



ADSORPSI ASAM LEMAK BEBAS CPO DENGAN ADSORBEN DARI LIMBAH CANGKANG KULIT TELUR AYAM

Saif Almahibi, Rizka Nurlaila*, Suryati, Muhammad, Syamsul Bahri

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh

Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

Korespondensi: e-mail: rizka.nurlaila@unimal.ac.id

Abstrak

*Penggunaan limbah cangkang telur ayam sangat efisien, praktis mengingat besarnya pemanfaatan telur sehingga cenderung dimanfaatkan sebagai sumber adsorben, kandungan CaCO_3 yang tinggi berpotensi dapat menghilangkan Minyak Sawit Kasar. Minyak CPO merupakan minyak bumi mentah, dan juga masih mengandung kadar degradasi yang tinggi dan lemak tak jenuh bebas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh massa adsorben dan waktu kontak terhadap sifat lemak tak jenuh bebas, nilai peroksida dan kadar air dalam CPO. Untuk eksplorasi ini, cangkang telur ayam digiling terlebih dahulu, kemudian dikalsinasi pada suhu 800°C selama 2 jam dan tidak diaktivasi secara artifisial dengan menggunakan HCl. **Penelitian ini sudah dilakukan sebelumnya, yang belum adalah dengan variasi waktu dan konsentrasi pada media nya, dan juga jenis pada medianya saj yaitu menggunakan cangkang telur dan minyak CPO.** Minyak CPO yang sudah jadi kemudian ditambahkan adsorben aktif dengan variasi dalam massa adsorben 10 gram; 20 gram; 30 gram; Terlebih lagi 40 gram, lalu diaduk menggunakan pengaduk dengan kecepatan 750 rpm dengan variasi waktu kontak 30 menit; satu jam; satu jam setengah; juga, 120 menit. Hasil terbaik dari pengujian ini pada massa adsorben 40 gram dengan musim kontak 120 menit diperoleh penurunan kadar FFA sebesar 13,23% menjadi 5,09%, penurunan kadar air sebesar 1,2468% menjadi 0,15%, nilai peroksida sebesar 11,66. mek O_2/kg menjadi 5,00 mek O_2/kg .*

Kata Kunci : Adsorben, Adsorpsi, Cangkang telur ayam, FFA, minyak CPO

DOI : <https://doi.org/10.29103/cejs.v4i1.14784>

1. Pendahuluan

Cangkang telur adalah bagian paling luar yang menyelimuti isi telur dan fungsinya untuk memperkecil kecacatan fisik maupun alami, dan dilengkapi liang renik tipis berfungsi untuk perdagangan gas dalam dan luar cangkang telur (Sumarni dan Djuarnani, 1995). Penyusun cangkang telur yakni 98,2% Ca, 0,9%

Mg dan 0,9% P (Stadelman dan Cotteril, 1973). Di cangkang telur ditemukan dua lapisan, yaitu membran cangkang telur (outer shell membrane) dan membrane albumen (inner shell membrane) yang berguna menjaga isi telur dari tidak terfilternya bakteri pada luar telur (Kurtini et al., 2011).

Penggunaan buangan cangkang telur ayam sangat tepat dan ekonomis karena banyak penggunaan telur akibatnya bisa bermanfaat menjadi contoh sumber adsorben, CaCO_3 yang tinggi kemungkinan dapat mensanitasi minyak CPO. Cangkang telur dapat bermanfaat untuk retensi yang baik, karena mengandung CaCO_3 tingkat tinggi, khususnya 90,9% dan memiliki contoh terowongan kecil yang khas. Kalsium karbonat dikenang sebagai adsorben polar. CaCO_3 memiliki sifat skematis dan tidak berbobot, dimana konstruksinya memiliki ruang internal yang lebih besar dibandingkan campuran lainnya. Partikel-partikel pada tingkat superfisial mempunyai gaya tarik internal, dimana polutan dalam minyak CPO akan ditarik oleh atom-atom permukaan CaCO_3 . menunjukkan bahwa limbah mungkin dapat dimanfaatkan sebagai jalur biosorben yang mudah pada adsorpsi.

Adsorpsi adalah teknik yang umum karena biayanya, kemudahan penggantian, dan desain yang mudah. Teknik adsorpsi secara keseluruhan merupakan suatu strategi dimana suatu zat secara tersusun disatukan pada lapisan terluar bahan adsorpsi (adsorben).

