

Pemurnian Minyak Jelantah dengan Menggunakan Adsorben Serbuk Biji Kelor Tanpa Karbonisasi dan Bentonit

Fitri Hadiah*, Tri Meliasari, Heryanto

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Jln. Raya Palembang Prabumulih Km. 32 Inderalaya Ogan Ilir (OI) 30662

*Email: giftri@yahoo.com

Abstrak

Konsumsi minyak goreng masyarakat Indonesia hingga 2017 mencapai 2,36 juta ton. Angka tersebut menunjukkan ketersediaan minyak jelantah yang sangat besar. Minyak jelantah yang telah melalui proses adsorpsi dapat bernilai ekonomis, salah satunya menjadi bahan baku untuk industri biodiesel. Adsorben yang digunakan adalah serbuk biji kelor tanpa karbonisasi (BK) dan bentonit (B). Bentonit dikombinasikan dengan serbuk biji kelor sebagai pembanding dan untuk mencari kombinasi rasio yang tepat diantara keduanya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan BK dan B dalam mengadsorpsi zat-zat yang tidak diinginkan di dalam minyak jelantah, serta untuk mengetahui isotherm adsorpsi dari proses tersebut. Sebanyak 50 g minyak jelantah dicampurkan dengan 25 g adsorben dengan variasi rasio massa BK dan B sebesar 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 dan 0:100. Aktivasi biji kelor menggunakan NaOH 1 N dan bentonit menggunakan HCl 1 N, pada suhu 90°C dan kecepatan pengadukan 100 rpm. Proses adsorpsi dilakukan pada temperatur 70°C dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Lama variasi kontak adsorpsi yaitu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Hasil terbaik pada variasi rasio BK:B yaitu 0:100, lama adsorpsi 120 menit dengan angka asam sebesar 2,77 mg KOH/g, viskositas sebesar 50,3162 mm²/s, densitas sebesar 4,5605 kg/m³, konsentrasi akhir sebesar 8,718 × 10⁻⁷ M serta kapasitas adsorpsi sebesar 2,694 × 10⁻⁶ mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa bentonit saja lebih baik dalam mengadsorpsi minyak jelantah daripada biji kelor saja atau kombinasi keduanya. Pemurnian minyak jelantah ini mengikuti isotherm Freundlich dengan nilai R² yang lebih besar daripada isotherm Langmuir.

Keywords: Adsorpsi, Bentonit, Isotherm, Minyak Jelantah, Serbuk Biji Kelor

Abstract

The cooking oil consumption of Indonesian people until 2017 was 2.36 million tons. This number showed a very large availability of waste cooking oil. Waste cooking oil that retreated by adsorption process was economically valuable. As raw material for biodiesel production was one of the utilization processes of waste cooking oil. Adsorbents that used in this study were Moringa seed powder without carbonization (BK) and bentonite (K). Bentonite that combined with Moringa seed powder was a comparison adsorbent and agent to find the appropriated ratio between both of them. The aim of this research was to analyze the effectivity of BK and B in waste cooking oil treatment, and to generate the isotherm adsorption of this process. Amount of 50 g waste cooking oil mixed with 25 g of adsorbent that had ratio of BK and B as much as 100: 0, 75:25, 50:50, 25:75 and 0: 100. Moringa seed activated with NaOH 1 N and bentonite activated with HCl 1 N at 90°C with a stirring speed of 100 rpm. The adsorption process carried out at temperature of 70°C with a stirring speed of 200 rpm. The variations of adsorption contact time were 30, 60, 90, 120, and 150 minutes. The best result was BK:B ratio of 0:100 at 120 minutes of adsorption contact time with an acid number of 2.77 mg KOH/g, viscosity of 50.3162 mm²/s, density of 4.5605 kg/m³, final concentration of 8.718 × 10⁻⁷ M and adsorption capacity of 2.694 × 10⁻⁶ mg/g. It showed that bentonite was the best adsorbent to adsorb the waste cooking oil compared to Moringa seed powder or the combination of them. The purification of waste cooking oil followed the Freundlich isotherm with the bigger value of R² than the Langmuir.

Keywords: Adsorption, Bentonite, Isotherm, Waste Cooking Oil, Moringa Seed Powder

1. PENDAHULUAN

Minyak goreng merupakan salah satu bahan pokok yang semakin menjadi perhatian pemerintah karena dapat dikatakan sebagai

bagian terpenting bagi kebutuhan konsumen lebih dari 266,91 juta jiwa penduduk Indonesia. Berdasarkan data Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) 2018, konsumsi minyak

goreng perkapita pada tahun 2017 sebesar 10,72 liter per kapita mengalami peningkatan pada tahun 2018 yaitu sebesar 10,87 liter per kapita. Industri minyak goreng memiliki potensi besar untuk terus tumbuh dan berkembang di masa depan. Kebutuhan ini akan terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan meningkatnya konsumsi per kapita jika dilihat dari angka rata-rata 25 kg/tahun konsumsi per kapita minyak nabati dunia setiap orangnya. Dengan demikian, semakin besar permintaan produksi minyak goreng maka akan semakin meningkat pula keberadaan dari minyak goreng bekas (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2017).

Minyak goreng bekas atau minyak jelantah merupakan hasil limbah dari penggunaan minyak goreng yang mana telah digunakan berulang-ulang kali dan menyebabkan mutu dari minyak tersebut terus mengalami penurunan (Ketaren, 2005; Rahayu, L.H., dkk., 2014). Pemakaian minyak jelantah yang berkelanjutan dapat merusak kesehatan manusia, menimbulkan penyakit kanker, pengendapan lemak pada pembuluh darah dan akibat lainnya yaitu dapat mengurangi kecerdasan otak. Selain berdampak pada kesehatan apabila dikonsumsi terus menerus, banyaknya minyak jelantah yang dihasilkan selama ini, juga berdampak buruk pada lingkungan karena pada umumnya hanya dibuang begitu saja. Dengan banyaknya produksi minyak jelantah tersebut, maka diperlukan upaya penanggulangan dampak dari limbah tersebut.

