

Pengaruh Penyerapan β -Karoten pada CPO dengan Variasi Perbandingan antara Pasir Kuarsa dengan Biochar Cangkang Kelapa Sawit sebagai Adsorben

Ari Auditia Jurlian Pratama^{1✉}, Rafael Remit Winardi²

(1,2) Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan, Indonesia

Abstract: Crude Palm Oil (CPO) contains β -carotene, a natural pigment that gives it a yellowish-red color and serves as an indicator of palm oil quality. This study aims to determine the effect of varying ratios of quartz sand and oil palm shell biochar as adsorbents on β -carotene content and CPO quality. The adsorbents were prepared through a melting process using a furnace, then activated with a 1 M NaOH solution and applied to CPO using the column method. The parameters observed included β -carotene content, Deterioration of Bleachability Index (DOBI), free fatty acid (FFA) content, and moisture content. The data were analyzed using normality and homogeneity tests, One-Way Analysis of Variance (ANOVA), followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a significance level of 5%. The results showed that variations in the ratio of quartz sand to oil palm shell biochar had a significant effect on the DOBI value ($p=0.007$), β -carotene content ($p<0.001$), and FFA content ($p=0.003$), while they had no significant effect on moisture content ($p=0.512$). Treatment P3 produced the best β -carotene adsorption capacity with a β -carotene concentration of 385,500 ppm and the lowest ALB content of 3.4867%, while P1 had the highest DOBI value of 2.420. Thus, the combination of quartz sand and oil palm shell biochar has the potential to be used as an alternative adsorbent to improve CPO quality by reducing β -carotene content without significantly affecting moisture content.

Riwayat artikel:

Diterima: 19 June 2026

Direvisi: 08 July 2026

Diterima: 10 July 2026

Diterbitkan: 12 July 2026

Keywords:

Biochar, β -Carotene, Adsorbent, CPO, Adsorption

Abstrak: Crude Palm Oil (CPO) mengandung β -karoten sebagai pigmen alami yang memberikan warna merah kekuningan serta berperan sebagai indikator mutu minyak sawit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi perbandingan pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit sebagai adsorben terhadap kadar β -karoten dan mutu CPO. Adsorben dibuat melalui proses peleburan menggunakan furnace, kemudian diaktivasi dengan larutan NaOH 1 M dan diaplikasikan pada CPO menggunakan metode kolom. Parameter yang diamati meliputi kadar β -karoten, Deterioration of Bleachability Index (DOBI), kadar asam lemak bebas (ALB), dan kadar air. Data dianalisis menggunakan uji normalitas, homogenitas, One-Way Analysis of Variance (ANOVA), dan dilanjutkan dengan Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi perbandingan pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit memberikan pengaruh nyata terhadap nilai DOBI ($p=0,007$), kadar β -karoten ($p<0,001$), dan kadar ALB ($p=0,003$), sedangkan terhadap kadar air tidak memberikan pengaruh nyata ($p=0,512$). Perlakuan P3 menghasilkan kemampuan adsorpsi β -karoten terbaik dengan kadar β -karoten sebesar 385,500 ppm dan menghasilkan kadar ALB terendah sebesar 3,4867%, sedangkan P1 nilai DOBI tertinggi sebesar 2,420. Dengan demikian, kombinasi pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit berpotensi dimanfaatkan sebagai adsorben alternatif untuk meningkatkan mutu CPO melalui penurunan kandungan β -karoten tanpa memengaruhi kadar air secara signifikan.

Kata kunci:

Biochar, β -Karoten, Adsorben, CPO, Adsorpsi

This is an open-access article under the [CC-BY-SA License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).



How to cite: Pratama, A. A. J., & Winardi, R. R. (2026). Pengaruh Penyerapan β -Karoten pada CPO dengan Variasi Perbandingan antara Pasir Kuarsa dengan Biochar Cangkang Kelapa Sawit sebagai Adsorben. *RESWARA: Jurnal Riset Ilmu Teknik*, 4(3), 326–338. <https://doi.org/10.70716/reswara.v4i3.632>

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara produsen kelapa sawit terbesar yang tercatat sekitar 40 juta ton minyak kelapa sawit setiap tahunnya bahkan menyumbang hampir 59% produksi kelapa sawit dunia. Kelapa sawit merupakan salah satu komoditi terbesar di beberapa daerah di Indonesia terutama di Kalimantan dan Sumatera.(Meidinariasty dkk., 2020)

Limbah yang dihasilkan pada proses pengolahan kelapa sawit di golongan kedalam tiga jenis yaitu limbah padat, limbah cair dan limbah gas. Cangkang kelapa sawit merupakan limbah padat hasil proses pengolahan tandan buah segar (TBS) dalam industri kelapa sawit yang berasal dari bagian endocarp (cangkang biji). Seiring industri kelapa sawit berjalan limbah ini akan terus meningkat, Sebagian besar cangkang hanya digunakan sebagai bahan bakar boiler, sedangkan sisanya berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dimanfaatkan secara tepat. (Permana et al., 2019)

Menurut (Bramanta dkk., 2023) cangkang kelapa sawit memiliki kandungan silika mencapai $\pm 60\%$ dari 2% berat abu dari total berat cangkang sawit. Dengan kandungan silika $\pm 60\%$ memungkinkan dilakukan suatu penelitian menjadi bahan yang bermanfaat untuk pabrik kelapa sawit dalam penyerapan B-Karoten yaitu adsorben dari abu boiler yang akan di bentuk menjadi silika gel.(Andrian Rizqi, 2021)

Asam Lemak bebas (ALB) Adalah salah satu parameter mutu CPO. Besarnya ALB dalam minyak ditunjukan dengan nilai angka asam. Asam yang tinggi mengindikasikan bahwa ALB yang ada di dalam minyak nabati juga tinggi sehingga kualitas minyak justru semakin rendah (Sopianti dkk., 2017). Jika semakin besar angka ALB yang ditunjukan aka semakin tinggi ALB yang terkandung di dalamnya sehingga kualitas minyak menjadi rendah. Hal ini dapat menyebabkan minyak goreng mengalami kerusakan akibat proses hidrolisis karena terdapat sejumlah air dalam minyak tersebut dan menyebabkan terbentuknya asam lemak bebas dan beberapa gliserol (Fanani & Ningsih, 2019).

