisis trigliserida menjadi FFA (Rahmawati & Utami, 2022; Zuliyama *et al.*, 2023). Kandungan air yang relatif tinggi kemungkinan disebabkan oleh tidak dilakukannya proses pengeringan seperti *vacuum dryer* sebelum analisis laboratorium. Temuan ini menegaskan pentingnya pengendalian kadar air pasca pencampuran untuk menjaga kualitas dan ketahanan simpan minyak.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Pencampuran *Light Phase* Terhadap Kadar Air Pada Minyak Campuran
Figure 3. Graph of the Relationship Between *Light Phase* Mixing and Moisture Content in the Mixed Oil

Hubungan Antara Persentase *Light Phase* Terhadap Kadar Kotoran Dalam Minyak Campuran

Kadar kotoran pada minyak campuran hasil pencampuran *crude oil* dan *light phase* dengan berbagai rasio (90:10, 80:20, 70:30, dan 60:40)

tercatat berada pada kisaran 0,014%–0,018%. Rentang ini menunjukkan bahwa perubahan proporsi *light phase* tidak memberikan variasi yang berarti terhadap kandungan kotoran dalam minyak campuran. Data lengkap disajikan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hubungan Antara Pencampuran *Light Phase* Terhadap Kadar Kotoran Pada Minyak Campuran
Table 5. The Relationship Between *Light Phase* Mixing and Impurity Content in Mixed Oil

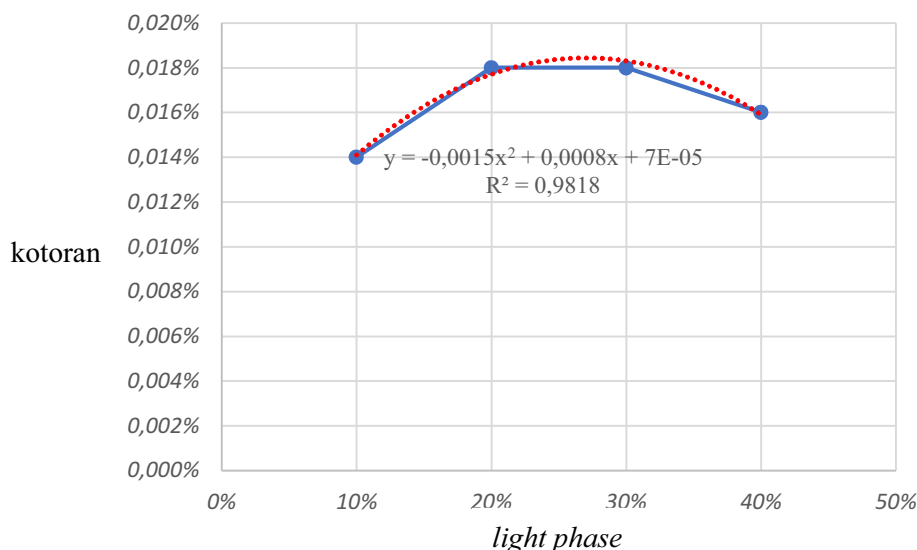
No	Light Phase (%)	Kadar Kotoran (%)
1	10	0,014
2	20	0,018
3	30	0,018
4	40	0,016

Kadar kotoran pada minyak campuran menunjukkan variasi yang sangat kecil di seluruh rasio pencampuran, mengindikasikan bahwa proporsi *light phase* tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter ini. Keseragaman kadar kotoran mencerminkan kesamaan karakteristik kedua fraksi setelah melalui proses sentrifugasi, di mana sebagian besar partikel padat telah terpisahkan. Temuan ini menegaskan bahwa pencampuran *light phase* untuk meningkatkan rendemen minyak tidak menimbulkan risiko peningkatan kotoran yang dapat menurunkan mutu CPO.

Kadar kotoran pada minyak campuran menunjukkan perubahan yang sangat kecil di seluruh variasi rasio pencampuran, mengindikasikan bahwa proporsi *light phase* tidak berpengaruh signifikan terhadap parameter ini. Pola fluktuasi yang terbentuk mengikuti tren polinomial dengan kecocokan model yang tinggi ($R^2 = 0,98$), namun perbedaan antara rasio tidak cukup besar untuk mempengaruhi mutu minyak secara nyata. Rata-rata kadar kotoran minyak campuran berada di antara nilai *crude oil* dan *light phase*, mencerminkan kontribusi keduanya yang relatif seimbang. Variasi

kecil ini lebih mungkin dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik awal bahan baku dan efisiensi proses sentrifugasi daripada oleh komposisi campuran itu sendiri. Temuan ini menegaskan bahwa

penambahan *light phase* untuk meningkatkan rendemen minyak tidak meningkatkan kandungan kotoran secara berarti, sehingga tidak menurunkan kualitas CPO.