2. Bahan dan Metode

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu:

2.1 Alat

Mortar, *Furnace*, *Magnetic Stirrer*, Kertas Saring, Oven, Ayakan 50 mesh, Erlenmeyer 250 ml, *Hot Plate*.

2.2 Bahan

Cangkang Telur ayam, Indikator PP1%, KOH 0,1 N, CPO, Etanol 96%, Kloroform, Larutan Wijs, Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, Sikloheksana, Asam Asetat.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Adsorben Cangkang Telur

Adsorben berbahan dasar cangkang telur ayam dibuat dengan cara kalsinasi yang merupakan aktivasi fisik. Cangkang telur ayam yang telah dikeluarkan dari selaputnya, dikeringkan, kemudian dihancurkan hingga berukuran 50 mesh dalam tungku selama dua jam pada suhu 800 oC. Menghubungi suatu massa adsorben yang bervariasi dengan 100 mililiter CPO menghasilkan proses adsorpsi (10 gram; 20 gram; 30 gram dan 40 gram) dengan lama waktu yang bervariasi (60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit) pada suhu yang bervariasi. suhu konstan 30 oC (suhu kamar). Setelah itu dilakukan pengayakan untuk mengisolasi adsorben dari minyak CPO yang telah diadsorpsi.

Uji Asam Lemak Bebas

Sampel sebanyak ± 2 g dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL, lalu penambahan 10 mL etanol 96% netral. Campuran tersebut dihangatkan pada hot plate sembari Campur dengan pengaduk atraktif selama 5 menit hingga susunannya homogen, lalu Tambahkan 2-3 tetes pointer PP 1% lalu titrasi dengan susunan KOH 0,1 N, hingga variasi berubah menjadi merah muda sebagai titik akhir titrasi (SNI,2013)

$$\text{Bilangan FFA} = \frac{V \times N \text{ KOH} \times 56,1}{\text{bobot sampel (gram)}} \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

V KOH = Volume KOH (ml)

N KOH = Normalitas KOH (meq/ml)

56,1 = Berat Ekuivalen KOH (mg/meq)

Uji Kadar Air (Metode Gravimetri)

cawan dihangatkan lalu ditimbang menentukan berat piring yang belum terisi, kemudian muncul contoh ± 2 g piring yang diketahui beratnya. Kemudian masukkan ke broiler selama $\pm 3-5$ jam pada suhu 105 °C. Sejak saat itu, ia dimasukkan ke desikator dan diukur. Panaskan selama 15 menit kemudian dimasukkan ke desikator dan diukur. Menurut SNI (2013), perlakuan ini

dilanjutkan sampai bobotnya tetap pada atau di bawah 0,05% (atau konstan).

$$\text{Kadar Air} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- m1 = Berat guci kosong (g)
- m2 = Berat guci kosong + sampel (g)
- m3 = Berat sampel sesudah pemanasan (g)

Uji Bilangan Peroksida

CPO dipanaskan sampai mencair dan homogen. CPO ditimbang sampai muatan tertentu ke dalam guci tertutup. Tambahkan sikloheksana: asam korosif (1:1) ke dalam teko dan aduk untuk memastikan contoh terurai seluruhnya. Tutup labu, tambahkan 10 mililiter larutan Wijs, lalu aduk hingga adonan merata. Guci tersebut disimpan pada ruang tanpa cahaya 30 menit di suhu ruangan. teko ditambahkan 10 mL larutan KI dan 100 mL air sulingan kemudian dititrasi oleh larutan Na₂S₂O₃ 0,1N secara bertahap. Titrasi dilakukan nyaris warna kuning hampir hilang, kemudian ditambahkan 1-2 mL larutan kanji dan titrasi lalu hingga warna biru hilang seluruhnya. Blanko digunakan dengan cara mirip seperti sampel untuk setiap jenis sampel. Bilangan iod ditentukan oleh kondisi berikut:

$$\text{Bilangan Peroksida} = \frac{\text{Titration (B-S)} \times N \times 12,69}{W} \dots\dots\dots (3)$$

B = Volume Titrasi Blanko (ml)

N = Normalitas Natrium Tiosulfat

S = Volume Natrium Tiosulfat

W = Berat Contoh (gr)

