

PEMURNIAN MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN BIOSORBEN KOMBINASI DAUN TREMBESI (*Samanea saman*) DAN MENDONG (*Fimbristylis globulosa*)

Erin Tya Intani, Indra Muhammad Faizin, Zeni Kurnia Mulyani,
Mohammad Prasanto Bimantio*

Teknologi Hasil Pertanian, Institut Pertanian Stiper,
Jl. Nangka II Maguwoharjo, Depok, Sleman, DI Yogyakarta

e-mail Korespondensi: bimantiomp@instiperjogja.ac.id

ABSTRAK

Daun trembesi dan tanaman mendong merupakan tanaman yang belum banyak dimanfaatkan. Penelitian ini merupakan inovasi pembuatan biosorben yang menggunakan bahan tersebut. Metode penelitian ini menerapkan Rancangan Blok Acak Lengkap dengan dua faktor, yaitu rasio daun trembesi dan tanaman mendong (A) ($A_1 = 40:60$ %w/w; $A_2 = 50:50$ %w/w; $A_3 = 60:40$ %w/w) dan variasi konsentrasi larutan KOH (B) ($B_1 = 2N$; $B_2 = 3N$; $B_3 = 4N$) dengan dua kali pengulangan, sehingga dihasilkan 18 sampel. Biosorben yang dihasilkan diaplikasikan pada minyak jelantah untuk mengurangi kadar asam lemak bebas (ALB) dengan proses adsorpsi selama 24 jam. Sampel biosorben kemudian diuji pula analisis kadar air dan daya jerap iodin. Pada minyak setelah adsorpsi, dilakukan pengujian ALB dan bilangan peroksida. Sampel biosorben terbaik pada sampel A_3B_3 , dengan kadar air sebesar 10,12%, daya jerap iodin 42,62 mg/g, ALB 0,29%, dan bilangan peroksida 0,7043 meqO₂/kg. Hasil penelitian memberikan kontribusi dalam pengembangan potensi daun trembesi dan tanaman mendong sebagai bahan baku biosorben untuk pengolahan minyak jelantah.

Kata kunci: biosorben, daun trembesi, tanaman mendong, minyak jelantah

ABSTRACT

The leaves of *Samanea saman* (trembesi) and the plant *Fimbristylis globulosa* (mendong) are underutilized. This research innovates by creating biosorbents from these materials. Using a Completely Randomized Block Design (CRBD), the study examined two factors: the ratio of trembesi leaves to mendong (A) ($A_1 = 40:60$, $A_2 = 50:50$, $A_3 = 60:40$ %w/w) and KOH solution concentrations (B) ($B_1 = 2N$, $B_2 = 3N$, $B_3 = 4N$), with two repetitions, yielding 18 samples. The biosorbents were tested on used cooking oil to reduce free fatty acid (FFA) content over 24 hours. Samples were analyzed for moisture content, iodine adsorption capacity, FFA, and peroxide values. The best sample, A_3B_3 , had a moisture content of 10.12%, iodine adsorption capacity of 42.62 mg/g, FFA of 0.29%, and a peroxide value of 0.7043 meqO₂/kg. This study highlights the potential of trembesi leaves and mendong as biosorbent materials for treating used cooking oil.

Keywords: biosorbent, trembesi leaves, mendong plant, used cooking oil

PENDAHULUAN

Limbah hasil pertanian merupakan salah satu bahan baku yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi biomassa. Limbah seperti limbah industri

pengolahan kayu dan limbah perkebunan atau pertanian seperti tempurung kelapa, sabut kelapa, batang dan bongkol jagung, jerami, sekam padi, serbuk gergaji, dan lain-lain dapat dijadikan sumber energi biomassa. Biomassa dalam riset ini menggunakan daun kering berupa daun trembesi dan tanaman mendong yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Daun kering yang berjatuhan di lingkungan sekitar pada umumnya hanya digunakan untuk bahan dasar pembuatan pupuk kompos.

