

KARAKTERISASI ADSORBEN KOMPOSIT SELULOSA - LIMBAH KARET ALAM UNTUK PENURUNAN KADAR COD DAN MINYAK LEMAK LCPKS

Ika Rahmayani^{1*}, Titin Anita Zaharah¹, Andi Hairil Alimuddin¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura

Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

*e-mail: ikarahmani02@gmail.com

ABSTRAK

Karakterisasi adsorben dilakukan terhadap produk sintesis komposit selulosa eceng gondok (*Eichhornia crassipes*)-limbah karet alam. Adsorben dikompositkan dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja dari selulosa eceng gondok dan limbah karet alam sebagai adsorben untuk menurunkan kadar Chemical Oxygen Demand (COD) dan minyak lemak pada limbah cair kelapa sawit. Kondisi optimum dari adsorben dalam penurunan kadar COD dan minyak lemak dilakukan dengan variasi massa (selulosa : karet) 1:1, 1:2 dan 2:1 dan variasi waktu kontak selama 15, 30, 45, 60 dan 75 menit. Hasil karakterisasi menggunakan spektroskopi inframerah menunjukkan adanya gugus fungsi O-H dari selulosa pada bilangan gelombang $3425,58\text{ cm}^{-1}$, dan gugus C=C dari karet alam pada bilangan gelombang $1635,64\text{ cm}^{-1}$. Data ini menunjukkan bahwa hasil sintesis tersebut adalah komposit selulosa-karet alam. Kondisi optimum dari adsorben untuk mengikat zat organik terjadi pada variasi massa (selulosa : karet) 1:1 dan waktu kontak selama 30 menit dengan % efisiensi adsorpsi sebesar 83%. Kondisi optimum adsorben untuk mengikat minyak lemak terjadi pada variasi massa (selulosa : karet) 1:2 dan waktu kontak selama 30 menit dengan % efisiensi adsorpsi sebesar 84%. Hasil ini menunjukkan bahwa komposit selulosa – limbah karet alam dapat dijadikan adsorben untuk penurunan kadar COD dan minyak lemak pada limbah cair pabrik kelapa sawit.

Kata Kunci : selulosa, eceng gondok, karet alam, komposit

PENDAHULUAN

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan salah satu gulma yang dapat dijadikan sebagai adsorben karena memiliki kandungan selulosa berkisar 18-31% (Valentina *et al.*, 2013). Beberapa penelitian telah dilakukan tentang penggunaan selulosa dari eceng gondok di antaranya sebagai membran untuk adsorpsi logam tembaga (II) (Thaiyibah *et al.*, 2016), dan untuk menurunkan kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada air (Valentina *et al.*, 2013). Permasalahan lingkungan selain di sebabkan oleh eceng gondok, dapat pula di sebabkan oleh limbah karet alam karena memiliki sifat – sifat yang buruk karena memiliki kandungan ammonia yang berlebih dan lamanya waktu degradasi limbah karet alam di lingkungan sehingga menghasilkan bau yang tidak sedap serta kerusakan pada tanah. Karet alam memiliki kandungan 1,4 isoprena dan bersifat oleofilik dan hidrofobik. Berdasarkan hal tersebut maka karet alam dapat dijadikan sebagai adsorben minyak.

Hasibuan *et al.*, (2012) mengkompositkan limbah karet alam dan bubuk pelepah pisang sebagai adsorben yang mampu menyerap minyak dan air. Penelitian lainnya dilakukan oleh Ali *et al.*, (2017), yang mengkompositkan limbah karet alam dan arang eceng gondok sebagai adsorben tumpahan minyak di permukaan laut. Berdasarkan penelitian tersebut maka peneliti melakukan modifikasi adsorben dengan mengkompositkan selulosa dari eceng gondok – limbah karet alam sebagai adsorben untuk menurunkan kadar COD dan minyak lemak pada limbah cair kelapa sawit. Hal ini dikarenakan adanya gugus O-H pada selulosa yang diharapkan mampu mengikat zat-zat organik, sedangkan limbah karet alam diharapkan mampu mengikat minyak lemak pada limbah cair kelapa sawit.

