ADSORPSI ASAM LEMAK BEBAS PADA *CRUDE PALM OIL* (CPO) MENGGUNAKAN CANGKANG TELUR AYAM

Marsela

H1031211020

SKRIPSI

PROGRAM STUDI S1 KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2025

ADSORPSI ASAM LEMAK BEBAS PADA *CRUDE PALM OIL* (CPO) MENGGUNAKAN CANGKANG TELUR AYAM

Marsela

H1031211020

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains pada Program Studi Kimia

PROGRAM STUDI S1 KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS TANJUNGPURA

PONTIANAK

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	:	Adsorpsi Asam Lemak Bebas Pada *Crude Palm Oil* (CPO) Menggunakan Cangkang Telur Ayam
Nama	:	Marsela
NIM	:	H1031211020
Jurusan/Program Studi	:	Kimia/ S1 Kimia
Tanggal Lulus	:	3 September 2025
SK Pembimbing	:	No.5695/UN22.8/TD.06/2024/31 Desember 2024
SK Penguji		No.2835/UN22.8/TD.06/2025/26 Agustus 2025

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Adhitiyawarman, S.Si., M.Si., Ph.D.	Dr. Anthoni B. Aritonang, S.Si., M.Si.
NIP. 198409192008121001	NIP. 196803082000031001

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Dr. Nelly Wahyuni, S.Si., M.Si.	Risya Sasri, S.Si., M.Sc.
NIP. 197506022000032001	NIP. 199003102023212041

Pemimpin Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekertaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Adhitiyawarman. S.Si., M.Si., Ph.D.	Dr. Anthoni B. Aritonang, S.Si., M.Si.
NIP. 198409192008121001	NIP. 196803082000031001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP. 197108022000031001

Dipindai dengan CamScanner

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	:	Marsela
NIM	:	H1031211020
Program Studi/Jurusan Kimia	:	Kimia/S1 Kimia
Fakultas	:	Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Mentri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila dikemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/ atau sanksi hokum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 15 September 2025



Marsela

H1031211020

Dipindai dengan CamScanner

ADSORPSI ASAM LEMAK BEBAS PADA *CRUDE PALM OIL* (CPO) MENGGUNAKAN CANGKANG TELUR AYAM

Abstrak

Pemanfaatan limbah cangkang telur ayam yang kaya akan kalsium karbonat memiliki potensi sebagai adsorben alami yang ekonomis dan ramah lingkungan dalam menurunkan kadar asam lemak bebas pada *crude palm oil* (CPO). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu kalsinasi 800^{o}C dan 850^{o}C dalam pembentukan CaO, pengaruh aktivator natrium bikarbonat dengan variasi konsentrasi 3%, 4% dan 5% serta mengetahui pengaruh massa adsorben (0,1; 0,5 dan 0,9 gram) terhadap daya adsorpsi asam lemak bebas pada CPO. Hasil XRD menunjukkan bahwa suhu 850^{o}C lebih baik dalam mendekomposisi $CaCO_3$ menjadi CaO. Hal ini terlihat dari pola difraksi yang menampilkan puncak-puncak CaO lebih tajam, serta minimnya keberadaan puncak kalsium karbonat ($CaCO_3$) dan kalsium hidroksida [$Ca(OH)_2$] sebagai fasa pengotor. Hasil uji daya serap iodin menggunakan adsorben teraktivasi $NaHCO_3$ 4% menunjukkan angka 509,83 mg/g. Hasil uji adsorpsi diperoleh massa adsorben optimum yaitu 0,9 gram yang mampu menurunkan asam lemak bebas dari 12,16% menjadi 3,08%, menghasilkan efisiensi adsorpsi sebesar 74,72% dan kapasitas adsorpsi 1.006,7 mg/g, sehingga kadar asam lemak bebas tersebut telah memenuhi syarat mutu SNI 2901-2021 yaitu maksimal 5%.