Biosorben merupakan adsorben dari bahan alami seperti tumbuhan. Adsorben atau penyerap banyak diaplikasikan untuk menghilangkan bau serta penjernihan air dalam industri minuman, penghilang sulfur, katalisator, penghilang gas beracun, dan sebagainya (Ramadhani et al., 2020). Adsorben sendiri dapat dibuat dari bahan alami maupun buatan. Adsorben bahan alami dapat berasal dari tumbuh-tumbuhan dan kayu yang digunakan untuk menjernihkan pada memisahkan minyak jelantah karena mengandung selulosa (Pakpahan et al., 2013). Penggunaan adsorben bertujuan untuk menyerap (adsorpsi) komponen bahan pengotor pada senyawa trigliserida atau minyak (Foletto et al., 2006).

Adsorpsi merupakan *sorption operation*, Dimana ada dua komponen penting dalam yaitu fase berpindah (*adsorbate*) dan penyerap (*adsorbent*). Mekanisme adsorpsi berupa proses penyerapan pada permukaan padatan aktif Dimana terjadi proses transfer massa (Bimantio, 2017). Penggunaan prinsip adsorpsi sebagai media pemurnian telah banyak dilakukan pada penelitian terdahulu. Bimantio dkk. (2022) menggunakan prinsip adsorpsi pada kolom *fixed bed* tersirkulasi guna memurnikan biodiesel dari minyak sawit mentah. Purwadi dkk.(1998) membahas pemanfaatan zeolit alam sebagai adsorben limbah cair dan menggunakannya untuk media fluidasi dalam kolom fluidasi, dan Purwaningsih dkk. (2000) tentang pemanfaatan arang aktif cangkang kelapa sawit sebagai adsorben pada limbah cair kayu lapis. Penelitian oleh Widayat dan Haryani (2006) membahas proses adsorpsi pada minyak goreng bekas menggunakan batuan zeolite.

Adsorpsi adalah suatu proses di mana fluida, baik dalam bentuk cair maupun gas, terikat pada permukaan padatan sehingga membentuk lapisan tipis. Sebagian zat terlarut dalam fluida tersebut akan teradsorpsi, yang menyebabkan perubahan dalam komposisi fluida. Material yang digunakan sebagai adsorben umumnya memiliki pori-pori pada bagian tertentu dari partikelnya. Adsorpsi dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis: adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisik

terjadi ketika gas yang terlarut dalam cairan penyerap tidak mengalami reaksi kimia, dan proses ini berlangsung tanpa memerlukan energi aktivasi. Sebaliknya, adsorpsi kimia melibatkan reaksi kimia antara gas yang terlarut dan larutan penyerap (Apriyanti, 2012).

Aktivasi fisik adalah proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan menggunakan panas, uap, dan CO₂. Proses ini biasanya dilakukan pada suhu antara 800-900°C. Oksidasi dengan udara pada suhu rendah adalah reaksi isotherm yang sulit dikontrol, sedangkan pemanasan dengan uap atau CO₂ pada suhu tinggi adalah reaksi endotherm yang lebih mudah dikendalikan dan paling sering digunakan. Tujuan dari aktivasi fisik menggunakan panas adalah untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang mudah menguap dan membuang hidrokarbon pengotor (Udyani et al., 2019).

Aktivasi kimia adalah proses pemutusan rantai karbon pada senyawa organik dengan bantuan bahan kimia. Proses ini memungkinkan diperolehnya luas permukaan yang tinggi, yang merupakan salah satu keunggulannya. Dalam aktivasi kimia, karbon dihasilkan dari pembakaran kemudian dicampur dengan larutan kimia yang berfungsi sebagai agen aktivasi. Agen aktivasi ini biasanya mengandung logam alkali dan alkali tanah seperti KOH, H₂SO₄, ZnCl₂, dan NaOH. Setelah pencampuran, proses dilanjutkan dengan pengeringan dan pemanasan untuk memudahkan pelepasan senyawa kontaminan, sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi dan memperluas luas permukaan adsorben. Kerugian dari metode ini adalah kesulitan dalam menghilangkan bahan mineral selama proses pencucian. Namun, keuntungan dari aktivasi kimia termasuk waktu aktivasi yang lebih singkat, hasil akhir karbon yang lebih tinggi, dan peningkatan daya adsorpsi (Ramadhani et al., 2020).