Limbah cair yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit umumnya memiliki karakteristik kimia melebihi baku mutu yang di keluarkan oleh Kementrian Lingkungan Hidup No.51 tahun 1995 sehingga harus diolah sebelum dibuang agar tidak menjadi masalah untuk lingkungan. Suprihatin

et al., (2015), melakukan penurunan kadar COD pada limbah cair kelapa sawit menggunakan membran silika dari *fly Ash*, sedangkan Ahmad *et al.*, (2011), melakukan penyisihan minyak lemak menggunakan bioreaktor hibrid anaerob bermedia cangkang sawit. Atas dasar inilah, pada penelitian ini memanfaatkan komposit dari limbah karet alam dan eceng gondok (*Eichornia crassipes*) sebagai adsorben yang dapat menurunkan kadar COD dan minyak lemak pada limbah cair kelapa sawit.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Seperangkat peralatan gelas kimia, termometer, pH meter, *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR), dan seperangkat alat ekstraksi.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu asam klorida (HCl), asam sulfat (H₂SO₄), asam oksalat dihidrat (H₂C₂O₄·H₂O), eceng gondok, etanol (C₂H₅OH), minyak tanah, kalium permanganat (KMnO₄), kertas saring, limbah cair pabrik kelapa sawit, limbah karet alam, natrium hidroksida (NaOH), kalsium hipoklorit (Ca(ClO)₂), dan *n*-heksana (C₆H₁₄).

Prosedur Kerja

Preparasi dan isolasi selulosa eceng gondok

Sampel eceng gondok dicuci dan dikeringkan kemudian dihaluskan. Serat BEG diekstraksi dengan metode *soxhletasi* selama 3 jam menggunakan pelarut etanol/*n*-heksana (perbandingan volume 2/1) pada suhu 85°C. Serat hasil ekstraksi selanjutnya diputihkan (*Bleaching*) dengan pemanasan menggunakan larutan Ca(ClO)₂ 3% selama 2 jam pada suhu 80°C. *Pulp* kemudian dihidrolisis menggunakan larutan NaOH 1% pada suhu 60°C selama 2 jam. Proses pemutihan akhir dilakukan melalui pemanasan menggunakan Ca(ClO)₂ 1% pada suhu 75°C selama 3 jam. Hasil pemutihan selanjutnya dilakukan hidrolisis menggunakan larutan HCl 5% selama 6 jam pada suhu 65°C, sampel disaring dan padatan yang diperoleh dicuci dengan akuades sampai bebas dari asam. Hasil penyaringan dikeringkan pada suhu 105°C dan selulosa ditimbang (Istirokhatun *et al.*, 2015).

Preparasi limbah karet alam

Limbah karet alam dicuci bersih kemudian dikeringkan dan dilarutkan dalam pelarut minyak tanah sehingga dihasilkan limbah karet alam berbentuk gel dan diuapkan kembali pelarutnya menggunakan oven.

Sintesis adsorben selulosa – limbah karet alam

Adsorben dibuat dari campuran selulosa dan limbah karet alam dengan variasi b/b adsorben (1:2, 1:1, dan 2:1) g/g. Campuran diaduk dan dikeringkan pada suhu 110°C selama 1 jam.

Penentuan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Sampel dipipet sebanyak 100 mL kedalam *Erlenmeyer* dan ditambahkan beberapa tetes larutan KMnO₄ 0,01 N sampai berwarna merah muda lalu ditambahkan 5 mL H₂SO₄ 8N kemudian dipanaskan pada suhu 105°C selama 10 menit. Sampel ditambahkan larutan KMnO₄ sebanyak 10 mL dan panaskan kembali pada suhu 70°C selama 10 menit. Sampel ditambahkan sebanyak 10 mL H₂C₂O₄ 0,01N dan dititrasi menggunakan larutan KMnO₄ 0,01N (SNI 06-6989.22-2004).

Penentuan kadar minyak lemak

Gelas *beaker* ditimbang sebagai berat kosong. Sampel dimasukkan ke dalam corong pisah dan ditambahkan beberapa tetes HCl 1:1 sampai pH sampel menjadi 2. Sampel ditambahkan 30 mL *n*-heksan, lalu dikocok selama 2 menit. Sampel hasil pengocokan dibiarkan hingga lapisan *n*-heksana (lapisan organik) dan air memisah, lalu lapisan organik dimasukkan kedalam gelas *beaker*. Hasil ekstraksi dipanaskan dalam oven sampai kering dan didinginkan dalam desikator, lalu ditimbang gelas *beaker* yang berisi hasil ekstraksi (SNI 6989.10-2011).

