Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan
Vol. 11, No. 2, Hlm. 92-98, Desember 2016
ISSN 1412-5064, e-ISSN 2356-1661
DOI: https://doi.org/10.23955/rkl.v11i2.5402

Pemanfaatan Karbon Aktif dari Ampas Teh sebagai Adsorben pada Proses Adsorpsi β-Karoten yang Terkandung dalam Minyak Kelapa Sawit Mentah

The Utilization of Activated Carbon from Tea Waste as Adsorbent in Adsorption Process of β-carotene in Crude Palm Oil

Erni Misran*, Fery Panjaitan, Fahmi Maulana Yanuar
Departemen Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara, Medan 20155, Indonesia
*E-mail: erni_misran@yahoo.com

Abstrak

Penelitian tentang penggunaan karbon aktif dari ampas teh sebagai adsorben telah dilakukan untuk mengadsorpsi β-karoten yang terkandung dalam minyak kelapa sawit mentah. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model isoterm dan kinetika yang sesuai untuk proses adsorpsi β-karoten di dalam CPO. Kajian isoterm dilakukan pada suhu 60°C menggunakan rasio karbon aktif terhadap CPO = 1:3, 1:4, 1:5, dan 1:6. Kajian kinetika dilakukan pada suhu 60°C, rasio karbon aktif terhadap CPO = 1:3 dimana sampel diambil dengan interval waktu pengambilan 2 menit hingga 120 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan karbon aktif dari ampas teh dalam menyerap β-karoten dari CPO ini sangat memuaskan yakni > 99%. Persentase adsorpsi β-karoten terbaik diperoleh pada rasio karbon aktif terhadap CPO = 1:3, yakni sebesar 99,61%. Model isoterm yang sesuai dengan data penelitian ini adalah model isoterm Freundlich. Sedangkan model kinetika yang sesuai adalah orde dua semu dengan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,996. Berdasarkan model kinetika tersebut diketahui bahwa laju penyerapan pada kesetimbangan adalah sebesar 3,5087 mg/g dan konstanta laju adsorpsi sebesar 0,0578 (L/menit).

Kata kunci: adsorpsi, ampas teh, β-karoten, model kinetika, isoterm Freundlich

Abstract

Adsorption process of β-carotene contained in crude palm oil (CPO) was studied by using activated carbon from tea waste as adsorbent. This research was conducted to obtain an appropriate model of isotherm and kinetics for the adsorption process of β-carotene from CPO. Isotherm studies were carried out at a temperature of 60°C with ratios of activated carbon to CPO were 1:3, 1:4, 1:5, dan 1:6. Kinetics study was performed at a temperature of 60°C, the ratio of activated carbon to CPO = 1:3, with sampling time started at 2 minutes until 120 minutes. The activated carbon from tea waste showed excellent performance since the percentage of adsorption of β-carotene from CPO were > 99%. The best adsorption percentage was achieved at activated carbon to CPO ratio equal to 1:3, which was 99.61%. The apropriate kinetics model to the results was Freundlich isotherm model. Meanwhile, the apropriate kinetics model was pseudo second order with the correlation coefficient (R^2) was 0.996. Based on the kinetics model, the adsorption rate at equilibrium was 3.5087 mg/g and the adsorption rate constant was 0.0578 (L/min).

Keywords: adsorption,tea waste, β-carotene, kinetics model, Freundlich isotherm

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit mentah (*Crude Palm Oil* atau CPO) terbesar di dunia dengan produksi sebesar 25,4 juta metrik ton pada tahun 2012. Sebagian besar CPO (65%) masih diekspor sebagai bahan mentah dan selebihnya (35%) digunakan untuk kebutuhan di dalam negeri sebagai bahan baku pembuatan minyak goreng, margarin, *shortening*, dan biodiesel. Kandungan yang terdapat dalam CPO terdiri dari kandungan mayor dan minor. Kandungan mayor adalah trigliserida (94%), sedangkan kandungan minornya adalah tokoferol, sterol, pospatida, serta karotenoid yang merupakan salah satu kandungan penting dalam CPO (Elmariza dkk., 2015).