Salah satu alternatif dari pemecahan masalah tersebut adalah dengan menggunakan metode adsorpsi (Oscik, 1982). Metode adsorpsi merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk memperbaiki kualitas minyak jelantah, yaitu dengan mengontakkan minyak jelantah dengan suatu adsorben.

Pada penelitian sebelumnya oleh Fitriani (2018) yaitu adsorpsi minyak jelantah dengan menggunakan adsorben biji alpukat tanpa karbonisasi yang mana jauh sebelumnya juga telah ada adsorpsi minyak jelantah tersebut menggunakan biji alpukat terkarbonisasi, sama halnya dengan serbuk biji kelor untuk penelitian ini. Hasil yang didapatkan pada penelitian Fitriani tersebut bahwa adsorben biji alpukat tanpa karbonisasi mampu memurnikan minyak jelantah sehingga dapat digunakannya kembali maupun dan sesuai dengan SNI.

Penelitian Taufiq (2007) tentang pemurnian minyak goreng bekas menggunakan arang biji kelor yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai *Free Fatty Acid* (FFA) pada

minyak jelantah. Penelitian Muallifah (2009) tentang penentuan angka asam pada minyak jelantah dengan menggunakan biji kelor terkarbonisasi yang mana hasilnya menunjukkan bahwa karbon aktif memiliki kemampuan yang baik untuk mengadsorpsi minyak jelantah.

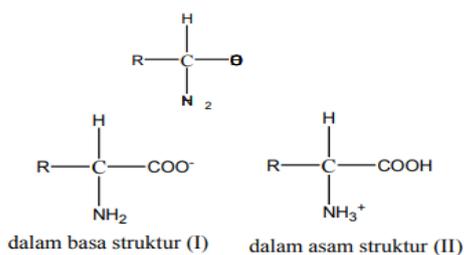
Setelah dilakukan proses adsorpsi pada penelitian ini, minyak jelantah yang telah diolah dengan baik tersebut dapat memiliki nilai jual tinggi untuk didistribusikan ke industri yang membutuhkan. Salah satu industri yang akan dituju adalah Industri Biodiesel. Hasil adsorpsi minyak jelantah tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku di industri biodiesel. Proses pemurnian minyak jelantah ini yang disebut dengan proses deasidifikasi. Tujuannya adalah untuk menghilangkan kandungan dari asam lemak bebas yang terbentuk dari reaksi hidrolisa, oksidasi, dan lain sebagainya yang mana dapat menyebabkan ketengikan dan tentunya mempengaruhi produk olahan. Hasil adsorpsi dapat langsung digunakan pada proses transesterifikasi di industri biodiesel (Adhani, L dkk., 2016).

Kelor (*Moringa oleifera L.*) adalah sejenis tumbuhan dari suku *moringaceae*. Tumbuhan kelor asli berasal dari India yang dikenal dengan nama *sohanjna*. Tumbuhan ini dapat tumbuh banyak diberbagai negara semi-tropis dan tropis salah satunya negara Indonesia. Biji kelor memiliki sifat penukar ion sehingga cocok untuk dijadikan adsorben (Aminah, S dkk., 2015).

Menurut Bertus, dkk (2017) pada analisa FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy), biji kelor memiliki lima gugus fungsional utama, yaitu gugus karbonil (C=O), gugus hidroksil (O-H), gugus amida (N-H), gugus alkena (C=C) dan gugus nitro (NO₂). Gugus fungsional ini diduga banyak terkandung dalam protein yang tersusun atas asam amino, yang utamanya terdapat pada gugus samping (-R) dari protein, sehingga dapat membuat permukaan protein tersebut bermuatan. Asam amino yang terkandung dalam protein saling berikatan melalui ikatan peptide antara gugus karboksilatnya dengan gugus amina. Dalam larutannya, asam amino dapat melepaskan ion H⁺ dari gugus karboksilatnya ketika berada di dalam air, sedangkan gugus amina akan menerima ion H⁺, sehingga kedua gugus tersebut akan bermuatan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Asam amino yang terkandung dalam protein saling berikatan melalui ikatan peptide antara gugus karboksilatnya dengan gugus amina. Dalam larutannya, asam amino dapat melepaskan ion H⁺ dari gugus karboksilatnya

ketika berada di dalam air, sedangkan gugus amina akan menerima ion H^+ , sehingga kedua gugus tersebut akan bermuatan. Apabila asam amino berada dalam air bersifat basa, maka asam amino akan terdapat dalam struktur (I) karena konsentrasi OH^- yang tinggi mampu mengikat ion-ion H^+ yang terdapat pada gugus $-NH_3^+$ pada Gambar 1. Sebaliknya apabila berada di daerah asam, maka konsentrasi ion H^+ yang tinggi mampu berikatan ion $-COO^-$, sehingga terbentuk gugus $-COOH$, seperti pada struktur (II). Maka dari itu, pada penelitian ini dipilih aktivator basa agar struktur gugusnya dapat mengadsorpsi asam lemak bebas (Bertus. 2017).



Gambar 1. Struktur Asam Amino Biji Kelor

Adsorben lainnya yaitu bentonit. Bentonit merupakan istilah dalam dunia perdagangan untuk clay yang mengandung monmorillonit (Rasyid, A. S. 2018). Kandungan utama bentonit adalah mineral monmorilonit (80%) dengan rumus kimia $[Al_{1.67}Mg_{0.33}(Na_{0.33})Si_4O_{10}(OH)_2]$. Warnanya bervariasi dari putih ke kuning, sampai hijau zaitun, coklat kebiruan. Bentonit berasal dari perubahan hidrotermal dari abu vulkanik yang disimpan dalam berbagai air tawar (misalnya, danau alkali) dan cekungan laut (fosil laut yang melimpah dan batu kapur), ditandai dengan energi pengendapan yang rendah oleh lingkungan dan kondisi iklim sedang. Berdasarkan jenis dan macamnya, bentonit dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu Na-bentonit (*swelling bentonite*) dan Ca-bentonit (*non swelling bentonite*). Na-bentonit sering dipergunakan untuk lumpur pemboran, penyumbat kebocoran bendungan pada teknik sipil, bahan pencampur pembuatan cat, bahan baku farmasi, dan perekat pasir cetak pada industri pengecoran logam. Ca-bentonit ditandai dengan kemampuan penyerapan air dan kemampuan mengembang yang rendah dan tidak mampu untuk tetap tersuspensi dalam air. Ca-bentonit adalah jenis bentonit yang digunakan dalam penelitian ini.