Penentuan massa komposisi adsorben optimum

Adsorben dengan variasi massa 1:2, 1:1, dan 2:1 dikontakan langsung dengan limbah cair pabrik kelapa sawit, kemudian *dishaker* selama 30 menit kemudian disaring. Filtrat kemudian diukur nilai COD dan minyak lemak dari LCPKS.

Penentuan waktu kontak optimum

Adsorben dengan variasi massa terbaik dikontakan dengan LCPKS selama 20, 40,60,80 dan 100 menit. Adsorben disaring lalu filtrat diukur nilai COD dan minyak lemak pada LCPKS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan dan Karakterisasi Adsorben Komposit

Penelitian ini dimulai dengan melakukan preparasi serat eceng gondok melalui pengeringan dengan sinar matahari untuk menghilangkan kandungan air yang terdapat dalam batang eceng gondok. Proses isolasi selulosa dari eceng gondok dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu ekstraksi, delignifikasi dan hidrolisis.

Proses ekstraksi dilakukan untuk menghilangkan zat - zat ekstraktif seperti klorofil, dan zat lilin yang ada dalam serat BEG (Putera, 2012). Proses ekstraksi dapat dihentikan ketika warna pelarut di dalam soklet menjadi bening.

Residu hasil ekstrak dilanjutkan ke proses delignifikasi menggunakan larutan $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 3%. Larutan $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ digunakan untuk menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa pada serat BEG. Menurut Rachmawaty *et al.*, (2013), ion hipoklorit yang dimiliki $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ merupakan oksidator kuat yang mampu memecah ikatan eter dalam struktur lignin, sehingga derajat keputihan serat BEG naik secara signifikan serta proses penghancuran lignin dilakukan tanpa merusak struktur selulosa.

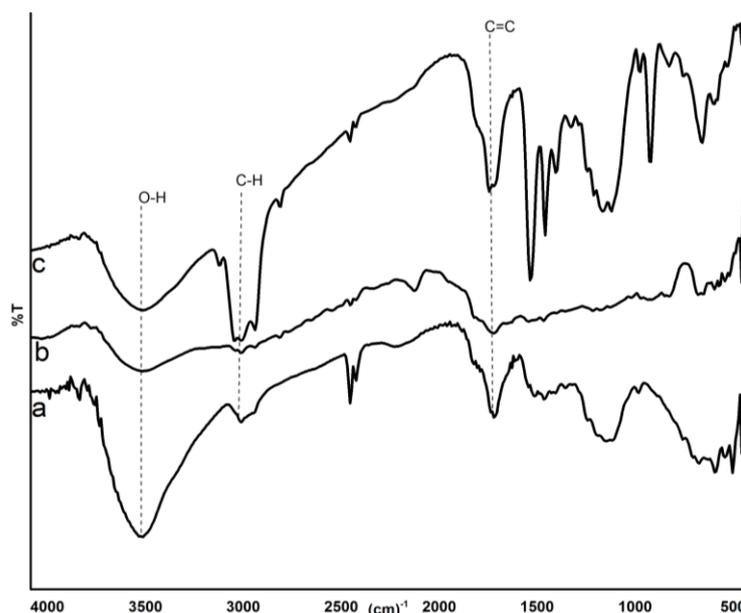
Pulp hasil delignifikasi selanjutnya dilakukan proses hidrolisa menggunakan larutan NaOH 1% agar dapat memutuskan ikatan hemiselulosa dan lignin. Reaksi yang terjadi pada proses hidrolisis menggunakan larutan NaOH yang terdisosiasi menjadi Na^+ dan OH^- bereaksi dengan lignin. Ion OH^- bereaksi dengan gugus H pada lignin sedangkan ion Na^+ akan membentuk garam fenolat yang mudah larut. Warna *pulp* yang dihasilkan dari proses hidrolisis basa ini menjadi coklat yang lebih pekat. Hal ini menunjukkan lignin dan hemiselulosa yang terdapat dalam serat BEG telah terlepas akibat hidrolisis basa. Proses delignifikasi selanjutnya dilakukan menggunakan larutan $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 1% untuk menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa yang masih tersisa dari proses sebelumnya. Hasil delignifikasi ini menghasilkan perubahan warna *pulp* dari kecoklatan menjadi putih. Hal tersebut menunjukkan ikatan lignin dan hemiselulosa dengan selulosa telah terputus.