Adsorben Adalah zat padat yang memiliki kemampuan untuk menyerap partikel dari suatu fluida melalui proses yang dikenal sebagai adsorpsi. Adsorben memiliki karakteristik khusus terutama struktur berpori dengan ukuran pori yang sangat kecil. Pori – pori ini memungkinkan adsorben memiliki luas permukaan yang besar, sehingga efektif dalam menarik partikel – partikel tertentu. Jenis adsorben perlu disesuaikan dengan sifat kimia dan fisika dari zat yang ingin di adsorpsi serta mempertimbangkan nilai ekonomis penggunaannya. Pemisahan pada adsorben terjadi karena adanya perbedaan massa molekul atau polaritas antar zat, sehingga molekul tertentu akan lebih mudah melekat pada permukaan adsorben dibandingkan yang lainnya.(Rustiah dkk., 2023). Indonesia memiliki standar nasional CPO yaitu SNI 01-2901-2006 tentang kadar asam lemak bebas (ALB), air dan kotoran masing masing 5%, 0,25% dan 0,25%. Selain itu untuk menentukan parameter baik buruknya CPO kita dapat melihat parameter DOBI meskipun belum menjadi ketetapan dalam SNI beberapa Perusahaan di Indonesia bahkan negara pengimpor juga menggunakannya (Hasibuan, 2018)

Pembuatan adsorben ini di lakukan beberapa tahap, tahap pertama pembuatan biochar dari cangkang kelapa sawit lalu haluskan serta lakukan pengayakan dengan ukuran 200 mesh, setelah melakukan pengayakan biochar cangkang kelapa sawit di cawan lalu timbang menggunakan neraca analitik dengan masing – masing berat cawan terisi 100 gram, 200 gram, dan 400 gram. Setelah ditimbang setiap cawan akan di campur dengan pasir kuarsa sebagai bahan perekat dengan rasio 100 gram per cawan dan di tambahkan soda abu dan batu kapur sebanyak 5 gram per cawan. Setelah semua bahan tercampur Langkah selanjutnya dilakukan peleburan menggunakan furnace dengan suhu 1000 °C dengan waktu 1 jam 30 menit. Sebelum di aplikasikan terhadap CPO adsorben dilakukan aktivasi

dengan cara merendam adsorben menggunakan larutan NaOH 1 molar selama 1 malam, setelah dilakukan perendaman adsorben di netralkan terlebih dahulu menggunakan aquades dan di keringkan menggunakan oven selama 3 jam dengan suhu 110°C. Setelah pengeringan adsorben di aplikasikan terhadap CPO dengan metode kolom.

Berbagai penelitian mengenai adsorben berbasis limbah kelapa sawit telah banyak dilakukan, seperti penggunaan karbon aktif, metakaolin, maupun silika dari abu boiler untuk menurunkan kandungan pengotor pada Crude Palm Oil (CPO). Namun, penelitian yang memanfaatkan kombinasi pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit sebagai adsorben melalui proses peleburan (furnace) dan aktivasi menggunakan larutan NaOH masih sangat terbatas. Selain itu, informasi mengenai pengaruh variasi komposisi kedua bahan tersebut terhadap parameter mutu CPO, khususnya nilai DOBI, kadar β -karoten, kadar asam lemak bebas (ALB), dan kadar air, belum banyak dilaporkan secara komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan informasi tersebut sekaligus mengevaluasi efektivitas kombinasi adsorben berbasis limbah kelapa sawit sebagai alternatif adsorben dalam pemurnian awal CPO. Tujuan penelitian ini untuk memanfaatkan biochar cangkang kelapa sawit sebagai adsorben dengan activator NaOH dan untuk mengetahui pengaruh variasi perbandingan antara pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit terhadap kandungan β -Karoten pada CPO.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah biochar cangkang kelapa sawit, CPO, pasir kuarsa, soda abu, aquades, NaOH, batu kapur, dan kertas whatman no 42.

Alat Penelitian

Alat yang digunakan adalah, furnace, cawan porselin, ayakan 200 mesh, neraca analitik, gelas beaker, oven, seperangkat Spektrofotometer UV-Vis, cawan krus dan aluminium foil.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) nonfaktorial yang terdiri atas tiga perlakuan, yaitu variasi perbandingan pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit P1 (1:1), P2 (1:2), dan P3 (1:4) dimana pasir kuarsa sebagai media perekat sedangkan biochar cangkang kelapa sawit sebagai media adsorben. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh sembilan satuan percobaan. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan uji normalitas, uji homogenitas, One-Way Analysis of Variance (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95%, kemudian dilanjutkan dengan Duncan Multiple Range Test (DMRT) apabila terdapat perbedaan yang nyata antarperlakuan.

Prosedur Penelitian

Preparasi Biochar

Pada proses preparasi perlakuan pertama cangkang kelapa sawit, cangkang kelapa sawit di keringkan dibawah sinar matahari dan di arangkan, kemudian diabukan menggunakan furnace pada suhu 800°C selama 4 jam. Kemudian abu yang diperoleh di ayak menggunakan ayakan 200 mesh.

Pembuatan Adsorben

Sebanyak 100 gram biochar cangkang kelapa sawit kelapa sawit ditambahkan 100 gram pasir kuarsa, 5 gram soda abu dan 5 gram batu kapur kedalam wadah cawan krus, lalu dimasukkan kedalam furnace pada suhu 1000°C selama 1 jam 30 menit, selanjutnya adsorben yang telah didinginkan di pecah menjadi beberapa serpihan kecil lalu di ayak menggunakan ayakan 60 mesh dan 80 mesh.

Aktivasi Adsorben

Sebelum adsorben diaplikasikan dilakukan aktivasi menggunakan NaOH 1M dengan cara direndam selama 1 malam, Selanjutnya adsorben dicuci menggunakan aquades hingga netral dan dikeringkan didalam oven dengan suhu 100°C selama 2 jam.