Biosorben yang dihasilkan pada penelitian ini nantinya akan dimanfaatkan sebagai biosorben dalam penjernihan minyak jelantah. Mengingat minyak jelantah merupakan limbah yang dapat merusak lingkungan sekitar serta dapat menimbulkan penyakit apabila digunakan untuk memasak secara kontinu. Upaya penjernihan minyak diharapkan mampu meningkatkan kualitas minyak dan mengurangi dampak yang dihasilkan dari penggunaan minyak tersebut. Selain itu, biosorben diharapkan mampu menjerap asam lemak bebas sehingga kedepannya dapat memotong proses transesterifikasi dalam pembuatan biodiesel berbahan baku minyak jelantah.

Penyimpanan yang tidak tepat dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan pecahnya ikatan trigliserida pada minyak, menghasilkan gliserol dan asam lemak bebas (Nurhasnawati, 2017). Asam lemak bebas terbentuk akibat hidrolisis minyak menjadi asam-asamnya. Proses pemanasan dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas (ALB), karena adanya reaksi hidrolisis pada minyak. Penggunaan minyak goreng secara berulang pada suhu tinggi dapat menyebabkan kerusakan minyak akibat oksidasi oleh udara dan suhu tinggi, serta menurunkan kadar betakaroten dalam minyak.

Minyak goreng hanya dapat digunakan sebanyak 3-4 kali penggorengan karena jika digunakan secara berkali-kali maka kandungan asam lemak yang terkandung dalam minyak akan semakin jenuh dan minyak akan berubah warna yang disebut dengan minyak jelantah. Hasil penelitian Alamsyah dkk. (2017) menunjukkan dimana perlakuan penggorengan semakin sering, maka nilai bilangan peroksida juga akan meningkat. Pemanasan berulang dan pada suhu tinggi ($>170\text{-}200^{\circ}\text{C}$) pada minyak jelantah bekas yang digunakan berulang kali ternyata menyebabkan peningkatan signifikan dalam bilangan peroksida. Proses-proses perubahan kandungan terjadi saat pemanasan berulang tersebut, menyebabkan oksidasi pada minyak jelantah dan mengubah struktur asam lemak tak jenuh cis menjadi struktur trans.

Minyak jelantah memiliki dampak buruk bagi Kesehatan seperti terjadinya deposit lemak yang tidak normal, memicu penyakit kanker, dan kehilangan fungsi kontrol pada pusat saraf. Selain menimbulkan masalah bagi Kesehatan, minyak jelantah juga dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan. Minyak jelantah yang dibuang ke lingkungan dapat menyebabkan masalah pencemaran air maupun tanah, menurunnya tingkat kesuburan tanah dan mempengaruhi kandungan mineral dalam air bersih (Damayanti et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan guna menghasilkan biosorben berbahan baku kombinasi daun trembesi dan mendong. Hingga dapat diketahui sampel terbaik dan konsentrasi larutan activator yang tepat dalam pembuatan biosorben dan mengetahui efektivitas biosorben dalam penjernihan minyak jelantah.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan Rancangan Blok Acak Lengkap (RBAL) dengan dua faktor perlakuan. Faktor 1 adalah variasi konsentrasi larutan aktivator KOH (A),

dengan tiga taraf, meliputi: A1=2N; A2=3N; dan A3=4N. Faktor 2 adalah rasio daun trembesi dan tanaman mendong (B), dengan tiga taraf, meliputi: B1=40:60 (%w/w); B2=50:50 (%w/w); dan B3=60:40 (%w/w). Perlakuan dilakukan dengan pengulangan sebanyak 2 kali, sehingga diperoleh 18 satuan eksperimental.

Tabel 1. Metode Perlakuan Sampel

Sampel	Konsentrasi aktivator (N)	Volume aktivator (ml)	Daun trembesi (g)	Mendong (g)
A1B1	2	50	0,8	1,2
A2B1	3	50	0,8	1,2
A3B1	4	50	0,8	1,2
A1B2	2	50	1,0	1,0
A2B2	3	50	1,0	1,0
A3B2	4	50	1,0	1,0
A1B3	2	50	1,2	0,8
A2B3	3	50	1,2	0,8
A3B3	4	50	1,2	0,8

Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan biosorben adalah *furnace*, cawan porselin, oven, saringan, desikator, *beaker glass*, neraca analitik, spatula, mortar dan lumpang alu, gunting, *magnetic stirrer*, spatula, erlenmeyer, kertas pH, pengaduk, kertas saring, *plastic wrap*, buret, pipet volume, *ball* pipet, pipet tetes.