Kata Kunci: Adsorben, Adsorpsi, Asam lemak bebas, Cangkang telur ayam

ADSORPTION OF FREE FATTY ACIDS ON CRUDE PALM OIL (CPO) USING CHICKEN EGG SHELLS

Abstract

The utilization of chicken eggshell waste which is rich in calcium carbonate has the potential as an economical and environmentally friendly natural adsorbent in reducing free fatty acid levels in crude palm oil (CPO). The purpose of this study was to determine the effect of calcination temperatures of 800^{o}C and 850^{o}C in the formation of CaO, the effect of sodium bicarbonate activator with concentration variations of 3%, 4% and 5% and to determine the effect of adsorbent mass (0.1; 0.5 and 0.9 grams) on the adsorption capacity of free fatty acids on CPO. XRD results showed that a temperature of 850^{o}C was better in decomposing $CaCO_3$ into CaO. This can be seen from the diffraction pattern which displays sharper CaO peaks, as well as the minimal presence of calcium carbonate ($CaCO_3$) and calcium hydroxide [$Ca(OH)_2$] peaks as impurity phases. The results of the iodine absorption test using 4% $NaHCO_3$ activated adsorbent showed a figure of 509.83 mg/g. The adsorption test results obtained an optimum adsorbent mass of 0.9 grams which was able to reduce free fatty acids from 12.16% to 3.08%, resulting in an adsorption efficiency of 74.72% and an adsorption capacity of 1,006.7 mg/g, so that the free fatty acid content has met the quality requirements of SNI 2901-2021, namely a maximum of 5%.

Keywords: Adsorbent, Adsorption, Free Fatty Acids, Chicken egg shells

PRAKATA

Puji dan syukur atas kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Adsorpsi Asam Lemak Bebas Pada *Crude Palm Oil* (CPO) Menggunakan Cangkang Telur Ayam"** ini tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada program studi S1 Kimía, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.

Dalam penyelesaian studi dan penulisan skripsi ini, penulis banyak memperoleh bantuan baik pengajaran, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak baik secara lansung maupun tidak lansung. Oleh karena itu, dengan segenap kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis tercinta, Bapak Sabaran (Alm) dan Ibu Erni yang telah menjadi orang tua hebat. terimakasih yang tidak terhingga atas limpahan kasih sayang yang tulus, dukungan, doa yang tidak pernah putus, materi, pengorbanan, dan motivasi tiada henti. Setiap langkah dan usaha saya dalam menyelesaikan pendidikan ini adalah berkat kekuatan dan semangat yang kalian berikan. Tanpa restu dan pengorbanan kalian, mustahil skripsi ini dapat terselesaikan. Terima kasih atas segala cinta yang tak terhingga.
2. Saudara-saudara penulis, kakak Eti Susanti, Weni Triponia dan Sri Winda yang selalu memberikan dukungan moral, nasihat berharga, serta semangat di setiap tahapan perjuangan saya. Kebersamaan dan dukungan kalian sangat berarti dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si. selaku Dekan FMIPA Universitas Tanjungpura beserta jajarannya.
4. Dr. Andi Hairil Alimuddin, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Tanjungpura beserta jajarannya.
5. Adhitiyawarman, S.Si., M.Si., Ph.D. dan Dr. Anthoni Batahan Aritonang, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis, yang telah memberikan waktu, bimbingan, dan arahan selama proses penyelesaian tugas akhir ini.

6. Dr. Nelly Wahyuni, S.Si., M.Si. dan Risya Sasri, S.Si., M.Sc. selaku dosen penguji tugas akhir penulis, yang telah memberikan masukan dan saran selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
7. Titin Anita Zahara, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan selama perkuliahan.
8. Seluruh dosen dan staff Jurusan Kimia yang telah mengajarkan banyak ilmu pengetahuan selama perkuliahan.
9. Kepala Laboratorium Riset dan Bioteknologi kimia (Prof. Rudiyansyah, S.Si., M.Si.) dan laboran (Yoga Pratama, S.Si. dan Titick Lestari, S.Si.) yang telah membantu penulis selama proses penelitian di laboratorium
10. PT. Gunung Rijuan Sejahtera yang telah mengizinkan penulis mengambil sampel untuk keperluan penelitian.
11. Sahabat-sahabat penulis, Irgi Alfarizi, Beti Kumala, Dorina Co Murni, dan Yuyut Prianty yang selalu menemani dan menjadi *support system* penulis pada hari yang tidak mudah selama proses penulisan skripsi. Terima kasih telah menjadi rumah, pendamping dalam segala hal, mendengarkan keluh kesah, menghibur dalam kesedihan, memberikan semangat untuk pantang menyerah, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
12. Teman-teman "Scandium" yang telah membersamai dan membantu penulis selama perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan agar dapat dijadikan sebagai perbaikan. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang membutuhkan.