Pengaplikasian Adsorben Pada CPO

Sebanyak 100 mL CPO dialirkan melalui kolom adsorpsi yang telah diisi adsorben sesuai perlakuan. Kolom menggunakan pipa PVC berdiameter ½ inci dan panjang 50 cm yang telah dipasang saringan polyester 200 mesh pada bagian bawah pipa. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali menggunakan sampel CPO yang baru. CPO hasil adsorpsi selanjutnya dianalisis terhadap parameter β -karoten, DOBI, ALB, dan kadar air.

PARAMETER PENGAMATAN

Uji Adsorpsi β -Karoten pada CPO Menggunakan Adsorben

Pada pengujian ini, CPO yang telah diaplikasikan dilakukan pengecekan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sample CPO dipanaskan terlebih dahulu diatas pemanas air lalu diberikan kode pada masing-masing sample kemudian di timbang sample sebanyak 0,1001 gram dan dimasukkan kedalam labu ukur 25 ml, ditambahkan isooktana sampai tanda batas pada labu kemudian dihomogenkan hingga CPO larut sempurna lalu diukur absorbansi sample menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada Panjang gelombang 446 nm. Setelah diperoleh nilai absorbansi β -Kaoten, maka dapat ditentukan kandungan β -Karoten pada sample CPO menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar } \beta\text{-Karoten (ppm)} = \frac{A \times 385 \times 25}{W \times 100}$$

Keterangan:

A = Nilai Absorbansi

W = Berat Sample (gram)

Uji Kadar DOBI Dengan Metode Spektropotometer UV-Vis

Masukkan pelarut n-heksana kedalam kuvet, nyalakan alat spektrofotometer. Pada layar dipilih menu absorbansi lalu tekan tombol blank zero, masukan kuvet untuk menguji larutan blanko ukur serapan pada $\lambda 269$ nm dan $\lambda 446$ nm, lalu keluarkan kuvet dan catat hasil absorbansi dari larutan blanko tersebut. Selanjutnya timbang sampel CPO sebanyak 0,10 gram menggunakan neraca analitik lalu dimasukkan kedalam labu ukur 25 ml, lalu dihomogenkan dan masukkan sampel tersebut kedalam kuvet. Ukur serapan pada $\lambda 269$ nm dan $\lambda 446$ nm, lalu keluarkan kuvet dan catat hasil absorbansinya.

$$DOBI = \frac{\text{Absorbansi } 446}{\text{Absorbansi } 269}$$

Keterangan:

Absorbansi 446 : besar absorbansi pada panjang gelombang 446

Absorbansi 269 : besar absorbansi pada Panjang gelombang 269

Uji Kadar Asam Lemak Bebas

Pada pengujian ini, siapkan sample dengan berat 3 gram timbang menggunakan neraca analitik digital. Masukkan kedalam Erlenmeyer 250 ml, lalu masukan 15 ml hexane dan tambahkan 30 ml alcohol 96% serta 3-5 tetes indikator pp. Dipanaskan di hot plate dan homogenkan. Lakukan titrasi dengan larutan NaOH sampai larutan berwarna lembayung.

$$ALB = \frac{\text{Hasil titrasi} \times \text{larutan NaOH} \times 25,6}{\text{Sample CPO}} \times 100$$

Uji Kadar Air

Pada Pengujian ini, pertama keringkan beaker glass dalam oven selama 15 menit pada suhu 100°C Dinginkan didesikator selama 15 menit, lalu timbang beaker glass menggunakan neraca analitik catat beratnya. Masukkan sampel 11 gram kedalam beaker glass, panaskan dihotplate dengan suhu 100°C dan dinginkan sample didalam deskator selama 30 menit. timbang sampel catat beratnya lalu hitung kadar air meggunakan rumus berikut :

$$\text{Kadar Air} = B. \text{ sampel awal} - B. \text{ sampel akhir} \times 100$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan bahan baku cangkang kelapa sawit dan diarangkan. Setelah itu diabukan pada suhu 800°C hal ini berfungsi untuk mengabukan serta menghilangkan zat organik/pengotor yang terkandung dalam biochar cangkang kelapa sawit, sehingga dapat meningkatkan kandungan silika (SiO₂) pada biochar cangkang kelapa sawit tersebut. Diaktivasi menggunakan HCL 1 M bertujuan menghilangkan kadar pengotor yang berupa oksida logam, setelah itu dicuci menggunakan aquades dan dipanaskan dioven.

Sebelum dilakukan adsorpsi, dilakukan analisis terlebih dahulu terhadap mutu awal CPO yang digunakan sebagai sampel penelitian. CPO merupakan minyak nabati hasil ekstrasi dari buah kelapa sawit yang masih memiliki kandungan alami seperti karotenoid, asam lemak bebas, air, serta senyawa minor lainnya yang berpengaruh terhadap mutu dan stabilitas minyak.

Secara umum, CPO yang belum mengalami proses permunian memiliki kandungan pigmen karotenoid yang cukup tinggi sehingga memiliki warna khas merah kekuningan. Kandungan karotenoid ini berperan sebagai indikator penting dalam menentukan kualitas minyak sawit, terutama terkait sifat oksidatif dan kestabilan warnanya. Menurut (Silalahi, 2022) β-Karoten dalam CPO berada pada kisaran ratusan ppm dan dapat diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis sebagai indikator utama kualitas pigmen minyak sawit.

Selain itu, nilai DOBI digunakan untuk menggambarkan kemampuan pemucatan minyak sawit. Nilai DOBI yang lebih tinggi menunjukan minyak sawit masih memiliki kualitas baik dan belum mengalami degradasi oksidatif yang signifikan. Hal ini sejalan dengan (Sagita dkk., 2025) yang

menyatakan bahwa nilai DOBI berkaitan erat dengan kandungan karotenoid dan Tingkat oksidasi minyak sawit.

Kadar asam lemak bebas (ALB) merupakan indicator terjadinya hidrolisis trigiserida akibat aktivasi enzim lipase maupun kondisi penanganan bahan baku. Peningkatan ALB menunjukan penurunan mutu minyak sawit. Menurut (Fadhilah dkk., 2024) peningkatan ALB pada CPO dapat terjadi akibat proses penyimpanan yang kurang optimal serta aktivitas hidrolisis alami pada minyak.