Bentonit mempunyai struktur berlapis dengan kemampuan mengembang (*swelling*) dan memiliki kation-kation yang dapat ditukarkan (Prasetyowati, dkk. 2011). Meskipun

lempung bentonit sangat berguna untuk adsorpsi, namun kemampuan adsorpsinya terbatas (Bath, D dkk., 2012). Kelemahan tersebut dapat diatasi melalui proses aktivasi menggunakan asam (HCl , H_2SO_4 , dan HNO_3) sehingga dihasilkan lempung dengan kemampuan adsorpsi yang tinggi. Aktivasi bentonit dengan menggunakan asam akan menghasilkan bentonit dengan situs aktif lebih besar dan keasaman permukaan lebih besar, sehingga akan dihasilkan bentonit dengan kemampuan adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan sebelum aktivasi. Bentonit memiliki sifat penukar ion, luas permukaan yang besar sehingga memungkinkan penggunaannya sebagai adsorben.

Adsorben yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah biji kelor tanpa karbonisasi yang akan dikombinasikan dengan bentonit. Menurut Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral no. 047 tahun 2006 menyatakan bahwa lama waktu karbonisasi briket harus benar-benar disesuaikan dengan berat briket yang ingin dikarbonisasikan tersebut. Dalam hal ini akan diuji apakah biji kelor mampu mengadsorpsi asam lemak bebas pada minyak jelantah menyamai kemampuan biji kelor terkarbonisasi ataupun lebih. Apabila kemampuan biji kelor tanpa karbonisasi sama ataupun melebihi dalam mengadsorpsi, maka pada pemurnian minyak jelantah selanjutnya dapat digunakan cara ini sehingga menghemat energi tanpa harus melakukan pemanasan pada suhu yang lebih tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan adsorben biji kelor tanpa karbonisasi dalam mengadsorpsi minyak jelantah dan isotrm adsorpsi yang terjadi berdasarkan Freundlich dan Langmuir.

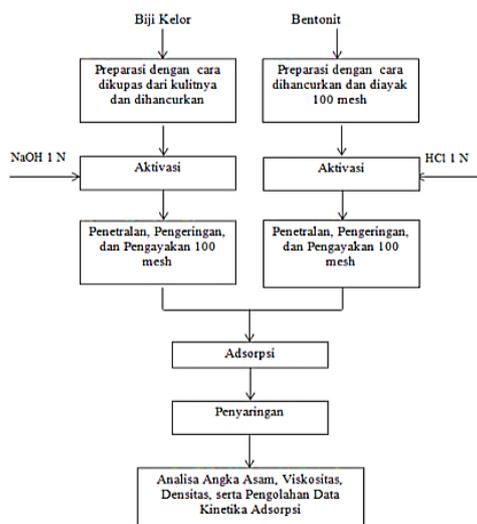
2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam pemurnian minyak jelantah ini adalah metode adsorpsi. Adsorben yang digunakan adalah serbuk biji kelor tanpa karbonisasi dan bentonit. Bagan alir metode penelitian disajikan pada Gambar 2.

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu: neraca analitis, ayakan standar ukuran 100 mesh, oven, hot plate, magnetic stirrer, erlenmeyer, gelas ukur, beaker Glass, Statif dan klem, piknometer, viskometer Ostwald, termometer, buret digital, bulp, spatula, batang pengaduk, pipet tetes, stopwatch, blender, cawan dan mortar, aluminium foil, indikator universal, kertas saring, dan corong pemisah.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu: minyak jelantah, biji kelor, bentonite, HCl 1 N, KOH 1 N, $KHC_8H_4O_4$,

indikator PP, aquadest, etanol pro analisis, kloroform, dan aseton.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Prosedur Percobaan terdiri dari tahap persiapan minyak jelantah, preparasi biji kelor dan bentonite, aktivasi biji kelor dan bentonite, dan proses adsorpsi minyak jelantah dengan menggunakan adsorben BK dan B.

1. Persiapan Minyak Jelantah

- minyak jelantah disaring menggunakan kain tipis untuk dihilangkan kotoran berupa padatan atau rempah-rempah.
- kotoran yang tidak ikut tersaring diendapkan dengan menggunakan wadah tinggi dan didiamkan selama 1 hari.
- minyak bagian atas yang telah bebas dari kotoran dipisahkan sebagai umpan pada proses adsorpsi, serta dilakukan analisa angka asam.

2. Preparasi Biji Kelor dan Bentonit

- biji kelor yang sudah tua dan kering (berwarna coklat) dikupas dari kulitnya.
- biji kelor tersebut dihancurkan hingga halus dan diayak dengan ayakan 100 mesh
- bentonit dihancurkan dan diayak dengan ayakan 100 mesh

4. Aktivasi Biji Kelor

- biji kelor diayak berukuran 100 mesh dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi larutan NaOH 1 N, pemanasan dilakukan selama 2 jam pada suhu $\pm 90^{\circ}\text{C}$ sambil terus diaduk dengan kecepatan 100 rpm.
- biji kelor disaring dan dicuci dengan aquadest hingga pH air pencuci ≥ 6
- biji kelor yang telah dicuci dimasukkan ke dalam oven untuk dikeringkan dengan suhu 105°C selama 4 jam.

- biji kelor yang telah kering dihaluskan dan diayak kembali hingga berukuran 100 mesh.