CPO merupakan bahan dasar pembuatan minyak goreng. Minyak goreng yang berwarna kemerahan umumnya tidak disenangi oleh konsumen. Konsumen lebih memilih minyak yang berwarna kuning dan cenderung bening. Oleh karena itu, demi memenuhi keinginan konsumen, dilakukan proses pemucatan (*bleaching*) pada CPO. Proses pemucatan dilakukan dengan menyerap senyawa karotenoid yang merupa-

kan pembentuk warna kemerahan pada CPO. Karotenoid yang diserap oleh zat pemucat pada umumnya tidak dimanfaatkan lagi oleh pabrik (Serlahwaty, 2007). Dalam CPO terdapat 500 - 700 ppm karotenoid atau sekitar 0,5 - 0,7 kg karotenoid per ton CPO (Nwankwere dkk., 2012), sehingga CPO merupakan sumber provitamin A yang sangat potensial.

Berbagai metode pengambilan karotenoid dari CPO telah dilakukan seperti ekstraksi fluida superkritis (Ragaguci, 2011), dan adsorpsi menggunakan adsorben (Silva dkk., 2013). Adsorpsi merupakan metode pemucatan yang paling banyak digunakan karena cenderung lebih cepat dan mudah untuk dilakukan. Pada metode ini karotenoid yang terkandung dalam CPO akan berinteraksi dengan adsorben yang digunakan untuk mengikat karotenoid tanpa terjadinya reaksi kimia sehingga CPO yang digunakan tidak berubah secara kimiawi. Selain itu proses adsorpsi dapat dilakukan pada suhu kamar sehingga tidak membutuhkan energi yang tinggi. Banyak adsorben yang telah diujikan untuk mengadsorpsi β-karoten dari CPO ini, diantaranya menggunakan abu sekam padi, silika gel, alumina, lempung, cangkang kelapa sawit dan karbon aktif (Serlahwaty, 2007). Salah satu limbah yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif adalah limbah ampas teh. Dalam pembuatan karbon aktif, kandungan ampas teh yang diperhitungkan adalah holoselulosa yaitu sebesar 60,81%. Ampas teh terdiri dari selulosa sebesar 29,42%, lignin sebesar 36,94%, dan abu sebesar 4,53%, dan ekstraktif 15,22% (Tutus dkk., 2015).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk pembuatan dan pemanfaatan karbon aktif serta penyerapan β-karoten. Penelitian mengenai ampas teh yang telah diaktivasi dan dikarbonisasi menghasilkan kadar karbon tetap yang relatif tinggi yakni 57,1% dan kapasitas maksimum penyerapan nitrofenol sebesar 142,85 mg/g (Ahmaruzzaman dan Gayatri, 2010). Penggunaan teh sebagai adsorben untuk logam berat berupa Ni(II) telah pula diteliti dengan kemampuan adsorpsi yang bervariasi dari 50% hingga mencapai 100%. Kondisi ini dipengaruhi oleh waktu kontak dan jumlah adsorben yang digunakan (Shah dkk., 2015). Penelitian mengenai adsorpsi isotermal β-karoten dari olein sawit kasar menggunakan bentonit dan arang aktif telah pula dilakukan. Pada penelitian tersebut diketahui nilai energi aktivasi adalah 74,28 kkal/mol untuk bentonit dan 30,04 kkal/mol untuk karbon aktif dan mampu menyerap β-karoten sebanyak 82,11% (Muslich dkk., 2010). Lalu penelitian mengenai penyerapan β-karoten dan fosfor dari minyak sawit menggunakan tanah liat alami yang dimodifikasi telah pula dilakukan. Adsorben yang digunakan pada penelitian itu mampu menyerap β-karoten dan fosfor sebanyak 90% (Silva dkk., 2013).

Dari beberapa penelitian terdahulu tersebut dapat disimpulkan bahwa karbon aktif yang berasal dari ampas teh memiliki kemampuan yang sangat baik dalam penyerapan logam berat. Akan tetapi, pada penelitian terdahulu belum pernah dilakukan kajian pemanfaatan karbon aktif dari limbah ampas teh untuk menyerap β-karoten dari CPO. Dengan demikian, pada penelitian ini akan dilakukan adsorpsi β-karoten dari CPO menggunakan karbon aktif yang berasal dari ampas teh pada berbagai variasi waktu, dan rasio antara karbon aktif : CPO untuk mengetahui kemampuan adsorpsi serta mendapatkan model isoterm dan kinetika proses adsorpsi.