Tabel 1. Parameter Awal CPO Sebelum Perlakuan

Parameter	ALB	Kadar Air	DOBI	Carotene
Nilai	3,55%	0,16%	2,45	485 ppm

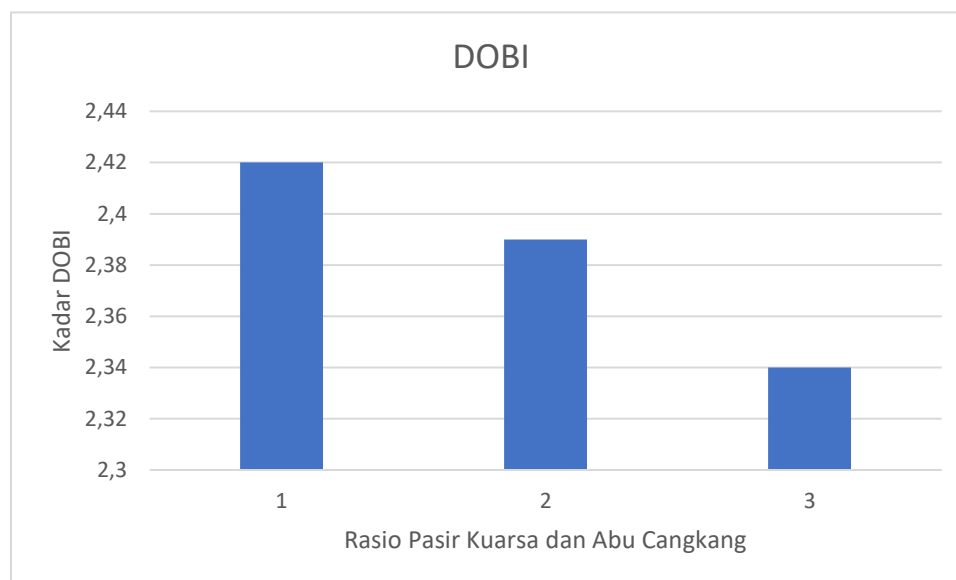
Tidak hanya itu, kadar air dalam CPO juga menjadi parameter penting karena dapat mempercepat reaksi hidrolisis dan oksidasi yang berdampak pada penurunan kualitas minyak. Dengan demikian, analisis awal ini dilakukan untuk mengetahui kondisi dasar CPO sebelum perlakuan adsorpsi menggunakan kombinasi adsorben pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit sehingga dijadikan pembanding dalam mengevaluasi perubahan mutu setelah proses adsorpsi.

Nilai DOBI (Deterioration Of Bleachability Index) Setelah Perlakuan

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 1, nilai DOBI (Deterioration of Bleachability Index) CPO pada berbagai perbandingan rasio pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit menunjukkan adanya perbedaan nilai pada setiap perlakuan. Rata-rata nilai DOBI yang diperoleh pada perbandingan P1, P2, dan P3 berturut-turut adalah 2,4200; 2,3900; dan 2,3367. Nilai DOBI tertinggi diperoleh pada perlakuan P1, sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan P3.

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) pada taraf nyata 5%, perbandingan rasio pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai DOBI. Hal ini ditunjukkan oleh nilai Fhitung sebesar 13,000 dengan nilai signifikansi sebesar 0,007 ($<0,05$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perbedaan rasio pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit berpengaruh nyata terhadap nilai DOBI CPO.

Hasil uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5% menunjukkan bahwa perbandingan rasio pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit memberikan pengaruh yang berbeda terhadap nilai DOBI. Nilai rata-rata DOBI tertinggi diperoleh pada perlakuan P1 sebesar 2,4200, diikuti perlakuan P2 sebesar 2,3900, dan perlakuan P3 sebesar 2,3367. Berdasarkan pengelompokan Duncan, perlakuan P1 dan P2 berada pada subset yang sama sehingga tidak berbeda nyata, sedangkan perlakuan P3 berada pada subset yang berbeda sehingga berbeda nyata dengan perlakuan P1 dan P2. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan komposisi pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit mempengaruhi nilai DOBI CPO yang dihasilkan.



Gambar 1. Nilai DOBI Setelah Di Aplikasikan

Secara keseluruhan, variasi komposisi pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit memberikan pengaruh terhadap nilai DOBI CPO. Perbedaan nilai DOBI pada setiap perlakuan diduga dipengaruhi oleh kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi senyawa pigmen dan pengotor yang terdapat pada CPO. Kombinasi pasir kuarsa dan biochar memiliki karakteristik permukaan yang berbeda, sehingga menghasilkan kemampuan adsorpsi yang berbeda pula. Pada perlakuan P1 diperoleh nilai DOBI tertinggi, yang menunjukkan bahwa komposisi adsorben pada perlakuan tersebut mampu mengurangi senyawa pengotor tanpa menurunkan kualitas minyak secara berlebihan. Sebaliknya, peningkatan proporsi biochar pada perlakuan P3 diduga menyebabkan penyerapan pigmen berlangsung lebih intensif sehingga nilai DOBI yang dihasilkan menjadi lebih rendah.