Bahan

Bahan yang dipergunakan dalam pembuatan biosorben adalah daun trembesi, tanaman mendong, KOH pa, Kloroform:Asam asetat 3:2, Indikator pp, NaOH 0,1N, alkohol netral 96,5%, Na₂S₂O₃ 0,1N, Iodin 0,1N, Akuades, indikator amilum 1%, dan larutan KI Jenuh.

Tahapan Penelitian

Tahapan awal yang dilakukan adalah proses pengeringan bahan baku yaitu tanaman mendong dan daun trembesi di bawah sinar matahari selama 2 hari. Setelah itu dilakukan pengecilan ukuran dengan memotong daun trembesi dan daun mendong menjadi ukuran 1 cm. Kemudian dilakukan aktivasi fisik dengan cara memasukkan bahan baku ke dalam muffle furnace pada suhu 200°C selama 2 jam.

Tahapan selanjutnya dilakukan aktivasi kimia dengan cara menambahkan larutan activator KOH dengan variasi konsentrasi (A1= 2N, A2 = 3N, A3 = 4N) sebanyak 50 ml pada setiap sampel sesuai dengan rasio perbandingan yang sudah

ditetapkan (B1 = 40:60 (%w/w), B2= 50:50 (%w/w), B3 = 60:40 (%w/w). Aktivasi kimia dilakukan selama 30 menit sambil diaduk. Biosorben hasil aktivasi kimia dicuci dengan air mengalir hingga mencapai pH netral. Setelah itu, biosorben di oven pada suhu 105 C selama 1 jam. Setelah dilakukan pencucian dan pengeringan, biosorben di uji kadar air dan daya jerap iodin.

Kemudian dilakukan adsorpsi pada minyak jelantah dengan memasukkan sebanyak 2 gram biosorben ke dalam 50 ml minyak jelantah. Diamkan selama 24 jam. Setelah itu dilakukan analisis kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida pada minyak setelah adsorpsi dilakukan. Data yang diperoleh kemudian dilakukan uji statistik *two-way* anova guna mengetahui pengaruh dari tiap faktor yang ditinjau dalam penelitian ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biosorben yang dihasilkan dalam riset ini berbentuk serabut dan berwarna coklat seperti pada gambar 1. Semakin pekat konsentrasi larutan aktivator, maka warna biosorben juga semakin gelap. Biosorben digunakan dalam proses adsorpsi minyak jelantah untuk mengurangi kadar asam lemak bebas.

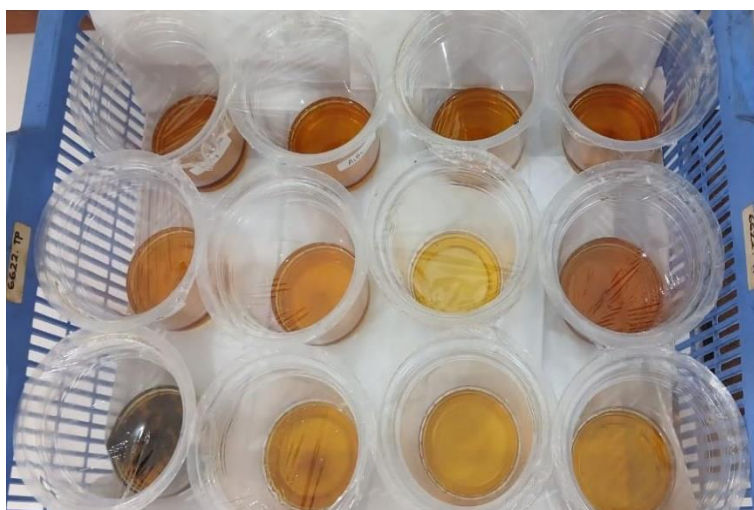


Gambar 1. Biosorben dari Kombinasi Daun Trembesi dan Mendong

Biosorben berbahan baku daun trembesi dan tanaman mendong yang dihasilkan dianalisis kadar air dan daya jerap iodin. Sedangkan minyak jelantah setelah adsorpsi dilakukan pengujian kadar asam lemak bebas dan bilangan peroksida berdasarkan mutu SNI 7709:2012 sesuai dengan sampel pada gambar 2. Adapun rerata hasil dari analisis biosorben terdapat pada tabel 1.