Pontianak, 15 September 2025

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ii
Abstrak iv
PRAKATA vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xi
DAFTAR LAMPIRAN xii

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Cangkang Telur Ayam 5
2.2 *Crude Palm Oil* (CPO) 6
2.3 Adsorpsi 7
2.4 Asam Lemak Bebas 9
2.5 Titrasi Asam Basa 10
2.6 *Gas Sorption Analyzer* (GSA) 11
2.7 *X-Ray Diffraction* (XRD) 11

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 13
3.2 Alat dan Bahan 13
3.3 Prosedur Kerja 13
3.3.1 Preparasi Cangkang Telur Ayam 13
3.3.2 Aktivasi Adsorben 14
3.3.3. Uji Daya Serap Iodin 14
3.3.4 Preparasi *Crude Palm Oil* (CPO) 15
3.3.5 Standarisasi Larutan NaOH dengan Asam Oksalat 15
3.3.6 Penentuan Asam Lemak Bebas (sebelum adsorpsi) 15
3.3.7 Adsorpsi Asam Lemak Bebas pada Variasi Massa Adsroben 15
3.3.8 Penenuan Kadar Asam Lemak Bebas (setelah adsorpsi) 16

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Pembuatan Adsorben dari Cangkang Telur Ayam 17

4.2 Karakterisasi Cangkang Telur Ayam dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) 19
4.3 Aktivasi Adsorben 21
4.4 Uji Daya Serap Iodin…….22
4.5 Karakterisasi Cangkang Telur Ayam dengan *Gas Sorption Analyzer* (GSA) 24
4.6 Preparasi *Crude Palm Oil* (CPO) 25
4.7 Penentuan Asam Lemak Bebas sebelum Adsorpsi 27
4.8 Hasil Adsorpsi Asam Lemak Bebas *Crude Palm Oil*..... 29

BAB V SIMPULAN DAN SARAN 32
5.1 Simpulan..... 32
5.2 Saran 32

DAFTAR PUSTAKA 33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Cangkang Telur Ayam 6
Gambar 2. 2 Pola XRD $CaCO_3$ komersial dan limbah cangkang telur ayam yang dikalsinasi pada suhu 800ºC selama 1 hingga 4 jam (Pornchai *et al*., 2016) 12
Gambar 4. 1 Pemisahan lapisan membran pada cangkang telur ayam 17
Gambar 4. 2 Proses penggerusan (a), serbuk hasil pengayakan (b) 18
Gambar 4. 3 Adsorben hasil kalsinasi suhu 800ºC (a), adsorben hasil kalsinasi suhu 850ºC (b) 18
Gambar 4. 4 Pola XRD cangkang telur ayam pada suhu kalsinasi 800ºC dan 850ºC 21
Gambar 4. 5 Aktivasi adsorben menggunakan larutan $NaHCO_3$ 22
Gambar 4. 6 Perendaman adsorben dengan larutan iodin 23
Gambar 4. 7 CPO sebelum *degumming* 25
Gambar 4. 8 Gum yang dipisahkan 26
Gambar 4. 9 CPO setelah *degumming* 26
Gambar 4. 10 Pemanasan etanol netral 27
Gambar 4. 11 Reaksi hidrolisis trigliserida (Legasari *et al*., 2020) 28
Gambar 4. 12 Hasil titrasi 28
Gambar 4. 13 Efisiensi adsorpsi pada variasi massa adsorben 30
Gambar 4. 14 Hasil CPO setelah adsorpsi 31