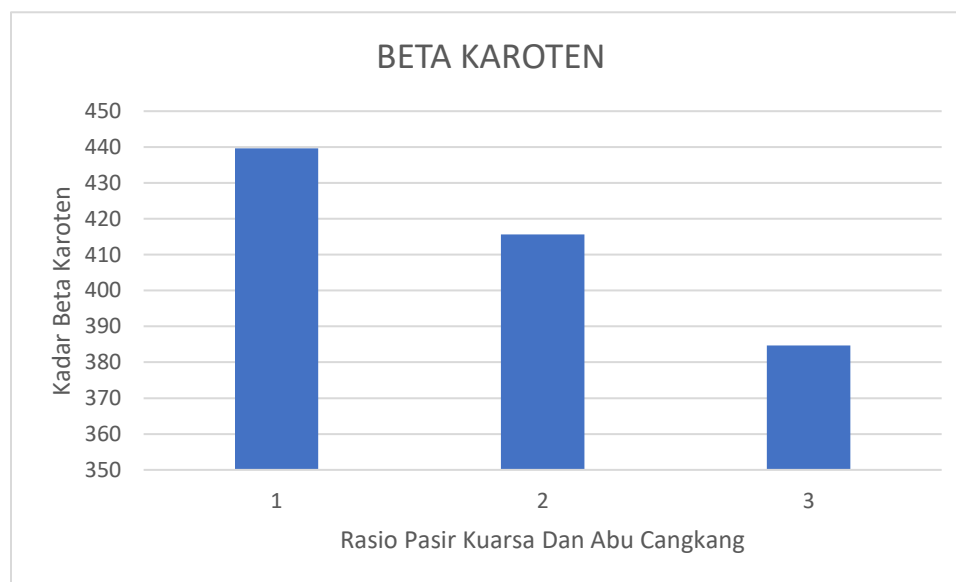
Menurut (Hasibuan dkk., t.t.), nilai DOBI merupakan salah satu indikator penting dalam menentukan kualitas CPO karena menunjukkan hubungan antara kandungan karotenoid dan tingkat oksidasi minyak. Semakin tinggi nilai DOBI, semakin baik kualitas CPO dan semakin mudah minyak diputihkan pada proses pemurnian. Sementara itu, (Giyanto dkk., 2022) menyatakan bahwa perubahan nilai DOBI berkaitan erat dengan perubahan kandungan pigmen alami, terutama β -karoten, akibat proses pengolahan maupun perlakuan yang diberikan pada CPO. Perbedaan komposisi pasir kuarsa dan biochar memengaruhi kemampuan adsorpsi terhadap senyawa pigmen, sehingga setiap rasio menghasilkan nilai DOBI yang berbeda. Perlakuan P1 menunjukkan komposisi adsorben yang paling optimal dalam mempertahankan nilai DOBI dibandingkan perlakuan lainnya.

Kadar β -Karoten Setelah Perlakuan

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 2, kadar β -karoten pada CPO setelah proses adsorpsi menggunakan adsorben berbasis pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit menunjukkan adanya perbedaan nilai kadar β -karoten pada setiap perlakuan perbandingan rasio adsorben. Rata-rata kadar β -karoten yang diperoleh pada perlakuan P1, P2, dan P3 berturut-turut adalah 440,067 ppm, 415,567 ppm, dan 385,500 ppm*. Nilai kadar β -karoten terendah diperoleh pada perlakuan P3, sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan P1.

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) pada taraf nyata 5%, perbandingan rasio pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar β -karoten. Hal ini ditunjukkan oleh nilai Fhitung sebesar 337,709 dengan nilai signifikansi 0,000, yang menunjukkan bahwa nilai tersebut lebih kecil dari taraf nyata 5% ($p < 0,05$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perbedaan perbandingan rasio pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit berpengaruh sangat nyata terhadap kadar β -karoten pada CPO.

Hasil uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5% menunjukkan bahwa perbandingan rasio pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kadar β -karoten. Nilai rata-rata kadar β -karoten terendah diperoleh pada perlakuan P1 sebesar 440,067 ppm, diikuti perlakuan P2 sebesar 415,567 ppm, dan perlakuan P3 sebesar 385,500 ppm. Perbedaan nilai pada setiap perlakuan ditunjukkan oleh hasil uji Duncan yang menempatkan masing-masing perlakuan pada subset yang berbeda, sehingga setiap perlakuan berbeda nyata satu sama lain. Hal ini menunjukkan bahwa perbandingan rasio pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit berpengaruh terhadap kemampuan adsorben dalam menurunkan kadar β -karoten pada CPO. Semakin rendah kadar β -karoten setelah proses adsorpsi, semakin tinggi kemampuan adsorben dalam menyerap β -karoten. Berdasarkan hasil tersebut, perlakuan P3 merupakan perlakuan yang memiliki efektivitas adsorpsi β -karoten paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.



Gambar 2. Kadar β -Karoten Setelah Perlakuan

Secara keseluruhan, variasi komposisi pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit memberikan pengaruh terhadap kadar β -karoten pada CPO setelah proses adsorpsi. Perbedaan kadar β -karoten pada setiap perlakuan diduga dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik adsorben, seperti luas permukaan, jumlah pori, serta ketersediaan situs aktif yang berperan dalam mengadsorpsi molekul pigmen. Variasi komposisi pasir kuarsa dan biochar pada setiap rasio menghasilkan kemampuan adsorpsi yang berbeda sehingga efektivitas penurunan kadar β -karoten juga berbeda. Pada penelitian ini, perlakuan P3 menghasilkan kadar β -karoten terendah, yang menunjukkan bahwa komposisi

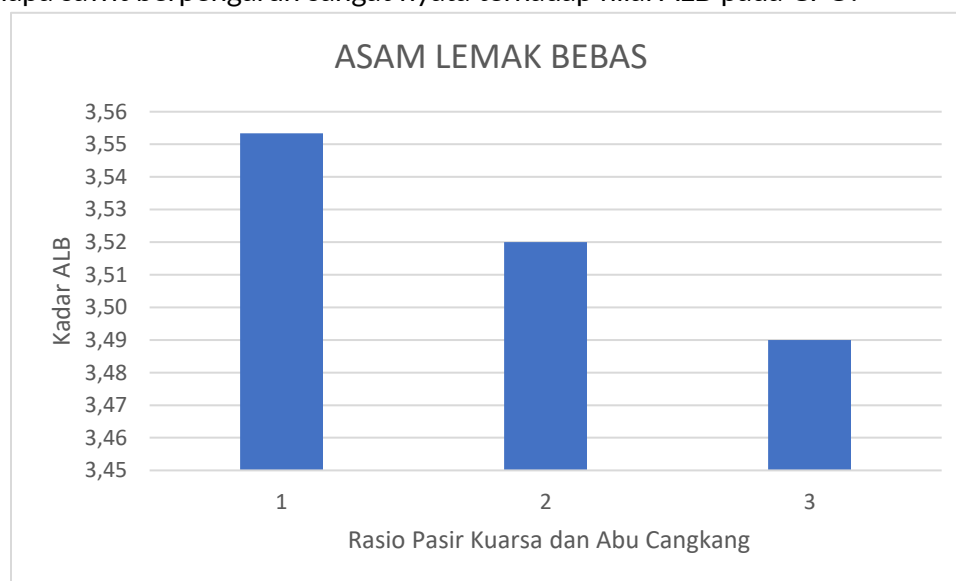
adsorben pada perlakuan tersebut memiliki kemampuan adsorpsi paling optimal dibandingkan perlakuan lainnya.