3. Hasil dan Diskusi

Eksplorasi ini diarahkan di Balai Penelitian Perancangan Zat, Tenaga Perancang, pada bulan Mei-Juni dengan menggunakan teknik pemeriksaan senyawa kuantitatif yang disebut Titrasi (titrimetri). Kajian ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu perakitan adsorben cangkang telur ayam dan interaksi adsorpsi minyak jelantah. Hasil pemeriksaan yang akan diteliti adalah kadar FFA, kadar air, kadar peroksida. Hasil yang didapat dari eksplorasi yang telah selesai adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Data Minyak CPO Sebelum Adsorpsi

| No. | Karakteristik minyak | Nilai |
|-----|------------------------------|------------------------------|
| 1. | <i>Free Fatty Acid (FFA)</i> | 13,23% (13.230 mg/L) |
| 2. | Kadar Air | 1,2468 % |
| 4. | Bilangan Peroksida | 11,67 mek O ₂ /Kg |

Pengujian Kadar FFA

Berdasarkan eksplorasi yang telah dilakukan, maka dilakukan pengujian terhadap kandungan FFA pada Tabel 4.2

Tabel 2 Data hasil pengujian FFA setelah adsorpsi

| Run | Massa Adsorben (gr) | Waktu Adsorpsi (menit) | FFA | |
|-----|------------------------|---------------------------|------|-----------|
| | | | % | mg/L |
| 1. | 10 | 30 | 9,10 | 91.015,80 |
| 2. | | 60 | 8,94 | 89.455,50 |
| 3. | | 90 | 8,81 | 88.182,12 |
| 4. | | 120 | 8,85 | 88.518,42 |
| 5. | 20 | 30 | 7,61 | 76.130,56 |
| 6. | | 60 | 7,98 | 69.849,05 |
| 7. | | 90 | 7,61 | 66.128,10 |
| 8. | | 120 | 7,43 | 64.309,05 |
| 9. | 30 | 30 | 6,30 | 63.078,96 |
| 10. | | 60 | 6,94 | 69.481,65 |
| 11. | | 90 | 6,61 | 66.181,53 |
| 12. | | 120 | 6,09 | 60.931,84 |
| 13. | 40 | 30 | 5,94 | 59.481,65 |
| 14. | | 60 | 5,61 | 56.181,53 |
| 15. | | 90 | 5,21 | 52.181,53 |
| 16. | | 120 | 5,09 | 50.931,84 |

Pengujian Kadar Air

Berdasarkan pemeriksaan yang telah selesai, diperoleh hasil pengujian kadar air dengan menggunakan kompor pada suhu 110oC selama 2 jam. Hasil perhitungan menunjukkan kadar air sebelum adsorpsi sebesar 0,58% dan setelah adsorpsi terlihat pada Tabel 4.3

Tabel 3 Data hasil pengujian Kadar Air setelah adsorpsi

| Run | Massa Adsorben (gr) | Waktu Adsorpsi (menit) | Berat Minyak | | Kadar Air (%) |
|-----|------------------------|---------------------------|--------------|--------------|------------------|
| | | | Sebelum Oven | Sesudah oven | |
| 1. | 10 | 30 | 50,17 | 49,60 | 1,13 |
| 2. | | 60 | 50,13 | 49,6 | 1,05 |
| 3. | | 90 | 50,05 | 49,8 | 0,50 |
| 4. | | 120 | 50,52 | 50,30 | 0,43 |
| 5. | 20 | 30 | 50,17 | 49,60 | 1,13 |
| 6. | | 60 | 50,48 | 50 | 0,95 |
| 7. | | 90 | 50,64 | 49,9 | 1,46 |
| 8. | | 120 | 50,54 | 49,9 | 1,26 |
| 9. | 30 | 30 | 50,43 | 50,23 | 0,40 |
| 10. | | 60 | 50,67 | 50,48 | 0,38 |
| 11. | | 90 | 50,77 | 50,59 | 0,35 |
| 12. | | 120 | 50,85 | 50,69 | 0,32 |
| 13. | 40 | 30 | 50,64 | 50,49 | 0,30 |
| 14. | | 60 | 50,48 | 50,34 | 0,28 |
| 15. | | 90 | 50,95 | 50,84 | 0,21 |
| 16. | | 120 | 50,86 | 50,78 | 0,15 |

Pengujian Bilangan Peroksida

Berdasarkan penelitian, hasil pengujian yang dilakukan berupa titrasi menggunakan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N dari perhitungan diperoleh Bilangan Peroksida sebelum adsorpsi sebesar 11,67 $\text{mek O}_2/\text{Kg}$ dan setelah adsorpsi terlihat di Tabel 4.5.