Tabel 2. Rerata Hasil Analisis Biosorben dan Minyak Jelantah

Perlakuan	Kadar Air (%)	Daya Jerap Iodin (mg/g)	Asam Lemak Bebas (%)	Bilangan Peroksida (mek O ₂ /kg.)
A1B1	5,08	31,63	0,61	1,22
A2B1	10,35	41,11	0,46	0,55
A3B1	13,415	46,34	0,47	0,36
A1B2	10,69	26,46	0,53	1,62
A2B2	5,02	32,51	0,43	0,71
A3B2	15,09	37,54	0,35	0,44
A1B3	8,21	42,55	0,51	1,81
A2B3	11,41	41,51	0,41	0,93
A3B3	10,12	42,62	0,29	0,70



Gambar 2. Hasil Adsorpsi Minyak Jelantah

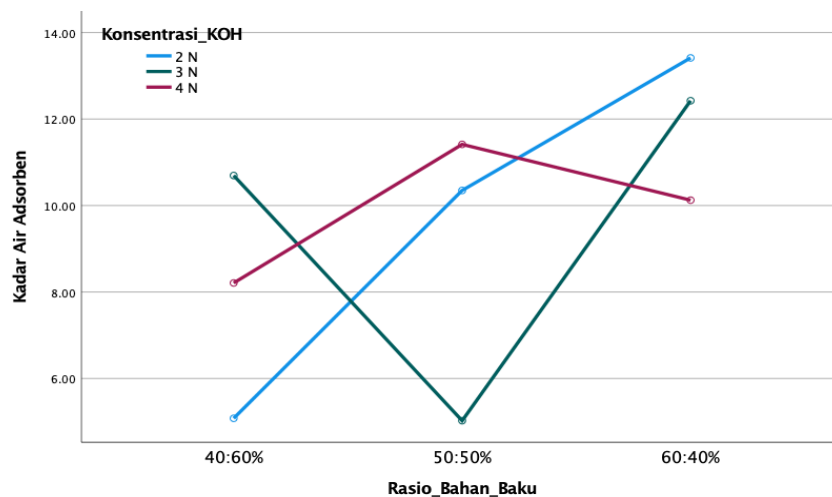
Analisis Kadar Air Biosorben

Kadar Air biosorben yang dihasilkan sekitar 5,02 – 15,09%. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa biosorben memiliki kadar air yang masih tinggi sehingga diperlukan pengeringan lebih lanjut. Kadar air yang lebih rendah menunjukkan kualitas biosorben yang dihasilkan lebih baik. Hasil ini sesuai dengan uji *twoway* anova yang dilakukan, dimana faktor konsentrasi aktivator dan rasio bahan baku tidak memberikan beda nyata terhadap kadar air dari adsorben yang dihasilkan. Dari gambar 3, terlihat fluktuasi dari kadar air adsorben terhadap kedua faktor penelitian, ketidakstabilan pada proses aktivasi dan pengeringan menjadi beberapa faktor yang menyebabkan hal ini.

Analisis Daya Jerap Iod

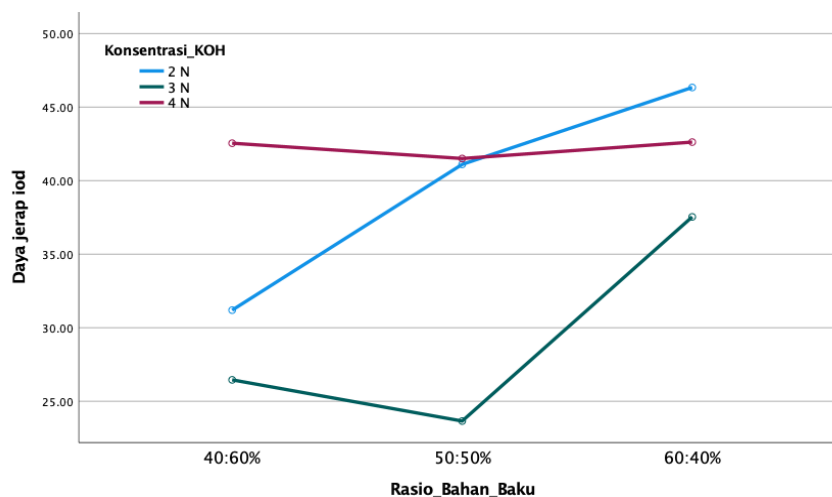
Daya jerap iodin yang tinggi menunjukkan kualitas biosorben yang baik. Berdasarkan tabel 1 dan gambar 4 menunjukkan adanya fluktuasi besarnya daya jerap iodin hasil analisis. Daya adsorpsi dari adsorben berbanding lurus dengan