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Pencampuran *Light Phase* Terhadap Kadar Kotoran Pada Minyak Campuran
Figure 4. Graph of the Relationship Between *Light Phase* Mixing and Impurity Content in the Mixed Oil

Pencampuran Yang Menghasilkan Mutu Optimal

Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa kadar asam lemak bebas (ALB) merupakan parameter kunci untuk menentukan komposisi campuran yang paling optimal, karena ALB berperan langsung terhadap stabilitas dan kualitas minyak. Analisis regresi kuadratik menunjukkan bahwa kadar ALB minyak campuran dipengaruhi secara signifikan oleh proporsi *light phase*, dengan titik minimum diperoleh pada rasio *light phase* 23,8%. Pada rasio ini, kandungan ALB mencapai nilai terendah yaitu 2,04%, disertai kandungan minyak sebesar 65,07%, kadar air 0,376%, dan kadar kotoran 0,0189%.

Temuan ini menegaskan bahwa proporsi *light phase* yang moderat mampu menekan pembentukan ALB sekaligus mempertahankan kadar minyak yang tinggi, sementara peningkatan *light phase* di atas titik tersebut cenderung menaikkan kembali ALB akibat kontribusi ALB bawaan dan potensi hidrolisis lanjutan. Oleh karena itu, rasio pencampuran 23,8% *light phase* dapat direkomendasikan sebagai komposisi optimal untuk memperoleh kualitas

minyak terbaik dengan rendemen yang efisien.

KESIMPULAN

Peningkatan proporsi *light phase* dalam campuran berbanding lurus dengan kenaikan kadar minyak, mengikuti persamaan regresi $y = 0,0095x + 0,6485$ (x = persentase *light phase*; y = kadar minyak campuran). Hasil optimasi menunjukkan bahwa rasio 23,8% *light phase* memberikan mutu terbaik dengan kadar minyak 65,07%, FFA 2,04%, kadar air 0,376%, dan kadar kotoran 0,0189%.

Kinerja pencampuran sangat dipengaruhi oleh mutu awal *crude oil* dan *light phase*, terutama kadar air, ALB, dan kotoran. Variasi karakteristik bahan baku dapat menggeser titik optimal dan mempengaruhi kualitas akhir campuran. Oleh karena itu, penerapan rasio 23,8% *light phase* di tingkat industri berpotensi menjadi strategi untuk meningkatkan *oil recovery* tanpa menurunkan mutu CPO, dengan tetap didukung oleh pengendalian kualitas bahan baku secara rutin serta efisiensi

proses pemisahan awal (*decanter* dan *centrifuge*) guna menjamin konsistensi mutu minyak.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan rasa terimakasih kepada PT Socfin Indonesia Kebun Bangun Bandar atas fasilitas penelitian dan pengujian serta keleluasaan untuk pengambilan sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiiba, S. H., Chan, E. S., Ng, W. Z., & Song, C. P. (2025). Exploring combi-lipase catalysis of Eversa® Transform and *Candida rugosa* lipases for enzymatic hydrolysis of crude palm oil: Effects on fatty acid yield and retention of carotene and tocopherols. *International Journal of Biological Macromolecules*, 306. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.141650>
- Alpandari, H., Prakoso Program Studi Agroteknologi, T., Pertanian, F., Muria Kudus, U., Apu Kulon, K., & Tengah, J. (2021). Tindakan Pengembalian Limbah Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Upaya Memaksimalkan Zero Waste (*Palm Oil Mill Waste Return Measures as an Effort to Maximize Zero waste*). *Journal of Agribusiness and Agrotechnology*, 2(2).
- Anderson, Y. M., Leonce, N. G., Thierry, A. P. M., & Georgette, K. A. (2022). QUALITY ASSESSMENT OF CRUDE PALM OIL FROM SMALLHOLDERS IN ALEPEDEPARTMENT, SOUTHEAST COTE D'IVOIRE. *International Journal of Advanced Research*, 10(01), 06–11. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/14003>
- Anwar, C., & Salima, R. (2016). Perubahan Rendemen dan Mutu Virgin Coconut Oil (VCO) pada Perubahan Rendemen dan Mutu Virgin Coconut Oil (VCO) pada Berbagai Kecepatan Putar dan Lama Waktu Sentrifugasi (*Yield Changes and Virgin Coconut Oil (VCO) Quality in Various Rotational Speed and Centrifugal Time*). *Jurnal Teknotan*, 10(2).
- Badal, B., Sari, N., & Meriati. (2024). Growth of Palm Palm Seedlings (*Elaeis Guineensis* Jacq) In Pre Nursery With A Comparison of Bokashi Waste Planting Media Solid Decanter+NPK 16:16:16
- Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq) di Pre Nursery dengan Perbandingan Media Tanam Bokashi Limbah Solid Decanter+NPK 16:16:16. *Journal of Scientech Research and Development*, 6(1). <https://idm.or.id/JSCR/index>
- BPS. (2024). Statistik Kelapa Sawit Indonesia.
- Dianingsih, N., Hari Purnomo, E., & R. Muchtadi, T. (2016). Sifat Reologi dan Stabilitas Fisik Minuman Emulsi Minyak Sawit. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 27(2), 165–174. <https://doi.org/10.6066/jtip.2016.27.2.165>
- Edyson, E., Murgianto, F., Ardiyanto, A., Astuti, E. J., & Ahmad, M. P. (2022). Preprocessing Factors Affected Free Fatty Acid Content in Crude Palm Oil Quality. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(2), 177–181. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.2.177>
- Fevriera, S., & Safara Devi, F. (2023). Analisis Produksi Kelapa Sawit Indonesia: Pendekatan Mikro dan Makro Ekonomi: Vol. XII (Issue 1).
- Julianti, M., Elisabeth, E., & Usman, J. (2025). Improvement of CPO Quality Using Physical Purification Material of Shell Powder for Red Cooking Oil Production. *BioLink: Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan*, 11(2), 197–208. <https://doi.org/10.31289/biolink.v11i2.13913>
- Lutfiah Abdullah, S., Fadliyah Akbariyah, A., & Wikansari, R. (2024). Potensi Ekspor Crude Palm Oil (CPO) Di Indonesia. In *Journal of Science and Social Research* (Issue 1). <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- Marlina, L., & Ramdan, I. (2017). Identifikasi Kadar Asam Lemak Bebas pada Berbagai Jenis Minyak Goreng Nabati (Vol. 11, Issue 1).
- Melero, J. A., Bautista, L. F., Morales, G., Iglesias, J., & Sánchez-Vázquez, R. (2015). Acid-catalyzed production of biodiesel over arenesulfonic SBA-15: Insights into the role of water in the reaction network. *Renewable Energy*, 75, 425–432. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.027>
- Purnomo, G. M., Zefanya, A., Hartanto, Y., Santoso, H., & Indarto, A. (2024). Jurnal Integrasi Proses Website: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>. In *Jurnal Integrasi Proses* (Vol. 13, Issue 1).