Pulp yang didapatkan selanjutnya dihidrolisis menggunakan HCl 5% untuk menghilangkan kandungan hemiselulosa dan zat pengotor yang masih tersisa. Hasil isolasi ini mendapatkan rendemen selulosa sebanyak 21,2%.

Selulosa kemudian dikompositkan dengan limbah karet alam yang sudah dilarutkan menggunakan minyak tanah. Komposit yang terbentuk dianalisis gugus fungsinya dengan menggunakan spektroskopi inframerah.

Berdasarkan Gambar 1 dan hasil interpretasi pada Tabel 1 terlihat bahwa hasil karakterisasi menunjukkan adanya puncak serapan pada gugus – gugus fungsi yang menjadi serapan khas dari tiap penyusun komposit tetap terdapat pada produk komposit. Pada spektrum komposit adanya puncak serapan gugus O-H pada bilangan gelombang $3425,58 \text{ cm}^{-1}$ dan adanya puncak serapan gugus C-O pada bilangan gelombang $1033,85 \text{ cm}^{-1}$. Kedua gugus tersebut merupakan gugus yang berasal dari selulosa. Sedangkan adanya puncak serapan gugus C=C pada bilangan gelombang $1635,64 \text{ cm}^{-1}$ merupakan gugus yang berasal dari limbah karet alam. Adapun puncak serapan yang terdapat pada spektrum limbah karet alam di bilangan gelombang $3425,58 \text{ cm}^{-1}$ bukan menunjukkan serapan dari gugus O-H melainkan serapan gugus N-H yang terdapat dalam limbah karet alam dari hasil pra-vulkanasi dan pengawetan menggunakan NH_3 . Spektrum komposit yang menunjukkan puncak serapan gugus O-H yang berasal dari adanya perubahan intensitas dari puncak – puncak yang terdapat dari selulosa dan limbah karet alam setelah dikompositkan. Rasio puncak gugus O-H dari selulosa dan puncak gugus C=C dari karet alam yang mula – mula terlihat lebih besar dibandingkan puncak gugus alkil (C-H) pada spektrum

masing-masing penyusun mengalami perubahan pada spektrum komposit. Pada spektrum komposit dapat dilihat bahwa rasio puncak gugus alkil lebih besar dibandingkan puncak gugus O-H maupun puncak gugus C=C. Adanya pelebaran pada pita serapan komposit dikarenakan kontribusi dari ikatan O-H selulosa dan limbah karet alam yang menunjukkan interaksi telah terjadi sedangkan semakin tajamnya puncak C-H pada komposit dikarenakan pengaruh dari transformasi perubahan ikatan baik inter maupun intramolekul.



Gambar 1. Spektrum selulosa (a), limbah karet alam (b), dan komposit selulosa – limbah karet alam (c)

Tabel 1. Hasil Interpretasi Gugus – Gugus Fungsi Dalam Komposit Selulosa – Limbah Karet Alam

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)			Jenis Vibrasi
	Selulosa	Limbah Karet alam	Komposit	
O-H	3425,58	-	3425,58	O-H <i>stretching</i>
C-H	2924,09	2924,09	2924,09	C-H <i>stretching</i>
C=C	-	1635,64	1635,64	C=C <i>stretching</i>
C-O	1033,35	-	1033,85	C-O <i>bending</i>

Penentuan Variasi Massa Komposisi Adsorben Optimum

Penentuan massa adsorben merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi adsorben untuk melakukan adsorpsi. Semakin banyak jumlah adsorben, maka semakin banyak pula adsorbat yang akan terserap. Penentuan massa adsorben optimum dapat dilihat dari efisiensi adsorben saat melakukan adsorpsi. Efisiensi ditentukan dari kadar adsorbat terserap dibagi dengan kadar adsorbat mula-mula.