nilai bilangan iod (Idrus et al., 2013). Rasio trembesi dan mendong tidak mempengaruhi daya jerap iodin yang dihasilkan. Daya jerap iodin tertinggi dalam riset ini terdapat pada kode sampel A3B1 dengan nilai 46,34 mg/g. Daya jerap iodin belum memenuhi syarat SNI karena nilainya yang masih terlalu rendah untuk standar SNI 750mg/g. Hasil ini sesuai dengan uji twoway anova yang dilakukan, dimana faktor konsentrasi aktivator dan rasio bahan baku tidak memberikan beda nyata terhadap daya jerap iod dari adsorben yang dihasilkan.



Gambar 3. Grafik Hubungan Faktor Penelitian terhadap Kadar Air Adsorben.

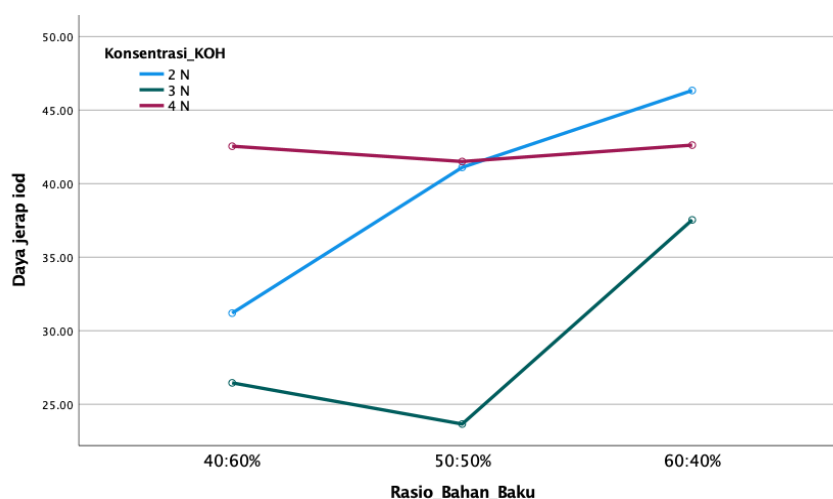
Yuningsih (2016) menyatakan bahwa semakin banyak pori-pori yang terbentuk, semakin banyak pula iodin yang terjerap. Jika bilangan iodin yang diperoleh semakin besar, maka jumlah pori-pori yang terbentuk semakin banyak, yang berarti luas permukaan adsorben akan bertambah besar.



Gambar 4. Grafik Hubungan Faktor Penelitian terhadap Daya Jerap Iod

Analisis Kadar Asam Lemak Bebas

Analisis kadar asam lemak bebas dilakukan pada minyak jelantah sebelum adsorpsi dan minyak jelantah setelah adsorpsi. Hasil pengujian kadar asam lemak bebas sebelum adsorpsi sebesar 1%. Berdasarkan rerata tabel 1, setelah dilakukan proses adsorpsi menunjukkan kadar asam lemak bebas tertinggi terdapat pada formulasi A1B1 dengan nilai 0,61% dan kadar asam lemak bebas terendah terdapat pada formulasi A3B3 dengan nilai 0,29%. Semakin tinggi konsentrasi KOH yang digunakan sebagai activator semakin kecil kadar asam lemak bebas yang dihasilkan. Berdasarkan uji anova, konsentrasi KOH dan rasio bahan baku berpengaruh nyata terhadap kadar asam lemak bebas yang dihasilkan. Berdasarkan gambar 4, semakin tinggi konsentrasi KOH, semakin baik kualitas adsorben dalam menurunkan nilai asam lemak bebas dari minyak jelantah. Berdasarkan SNI 7709:2012 batas maksimal asam lemak bebas pada minyak sebesar 0,3%. Sehingga yang memenuhi persyaratan yaitu biosorben dengan kode sampel A3B3 dengan nilai asam lemak bebas 0,291%. Kehadiran asam lemak bebas dalam lipida, seperti minyak, disebabkan oleh proses hidrolisis yang terjadi akibat paparan suhu, air, atau enzim. Ketengikan hidrolitik dapat menyebabkan ikatan ester pada trigliserida terjadi pemutusan, terbentuknya asam lemak bebas yang mengubah bau, aroma, dan karakteristik lainnya. Aroma yang didapatkan dari pembentukan asam lemak bebas ini bervariasi tergantung pada komposisi minyak (Mulyani & Sujarwanta, 2017).