- <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>
- Rahmawati, E., & Utami, M. (2022). *Analysis of Free Fatty Acid Content and Water Content in Crude Palm Oil in The Laboratory of PT. Bina Pitri Jaya Mill* (Analisis Kadar Asam Lemak Bebas dan Kadar Air Pada Crude Palm Oil di Laboratorium PT. Bina Pitri Jaya Mill) (Vol. 7, Issue 2).
- Riwaldi, S., Kartika, I., Wijayanti, E., & Kusnaman, D. (2023). Analisis Daya Saing Ekspor Cpo Indonesia di Pasar Internasional *Competitiveness Analysis of Indonesian Cpo Export In The International Market*. 7(4), 1 2 4 4 – 1 2 5 7 . <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2023.007.04.5>
- Sabahannur, S., & Alimuddin, S. (2022). *Identification of Fatty Acids in Virgin Coconut Oil (VCO), Cocoa Beans, Crude Palm Oil (CPO), and Palm Kernel Beans Using Gas Chromatography*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1083(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1083/1/012036>
- Senphan, T., Mungmueang, N., Sriket, C., Sriket, P., Sinthusamran, S., & Narkthewan, P. (2025). Influence of extraction methods and temperature on hemp seed oil stability: A comprehensive quality assessment. *Applied Food Research*, 5 (1) . <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100702>
- Shidiq, M., Lestari, W., & Saragih, S. H. Y. (2022). *Crude Palm Oil (CPO) Quality Analyze of Elais guineensis at Palm Oil Mill PT. Sinar Pandawa, Labuhanbatu Regency (Based on Free Fatty Acid Levels, Water Content, and Impurities)*. Jurnal Pembelajaran dan Biologi N u k l e u s , 8 (2) , 3 8 6 – 3 9 8 . <https://doi.org/10.36987/jpbn.v8i2.2705>
- Susilawati, & Supajitno. (2015). *Waste Management of Palm Oil (Elaeis guineensis Jacq.) in Oil Palm Plantation, Riau*. In Bul. Agrohorti (Vol. 3, Issue 2).
- Ulfindrayani, I. F., & A'yuni, Q. (2018). Penentuan Kadar Asam Lemak Bebas dan Kadar Air pada Minyak Goreng yang Digunakan oleh Pedagang Gorengan di Jalan Manyar Sabrangan, Mulyorejo, Surabaya. *Journal of Pharmacy and Science*, 3(2).
- Wong, S. F., Lim, J. S., & Dol, S. S. (2015). Crude oil emulsion: A review on formation, classification and stability of water-in-oil emulsions. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 135, 498–504. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2015.10.006>
- Yuandry, S. (2024). Analisis Pengaruh Tingkat *Free Fatty Acid (FFA)* Terhadap Kualitas Crude Palm Oil (Cpo) pada Pabrik Industri Kelapa Sawit Pt. Agro Muko Po. *Mill The Influence of Free Fatty Acid (FFA) Levels on the Quality of Crude Palm Oil (CPO) at the Pt Palm Oil Industrial Factory. Agro Muko Po. Mill*. 18 (1) . <https://doi.org/10.22487/bioceb.v18.No.1.16883>
- Zuliyama, Rahmanpiu, & Mulyana, W. O. (2023). Deskripsi Kualitas Minyak Goreng Hasil Pemanasan. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 12 . <http://sains.uho.ac.id/index.php/journal>