Tabel 5 Data hasil pengujian Bilangan Peroksida setelah adsorpsi

| Run | Massa Adsorben (gr) | Waktu Adsorpsi (menit) | Bilangan Peroksida (mg KOH/g) |
|-----|---------------------|------------------------|--|
| 1. | 10 | 30 | 11,00 |
| 2. | | 60 | 10,34 |
| 3. | | 90 | 10,00 |
| 4. | | 120 | 9,33 |
| 5. | 20 | 30 | 8,64 |
| 6. | | 60 | 9,00 |
| 7. | | 90 | 8,33 |
| 8. | | 120 | 7,66 |
| 9. | 30 | 30 | 7,33 |
| 10. | | 60 | 7,00 |
| 11. | | 90 | 6,67 |
| 12. | | 120 | 6,00 |
| 13. | 40 | 30 | 5,97 |
| 14. | | 60 | 5,80 |
| 15. | | 90 | 5,75 |
| 16 | | 120 | 5,00 |

4.2 Pembahasan

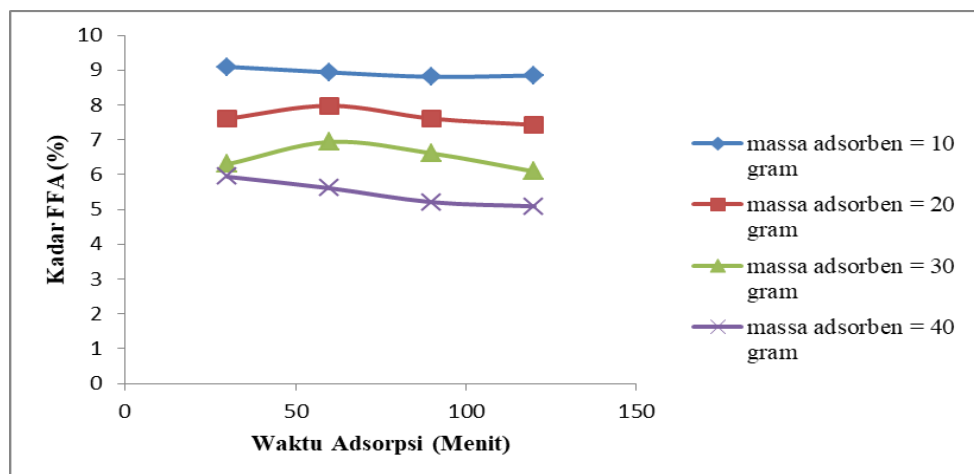
Penelitian ini bertujuan untuk memurnikan minyak CPO menggunakan adsorben dari cangkang telur ayam dengan aktivasi fisika dengan cara furnace pada suhu 800 °C. Cangkang telur ayam digunakan sebagai adsorben karena mengandung CaCO_3 sebesar 90,9% (Warsy,2016), CaCO_3 mempunyai sifat dasar dimana konstruksinya memiliki ruang ke dalam yang jauh lebih besar, partikel-partikel pada tingkat permukaan mempunyai daya tarik internal, sehingga polutan pada minyak jelantah akan tertarik oleh partikel permukaan CaCO_3 (Didar, 2017). Eksplorasi ini diselesaikan dengan korelasi berat adsorben yang berfluktuasi yaitu 10, 20, 30 dan 40 gram, serta musim penyerapan 30, 60, 90 dan 120 menit. Adsorpsi ini mencakup beberapa fase, khususnya penanganan material,

pembuatan karbon aktif, dan pemurnian minyak CPO. Aktuasi sebenarnya diharapkan dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dengan menghilangkan senyawa polusi yang menempel pada lapisan luar pori-pori adsorben.

4.2.1 Pengaruh Berat Adsorben Dan masa Adsorpsi ke Penurunan Komposisi FFA

Lemak tak jenuh bebas atau free unsaturated fats (FFA) yakni lemak tak jenuh berbentuk asam bebas dan tidak terikat sebagai minyak lemak. FFA dibuat melalui proses hidrolisis dan oksidasi. Komposisi asam (FFA) meningkat ketika minyak lebih sering digunakan. Semakin tinggi kandungan lemak tak jenuh bebas (FFA) maka sifat tersebut semakin rendah (Winarno, 2004).