2. Metodologi

2.1. Alat dan Bahan

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengering baki *(tray dryer), ball mill,* ayakan 50 mesh, reaktor pirolisis yang dilengkapi dengan tabung gas N_2, *hot plate,* dan motor listrik. Sedangkan bahan utama yang digunakan adalah minyak kelapa sawit mentah (CPO), ampas teh, dan asam posfat (H_3PO_4) 85%.

2.2. Proses Pembuatan Karbon Aktif

Limbah ampas teh yang digunakan berasal dari pedagang Mie Aceh di Kota Medan. Ampas teh tersebut dikeringkan menggunakan *tray drier* dengan suhu 40°C sampai teh kering. Selanjutnya ampas teh dihaluskan dengan menggunakan *ball mill* dan diayak menggunakan ayakan 50 mesh (Turmuzi dkk., 2015). Kemudian ampas teh diaktivasi dengan larutan H_3PO_4 85% selama 24 jam dengan rasio berat ampas teh:H_3PO_4 adalah 1:2 (Yagmur dkk., 2008). Kemudian ampas teh kering dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis yang dioperasikan pada suhu 500°C (Ahmaruzzaman dan Gayatri, 2010) selama 15 menit dengan aliran gas nitrogen. Selanjutnya karbon aktif hasil pirolisis dicuci dengan air panas bersuhu 85°C dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 110°C (Rananda dkk., 2015). Karbon aktif yang dihasilkan kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan siap untuk digunakan. Karakterisasi ampas teh dan karbon

aktif yang dihasilkan dilakukan menggunakan metoda BET (Brunauer–Emmett–Teller).

2.3. Prosedur Kajian Isoterm Adsorpsi

Minyak kelapa sawit (CPO) dan karbon aktif disiapkan dengan rasio tertentu (1:3) (Olorundare dkk., 2014) di dalam *beaker glass.* Campuran dipanaskan dengan menggunakan *hot plate* pada suhu 60°C (Olorundare dkk., 2014) dan dihomogenkan menggunakan motor listrik dengan kecepatan konstan 120 rpm (Latip dkk., 2001) selama 2 jam (Silva dkk., 2013). Setelah selesai campuran disaring untuk memisahkan filtrat dan adsorbennya menggunakan kertas saring whatman no. 1. Filtrat dimasukkan ke dalam botol plastik dan dianalisis dengan alat spektrofotometer UV-VIS untuk mengetahui kandungan β-karoten yang tersisa. Prosedur yang sama dilakukan untuk variasi rasio karbon aktif : CPO = 1:4, 1:5, dan 1:6 (Olorundare dkk., 2014).

2.4. Prosedur Kinetika Adsorpsi

Minyak kelapa sawit (CPO) dan karbon aktif disiapkan dengan rasio (w/w) 1:6 (Olorundare dkk., 2014) di dalam *beaker glass.* Campuran dipanaskan menggunakan *hot plate* pada suhu 60°C (Olorundare dkk., 2014) dan dihomogenkan menggunakan motor listrik dengan kecepatan konstan 120 rpm (Latip dkk., 2001). Campuran diambil dengan interval waktu pengambilan 2 menit hingga mencapai waktu setimbang (Silva dkk., 2013). Sampel disaring dengan kertas saring whatman no. 1 dan selanjutnya filtrat dimasukkan ke dalam botol plastik. Konsentrasi β-karoten pada bahan baku serta filtrat pada berbagai waktu dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS.

2.5. Model Isoterm Adsorpsi

Penentuan model isoterm adsorpsi adalah untuk mengetahui proses distribusi antara fase cair dan fase adsorben padat yang merupakan ukuran dari posisi keseimbangan dalam proses adsorpsi dan dapat dinyatakan dengan model isoterm Langmuir dan Freundlich (Silva dkk., 2013).