Hasil penelitian ini sejalan dengan (Hamdil M, 2020) yang menyatakan bahwa efektivitas adsorpsi senyawa pigmen dipengaruhi oleh luas permukaan dan porositas adsorben. Adsorben yang memiliki struktur pori lebih berkembang mampu meningkatkan kontak antara permukaan adsorben dengan molekul β -karoten sehingga proses adsorpsi berlangsung lebih efektif. Menurut (Silalahi, 2022) kadar β -karoten pada CPO umumnya berada pada kisaran ratusan ppm dan dapat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 446 nm sehingga metode pengujian yang digunakan pada penelitian ini telah sesuai untuk mengevaluasi perubahan kadar β -karoten.

Kadar ALB (Asam Lemak Bebas) Setelah Perlakuan

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 3, nilai asam lemak bebas (ALB) pada CPO setelah proses adsorpsi menggunakan adsorben berbasis pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit menunjukkan adanya perbedaan nilai ALB pada setiap perlakuan perbandingan rasio adsorben. Rata-rata nilai ALB yang diperoleh pada perlakuan P1, P2, dan P3 berturut-turut adalah 3,5533%, 3,5133%, dan 3,4867%. Nilai ALB tertinggi diperoleh pada perlakuan P1, sedangkan nilai ALB terendah diperoleh pada perlakuan P3.

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) pada taraf nyata 5%, perbandingan rasio pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap nilai ALB. Hal ini ditunjukkan oleh nilai Fhitung sebesar 16,889 dengan nilai signifikansi 0,003 ($p < 0,05$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perbedaan perbandingan rasio pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit berpengaruh sangat nyata terhadap nilai ALB pada CPO.



Gambar 3. Kadar Asam Lemak Bebas Setelah Perlakuan

Hasil uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5% menunjukkan bahwa perbandingan rasio pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap nilai ALB. Nilai rata-rata ALB tertinggi diperoleh pada perlakuan P1 sebesar 3,5533%, diikuti perlakuan P2 sebesar 3,5133%, dan perlakuan P3 sebesar 3,4867%. Berdasarkan hasil uji Duncan, perlakuan P1 berada pada subset yang berbeda dengan perlakuan P3, sedangkan perlakuan

P2 berada pada kedua subset sehingga tidak berbeda nyata dengan perlakuan P1 maupun P3. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan perbandingan rasio pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit memengaruhi nilai ALB yang dihasilkan. Semakin rendah nilai ALB setelah proses adsorpsi, semakin baik kualitas CPO karena menunjukkan berkurangnya kandungan asam lemak bebas. Berdasarkan hasil tersebut, perlakuan P3 merupakan perlakuan yang paling efektif dalam menurunkan kadar ALB pada CPO.

Secara keseluruhan, variasi komposisi pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit memberikan pengaruh terhadap nilai ALB pada CPO setelah proses adsorpsi. Perbedaan nilai ALB pada setiap perlakuan diduga dipengaruhi oleh karakteristik adsorben yang berbeda, seperti luas permukaan, porositas, dan jumlah situs aktif yang berperan dalam mengadsorpsi senyawa pengotor pada minyak. Variasi komposisi pasir kuarsa dan biochar pada setiap rasio menghasilkan kemampuan adsorpsi yang berbeda sehingga nilai ALB yang dihasilkan juga berbeda. Perlakuan P3 menghasilkan nilai ALB terendah, yang menunjukkan bahwa komposisi adsorben pada perlakuan tersebut memiliki kemampuan yang lebih optimal dalam menurunkan kadar asam lemak bebas dibandingkan perlakuan lainnya. Perbedaan komposisi pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit memengaruhi kemampuan adsorpsi terhadap senyawa pengotor yang berkaitan dengan pembentukan asam lemak bebas, sehingga setiap rasio menghasilkan nilai ALB yang berbeda. Perlakuan P3 menunjukkan komposisi adsorben yang paling optimal dalam menurunkan kadar ALB dibandingkan perlakuan lainnya.

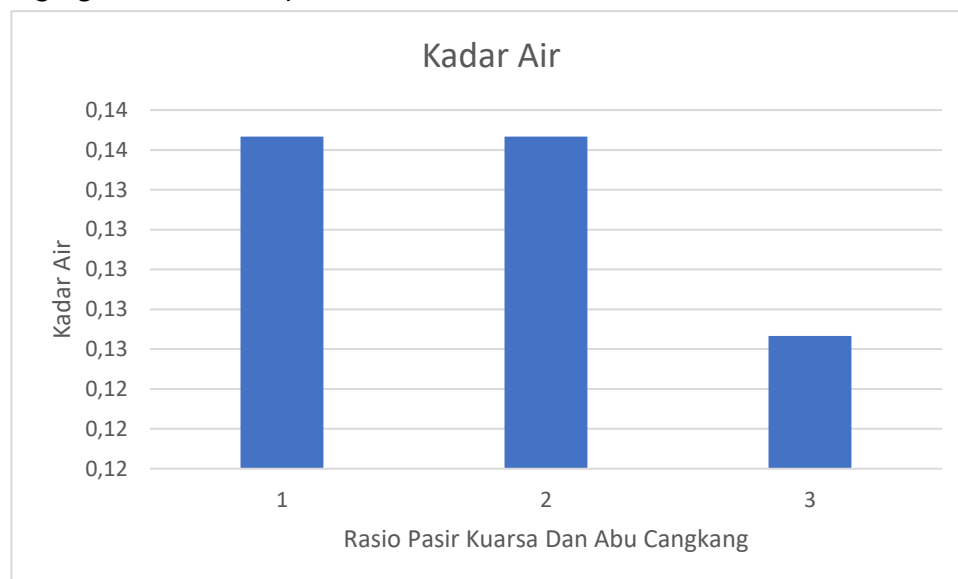
ALB merupakan salah satu parameter penting dalam penilaian mutu CPO yang menunjukkan tingkat hidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Peningkatan ALB umumnya terjadi akibat aktivitas enzim lipase, kandungan air, serta kondisi penyimpanan bahan baku yang kurang optimal. Menurut (Halason Raja Pakpahan 2024), kenaikan ALB pada CPO lebih dipengaruhi oleh faktor penyimpanan dan proses pascapanen dibandingkan perlakuan fisik seperti adsorpsi. Hal ini disebabkan karena ALB merupakan senyawa hasil reaksi kimia internal minyak sehingga penurunannya melalui proses adsorpsi relatif lebih kecil dibandingkan penurunan senyawa pigmen. Hasil penelitian ini juga sejalan dengan (Fadhilah dkk., 2024) yang melaporkan bahwa penggunaan adsorben berbasis biomassa mampu menurunkan kadar ALB melalui proses adsorpsi terhadap senyawa pengotor pada minyak sawit.