(SNI 2015) menyebutkan kandungan FFA khas minyak CPO adalah 3,23 persen. Pada pengujian minyak CPO sebelum adsorpsi, kandungan FFA yang terkandung adalah sebesar 13,23%, oleh karena itu dalam ulasan ini dilakukan adsorpsi terhadap minyak CPO dengan memvariasikan berat adsorben dan waktu adsorpsi, karena sebagian besar akan menganggap normal untuk menurunkan kadar FFA, dengan tujuan agar konsekuensi dari memperkirakan kadar FFA setelah adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Hubungan Waktu penyerapan (menit) dan Massa Adsorben ke Komposisi FFA (%)

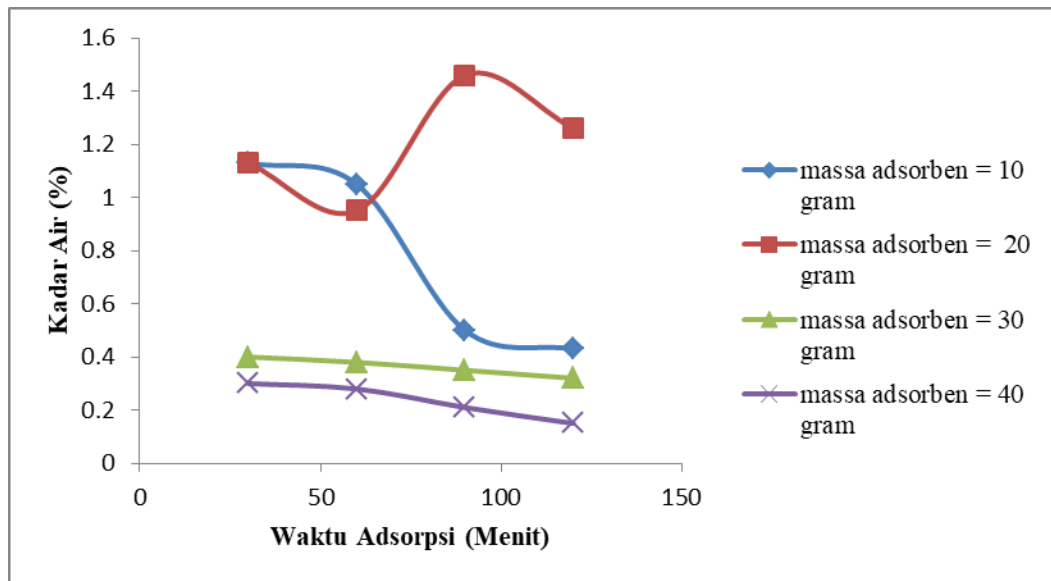
Berdasarkan Gambar 4.1 terlihat kandungan lemak paling rendah yang diperoleh sesudah adsorpsi yaitu 5,09%. Nilai ini mendekati kadar FFA (SNI 2015) , 3,23% dibandingkan dengan kadar FFA sebelum adsorpsi yaitu 13,23. %.

hasil uji kadar FFA menunjukkan bahwa massa adsorben dan waktu nya berpengaruh terhadap kandungan FFA pada minyak CPO. Jadi jika tinggi massa adsorben maka akan jadi rendah kandungan FFA pada minyak goreng bekas setelah penyerapan. Hal ini disebabkan semakin tambah massa adsorben maka akan banyak partikel dan kontak permukaan antara partikel penyerap dengan pengotor pada minyak CPO yang akan diserap, sehingga penurunan kadar asam nya mengalami tingkatan, seperti terlihat pada grafik diatas penurunan FFA tertinggi terjadi pada massa adsorben terbesar yaitu 40 gram. Hal ini diperkuat dengan pemeriksaan dilakukan oleh Baross et al (2003) yang menyatakan bahwa ketika terjadi peningkatan massa adsorben maka terjadi peningkatan persentase efisiensi penyerapan.

Dari gambaran realistis di atas bahwa waktu penyerapan juga berdampak pada berkurangnya kadar lemak tak jenuh bebas. lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat retensi dan dispersi akan terjadi bagus, tetapi semakin lama waktu kontak juga menyebabkan siklus penyerapan semakin berkurang, karena perendaman secara dinamis. dari adsorben sehingga menyerap adsorbat sampai saat ini tidak mampu. Terlihat pada Gambar 4.1, Penurunan kadar FFA yang paling penting terjadi pada varietas tersebut lama waktu paling besar yaitu 120 menit. Menurut Wijaya (2008), FFA akan menurun semakin lama waktu adsorpsi.