Model isoterm Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben (Yan dkk., 2015). Bentuk linier dari persamaan isoterm Langmuir ditunjukkan pada Persamaan 1 (Silva dkk., 2013).

$$\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{k_l q_m} + \left(\frac{1}{q_m}\right) c_e \qquad (1)$$

Keterangan:
q_e : jumlah adsorbat per massa adsorben
c_e : konsentrasi kesetimbangan adosrbat
q_m dan k_l : konstanta Langmuir yang terkait dengan kapasitas adsorpsi dan tingkat adsorpsi

Model isotherm Freundlich merupakan model yang digunakan untuk adsorpsi nonideal dan merupakan adsorpsi lapisan jamak (*multilayer*) (Yan dkk., 2015). Hubungan antara jumlah zat yang diadsorpsi dan konsentrasi ditunjukkan pada Persamaan 2 (Silva dkk., 2013).

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log c_e \qquad (2)$$

Keterangan:
q_e : jumlah adsorbat per massa adsorben
c_e : konsentrasi kesetimbangan adosrbat
n : intensitas adsorpsi
K_f : kapasitas adsorpsi adsorben dan konstanta Freundlich

2.6. Model Kinetika Adsorpsi

Data konsentrasi β-karoten pada berbagai waktu yang diperoleh dari percobaan kemudian diolah untuk mendapat model kinetika yang sesuai. Model yang diujikan adalah model kinetika orde satu semu dan orde dua semu masing-masing dinyatakan pada Persamaan 3 dan 4.

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k_1}{2{,}303} t \qquad (3)$$

Keterangan:
q_e : kapasitas penjerapan pada kesetimbangan
q_t : kapasitas penjerapan pada waktu t
k_1 : konstanta laju adsorpsi orde satu semu
t : waktu adsorpsi

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_{e^2}} + \frac{1}{q_e} t \qquad (4)$$

Keterangan:
q_e : kapasitas penjerapan pada kesetimbangan
q_t : kapasitas penjerapan pada waktu t
k_2 : konstanta laju adsorpsi orde dua semu
t : waktu adsorpsi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Luas Permukaan Adsorben

Luas permukaan merupakan salah satu karakter fisik yang berhubungan langsung dengan kemampuan adsorpsi terhadap zat-zat yang akan diserap. Bila karbon aktif memiliki luas permukaan besar akan memberikan bidang kontak yang lebih besar

antara adsorben dan adsorbatnya sehingga adsorbat dapat terserap lebih banyak (Widihati dkk., 2012).

Tabel 1 menampilkan perbandingan karakteristik ampas teh pada saat sebelum dan sesudah proses pirolisis. Proses pembuatan karbon aktif yang dilakukan mampu meningkatkan luas permukaan karbon aktif secara signifikan. Peningkatan luas permukaan karbon aktif ini disebabkan H_3PO_4 meresap ke dalam karbon aktif dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup oleh komponen kimia sehingga luas permukaan yang aktif bertambah besar (Widihati dkk., 2012). Peningkatan luas permukaan juga dapat disebabkan karena abu dan pengotor lainnya yang terdapat dalam karbon aktif terlepas pada saat proses pemanasan dan aktivasi. Lepasnya pengotor ini dapat membuka pori dari karbon aktif tersebut (Widihati dkk., 2012). Standar mutu karbon aktif untuk luas permukaan adalah 300 - 3.500 m^2/g (Turmuzi dkk., 2015). Dengan demikian, luas permukaan karbon aktif yang berasal dari ampas teh ini telah termasuk ke dalam kisaran nilai luas permukaan adsorben komersil.

Tabel 1. Karakteristik bahan baku ampas teh dan karbon aktif dari ampas teh menggunakan metode BET

Sampel	Luas Permukaan (m^2/g)	Luas Area Mikropori (m^2/g)	Luas Permukaan Ekternal (m^2/g)
Ampas Teh Kering	12,443	2,672	9,772
Karbon Aktif dari Ampas Teh	717,460	411,227	306,223