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Syarat Mutu *Crude Palm Oil* (CPO) Berdasarkan SNI 2901-2021 7
Tabel 2. 2 Komposisi Asam Lemak Bebas Pada Minyak Sawit 10
Tabel 4. 1 Rendemen Adsorben CaO pada suhu 800ºC dan 850ºC 19
Tabel 4. 2 Angka Daya Serap Iodin 23
Tabel 4. 3 Hasil Karakterisasi Cangkang Telur Ayam dengan *Gas Sorption Analyze*r (GSA) 24
Tabel 4. 4 Hasil Uji Asam Lemak Bebas Sebelum Adsorpsi 29
Tabel 4. 5 Hasil Adsorpsi Menggunakan Variasi Massa Adsorben 29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian 38
Lampiran 2. Perhitungan 42
Lampiran 3. Hasil Uji 54

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas utama penghasil minyak nabati yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan berperan penting dalam berbagai sektor industri serta kebutuhan sehari-hari manusia. Minyak nabati yang dihasilkan dari buah kelapa sawit terdiri dari dari *Crude palm kernel oil* (CPKO) yang berasal dari inti buah kelapa sawit (*endocarp*) dan *crude palm oil* (CPO) atau sering dikenal minyak sawit kasar yang berasal dari daging buah (*mesocarp*) (Sujadi *et al*.,2017). CPO digunakan sebagai bahan baku minyak goreng karena mengandung senyawa α- dan β-karoten, serta antioksidan seperti tokoferol dan tokotrienol (Rifin, 2017). Menurut Harahap *et al*., (2020) CPO mengandung trigliserida sebesar 93%, digliserida sebesar 4,5% dan monogliserida sebesar 0,9%. CPO juga mengandung pengotor seperti asam lemak bebas, gum serta fosfolipid dan glikolipid.

Kandungan asam lemak bebas di dalam minyak menunjukkan tingkat kerusakan minyak tersebut akibat pemecahan trigliserida dan oksidasi asam lemak (Ilmi *et al*., 2015). Tingginya kandungan asam lemak bebas akan menghasilkan bau tengik, rasa yang tidak enak dan menyebabkan warna gelap pada minyak, jika di konsumsi dapat menimbulkan rasa gatal ditenggorokan (Silalahi *et al*., 2017). Pengaruh minyak dan lemak terhadap kesehatan juga dapat memicu peningkatan kadar kolestrol dalam darah dan memicu penyakit jantung (Fanani dan Ningsih, 2018). Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 2901-2021 kandungan asam lemak bebas tidak lebih dari 5% (BSN, 2021).

Penurunan kadar asam lemak bebas pada CPO dapat dilakukan dengan metode adsorpsi, menggunakan cangkang telur ayam sebagai adsorbennya. Ketersediaan cangkang telur ayam sebagai limbah organik sangat melimpah, namun potensinya masih belum maksimal dalam pengelolaan limbah yang berkelanjutan. Penggunaan cangkang telur sebagai adsorben sangat ekonomis karena kandungan kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang tinggi, mencapai (98,41%), $MgCO_3$ (0,84%) dan $Ca(PO_4)_2$ (0,75%) (Jamila, 2014). Kalsium karbonat memiliki

struktur berpori efektif dalam menarik polutan, seperti pada minyak CPO, sehingga dapat berfungsi sebagai adsorben yang efisien (Almahibi *et al*., 2024).