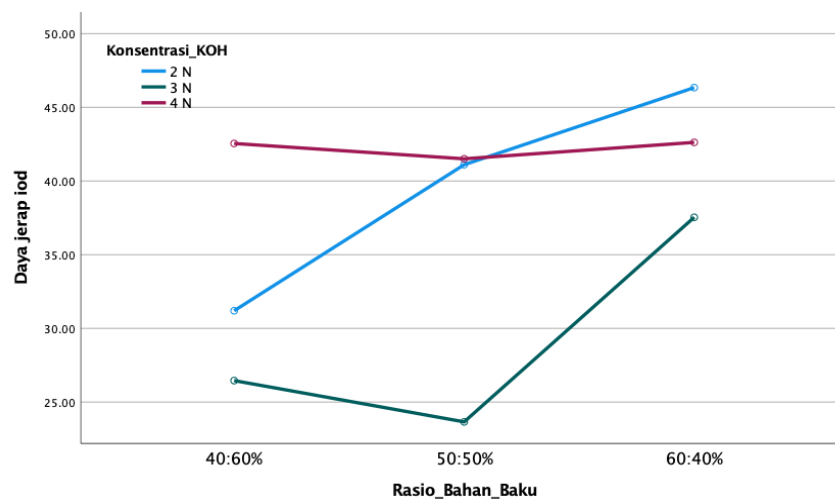


Gambar 5. Grafik Hubungan Faktor Penelitian terhadap Kadar Asam Lemak Bebas

Analisis Bilangan Peroksida

Bilangan peroksida merupakan parameter yang digunakan untuk menunjukkan kerusakan pada minyak. Peroksida terbentuk karena adanya proses

oksidasi minyak. Semakin tinggi bilangan peroksida, semakin menunjukkan besarnya kerusakan pada minyak (Fathanah & Lubis, 2022). Berdasarkan gambar 5, nilai bilangan peroksida mengalami kenaikan seiring semakin tinggi konsentrasi KOH yang digunakan untuk aktivasi dan bilangan peroksida semakin menurun seiring dengan meningkatnya rasio bahan baku, terutama jumlah daun trembesi. Hasil ini sesuai dengan uji twoway anova yang dilakukan, dimana faktor konsentrasi aktivator dan rasio bahan baku memberikan beda sangat nyata terhadap bilangan peroksida dari minyak jelantah hasil adsorpsi. Bilangan peroksida pada minyak jelantah hasil adsorpsi memenuhi syarat SNI 7709:2012 karena nilainya berada di bawah 10 mek O_2/kg .