3.2. Kemampuan Adsorpsi Ampas Teh

Hasil analisis bahan baku CPO menunjukkan bahwa konsentrasi β-karoten awal adalah 509 ppm. Konsentrasi β-karoten menurun secara signifikan setelah dikontakkan dengan adsorben karbon aktif dari limbah ampas teh pada suhu 60°C selama 120 menit. Tabel 2 menampilkan data konsentrasi β-karoten pada berbagai variasi rasio karbon aktif : CPO. Penjerapan β–karoten yang terbaik diperoleh pada rasio 1:3 dengan konsentrasi akhir β–Karoten sebesar 2 ppm atau dengan kemampuan adsorpsi sebesar 99,61%. Secara keseluruhan dapat dinyatakan bahwa kemampuan penyerapan β-karoten oleh karbon aktif dari ampas teh sangat memuaskan yakni > 99%.

Pada jumlah adsorben yang sama, bertambahnya jumlah CPO yang digunakan mengakibatkan penurunan kemampuan adsorpsi. Namun penurunan yang terjadi tidaklah signifikan. Kenaikan jumlah CPO sebesar 100%, yakni dari kondisi rasio karbon aktif terhadap CPO sebesar 1:3 menjadi 1:6, hanya menurunkan kemampuan adsorpsi sebesar 0,59%. Hal ini menunjukkan bahwa partikel adsorben karbon aktif dari limbah ampas teh ini mampu menjerap β-karoten yang terkandung dalam CPO dalam jumlah yang sangat besar.

Tabel 2. Konsentrasi β-karoten hasil adsorpsi

Rasio Karbon aktif : CPO (w/w)	Konsentrasi Akhir β–Karoten, Ce (ppm)	Persen Adsorpsi (%)	Kapasitas Adsorpsi, qe (mg/g)
1:3	2	99,61	1,69
1:4	3	99,41	2,26
1:5	4	99,21	2,82
1:6	5	99,02	3,38

Kemampuan karbon aktif dari ampas teh pada penelitian ini adalah lebih baik dibandingkan dengan kemampuan bentonit dan arang aktif dalam menyerap β–karoten dari CPO. Dari penelitian terdahulu dilaporkan bahwa bentonit dan arang aktif mampu menyerap β-karoten masing-masing sebesar 93,26% dan 82,11% pada suhu 60°C dan rasio adsorben terhadap olein sawit kasar adalah 1:3 (Muslich dkk., 2010). Hasil yang diperoleh pada penelitian ini juga lebih baik jika dibandingkan dengan kemampuan karbon aktif komersial yang digunakan Irvan dkk. (2015). Pada proses adsorpsi yang dilakukan pada suhu 60°C dan rasio adsorben terhadap CPO adalah 1:6, β-karoten yang terserap hanyalah sekitar 80%.

3.3. Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

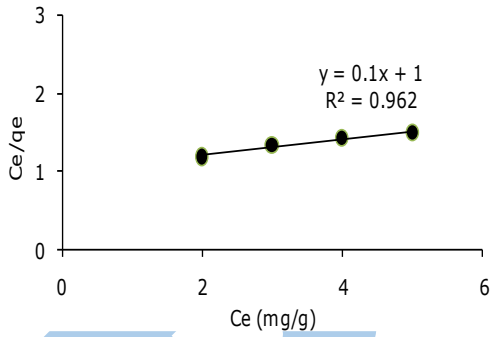
Penentuan model isoterm yang sesuai dengan data penelitian ini dilakukan dengan membuat grafik hubungan variabel-variabel seperti yang tertera pada Persamaan 1 dan 2 masing-masing untuk model isoterm Langmuir dan Freundlich.

Berdasarkan Persamaan 1, maka akan dibuat grafik hubungan antara Ce vs Ce/qe sedangkan berdasarkan Persamaan 2 akan dibuat grafik hubungan antara log Ce vs log qe. Hasil pengolahan data penelitian untuk mendapatkan nilai-nilai pada sumbu x dan sumbu y dari grafik kedua model isoterm dapat dilihat pada Tabel 3. Selanjutnya diperoleh distribusi data pada kurva isoterm seperti ditampilkan pada Gambar 1 dan 2.