Kadar Air Setelah Perlakuan

Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 4, kadar air pada CPO setelah proses adsorpsi menggunakan adsorben berbasis pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit menunjukkan adanya variasi nilai pada setiap perlakuan perbandingan rasio adsorben. Variasi tersebut menunjukkan bahwa setiap perlakuan menghasilkan kadar air yang berbeda, namun perbedaannya relatif kecil.

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, data terlebih dahulu diuji normalitas dan homogenitas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data berdistribusi normal dan memiliki varians yang homogen, sehingga memenuhi asumsi untuk dianalisis menggunakan One-Way Analysis of Variance (ANOVA).

Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) pada taraf nyata 5%, perbandingan rasio pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air CPO. Hal ini ditunjukkan oleh nilai Fhitung sebesar 0,750 dengan nilai signifikansi 0,512, yang lebih besar dari taraf nyata 5% ($p > 0,05$). Dengan demikian, hipotesis nol (H_0) diterima, yang berarti bahwa perbedaan perbandingan rasio pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar air CPO.



Gambar 4. Kadar Air Setelah Perlakuan

Hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi komposisi adsorben yang digunakan belum mampu memberikan perubahan yang berarti terhadap kadar air CPO. Hal ini diduga karena proses adsorpsi yang terjadi lebih dominan terhadap senyawa pengotor seperti pigmen β -karoten dan komponen lain yang berkontribusi terhadap penurunan mutu minyak, sedangkan molekul air tidak banyak berinteraksi dengan permukaan adsorben pada kondisi penelitian ini. Selain itu, kadar air pada seluruh perlakuan relatif seragam sehingga variasi antarperlakuan tidak cukup besar untuk menghasilkan perbedaan yang signifikan secara statistik.

Karena hasil ANOVA menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata ($p > 0,05$), maka analisis tidak dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perbandingan rasio pasir kuarsa dengan biochar cangkang kelapa sawit tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air CPO setelah proses adsorpsi.

Secara keseluruhan, variasi komposisi pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar air CPO setelah proses adsorpsi. Perbedaan kadar air pada setiap perlakuan relatif kecil sehingga tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik. Hal ini diduga karena molekul air memiliki karakteristik yang berbeda dengan senyawa pigmen maupun senyawa organik lainnya sehingga interaksi antara molekul air dengan permukaan adsorben berlangsung lebih rendah. Selain itu, variasi komposisi pasir kuarsa dan biochar pada setiap rasio belum mampu menghasilkan perubahan karakteristik adsorben yang cukup besar untuk meningkatkan kemampuan penyerapan air. Perbedaan komposisi pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit belum memberikan kemampuan adsorpsi yang berbeda terhadap molekul air, sehingga setiap rasio

menghasilkan kadar air yang relatif sama. Dengan demikian, seluruh perlakuan menunjukkan efektivitas yang hampir serupa dalam mempertahankan kadar air CPO setelah proses adsorpsi.

Hasil penelitian ini sejalan dengan (Amra & Anggriawin, 2023) yang menyatakan bahwa kadar air dalam CPO umumnya berasal dari proses pengolahan di pabrik kelapa sawit, terutama pada tahap pemisahan minyak dan air di unit vacuum dryer. Air yang masih tertinggal umumnya berada dalam bentuk emulsi halus sehingga sulit dipisahkan hanya melalui perlakuan fisik sederhana. Selain itu, (Fanani & Ningsih 2019) menjelaskan bahwa keberadaan air dalam minyak dapat mempercepat reaksi hidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas sehingga pengendalian kadar air sangat penting untuk menjaga mutu minyak sawit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa variasi perbandingan pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit sebagai adsorben berpengaruh nyata terhadap nilai DOBI, kadar β -karoten, dan kadar asam lemak bebas (ALB), namun tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air CPO.

Perlakuan P1 menghasilkan nilai DOBI tertinggi sebesar 2,420, sedangkan perlakuan P3 menghasilkan kadar β -karoten terendah sebesar 385,500 ppm, kadar ALB terendah sebesar 3,4867% dan kadar air sebesar 0,13%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi komposisi adsorben memberikan efektivitas yang berbeda terhadap setiap parameter mutu CPO.

Secara keseluruhan, kombinasi pasir kuarsa dan biochar cangkang kelapa sawit yang diaktivasi menggunakan NaOH berpotensi dimanfaatkan sebagai adsorben alternatif dalam pemurnian awal CPO karena mampu memperbaiki nilai DOBI serta menurunkan kadar β -karoten dan ALB, meskipun belum berpengaruh signifikan terhadap kadar air. Pemanfaatan biochar cangkang kelapa sawit sebagai adsorben memberikan nilai tambah terhadap limbah padat industri kelapa sawit dan berpotensi mendukung proses pengolahan CPO yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji pengaruh faktor lain, seperti ukuran partikel adsorben, waktu kontak, laju alir, dan tinggi kolom adsorpsi terhadap efektivitas penurunan β -karoten, peningkatan nilai DOBI, serta penurunan kadar ALB dan kadar air pada CPO. Selain itu, perlu dilakukan karakterisasi adsorben menggunakan metode seperti Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) untuk mengetahui karakteristik permukaan, struktur pori, dan mekanisme adsorpsi secara lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- Amra, Z., & Anggriawin, M. (2023). Pengaruh Kadar Air Terhadap Asam Lemak Bebas Crude Palm Oil (Cpo) Yang Terdapat Pada Vacuum Dryer Di Pt Socfindo Kebun Seunagan The Effect Of Water Content On Free Fatty Acid Of Crude Palm Oil (Cpo) Found In The Vacuum Dryer At Pt Socfindo Kebun Seunagan. Dalam *Jurnal Pertanian Agros* (Vol. 25, Nomor 1). <https://doi.org/10.37159/Jpa.V25i1.2596>
- Andrian Rizqi Lestari Ningrum Mardiah Pembuatan Silika Dari Abu Boiler Kelapa Sawit Sebagai Katoda Udara Pada Baterai Logam Udara, R., Andrian, R., & Lestari Ningrum, R. (2020). *Pembuatan Silika Dari Abu Boiler Kelapa Sawit Sebagai Katoda Udara Pada Baterai Logam Udara Fabrication Of Silica From Palm Oil Boiler Ash As Air Cathode In Metal Air Battery*. <https://doi.org/10.30872/Cmg.V4i2.4493>