Penelitian yang dilakukan oleh Pornchai *et al*., (2016), kandungan CaO pada cangkang telur ayam di kalsinasi pada suhu 800ºC selama 1 hingga 4 jam berturut-turut yaitu 97,9%. 98,0%, 97,9% dan 97,9%, dimana seluruh sampel sepenuhnya berubah menjadi fase kristal CaO. Cangkang telur ayam yang melalui pemanasan pada suhu 900ºC selama 6 jam mengandung 94,81% CaO (Gago *et al*., 2021) dan memiliki 7.000 - 17.000 pori (Salman, 2012). Cangkang telur ayam non aktivasi memiliki luas permukaan sebesar 12,9553 m^2/g sedangkan yang diaktivasi fisika pada suhu 600ºC sebesar 2700,98 m^2/g (Jasinda, 2013). Selain memiliki banyak pori dan luas permukaan yang besar, CaO memiliki struktur heksagonal dengan kisi-kisi yang di selingi oleh ion-ion seperti H^+ dan Na^+ (Khopkar, 2000 dalam Fitriyana dan Safitri, 2015)

Menurut penelitian Almahibi *et al*., (2024) adsorben cangkang telur ayam dapat menurunkan kadar asam lemak bebas dalam CPO yaitu sebesar 13,23% menjadi 5,09% dan bilangan peroksida sebesar 11,66 mek O_2/kg menjadi 5,00 mek O_2/kg. Penggunaan adsorben cangkang telur ayam juga dilakukan oleh Fitriyana dan Safitri (2015) untuk meningkatkan kualitas minyak goreng bekas dengan penurunan asam lemak bebas sebesar 91%. Adsorben cangkang telur ayam juga digunakan untuk mengadsorpsi logam timbal dengan efektivitas penyerapan sebesar 99,98% (Misfadhila *et al*., 2018).

Dalam proses adsorpsi, aktivasi kimia juga diperlukan untuk membersihkan pori-pori adsorben dari zat pengotor. Penelitian Maruni *et al*., (2022) natrium bikarbonat ($NaHCO_3$) dapat digunakan sebagai aktivator karena kemampuannya melepaskan gas CO_2 dan sifatnya ramah lingkungan. Penggunaan aktivator $NaHCO_3$ pada adsorben karbon aktif dari tempurung kelapa diperoleh hasil terbaik berada pada karbon aktif 4% dengan daya serap iodin sebesar 437,07 mg/g dan daya serap *metilen blue* sebesar 734,5 mg/g serta efektivitas adsorpsi sebesar 99,01%.

Penelitian ini menggunakan cangkang telur ayam sebagai adsorben. Adsorpsi asam lemak bebas pada CPO dilakukan dengan memvariasikan suhu kalsinasi (800℃ dan 850℃), variasi aktivator natrium bikarbonat (3%, 4% dan 5%)

serta variasi massa adsorben (0,1; 0,5; dan 0,9 gram). Karakterisasi serbuk cangkang telur ayam setelah di kalsinasi dilakukan dengan pengujian *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui fasa, struktur kristal, dan komposisi dalam cangkang telur ayam serta karakterisasi *Gas Sorption Analyzer (*GSA) untuk mengetahui luas permukaan spesifik, volume pori, dan distribusi ukuran pori setelah diaktivasi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka permasalahan pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh suhu kalsinasi cangkang telur ayam terhadap karakteristik kalsium oksida (CaO) yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi aktivator natrium bikarbonat terhadap daya adsorpsi asam lemak bebas pada CPO?
3. Bagaimana pengaruh massa adsorben terhadap daya adsorpsi asam lemak bebas pada CPO?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh suhu kalsinasi terhadap karakteristik CaO yang dihasilkan dari cangkang telur ayam
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator natrium bikarbonat terhadap daya adsorpsi asam lemak bebas pada CPO
3. Mengetahui pengaruh massa adsorben terhadap daya adsorpsi asam lemak bebas pada CPO

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi ilmu pengetahuan, yaitu berupa data pengaruh suhu kalsinasi, konsentrasi aktivator dan massa adsorben optimum terhadap daya adsorpsi asam lemak bebas dari adsorben cangkang telur ayam untuk meningkatkan kualitas dan harga jual minyak sehingga memenuhi standar yang telah ditetapkan, serta memberikan informasi mengenai manfaat cangkang telur ayam sebagai adsorben yang dapat membantu pengelolaan limbah

organik secara berkelanjutan dan mengurangi dampak lingkungan dari pembuangannya.