Uji kesesuaian antara data penelitian dengan masing-masing model isoterm dilakukan dengan metoda *curve fitting*. Karena Persamaan 1 dan 2 merupakan persamaan linier, maka terhadap distribusi data penelitian tersebut dilakukan regresi linier. Selanjutnya diperoleh persamaan linier dan koefisien korelasi (R^2) yang menunjukkan hubungan linieritas data terhadap masing-masing model.

Tabel 2. Hasil pengolahan data penelitian untuk mendapatkan nilai sumbu x dan sumbu y pada kedua model isoterm

Isoterm Langmuir		Isoterm Freundlich	
C_e	C_e/q_e	Log C_e	Log q_e
2	1,1766	0,3010	0,2304
3	1,3263	0,4771	0,3545
4	1,4175	0,6021	0,4505
5	1,4795	0,6990	0,5289



Gambar 1. Kurva Isoterm Freundlich (•) data penelitian (–) persamaan linier

Data penelitian terlihat membentuk garis linier dengan kesesuaian yang sangat baik seperti yang dapat dilihat pada Gambar 1. Dari persamaan linier yang diperoleh, kemudian dapat ditentukan konstanta-konstanta terkait dengan masing-masing model isoterm yang nilainya dapat dilihat pada Tabel 3.

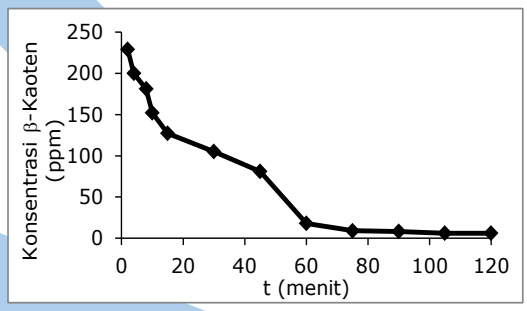
Tabel 3. Parameter Model Isoterm Adsorpsi β–Karoten dari CPO

Model Isoterm	Parameter	
Langmuir	q_m (mg/gr)	10
	K_L (L/mg)	0,1
Freundlich	K_F (L/mg)	0,9977
	n	1,3368

Dari hasil yang diperoleh, maka dapat dinyatakan bahwa model isoterm yang sesuai dengan data penelitian ini adalah model isoterm Freundlich. Nilai koefisien korelasi pada model isoterm Freundlich adalah lebih baik dibandingkan dengan model isoterm Langmuir, yakni R^2 = 0,999. Hasil penelitian terdahulu mengenai kajian isoterm adsorpsi β-karoten dari olein sawit kasar menggunakan bentonit juga menunjukkan bahwa model isoterm yang sesuai adalah model Freundlich dengan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9899 (Muslich dkk., 2010).

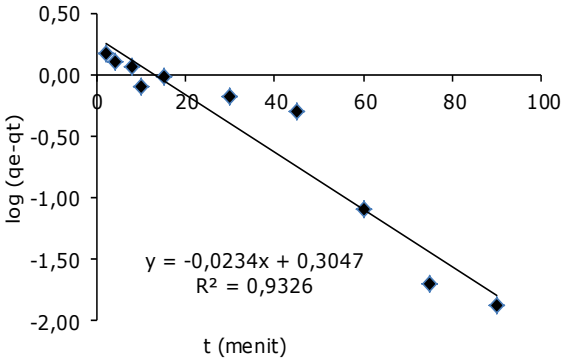
3.4. Penentuan Model Kinetika Adsorpsi

Konsentrasi β-karoten mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu adsorpsi hingga mencapai nilai yang konstan pada satu waktu tertentu diakibatkan sudah tercapainya kesetimbangan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2, dimana waktu kesetimbangan terjadi pada saat 120 menit.