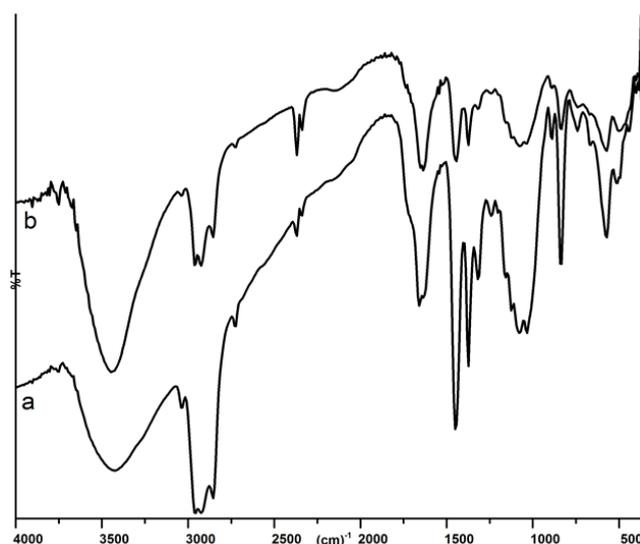
Berdasarkan Tabel 2, dapat disimpulkan kondisi optimum komposit untuk penurunan kadar COD terjadi pada variasi massa 1:1, sedangkan pada minyak lemak terjadi pada variasi massa 1:2. Adanya perbedaan massa komposit optimum disebabkan peranan dari selulosa dan limbah karet alam yang memiliki kemampuan dan sifat yang berbeda saat melakukan adsorpsi. Karet alam memiliki sifat oleofilik dan hidrofobik sehingga karet alam bersifat nonpolar, sedangkan gugus O-H pada selulosa memiliki sifat polar.

Variasi massa 1:1 yang memiliki komposisi karet alam dan selulosa yang sama memperlihatkan hasil penyerapan optimum terhadap penurunan COD. Hal ini dikarenakan 1 unit cincin selulosa memiliki 3 unit gugus O-H, sedangkan gugus C=C yang ada pada monomer isoprena hanya 1 gugus. Zat organik yang bersifat polar dalam limbah cair pabrik akan diikat oleh gugus O-H dari selulosa, sedangkan zat organik yang bersifat non polar akan diikat oleh gugus

C=C dari limbah karet alam, sehingga kadar COD limbah cair pabrik kelapa sawit lebih akan lebih banyak menurun dibandingkan kadar minyak lemak.

Tabel 2. Hasil Penurunan Kadar COD dan Minyak Lemak Variasi Massa Komposisi Adsorben

Variasi Massa (Selulosa : Karet)	Kadar COD (mg/L)		Kadar Minyak Lemak (mg/L)		Efisiensi Adsorpsi	
	Terserap	Sisa	Terserap	Sisa	COD	Minyak Lemak
1:1	2.326,336	484,800	310	180	83%	63%
1:2	1.847,968	963,168	410	80	66%	84%
2:1	543,520	2.267,616	250	240	19%	49%
Selulosa	31,136	2.780,000	220	270	11%	45%
Karet	1.545,136	1.264,000	110	350	55%	23%

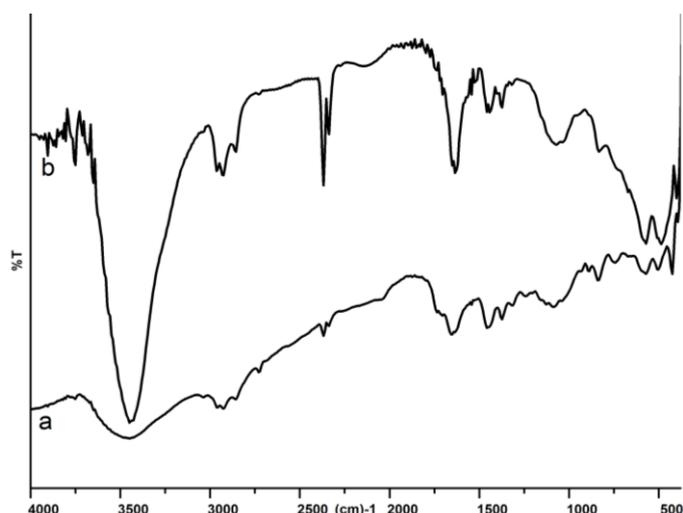


Gambar 2. Hasil karakterisasi adsorben variasi 1:1 sebelum dikontakkan dengan adsorbat (a) dan sesudah dikontakkan dengan adsorbat (b)