5. Aktivasi Bentonit

- bentonit berukuran 100 mesh dimasukkan ke dalam gelas kimia yang berisi larutan HCl 1 N dan dipanaskan selama 2 jam pada suhu $\pm 90^{\circ}\text{C}$ sambil terus diaduk 100 rpm.
- bentonit disaring dan dicuci dengan aquadest hingga pH air pencuci sebesar ≥ 4
- bentonit yang telah dicuci dimasukkan ke dalam oven untuk dikeringkan dengan suhu 105°C dalam waktu selama 4 jam.
- bentonit yang telah kering di haluskan dan diayak kembali hingga berukuran 100 mesh.

6. Proses Adsorpsi Minyak Jelantah

- sebanyak 50 gram sampel minyak jelantah dipanaskan hingga mencapai suhu 70°C dan dipertahankan panasnya
- sebanyak 25 gram adsorben biji kelor dan bentonite dengan rasio (%) : 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 ditambahkan ke dalam minyak jelantah, kemudian diaduk selama 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit, dengan kecepatan pengadukan 200 rpm.
- selanjutnya minyak hasil adsorpsi disaring dan diambil sampel untuk dianalisa.

Analisa yang digunakan dalam penelitian ini adalah Analisa angka asam, viskositas, densitas, konsentrasi akhir, dan kapasitas adsorpsi.

a. Angka Asam

Minyak dengan berat $\pm 0,5$ gr, ditambahkan dengan 1:1 kloroform dan etanol, serta 3 tetes indikator pp, dititrasi dengan menggunakan KOH 0,1 yang telah distandarisasi. Rumus yang digunakan disajikan pada persamaan (1). V adalah volume larutan KOH dalam alkohol yang dibutuhkan pada titrasi (ml), N adalah normalitas eksak larutan KOH dalam alkohol, dan m adalah berat minyak (g).

$$\text{AngkaAsam} = \frac{56,1 \times V \times N \text{ mg KOH} / \text{g biodiesel}}{m} \quad (1)$$

b. Viskositas

Digunakan alat viskometer ostwald pada temperatur 40°C yang memiliki nilai C sebesar $0,09841 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ dan dicatat waktu alirnya. Rumus yang digunakan dituliskan pada persamaan (2). η adalah viskositas kinematik

(cSt), C adalah konstanta viskometer kapiler (cSt/s), dan t adalah waktu alir (s)

$$\eta = C \times t \quad (2)$$

c. Densitas

Digunakan piknometer 5 ml untuk mengukur nilai densitas minyak. Rumus yang digunakan disajikan pada persamaan (3). ρ adalah massa jenis (g/cm^3), m_2 adalah massa piknometer berisi (g), m_1 adalah massa piknometer kosong (g), dan v adalah volume piknometer (ml).

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{v} \quad (3)$$

d. Konsentrasi

Dititrasi minyak dengan menggunakan NaOH 1 N. Rumus yang digunakan sesuai persamaan (4). n_1 adalah molaritas analit (M), v_1 adalah volume analit (l), n_2 adalah molaritas titran (M), dan v_2 adalah volume titran (l).

$$n_1 v_1 = n_2 v_2 \quad (4)$$

e. Kapasitas Adsorpsi

Konsentrasi minyak pada analisa sebelumnya digunakan untuk menghitung kapasitas adsorpsi adsorben yang dalam hal ini ditunjukkan pada rumus (5). Q_e adalah Jumlah adsorbat yang terserap per satuan berat adsorben (mg/g), C_0 adalah konsentrasi awal adsorbat (mg/l), C_e adalah konsentrasi akhir adsorbat (mg/l), m adalah berat adsorben (g), dan v adalah volume adsorbat (l).

$$Q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V \quad (5)$$

f. Isoterm Adsorpsi

Model isoterm adsorpsi yang dikembangkan terdiri dari isotherm Langmuir dan Freundlich.

1. Isoterm Langmuir

Isoterm Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorben maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat pada permukaan adsorben (Ruthven, 1984; Chiou, dkk., 2013.), seperti disajikan pada persamaan (6). C_e adalah konsentrasi *equilibrium* (mg/l), Q_e adalah adsorbat yang terserap pada saat *equilibrium* (mg/g), K_L adalah konstanta Langmuir ($1/\text{mg}$), dan Q_m adalah kapasitas adsorpsi (mg/g). Pada grafik isotherm langmuir dengan $1/Q_e$ sebagai sumbu y dan $1/C_e$ sebagai sumbu x akan diperoleh persamaan garis ($y = bx+a$) yang akan menentukan nilai Q_m dan K_L , dimana Q_m adalah $1/a$ sedangkan K_L adalah nilai b .

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_m} C_e + \frac{1}{K_L Q_m} \quad (6)$$

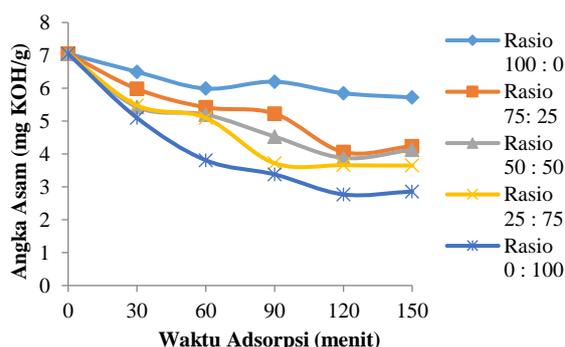
2. Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich menggambarkan adsorpsi jenis fisika dimana adsorpsi terjadi pada beberapa lapis dan ikatannya tidak kuat. Isoterm Freundlich juga mengasumsikan bahwa tempat adsorpsi bersifat heterogen. Cara konvensional untuk menyatakan isoterm *freundlich* diberikan persamaan (7) (Sawyer dkk, 1994). Q_e adalah jumlah adsorbat pada permukaan (mg/g), C_e adalah konsentrasi *equilibrium* (mg/l), K_f dan n adalah konstanta Freundlich. Dari data percobaan laboratorium yang diperoleh diplot dengan $\ln(Q_e)$ sebagai sumbu y dan $\ln C$ sebagai sumbu x. Grafik yang diperoleh adalah garis linear dengan *slope* = $1/n$ dan *intercept* = $\ln K_f$ (Sawyer dkk, 1994).