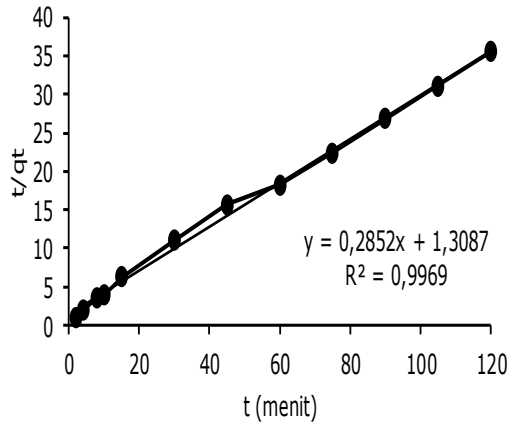


Gambar 2. Kurva Penyerapan β-karoten

Kesesuaian data penelitian ini dengan model kinetika orde satu semu dilakukan dengan membuat grafik hubungan $\log(q_e-q_t)$ versus t dan ditunjukkan pada Gambar 3. Sedangkan untuk pemodelan orde dua semu dilakukan dengan membuat grafik hubungan t/q_t versus t yang ditunjukkan pada Gambar 4. Grafik yang dihasilkan dari kedua model membentuk garis linier dengan kesesuaian yang baik. Dari persamaan yang diperoleh dapat ditentukan nilai konstanta-konstanta laju adsorpsi seperti yang terangkum pada Tabel 4.



Gambar 3. Kurva kinetika orde satu semu (•) data penelitian (–) persamaan linier



Gambar 4. Kurva kinetika orde dua semu (•) data penelitian (–) persamaan linier

Tabel 4. Konstanta Kinetika Adsorpsi β-Karoten

Model Kinetika	q_e	Konstanta
Orde Satu Semu	0,4969	k_1 = -0,053
Orde Dua Semu	3,5087	k_2 = 0,058

Penentuan model kinetika adsorpsi yang sesuai dapat ditinjau dari nilai R^2 yang mendekati nilai 1 dari persamaan kinetika adsorpsi (Maria dkk., 2015). Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka model kinetika yang sesuai untuk proses adsorpsi β-karoten menggunakan karbon aktif dari ampas teh adalah model kinetika orde dua semu.

Proses adsorpsi yang mengikuti model kinetika orde dua semu memiliki arti bahwa kecepatan penyerapan karbon aktif terhadap β-karoten per satuan waktu (dq/dt) berbanding lurus dengan kuadrat kapasitas adsorben yang masih kosong (q_e-q_t). Pada awal proses adsorpsi terjadi pengurangan konsentrasi larutan yang cukup drastis, kemudian kecepatan adsorpsi terus menurun hingga tercapai kondisi setimbang (Achmad dkk., 2012). Penelitian terdahulu mengenai penyerapan β-karoten dan florisil menggunakan silika gel juga mendapati bahwa model kinetika orde dua menunjukkan hasil yang lebih baik daripada model kinetika orde satu semu dan difusi intra partikel (Ahmad dkk., 2009).

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kemampuan karbon aktif dari limbah ampas teh dalam menyerap β-karoten yang terkandung dalam CPO sangat memuaskan yakni > 99%.
2. Semakin tinggi rasio massa karbon aktif : CPO maka kemampuan karbon aktif untuk menyerap β-karoten akan semakin berkurang.
3. Waktu kesetimbangan untuk proses adsorpsi diperoleh pada menit ke 120, hal ini terlihat pada jumlah konsentrasi β-karoten yang konstan.
4. Model isoterm yang sesuai dengan proses adsorpsi β-karoten dari CPO adalah model Freundlich.
5. Model kinetika yang sesuai dengan proses adsorpsi β-karoten dari CPO ini adalah model kinetika orde dua semu.

Daftar Pustaka

Achmad, A., Kassim, J., Suan, T. K., Che Amat, R., Seey, T. L. (2012) Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies on the adsorption of direct dye onto a novel green adsorbent developed from uncaria gambir extract, Journal of Physical Science, 23(1), 1 – 13.

Ahmad, A. L., Chan, C. Y., Shukor, A. S. R., Mashitah, M. D. (2009) Adsorption kinetics and thermodynamics of β-carotene on silica-based adsorbent, *Chemical Engineering Journal,* 148, 378 – 384.

Ahmaruzzaman, M. dan Gayatri, S. L. (2010) Activated tea waste as a potential low-cost adsorbent for the removal of p-nitrophenol from wastewater*, J. Chem. Eng.,* Data 55, 4614 – 4623.

Elmariza, J., Zaharah T. A., Arreneuz S. (2015) Optimasi ukuran partikel, massa dan waktu kontuk karbon aktif berdasarkan efektivitas adsorpsi β-karoten pada cpo. *JKK*, 4(2), 21 - 25.