4.2.2 Pengaruh Berat Adsorben Dan Waktu Penyerapan ke Kadar Air

Komposisi air berperan penting pada tengiknya CPO dan juga salah satu jenis penyakit disebabkan oleh aktivitas O₂ pada lemak tak jenuh bebas di dalam produk (Bahri, 2014). Sesuai Norma Masyarakat, komposisi air dalam minyak CPO adalah 0,5%. Diagram dampak berat adsorben dan waktu penyerapan terhadap udara bahgia bisa dicermati pada Gambar 4.2



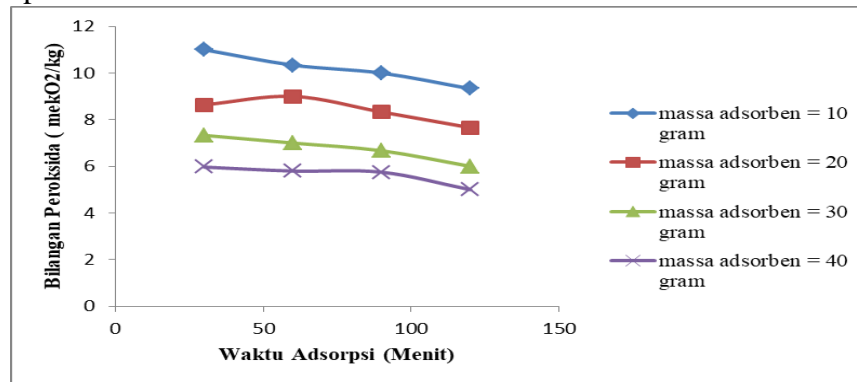
Gambar 2. Grafik koneksi Pengaruh Waktu Adsorpsi (menit) dan Massa Adsorben Terhadap Komposisi Air (%)

Kadar air CPO sebelum di adsorpsi sebesar 1,2468% dan setelah di adsorpsi diperoleh kadar air tertinggi sebesar 1,13% pada saat berat adsorben 10 gr dan waktu penyerapan 30 menit, sedangkan kadar air terendah yaitu 0,15% terjadi pada kondisi berat adsorben 40 gr dan waktu adsorpsi 120 menit. Kadar air terendah telah memnuhi kadar air pada minyak yang sudah tetap oleh (SNI 2015). Berdasarkan hasil eksplorasi terhadap uji kadar udara, terlihat bahwa massa adsorben dan masa penyerapan berpengaruh terhadap nilai komposisi udara minyak CPO. Semakin tinggi berat adsorben akan semakin kecil pula kandungan air dalam minyak tersebut. ini juga cocok dengan perkataan (Alida F. Rosita dan Wenti A. Widasari, 2009) dalam eksplorasinya yang menyatakan adsorben menahan udara pada minyak dan semakin banyak adsorben maka semakin banyak udara yang dikonsumsi. Waktu adsorpsi juga mempengaruhi kandungan udara dalam minyak, semakin lama waktu adsorpsi maka semakin rendah kandungan udara dalam minyak.

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, membuktikan adsorben cangkang telur ayam dengan aktivasi fisika dapat menurunkan kadar air pada minyak CPO, serta berat adsorben dan masa adsorpsi juga mempengaruhi penurunan kadar air CPO.

Pengaruh Berat Adsorben, Masa Penyerapan ke Nilai Peroksida

Nilai peroksida adalah satu kualitas untuk memastikan kerusakan signifikan pada CPO. Efek ganda pada lemak tak jenuh dapat menyebabkan O₂ membentuk peroksida belum sehat. Peroksida dapat mengalami reaksi lain untuk membentuk peroksida yang tidak sehat. Peroksida dapat melalui respon tambahan membentuk aldehida (Yustinah, 2017). Sesuai Norma Umum Indonesia (SNI 2015) bilangan peroksida dalam minyak CPO adalah 10 mekO₂/kg. Gambar 4.3 menggambarkan hubungan antara massa adsorben dan waktu adsorpsi serta bilangan peroksida.