Gambar 2 memperlihatkan adanya perubahan pada puncak gugus O-H, gugus C-H, gugus C=C dan gugus C-O yang terdapat di dalam komposit. Rasio puncak serapan gugus O-H dan gugus C=C pada adsorben sebelum di kontakkan terlihat lebih kecil di bandingkan rasio gugus C-H dan gugus C-O, ketika setelah dikontakkan puncak O-H dari selulosa menjadi hilang karena berinteraksi dengan zat organik dan digantikan oleh puncak gugus N-H dari karet yang tumpang tindih terhadap gugus O-H pada bilangan gelombang yang sama. Sedangkan rasio gugus C-H dan C-O menjadi lebih kecil. Meningkatnya rasio pada puncak gugus O-H dan C=C pada spektrum adsorben setelah dikontakkan menunjukkan adanya interaksi antara gugus O-H dan C=C pada limbah cair pabrik kelapa sawit.

Massa optimum untuk adsorpsi minyak lemak terjadi pada variasi massa selulosa:karet 1:2. Limbah karet alam bersifat oleofilik dan hidrofobik dengan demikian karet alam mempunyai kecenderungan untuk mengikat minyak dan lemak pada LCPKS, sehingga dengan komposisi karet alam yang lebih banyak dibandingkan selulosa pada variasi massa 1:2 menunjukkan hasil penyerapan minyak dan lemak lebih banyak dibandingkan penyerapan zat organik yang terikat pada gugus O-H dari selulosa.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 memperlihatkan perbedaan rasio puncak gugus O-H dan gugus C=C yang jelas. Pada adsorben sebelum dikontakkan puncak gugus O-H dan C=C terlihat kecil, kemudian setelah di kontakkan puncak gugus tersebut menjadi tajam dan rasio meningkat. Hal ini disebabkan karena adanya gugus C=C dan O-H baru yang diikat dari minyak lemak maupun zat organik sehingga hasil karakterisasi menunjukkan intensitas gugus O-H dan C=C menjadi meningkat.



Gambar 3. Hasil karakterisasi adsorben variasi 1:2 sebelum dikontakkan dengan adsorbat (a) dan sesudah dikontakkan dengan adsorbat (b)

Adanya perbedaan yang terjadi pada variasi komposisi 2:1 yang memiliki komposisi selulosa lebih banyak dibandingkan karet alam memperlihatkan hasil penyerapan optimum pada minyak lemak dibandingkan zat organik. Hal ini disebabkan karena terlalu banyak gugus – gugus O-H dari selulosa yang mengakibatkan terjadinya tumbukan antar partikel organik dan gugus O-H menjadi tidak efektif dan memungkinkan adanya adsorbat yang telah diikat akan dilepaskan kembali ke permukaan. Dengan demikian zat organik tidak diserap selulosa secara optimum.

Penentuan Waktu Kontak Optimum

Waktu kontak merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Semakin lama waktu yang digunakan, maka proses adsorpsi yang terjadi akan semakin baik.

Tabel 3. Hasil penurunan Kadar COD dan Minyak Lemak Variasi Waktu Kontak

Variasi Waktu	Kadar COD mg/L		Kadar Minyak Lemak mg/L		Efisiensi Adsorpsi	
	Terserap	Sisa	Terserap	Sisa	COD	Minyak Lemak
15	1.087,040	1.724,096	230	260	39%	47%
30	2.326,336	484,800	410	80	83%	84%
45	1.195,744	1.615,392	345	145	43%	70%
60	1.087,040	1.724,096	257	233	39%	53%
75	760,928	2.050,208	170	320	27%	35%