Irvan, Wardhani O. P., Aini N., Iriany (2015) Adsorpsi β-karoten yang terkandung dalam minyak kelapa sawit (*crude palm oil)* menggunakan karbon aktif, *Jurnal Teknik Kimia USU,* 5(1), 52 – 57.

Latip R. A., Baharin B.S., Che Man Y.B., Rahman R.A. (2001) Effect of adsorption and solvent extraction process on the percentage of carotene extracted from crude palm oil, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 78, Issue 1, 83-87.

Maria A. N. S., Andreas A., Putranto A. (2015), Sintesis karbon aktif dari kulit salak dengan aktivasi H3PO4 sebagai adsorben larutan zat warna metilen biru*,* dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, ISSN 1693-

4393 Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, Yogyakarta, 18 Maret 2015.

Muslich, Suryadarma P., Hayuningtyas I., (2010) Kinetics of isothermal adsorption of b-carotene from crude palm olein using bentonite, *J. Tek. Ind. Pert.*, 19(2), 93 – 100.

Nwankwere E. T., Nwadiogbu, J. O., Yilleng, M. T., Eze, K. A. (2012) Kinetic investigation of the adsorptive removal of B-carotene, *Advances in Applied Science Research*, 2, 1122 – 1125.

Olorundare O. F., Msagati T. A. M., Krause R. W. M., Okonkwo J. O., Mamba B. B. (2014), *Preparation and use of maize tassels' activated carbon for the adsorption of phenolic compounds in environmental waste water samples,* Springer-Verlag, Berlin.

Ragaguci (2011) Sistem CO_2-etanol dalam bentuk gas-expended liquid (GXL) sebagai pelarut untuk ekstraksi senyawa xanthone dari kulit manggis*, Skripsi*, Program Sarjana Fakultas Teknologi Pertanian IPB.

Rananda V., Suharman A., Desi. (2015), Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Kulit Buah Karet (Hevea brasilliensis), *Skripsi*, Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Sriwijaya.

Serlahwaty, D. (2007) Kajian isolasi karotenoid dari minyak sawit kasar dengan metode adsorpsi menggunakan penjerap bahan pemucat, *Skripsi*, Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.

Shah, J., Jan, M. R., Ul Haq, A., Zeeshan, M. (2015) Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies for sorption of Ni (II) from aqueous solution using formaldehyde treated waste tea leaves, *Journal of Saudi Chemical Society*, 19, 301 – 310.

Silva, S. M., Sampaio, K. A., Ceriani, R., Verhé, R., Stevens, C., De Greyt, W., Meirelles, A. J. A. (2013) Adsorption of carotenes and phosphorus from palm oil onto acid activated bleaching earth: equilibirium, kinetics and themo-dynamic, *Journal of Food Engineering,* 118, 341 – 349.

Turmuzi M., Sahat Tua A. O., Fatimah (2015), Pengaruh temperatur dalam pembuatan karbon aktif dari kulit salak (sallaca sumatrana) dengan aktivator seng klorida ($ZnCl_2$)*, Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 4, No. 2, 59-64.

Tutus, A., Kazaskeroglu, Y., Cicekler, M. (2015) Evaluation of tea wastes in usage pulp and paper produstion*, BioResources*, 10(3), 5407 – 5416.

Widihati I. A. G., Ni G. A. M. Dwi Adhi Suastuti Yusuf, Yohanita Nirmalasari M. A. (2012), Studi kinetik adsorpsi larutan ion logam kromium (Cr) menggunakan arang batang pisang *(Musa paradisiaca), Jurnal Kimia*, 6 (1), 8-16.

Yagmur E., Ozmak M., Aktas Z. A. (2008) Novel method for production of activated carbonfrom waste tea by chemical activation with microwave energy, *Fuel,* 87, 3278–3285.

Yan, L. G., Qin, L. L., Yu, H. Q., Li, S., Shan, R. R., Du, B. (2015) Adsortion of acid dyes from aqueous solution by CTMAB modified bentonite: Kinetic and isotherm modeling, *Journal of Molecular Liquids*, 211, 1074 – 1081.