$$Q_e = K_f \cdot C_e^{1/n} \quad (7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Rasio Adsorben dan Waktu Adsorpsi terhadap Angka Asam

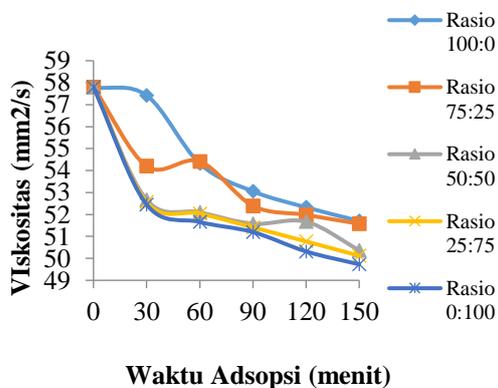


Gambar 3. Pengaruh rasio adsorben dan waktu adsorpsi terhadap angka asam

Pada Gambar 3 ditunjukkan pengaruh rasio adsorben dan waktu adsorpsi terhadap angka angka asam. Angka asam sebelum adsorpsi adalah 7,05 mg KOH/gr. Pada rasio 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, dan 0:100 didapatkan angka asam terendah pada rasio adsorben 0:100 di waktu adsorpsi 120 menit yaitu 2,77 mg KOH/gr, sedangkan angka asam tertinggi ditunjukkan pada waktu adsorpsi 30 menit rasio 100:0 yaitu 6,5 mg KOH/gr. Pada penelitian Dahlan, dkk (2013) dalam penggunaan karbon aktif dari biji kelor dapat memurnikan minyak jelantah, didapatkan angka asam terendah yaitu 1,024 mg KOH/gr yang mana hal ini membuktikan serbuk biji kelor terkarbonisasi memiliki kemampuan adsorpsi asam lemak bebas lebih tinggi dari pada serbuk biji kelor tanpa karbonisasi.

Dari kelima rasio pada penelitian ini, terjadi penurunan dari waktu adsorpsi 30 menit hingga 120 menit. Namun pada waktu adsorpsi 150 menit tidak terjadi penurunan. Pada waktu adsorpsi 150 menit terjadi kenaikan dari angka asam saat 120 menit ataupun penurunan yang tidak terlalu besar (stabil). Hal ini disebabkan karena pada waktu adsorpsi minyak jelantah selama 150 menit tersebut, adsorben telah jenuh sehingga adsorben tersebut mendesorpsi (melepaskan) asam lemak bebas. Maka, waktu optimal adsorpsi minyak jelantah menggunakan adsorben biji kelor dan bentonit adalah waktu kontak 120 menit.

3.2. Hubungan Rasio Adsorben dan Waktu Adsorpsi terhadap Viskositas Kinematik dan Densitas Minyak



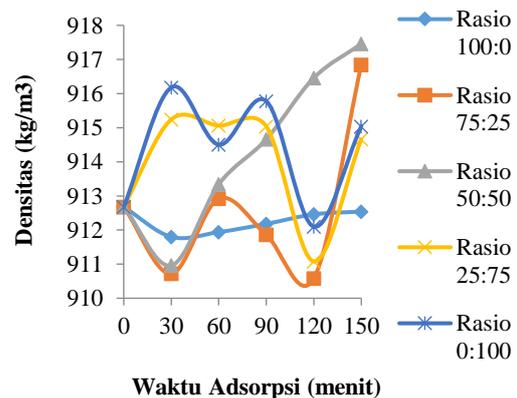
Gambar 4. Hubungan waktu adsorpsi terhadap viskositas kinematik

Pada Gambar 4 ditunjukkan hubungan waktu adsorpsi terhadap viskositas kinematik. Pada rasio 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, dan 0:100 didapatkan nilai viskositas yang semakin menurun dari 30, 60, 90, 120, sampai 150 menit. Terkecuali pada rasio 75:25 dengan waktu adsorpsi 60 menit dan rasio 50:50 dengan waktu adsorpsi 120 menit, terjadi kenaikan nilai viskositas. Minyak jelantah yang digunakan sudah mengalami masa simpan kurang lebih 4 bulan tanpa pemakaian lagi. Terakhir kali minyak tersebut digunakan penjual untuk menggoreng, viskositasnya menurun dari nilai viskositas minyak goreng baru seharusnya karena telah melewati proses penggorengan berulang kali. Namun, lama penyimpanan minyak mempengaruhi viskositasnya sehingga menjadi viskositasnya sebelum adsorpsi tinggi yaitu 57,7962 mm²/s.

Hal ini dikarenakan perubahan nilai viskositas disebabkan adanya reaksi oksidasi karena pengaruh cahaya dan oksigen pada saat penyimpanan minyak yaitu di dalam botol gelas transparan, sama seperti tempat penyimpanan

sampel minyak jelantah pada penelitian yang sedang dilakukan. Cahaya merupakan akselerator terhadap timbulnya ketengikan. Kombinasi oksigen dan cahaya dapat mempercepat proses oksidasi sehingga menyebabkan terjadinya degradasi pada senyawa-senyawa. Terjadinya reaksi oksidasi dimulai dengan pembentukan radikal asam lemak kemudian dilanjutkan dengan pembentukan rantai panjang pada alkana sehingga menyebabkan kenaikan nilai viskositas setiap minggu dan bulannya.

Minyak tersebut kembali menurun viskositasnya saat setelah dilakukan adsorpsi dikarenakan radikal asam lemak dari reaksi oksidasi sebelumnya di dalam minyak tersebut diserap oleh adsorben sehingga tidak terbentuk rantai panjang pada alkanya dan viskositas menurun. Hal ini juga karena pada suhu tinggi, gerakan partikel dalam larutan lebih cepat sehingga viskositasnya menurun. Pemanasan pada proses adsorpsi cukup tinggi yaitu 90°C.