- Bramanta, A. K., Prasetia, D. M. A., & Susilowati, S. (2023). Pemanfaatan Limbah Sabut Dan Tempurung Kelapa Sawit Sebagai Silica Gel. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 23(2), 2366. <https://doi.org/10.33087/Jiubj.V23i2.3328>
- Fadhilah, E., Daulay, A. H., & Husnah, M. (2024). Penurunan Alb, Bilangan Peroksida Dan B-Karoten Menggunakan Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Cheds: Journal Of Chemistry, Education, And Science*, 8(1), 87–93. <https://doi.org/10.30743/Cheds.V8i1.9168>
- Fanani, N., & Ningsih, E. (2019). Analisis Kualitas Minyak Goreng Habis Pakai Yang Digunakan Oleh Pedagang Penyetan Di Daerah Rungkut Surabaya Ditinjau Dari Kadar Air Dan Kadar Asam Lemak Bebas (Alb). *Jurnal Iptek*, 22(2), 59–66. <https://doi.org/10.31284/J.Iptek.2018.V22i2.436>
- Giyanto, Guruh Damanik, & Siti Aisyah. (2022). Kajian Perbedaan Metode Aplikasi Etephon 60% Terhadap Efisiensi Pembrondolan Serta Nilai Dobi, Beta Karoten Dan Vitamin E Pada Tandan Buah Segar Kelapa Sawit. *Jurnal Agro Fabrica*, 4(2), 48–59. <https://doi.org/10.47199/Jaf.V4i2.110>
- Halason Raja Pakpahan*, M. P. B. A. R. (2024). Analisis Alb Cpo (Crude Palm Oil) Di Pilot Plant Instiper Menggunakan Metode Peta Kendali. <https://doi.org/https://eprints.instiperjogja.ac.id/id/eprint/1146>
- Hamdil Mukhlisin¹, 2, Winda Rahmalia¹, Thamrin Usman¹,. (2020). Selektivitas Adsorpsi Asam Lemak Bebas (Alb) Dan Beta Karoten Minyak Sawit Mentah Menggunakan Metakaolin Teraktivasi Kalium Karbonat(K₂CO₃). <https://doi.org/https://doi.org/10.33536/Jcpe.V5i1.842>
- Hasibuan, H. A. (2018). Deterioration Of Bleachability Index Pada Crude Palm Oil: Bahan Review Dan Usulan Untuk Sni 01-2901-2006. *Jurnal Standardisasi*, 18(1), 25. <https://doi.org/10.31153/Js.V18i1.694>
- Hasibuan, H. A., Afriana, L., & Tamba, D. (T.T.). Pengaruh Dosis Bleaching Earth Dan Waktu Pemucatan Crude Palm Oilyang Bervariasi Deterioration Of Bleachability Index (Dobi) Terhadap Mutu Produk The Effects Of Bleaching Earth Dosage And Time For Bleaching Time Of Crude Palm Oil Varied Deterioration Of Bleachability Index (Dobi) To The Quality Of Product. Dalam Lia Afriana Dan Debby Tamba *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* (Vol. 27, Nomor 1). DOI:10.24961/j.tek.ind.pert.2017.27.1.69
- Meidinariasty, A., Purnamasari, I., Zamhari, M., Permadi, J., Zaky Fadillah, N., Luthfiah, S., Teknik Kimia, J., & Negeri Sriwijaya Jl Srijaya Negara Bukit Besar Palembang, P. (2020). Pengaruh Variasi Jenis Abu Boiler Dan Konsentrasi Hcl Terhadap Sifat Fisis Silika Gel Hasil Sintesis Effect Of Variations Boiler Ash And Concentration Of Hcl To The Physical Properties Of Silica Gel Synthesized. *Jurnal Kinetika*, 11(03), 28–33. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index28>
- Mutu Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Menggunakan Larutan Aktifator Zncl, A., Permana, E., Lasmana Tarigan, I., Riski Gusti, D., & Lestari, I. (2019). Analisis Mutu Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Menggunakan Larutan Aktifator Zncl₂. <https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/342880571>
- Rustiah, W., Kesehatan, P., Makassar, M., & Sahabuddin, E. S. (2023). Kimia Lingkungan Fathan Dewadi Politeknik Negeri Jakarta. <https://www.researchgate.net/publication/370631307>
- Sagita, E., Yeni, Y., Fiona, F., Aulia, M., & Putri, A. (2025). Available Online At: <https://pakisjournal.com/index.php/jfsa> Journal Of Food Security And Agroindustry (Jfsa) Identifikasi Beta Karoten Pada Crude Palm Oil (Cpo) Identification Of Beta Carotene In Crude Palm Oil (Cpo). 3(1), 31–36. <https://doi.org/10.58184/Jfsa.V3i1.1597>
- Silalahi, M. (2022). Penggunaan Spektrofotometri Untuk Pengujian Kadar Beta Karoten Cpo (Crude Palm Oil) Di Laboratorium Kimia Analisa. Dalam *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Prima* (Vol. 5, Nomor 2). <https://doi.org/https://doi.org/10.34012/Juritiprima.V5i2.2796>
- Sopianti, D. S., Herlina, H., & Saputra, H. T. (2017). Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas Pada Minyak Goreng. *Jurnal Katalisator*, 2(2), 100. <https://doi.org/10.22216/Jk.V2i2.2408>