Berdasarkan Tabel 3, proses penyerapan optimum terjadi pada menit ke 30 dan terjadi penurunannya serap pada menit ke 45 sampai 75. Hal ini dikarenakan pada menit ke 30 zat-zat organik dan minyak lemak pada LCPKS sudah terikat pada adsorben dan menutupi seluruh permukaan pori – pori pada adsorben sehingga proses penyerapan akan terhenti. Penurunan %efisiensi adsorpsi yang terjadi dimenit ke 45 hingga 75 secara signifikan ini dikarenakan adanya ikatan antara zat-zat organik dan minyak lemak yang terikat pada adsorben pada menit ke-30 terlepas ke permukaan air akibat adsorben yang sudah jenuh, adsorpsi ini terjadi karena adanya gaya tarik menarik antara molekul adsorbat dengan situs aktif berupa gugus O-H dari selulosa dan C=C dari limbah karet alam dipermukaan adsorben. Adsorbat yang terikat pada adsorben ini disebabkan karena adanya gaya *Van der Waals* yang timbul akibat interaksi dipol-dipol, yang mana pada jarak antar molekul tertentu akan terjadi kesetimbangan antara gaya tolak dan gaya tarik sehingga adsorbat akan berdifusi ke permukaan adsorben maupun kedalam pori – pori adsorben dan terikat dengan gugus – gugus aktif pada adsorben.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa karakter dari adsorben komposit memiliki gugus O-H dari selulosa pada bilangan gelombang $3425,58\text{ cm}^{-1}$ dan gugus C=C dari karet alam pada bilangan gelombang $1635,64\text{ cm}^{-1}$. Kondisi optimum dari adsorben untuk mengikat zat organik terjadi pada variasi massa (S:K) 1:1 selama 30 menit waktu kontak dengan %efisiensi adsorpsi sebesar 83%. Kondisi optimum adsorben untuk mengikat minyak lemak terjadi pada variasi massa (S:K) 1:2 selama 30 menit waktu kontak dengan %efisiensi adsorpsi sebesar 84%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, F., Annisa, R.F dan Rifky, H.A., 2017, Pemanfaatan Limbah Lateks Karet Alam dan Ampas Tebu Sebagai Adsorben *Crude Oil Spill*, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(23) : 9-16.
- Cifriadi, A., Emil, B., dan Ary, A.A., 2011, Karakterisasi Karet Siklo Berbasis Lateks Karet Alam Berbobot Molekul Rendah, *Jurnal Penelitian Karet*,1(29) : 35-48.
- Hasibuan, I.F., Edward, T., dan Hamidah, H., 2012, Pemanfaatan Limbah Lateks Karet Alam dengan Pengisi Bubuk Pelepeh Pisang Sebagai Adsorben Minyak, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(1) : 39-44
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 1995.
- Monarisqa, D, *et al.*, 2012, Ekstraksi Selulosa dari Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendron* Linn) dan Kayu Serbuk Industri Mebel, *Jurnal Penelitian Sains*, 3(15) : 96-101.
- Putera, R.D.H, 2012, Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan Variasi Pelarut, Universitas Indonesia, Jurusan Teknik Kimia, Jakarta, (skripsi).
- Rachmawaty, R., Metty, M., dan Slamet, P., 2013, Sintesis Selulosa Dasetat dari Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dan Potensinya untuk Pembuatan Membran, *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 3(2) : 8-16.
- Salbeti, D., Harlia., dan Intan, S., 2018, Sintesis dan Karakterisasi Termal Plastik Ramah Lingkungan *Polyblend* Selulosa Ampas Tebu dan Limbah Botol Plastik *Polietilen Tereftalat*, *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(2), 54-60.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.10-2011, Air dan Air Limbah-Bagian 10: Cara Uji Minyak Dan Lemak Secara Gravimetri, Jakarta.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-6989.22-2004, Air dan Air Limbah-Bagian 22: Cara Nilai Permanganat Secara Titrimetri, Jakarta
- Suprihatin, E., Titin, A.Z., dan Nelly, W., 2015, Pembuatan Membran Silika dari *Fly Ash* dan Aplikasinya untuk Menurunkan Kadar COD dan BOD Limbah Cair Kelapa Sawit, *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 3(4) : 48-53.
- Thaiyibah, N., Alumuddin, dan Aman, S.P., 2016, Pembuatan dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat-PVC dari Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk Adsorpsi Logam Tembaga (II), *Jurnal Kimia Mulawarman*, 1(14) : 29-35.
- Valentina, A. E., Miswadi, S. S., dan Latifah., 2013, Pemanfaatan Arang Eceng Gondok dalam Menurunkan Kekeruhan, COD, BOD pada Air Sumur, *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(2) : 84-89.