Gambar 5. Hubungan waktu adsorpsi dan rasio adsorben terhadap densitas

Viskositas terendah terdapat pada 0:100 di 150 menit yaitu 49,7275 mm²/s karena adsorben bentonit 25 gr dalam sampel tersebut mampu maksimal mengadsorpsi asam lemak bebas didukung dengan pemanasan suhu tinggi. Lalu, viskositas tertinggi terdapat pada data 100:0 di 30 menit yaitu 57,4207 mm²/s karena adsorben biji kelor yang digunakan tidak maksimal dalam mengadsorpsi asam lemak bebas dan pemanasan suhu tinggi terbilang cepat yaitu 30 menit.

Gambar 5 menunjukkan hubungan waktu adsorpsi terhadap densitas. Nilai densitas sebelum adsorpsi adalah 912,680 kg/m³. Pada gambar tersebut ditunjukkan data densitas yang bervariasi. Densitas yang tinggi ataupun penurunan dan kenaikan tidak stabil kemungkinan besar dipengaruhi oleh tahap pemurnian itu sendiri. Tahap pemurnian yang

kurang baik dapat menyebabkan densitas dalam proses adsorpsi bervariasi. Densitas yang semakin meningkat ditunjukkan oleh rasio adsorben 50:50. Densitas yang stabil ditunjukkan oleh rasio adsorben 100:0. Densitas yang tidak stabil ditunjukkan oleh rasio adsorben 75:25, 25:75, dan 0:100.

Nilai kerapatan atau densitas mengalami penurunan dari minyak goreng yang sebelum dipakai berulang-ulang. Pada dasarnya nilai ukuran kerapatan yang diperoleh pada sampel minyak goreng mengalami penurunan seiring dengan lamanya proses penggorengan. Hal ini disebabkan karena partikel-partikel penyusun minyak goreng tersebut mengalami perenggangan selama proses penggorengan. Sehingga kerapatan minyak goreng yang digunakan semakin sering dipakai semakin kecil. Pada dasarnya, suhu berbanding terbalik dengan massa jenis zat. Semakin lama berada di suhu tinggi maka semakin kecil massa jenis zatnya. Ketika suhu meningkat, molekul pada zat cair akan bergerak cepat diakibatkan oleh tumbukan antar molekul, akibatnya molekul dalam zat cair akan meregang dan massa jenis akan semakin kecil. Maka dapat disimpulkan bahwa apabila minyak berada pada temperatur yang tinggi dalam waktu lama seperti dalam hal menggoreng, maka densitas akan menurun. Begitu pula yang terjadi pada viskositas. Ketika densitas naik, maka viskositas naik. Dan ketika densitas turun, maka viskositas turun.

3.3. Pengaruh Rasio Adsorben & Waktu Adsorpsi terhadap Warna Minyak



Gambar 6. (a) Minyak jelantah sebelum adsorpsi, (b) Minyak hasil adsorpsi pada rasio 100:0 di waktu 120 menit

Gambar 6(a) menunjukkan gambaran fisik dari minyak jelantah pada penelitian ini sebelum dilakukan adsorpsi. Minyak jelantah sebelum adsorpsi tersebut berwarna kecoklatan dan berbau tengik saat dicium. Hal ini disebabkan karena kandungan asam lemak bebas yang terdapat di dalamnya, yang merupakan hasil reaksi dari proses hidrolisa dan oksidasi minyak. Salah satu warna minyak terbaik ditunjukkan pada Gambar 6(b).

Warna terbaik ditunjukkan oleh sampel rasio adsorben 25:75 dan 0:100 pada waktu kontak 90, 120, dan 150 menit. Pada dasarnya, proses penyerapan warna terdiri atas penyerapan fisika dan kimia. Penggunaan adsorben dengan proses adsorpsi merupakan pengolahan cara fisika. Penyerapan secara fisika dikarenakan adanya kontak antara permukaan butiran pada kondisi tertentu, misalnya waktu adsorpsi. Dalam hal ini, hasil minyak dari adsorben yang mayoritasnya adalah biji kelor tidak lebih baik daripada bentonit dalam meningkatkan kualitas warna. Biji kelor menghasilkan warna yang masih kecoklatan, namun lain halnya ketika biji kelor dikombinasikan dengan bentonit dalam jumlah kecil maupun lebih besar. Karena pada rasio adsorben 100:0 (hanya biji kelor) warna minyak merupakan warna minyak hasil adsorpsi yang paling keruh yang ditunjukkan pada Gambar 7. Warna minyak yang paling keruh tersebut dapat dibandingkan dengan Gambar 6(a) yang memiliki warna sama-sama kecoklatan dan terlihat tidak ada perubahan yang signifikan.



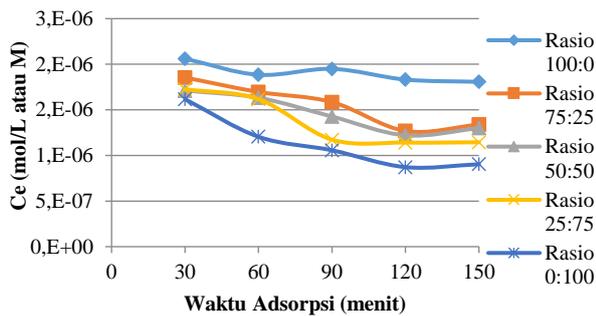
Gambar 7. Warna minyak hasil adsorpsi pada rasio 0:100 di waktu 30 menit

Dapat disimpulkan bahwa apabila semakin lama bentonit mengadsorpsi dan semakin banyak jumlah bentonit dalam mengadsorpsi minyak, maka semakin besar penurunan kekeruhan warna minyak jelantah. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu adsorpsi, daya serap adsorben semakin baik karena semakin banyak partikel pengotor (koloid) mampu terikat oleh adsorben sehingga warna minyak semakin jernih. Lain halnya biji kelor tanpa karbonisasi dalam penelitian ini, biji kelor tak memiliki kemampuan yang lebih baik dari bentonit maupun biji kelor yang terkarbonisasi penelitian terdahulu untuk mereduksi warna keruh pada minyak jelantah.