Gambar 6. Grafik Hubungan Faktor Penelitian terhadap Bilangan Peroksida

SIMPULAN

1. Telah berhasil diciptakan biosorben yang terbuat dari kombinasi daun trembesi dan mendong yang dapat berhasil diaplikasikan dalam penjernihan minyak jelantah.
2. Penggunaan larutan aktivator KOH terbukti sangat efektif dalam memperoleh hasil penjernihan minyak jelantah. Hal ini terlihat dari penurunan kadar asam lemak bebas minyak jelantah sebelum dan sesudah proses adsorpsi.
3. Meskipun biosorben yang dihasilkan memiliki kadar air yang cukup tinggi, tetapi masih dapat efektif digunakan dalam penjernihan minyak jelantah.
4. Biosorben terbaik dihasilkan pada sampel A3B3, yaitu rasio daun trembesi dan tanaman mending 60:40 %w/w dan variasi konsentrasi larutan KOH 4N.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, M., & Kalla, R. (2017). Pemurnian minyak jelantah dengan proses adsorpsi. *Journal of chemical process Engineering*, 2(2), 22–26.
- Apriyanti, E. (2012). Adsorpsi CO₂ menggunakan zeolit: aplikasi pada pemurnian biogas. *Dinamika Sains*, 10(22), 40–55.
- Bimantio, M. P. (2017). Effect of Grain Size and Activation Time of Zeolite to Adsorption and Desorption of NH₄OH and KCL As Model of Fertilizer-Zeolite Mix. *Jurnal Konversi*, 6(2), 20–27.
- Bimantio, M. P., Oktaviany, H., & Widyasaputra, R. (2022). Purification of biodiesel from crude palm oil. *Litbang Industri*, 12(1), 61–68. <https://doi.org/10.24960/jli.v12i1.7620.61>
- Damayanti, F., Supriyatin, T., & Supriyatin, T. (2020). Pemanfaatan Limbah Minyak Jelantah Sebagai Upaya Peningkatan Kepedulian Masyarakat Terhadap Lingkungan. *Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 161–168. <https://doi.org/10.31849/dinamisia.v5i1.4434>
- Fathanah, U., & Lubis, M. R. (2022). Pemanfaatan Kulit Jagung sebagai Biosorben untuk Meregenerasi Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Serambi Engineering*, 7(1), 2709–2715.
- Foletto, E. L., Volzone, C., & Porto, L. M. (2006). Clarification of cottonseed oil: how structural properties of treated bentonites by acid affect bleaching efficiency. *Latin American applied research*, 36(1), 37–40.
- Idrus, R., Lapanporo, B. P., & Putra, Y. S. (2013). Pengaruh suhu aktivasi terhadap kualitas karbon aktif berbahan dasar tempurung kelapa. *Prisma Fisika*, 1(1).
- Mulyani, H. R. A., & Sujarwanta, A. (2017). Kualitas Minyak Jelantah Hasil Pemurnian Menggunakan Variasi Adsorben Ditinjau Dari Sifat Kimia Minyak. *Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian*, 12(2), 19–29.
- Nurhasnawati, H. (2017). Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas Dan Bilangan Peroksida Pada Minyak Goreng Yang Digunakan Pedagang Gorengan Di Jl. a.W Sjahrane Samarinda. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 1(1), 25–30. <https://doi.org/10.51352/jim.v1i1.7>
- Pakpahan, J. F., Tambunan, T., Harimby, A., & Ritonga, M. Y. (2013). Pengurangan Ffa Dan Warna Dari Minyak Jelantah Dengan Adsorben Serabut Kelapa Dan Jerami. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1), 31–36. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i1.1424>
- Purwadi, B., Pariadi, K. B., & Ariseno, A. (1998). Utilization of Indonesian natural zeolite as liquid waste adsorbent and fluidization media in fluidation columns. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Teknik (Engineering)*, 10, 1.
- Purwaningsih, S., Arung, E. T., & Muladi, S. (2000). Utilization of palm oil shell activated charcoal as an adsorbent in plywood liquid waste. *Research Report Mulawarman University Samarinda*.
-

- Ramadhani, L. F., Imaya M. Nurjannah, Ratna Yulistiani, & Erwan A. Saputro. (2020). Review: teknologi aktivasi fisika pada pembuatan karbon aktif dari limbah tempurung kelapa. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(2), 42–53. <https://doi.org/10.36706/jtk.v26i2.518>
- Udyani, K., Purwaningsih, D. Y., Setiawan, R., & Yahya, K. (2019). Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Bakau Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia dan Fisika dengan Microwave. *Jurnal IPTEK*, 23(1), 39–46. <https://doi.org/10.31284/j.iptek.2019.v23i1.479>
- Widayat, S., & Haryani, K. (2006). Optimization of the adsorption process of used cooking oil with natural zeolite adsorbent: Acid number reduction study. *Jurnal Teknik Gelagar*, 17(1), 77–82.
- Yuningsih, L. M., Mulyadi, D., & Kurnia, A. J. (2016). Pengaruh aktivasi arang aktif dari tongkol jagung dan tempurung kelapa terhadap luas permukaan dan daya jerap iodin. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(1), 30–34.
-