Gambar 3 Grafik Hubungan Pengaruh masa Adsorpsi (menit) Dan berat Adsorben Terhadap Nilai Peroksida (%)

Gambar 4.4 terlihat seluruh nilai peroksida setelah adsorpsi pada normal telah memenuhi Pedoman Umum Indonesia yakni dibawah 10 mekO₂/kg. Setelah adsorpsi, nilai peroksida pada CPO mengalami penurunan menjadi 5,0 mekO₂/kg dari 11,66 mekO₂/kg sebelum proses. Angka tersebut merupakan bilangan peroksida tereduksi paling besar yang terdapat pada massa 40 gram dan musim adsorpsi 120 menit.

Pada hasil penelitian kadar peroksida menunjukkan berat adsorben dan masa penyerapan mempengaruhi kadarnya dalam CPO. Semakin tinggi berat adsorben jadi semakin kecil jumlah peroksida dalam CPO setelah penyerapan. ini juga cocok dengan eksplorasi (Meriatna, 2020) yang berkata seiring dengan bertambah berat adsorben, semakin banyak jumlah adsorben yang terikat dan laju penyerapan menjadi lebih tinggi.

Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, membuktikan adsorben cangkang ayam pada aktivator HCl dapat menurunkan bilangan peroksida pada minyak CPO serta dipengaruhi oleh massa adsorben dan juga waktu adsorpsi.

4. Simpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan data dan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan:

1. Hasil terbaik yang diperoleh dari pemeriksaan pada penelitian ini adalah kandungan FFA : 5,09% pada massa adsorben 40 gram dan musim kontak 120 menit
2. Hasil terbaik yang diperoleh dari pemeriksaan pada penelitian ini adalah kadar air : 0,15% dengan massa adsorben 40 gram dan musim kontak 120 menit
3. Hasil terbaik yang diperoleh dari pemeriksaan pada penelitian ini adalah Bilangan Peroksida : 5,00 mekO₂/kg pada beban adsorben 40 gram dan waktu kontak 120 menit
4. Kualitas adsorben terbaik pada dosis 40 gram dan musim kontak 120 menit mendekati pedoman SNI pada uji kadar air dan uji bilangan peroksida.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah

1. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya untuk memvariasikan suhu dan kecepatan pengadukan pada kontak adsorben.
2. Diharapkan untuk eksplorasi lanjut mencoba efektivitas adsorben dengan menggunakan aktivasi kimia dan fisika

5. Daftar Pustaka

Aminah, S 2009. *Praktek Penggorengan dan Mutu Minyak Goreng Sisa pada Rumah Tangga Rt.05 Rw. III Kedungmundu Tembalang Semarang*. Laporan penelitian Internal UNIMUS Tahun 2009. <https://doi.org/10.17728/jatp.2015.12>

- Astuti widi (2006). *Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas Pada CPO Menggunakan Zeolit alam* . Lampung: UPT Balai Pengolahan Mineral Lampung – LIPI. <https://doi.org/10.52506/jtpa.v13i02.175>
- Bassett, J., R.C. Denney, G.H. Jeffery, dan J. Mendham, (1994), *Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*, Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta. <https://doi.org/10.31602/dl.v6i2.10734>
- Bariyah, K., Andarwulan, N., & Hariyadi, P. (2017). *Pengurangan Kadar Digliserida dan Asam Lemak Bebas dalam Minyak Sawit Kasar Menggunakan Adsorben*. *Agritech*, 37(1), 49-59. <https://doi.org/10.22146/agritech.17009>
- Fitriyana, (2015). *Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam Sebagai Adsorben Untuk Meningkatkan Kualitas Minyak Jelantah*. Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda. <https://doi.org/10.20527/k.v4i1.260>
- Hidayati, C.F., Masturi dan Yulianti I. (2016). *Pemurnian Minyak Goreng Bekas Pakai (Jelantah) dengan Menggunakan Arang Bonggol Jagung*. *Jurnal Pendidikan Ilmu Fisika*, 2(1) <https://doi.org/10.26737/jipf.v1i2.67>
- Hardianti, D., Ratna, R., & Harimu, L. (2020). *Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Waktu Adsorpsi Terhadap Mutu Minyak Goreng Bekas Menggunakan Adsorben Arang Aktif Ampas Sagu (Metroxylon sago sp.)*. *Jurnal Pendidikan Kimia FKIP Universitas Halu Oleo*, 4(3), 201-211. <https://doi.org/10.37859/jp.v6i02.494>