3.4. Hubungan Waktu Adsorpsi terhadap Konsentrasi Akhir

Konsentrasi minyak memiliki hubungan yang erat dengan lamanya waktu adsorpsi. Gambar 8 menunjukkan hubungan antara waktu adsorpsi dan konsentrasi akhir. Gambar 8 menjelaskan bahwa waktu kontak yang semakin lama antara adsorben dan adsorbat akan

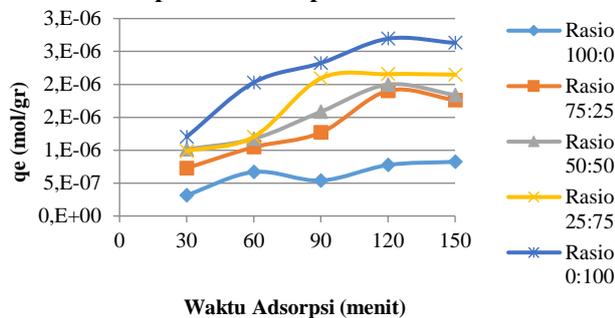
menyebabkan konsentrasi hasil akhir semakin rendah. Semakin lama waktu kontak antara adsorben biji kelor dan bentonit terhadap asam lemak bebas pada minyak, maka jumlah asam lemak bebas yang berinteraksi dengan situs aktif adsorben tersebut akan semakin banyak hingga mencapai kesetimbangan. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu interaksi antara adsorben biji kelor dan bentonit terhadap asam lemak bebas, semakin banyak tumbukan yang terjadi, maka asam lemak bebas teradsorpsi semakin banyak.



Gambar 8. Hubungan waktu adsorpsi terhadap konsentrasi akhir

Pada waktu kontak 150 menit terjadi kenaikan konsentrasi kembali. Hal ini disebabkan oleh kemampuan adsorben menyerap menurun seiring berjalannya waktu adsorpsi. Kejenuhan yang dialami adsorben dikarenakan pori-pori dari adsorben tersebut telah terisi penuh dengan unsur radikal dari asam lemak bebas tersebut, sehingga dapat menyebabkan adsorben tidak dapat lagi mengadsorpsi radikal asam lemak bebas yang masih tersisa sehingga konsentrasi akhir minyak kembali meningkat.

3.5. Hubungan Waktu Adsorpsi terhadap Kapasitas Adsorpsi



Gambar 9. Hubungan waktu adsorpsi dan kapasitas adsorpsi

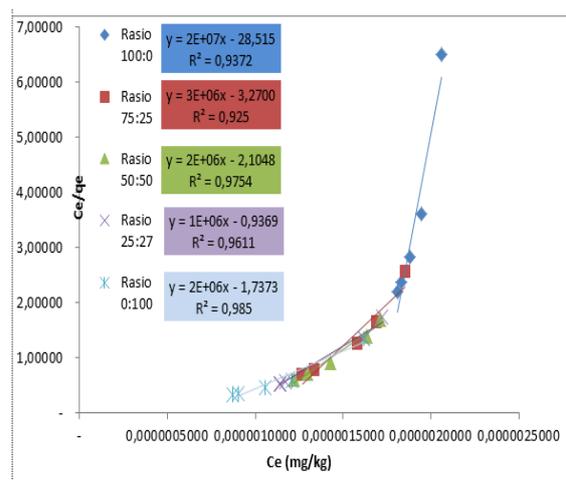
Pada Gambar 9 disajikan hubungan waktu adsorpsi dan kapasitas adsorpsi. Gambar

tersebut menjelaskan bahwa waktu kontak yang semakin lama antara adsorben dan adsorbat akan menyebabkan kapasitas adsorpsi semakin besar. Berbanding lurus dengan pernyataan secara umum, yaitu semakin lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat maka daya serap adsorben semakin besar karena adsorbat semakin banyak diserap dalam pori adsorben.

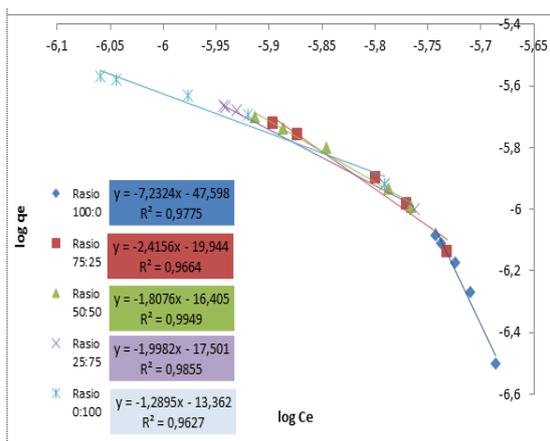
Dalam hal ini, pada setiap rasio adsorben, hubungan antara waktu adsorpsi dan kapasitas adsorpsi menghasilkan waktu terbaik. Waktu terbaik adsorpsi minyak jelantah dengan menggunakan biji kelor dan bentonit adalah 120 menit, dimana kapasitas tertinggi yang mampu dicapai pada menit yang bersamaan untuk keseluruhan rasio adsorben adalah pada waktu adsorpsi 120. Pada menit ke 150 adsorben telah mencapai batas maksimum dalam mengadsorpsi adsorbat ke dalam pori-porinya, maka pada setiap rasio ditunjukkan ketidakstabilan, ada menurun dan naik namun sedikit sekali (stabil).

3.6. Isoterm Adsorpsi

Banyaknya faktor yang mempengaruhi menyebabkan setiap adsorben yang menyerap suatu zat tidak akan memiliki pola isotherm adsorpsi yang sama. Sebagian besar studi adsorpsi, model isotherm adsorpsi dapat ditentukan untuk mengetahui jenis adsorpsi yang terjadi antara adsorbat dan adsorben seperti serta mengevaluasi adanya fenomena dalam adsorpsi. Data eksperimen dipasangkan pada model isotherm adsorpsi sehingga model yang paling sesuai akan digunakan untuk mengkarakterisasi adsorpsi kesetimbangan. Gambar 10 menunjukkan isotherm Langmuir dan Gambar 11 menunjukkan isotherm Freundlich.



Gambar 10. Isoterm Langmuir



Gambar 11. Isoterm Freundlich

Tabel 1. Data Kinetika Isoterm Langmuir dan Freundlich

No.	Rasio Adsorben	Komponen	Langmuir	Freundlich
1.	100:0	R ²	0,9372	0,9775
		K	$7,0139 \times 10^{-9}$	$3,9719 \times 10^{47}$
		n	-	-0,1382
		Q _m	5000000	-
2.	75:25	R ²	0,925	0,9664
		K	$9,1743 \times 10^{-7}$	$8,7902 \times 10^{19}$
		n	-	-0,4139
		Q _m	333333,33	-
3.	50:50	R ²	0,9754	0,9937
		K	$9,5021 \times 10^{-7}$	$3,1550 \times 10^{16}$
		n	-	-0,5484
		Q _m	500000	-
4.	25:75	R ²	0,9611	0,9855
		K	$7,0138 \times 10^{-9}$	$3,1695 \times 10^{17}$
		n	-	-0,5005
		Q _m	1000000	-
5.	0:100	R ²	0,985	0,9627
		K	$1,1512 \times 10^{-6}$	$2,3014 \times 10^{13}$
		n	-	-0,7755
		Q _m	500000	-

Berdasarkan Tabel 1, nilai R² yang dimiliki oleh model isoterm adsorpsi Freundlich lebih mendekati 1 jika dibandingkan dengan model isoterm Langmuir, maka proses adsorpsi asam lemak bebas pada minyak jelantah dengan adsorben biji kelor dan bentonit ini mengikuti model isoterm Freundlich.

4. KESIMPULAN

Hasil terbaik pada variasi rasio BK:B yaitu 0:100, lama adsorpsi 120 menit dengan angka asam sebesar 2,77 mg KOH/g, viskositas sebesar 50,3162 mm²/s, densitas sebesar 4,5605 kg/m³, konsentrasi akhir sebesar $8,718 \times 10^{-7}$ M serta kapasitas adsorpsi sebesar $2,694 \times 10^{-6}$ mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa bentonit saja lebih baik dalam mengadsorpsi minyak jelantah daripada biji kelor saja atau kombinasi keduanya. Pemurnian minyak jelantah ini mengikuti isoterm Freundlich dengan nilai R² yang lebih besar daripada isoterm Langmuir.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, L dkk. 2016. Pembuatan Biodiesel dengan Cara Adsorpsi dan Transesterifikasi dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan*. Vol. 2(1): 71-80.
- Aminah, S dkk. 2015. Kandungan Nutrisi dan Sifat Fungsional Tanaman Kelor. *Buletin Pertanian Perkotaan*. Vol. 5(2): 35-44.
- Bath, D dkk. 2012. Penggunaan Tanah Bentonit sebagai Adsorben Logam Cu. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 1(1): 1-4.
- Bertus, P., Y, dkk 2017. Karakterisasi FTIR Poliblend Adsorbend Serbuk Biji Buah Kelor dan Cangkang Ayam Ras untuk Pengolahan Air Gambut di Daerah Palu Barat. *J. Akad. Kim*. Vol.3 (1):21-29.
- Chiou dkk. 2013. Adsorption Behavior of Reactive Dye in Aqueous Solution on Chemical Cross-Linked Chitosan Beads. *Chemosphere*. Vol. 50(1): 1095-1105.
- Dahlan, dkk. 2013. Penggunaan Karbon Aktif dari Biji Kelor Dapat Memurnikan Minyak Jelantah. *Jurnal Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya*. Vol. 19(3): 44-53.
- Fitriani. 2018. Pemurnian Minyak Goreng Bekas Menggunakan Adsorben Biji Alpukat Teraktivasi. *Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*. Vol. 9(2): 65-75.
- Ketaren. 2005. *Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Oscik. 1982. *Adsorption*. New York: John Willey & Sons Inc.
- Muallifah, S. 2009. Penentuan Angka Asam Thiobarbiturat (Tba) dan Angka Peroksida pada Minyak Goreng Bekas Hasil Pemurnian dengan Biji Kelor. *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN.
- Pertanian, Kementerian. 2017. *Minyak Goreng*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jendral.
- Prasetyowati, dkk. 2011. Pemurnian Minyak Jelantah dengan Adsorben Bentonit. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 5(17): 59-65.
- Rahayu, L.H., dkk. 2014. Pengaruh Suhu dan Waktu Adsorpsi terhadap Sifat Kimia-Fisika Minyak Goreng Bekas Hasil Pemurnian Menggunakan Adsorben Ampas Pati Aren dan Bentonit. *Momentum*. Vol. 10(2): 35-41.
- Rasyid, A. S. 2018. Pengolahan Minyak Goreng Bekas Menggunakan Proses Adsorpsi dengan Adsorben Bentonit dan Buah

- Mengkudu. *Skripsi*. Samarinda: Jurusan Teknik Kimia Program Studi Petro dan Oleo Kimia Politeknik Negeri Samarinda.
- Ruthven. 1984. *Principle of Adsorption and Adsorption Process*. New York: John Wiley dan Sons.
- Sawyer, C. N. dan Parkin, G. F. 1994. *Chemistry for Environmental 4th edition*. New York: McGraw-Hill.
- Survei Sosial Ekonomi Nasional. 2018. Minyak Goreng. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Taufiq, M. 2007. Pemurnian Minyak Goreng Bekas (Jelantah) Menggunakan Biji Kelor. *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN.