

Penurunan Bod dan Cod Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Karbon Aktif Melalui Proses Adsorpsi Secara *Batch*

Nikmatul Rochma dan Harmin Sulistyaning Titah

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: harmin_st@its.ac.id

Abstrak—Industri tekstil merupakan pendukung pertumbuhan ekonomi di Kota Sidoarjo. Semakin tinggi permintaan tekstil batik, dapat menyebabkan peningkatan yang seimbang antara produksi dan limbah produksi. Kandungan limbah batik dengan zat organik seperti BOD dan COD yang tinggi, dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi karbon aktif batu bara pada proses adsorpsi. Karbon diaktivasi terlebih dahulu, bertujuan untuk mengoptimalkan kinerja adsorben selama proses adsorpsi. Aktivator yang digunakan adalah larutan kimia asam kuat-HCL. Penelitian ini menggunakan variasi adsorben 86 gram, 190 gram, dan 278 gram. Sedangkan waktu kontak yang digunakan 2,5 jam dan 5 jam. Penelitian skala laboratorium ini menggunakan alat yang sederhana namun bersifat aplikatif dengan menggunakan botol bekas air mineral. Berdasarkan proses adsorpsi yang dilakukan, efisiensi penyisihan COD terbesar adalah 16.444,08 mg/L. Dengan persentase penyisihan sebesar 98,74 % pada waktu kontak 2,5 jam. Sedangkan efisiensi penyisihan BOD terbesar adalah 1.640,70 mg/L. Dengan persentase penyisihan sebesar 92,30 % pada waktu kontak 2,5 jam. Jumlah adsorben yang menghasilkan nilai efisiensi penyisihan tersebut adalah sebesar 190 gram. Didapatkan juga isoterm yang paling tepat adalah isoterm *BET*. Dengan nilai $Y = 0,5881 \ln(x) + 2,22$ dan nilai Regresinya (R^2) 0,8295. Berdasarkan perhitungan *isoterm model BET*, proses adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi secara fisika dan *multilayer*. Setelah proses adsorpsi akan dilakukan analisa karbon menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Untuk mengetahui perbedaan permukaan sebelum dan sesudah proses adsorpsi dilakukan. Hasil Analisa SEM menunjukkan bahwa rongga yang mulanya masih kosong telah tertutupi oleh adsorbat yang teradsorpsi. Adsorpsi terjadi pada *multilayer* pada pori karbon aktif yang terlihat berdasarkan hasil foto SEM. Kesimpulannya, karbon aktif ini dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan zat organik BOD dan COD pada limbah cair industri batik

Kata Kunci—*Adsorpsi, Karbon Aktif, Limbah Industri Batik, SEM.*

I. PENDAHULUAN

KAMPUNG Batik Jetis di Sidoarjo merupakan *home industry* dengan batik tulisnya. Kampung Batik Jetis terdiri dari beberapa *home industry* yang tergabung menjadi sebuah kelompok perajin batik. Kelompok perajin tersebut telah diresmikan oleh pemerintah setempat. Permasalahan yang terjadi pada kampung batik ini adalah tidak adanya IPAL yang digunakan untuk mengolah limbah yang dihasilkan.

Tidak adanya IPAL dikarenakan tidak tersedianya lahan yang cukup untuk pembangunan IPAL pada Kampung Batik Jetis. Oleh karena itu, para perajin batik membuang limbah secara langsung ke sungai di dekat tempat produksi. Limbah yang dibuang ke sungai mengandung pencemar bahan organik dengan kadar yang sangat tinggi, dan hal itu dapat mencemari sungai. [1] menyatakan bahwa dalam membuat terdapat tiga proses yang dilakukan, yaitu proses pemalaman, pewarnaan, dan pelorodan. Pada proses membuat juga banyak menggunakan bahan kimia dan air. Pada penelitian sebelumnya terdapat proses pewarnaan dengan kandungan pencemar *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* sebesar 1.777,5 mg/L. *Chemical Oxygen Demand (COD)* sebesar 16.654,8 mg/L. *Total Suspended Solid (TSS)* sebesar 208 mg/L [2]. Berdasarkan peraturan Gubernur Jawa Timur No.72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri atau Kegiatan Usaha Lainnya di Jawa Timur. Khusus untuk industri tekstil baku mutu limbah cair untuk parameter COD sebesar 150 mg/L, parameter BOD sebesar 50 mg/L. Sehingga berdasarkan peraturan tersebut limbah cair yang dihasilkan perajin batik melebihi baku mutu limbah cair yang berlaku di Jawa Timur.

Penelitian ini akan melakukan pengolahan limbah menggunakan proses adsorpsi. Pada proses adsorpsi akan dilakukan dengan menggunakan adsorben dari karbon aktif. Karbon aktif akan diaktifkan dengan HCL untuk memperbesar pori karbon. Sehingga proses adsorpsi akan lebih efektif. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya [3] larutan asam sebagai aktivator karbon seperti H_2SO_4 , HCL dan H_3PO_4 , paling efisien adalah HCL. Pada penelitian yang akan dilakukan proses pengolahan menggunakan sistem adsorpsi secara *Batch*. Kelebihan yang terdapat pada penelitian ini terletak pada adsorban yang digunakan. Adsorban merupakan bahan yang mudah ditemui di toko bahan pada pengolahan air minum atau air limbah. Harga adsorban juga cukup ekonomis bila digunakan. Hal yang membuat karbon aktif cukup ekonomis adalah sifatnya yang mudah untuk dibersihkan. Kemudian diaktifkan kembali sehingga dapat digunakan berulang-ulang sampai dengan batas maksimal pemakaiannya. Kelebihan lainnya terdapat pada proses pengolahan limbah pada penelitian ini juga mudah diaplikasikan oleh perajin batik. Karena tidak memerlukan lahan yang cukup luas untuk meletakkan reaktor pengolahannya.

II. METODE PENELITIAN

A. Analisa Karakteristik Limbah

Pada penelitian pendahuluan yang telah dilakukan didapatkan karakteristik awal air limbah pewarnaan sebagai karakteristik awal limbah tersebut. Analisa laboratorium dilakukan oleh Badan Riset dan Standarisasi Penelitian Limbah Industri (BARISTAN) Surabaya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Limbah Batik

No	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji	Persyaratan Mutu (*)
1	BOD ₅	mg/L	1777,5	50
2	COD	mg/L	16.654,80	150
3	TSS	mg/L	208	50
4	Phenol	mg/L	4,28	0,5
5	Cr	mg/L	<0,0201	1
6	pH	-	9,3	

*Baku Mutu [4]

Sumber: Hasil Analisa Laboratorium oleh BARISTAN, Surabaya.

B. Uji Fisik Media

Uji Fisik Media karbon aktif dapat diperlihatkan melalui beberapa pengujian mutu arang aktif. Pengujian tersebut meliputi penentuan densitas media, kadar air, kadar abu dan daya adsorpsi terhadap *iodium* [5]. Hasil yang diperoleh diharapkan menjadi data pendukung penelitian untuk melakukan penelitian selanjutnya. Data hasil uji pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Fisik Media

Karakteristik	Hasil	Standart Max [6]	Satuan
Ketahanan Fisik	0,09		%
Densitas Media			
True Bulk Density	1,152		gram/ml
Apparent Density	0,44	±0,45	gram/ml
Kadar Air	2,7	4,4	%
Kadar Abu	1,4	2,5	%
Porositas	1,04	5	%

Sumber: Penelitian di Laboratorium Teknik Lingkungan

C. Penentuan Masa Adsorban

Masa adsorban yang digunakan pada penelitian ini ditentukan berdasarkan pertimbangan pada literatur penelitian yang terdahulu. Masa adsorban karbon aktif yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan pertimbangan literatur pada Tabel 3, penelitian ini menggunakan massa adsorban sebanyak 89 gram, 190 gram, dan 278 gram. Hal ini juga berdasarkan pertimbangan kolom reaktor adsorpsi yang digunakan sangat sederhana (botol bekas air mineral). Sehingga penentuan massa adsorban beracuan pada tinggi dasar botol. Dengan rentang variasi ketinggian 2 cm (tinggi botol 5,5 cm; 7,5 cm; 9,5 cm).

Tabel 3. Penentuan Masa Adsorban

No.	Massa Adsorban (gram)	Acuan Terdahulu	Adsorban Penelitian
-----	-----------------------	-----------------	---------------------

			(gram)*
1	125; 250; 375; 500	Wahyunanto, 2015	
2	25; 50; 100	Jannatin, 2010	80; 190; 278
3	2; 3; 5; 10; 15	Ademiluyi, 2009	

D. Reaktor Batch

Reaktor adsorpsi *batch* terbuat dari botol bekas air mineral yang memiliki kapasitas 1500 mL. Botol bekas yang telah disiapkan kemudian dibersihkan dan lepaskan semua *brand* yang menempel pada permukaan bagian luar botol. Setelah dibersihkan dilakukan proses pengeringan dan pemotongan dasar botol mengikuti lingkaran botolnya. Kemudian bagian atas botol (mulut botol) beri lapisan plastik atau kain untuk menahan karbon tidak lolos dari dalam botol. Kemudian pada permukaan botol tersebut dilakukan pengukuran (5,5 cm; 7,5 cm; dan 11,5 cm) dari mulut botol. Hal tersebut dilakukan untuk meletakkan karbon karbon aktif yang akan digunakan pada proses adsorpsi. Pengukuran pada botol diakhiri dengan pemberian tanda hasil pengukuran pada masing-masing botol.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Adsorpsi secara Batch

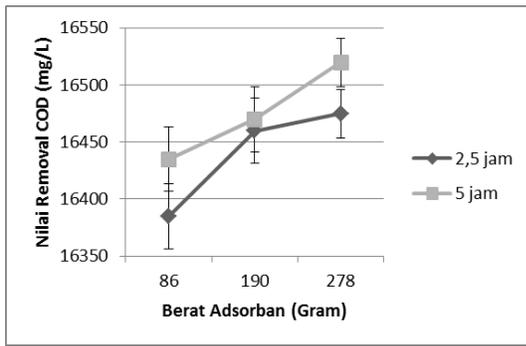
Penelitian ini menggunakan metode adsorpsi secara *batch* dalam mereduksi parameter pencemar limbah batik yang diujikan. Proses adsorpsi bertujuan untuk menyisihkan zat organik seperti BOD dan COD. Berikut adalah hasil perhitungan penyisihan BOD dan COD dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Penyisihan

No	Sampel	Penyisihan			
		BOD 2,5 jam (mg/L)	BOD 5 jam (mg/L)	COD 2,5 jam (mg/L)	COD 5 jam (mg/L)
1	Blanko	-	-	-	-
2	Adsorpsi I	1569,50	1605,90	16364,80	16454,80
3	Adsorpsi II	1614,75	1657,50	16404,80	16414,80
4	Adsorpsi III	1640,70	1681,95	16444,80	16434,80
5	Adsorpsi IV	1665,75	1713,15	16474,80	16504,80
6	Adsorpsi V	1705,50	1728,15	16454,80	16504,80
7	Adsorpsi VI	1720,70	1742,75	16494,80	16534,80

B. Pengaruh terhadap COD

Analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada penelitian ini menggunakan metode *reflux* yang dilakukan di Laboratorium Pemulihan Kualitas Air. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui perubahan pencemar kimia-organik pada air limbah batik (proses pewarnaan). Setelah dilakukan proses adsorpsi maka efluen hasil adsorpsi akan di analisa beban kimia-organiknya (COD). Berikut adalah hasil penyisihan parameter pencemar yang didapatkan setelah proses adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 1.

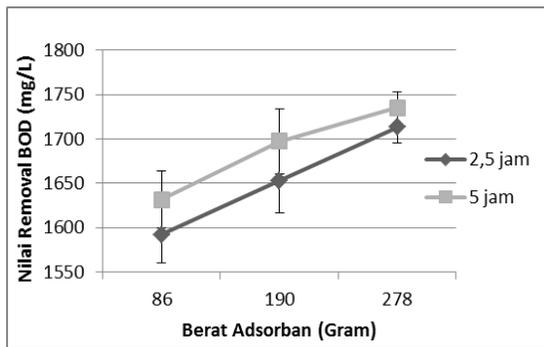


Gambar 1. Penyisihan COD setelah proses Adsorpsi.

Berdasarkan grafik pada Gambar 1. didapatkan nilai COD dari proses adsorpsi waktu kontak 5 jam berkecenderungan menurunkan BOD lebih tinggi. Namun berdasarkan Gambar 1. di atas pada waktu 2,5 jam efisiensi penurunan COD juga cukup tinggi.

C. Pengaruh terhadap BOD

Analisis *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) pada penelitian menggunakan ini metode *winkler* yang dilakukan di Laboratorium Pemulihan Kualitas Air. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui perubahan pencemar organik pada air limbah batik (proses pewarnaan). Hasil perhitungan penyisihan parameter pencemar yang didapatkan setelah proses adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 2.

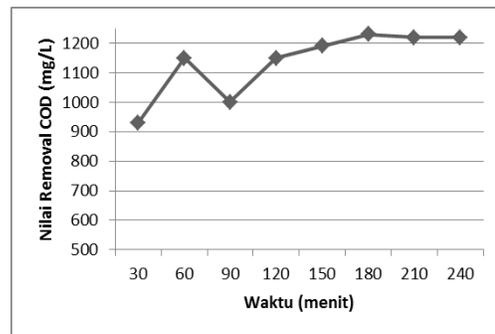


Gambar 2. Penyisihan BOD setelah proses Adsorpsi.

Berdasarkan grafik pada Gambar 2. didapatkan nilai BOD dari proses adsorpsi waktu kontak 5 jam berkecenderungan menurunkan BOD lebih tinggi. Namun berdasarkan Gambar 2. di atas pada waktu 2,5 jam efisiensi penurunan BOD juga cukup tinggi. Sehingga didapatkan penurunan BOD efisien pada waktu 2,5 jam dengan massa karbon aktif sebanyak 190 gram. Hal itu digunakan untuk mendapatkan efisiensi penurunan yang besar, namun menggunakan karbon yang sedikit. Supaya saat penelitian ini diaplikasikan dapat meminimalisir biaya pengolahan limbah.

Pernyataan tersebut didukung dengan penelitian pendukung yang telah dilakukan. Penelitian ini menggunakan limbah batik dengan massa adsorban sebanyak 190 gram. Proses adsorpsi dilakukan selama ± 4 jam (2 jam lebih lama dari variabel waktu pada penelitian sebelumnya). Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa penurunan setelah waktu kontak 2,5 jam tidak terjadi perubahan yang sangat signifikan. Walaupun pada

adsorban masih berlangsung proses adsorpsi. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

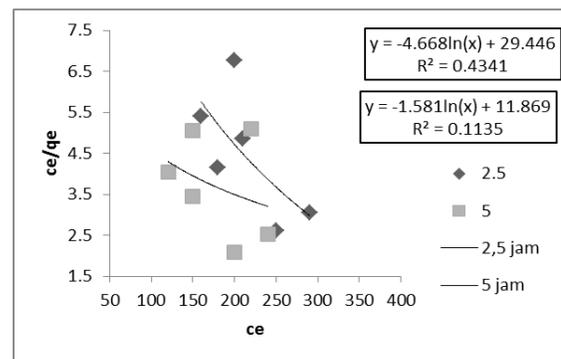


Gambar 3. Penyisihan COD setelah proses Adsorpsi.

Pada Gambar 3. adsorban mengadsorpsi limbah pada 2 jam pertama. Untuk proses adsorpsi selanjutnya cenderung konstan. Adapun perbedaan penurunan yang terjadi tidak begitu besar. Sehingga waktu kontak 2,5 jam sudah cukup untuk melakukan proses adsorpsi pada penelitian ini.

D. Isoterm Langmuir

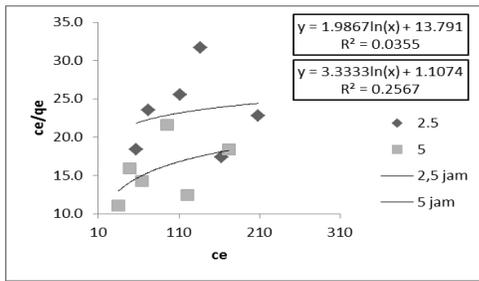
Isotherm adsorpsi Langmuir didasarkan atas beberapa asumsi, yaitu: Adsorpsi hanya terjadi pada lapisan tunggal (*monolayer*). Panas adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan. Untuk membuktikan asumsi tersebut sesuai atau tidak dengan proses adsorpsi pada penelitian ini, dinyatakan dalam bentuk isotherm adsorpsi. Dimana massa adsorbat yang teradsorpsi digambarkan sebagai fungsi dari konsentrasi setimbang (konsentrasi akhir). Berikut adalah grafik dari isotherm *Langmuir* dapat dilihat pada Gambar 4. dan 5.



Gambar 4. Isoterm Langmuir COD.

Berdasarkan grafik Isoterm *Langmuir* pada Gambar 4.5 Parameter COD, didapatkan persamaan linier $Y = -4.668\ln(x) + 29.446$ dalam waktu 2,5 jam. Sedangkan nilai $Y = -1.581\ln(x) + 11.869$ dalam waktu 5 jam. Dengan nilai regresi (R^2) 0.4341 dan 0.1135.

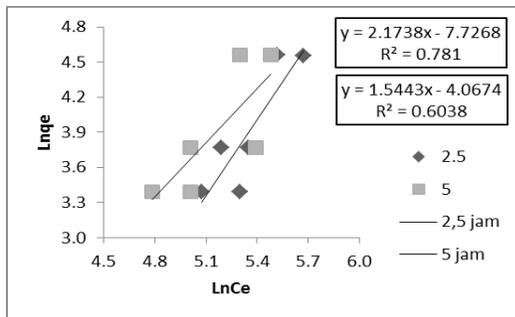
Berdasarkan grafik Isoterm *Langmuir* pada Gambar 4.4 Parameter Parameter BOD Persamaan linier $Y = 1,9867\ln(x) + 13,791$ dalam waktu 2,5 jam. Sedangkan nilai $Y = 3,3333\ln(x) + 1,1074$ dalam waktu 5 jam. Dengan nilai regresi (R^2) 0,0355 dan 0,2567. Sehingga Isoterm *Langmuir* tidak tepat digunakan dalam penelitian ini. Karena dengan nilai R^2 semakin kecil daripada nilai 1.



Gambar 5. Isoterm Langmuir BOD.

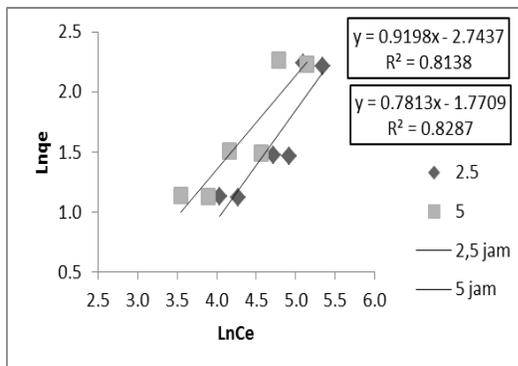
E. Isoterm Freundlich

Isoterm *Freundlich* sering digunakan dalam adsorpsi pada zat cair. Asumsi dari isoterm ini didasarkan atas beberapa asumsi, yaitu: Terbentuknya lapisan monolayer dari molekul-molekul adsorbat pada permukaan adsorben. Namun ada pula adsorpsi pada permukaan adsorben bersifat heterogen. Untuk membuktikan asumsi tersebut sesuai atau tidak dengan proses adsorpsi pada penelitian ini, dinyatakan dalam bentuk isoterm adsorpsi. Dimana massa adsorbat yang teradsorpsi digambarkan sebagai fungsi dari konsentrasi setimbang (konsentrasi akhir). Berikut adalah grafik dari isoterm *Freundlich* dapat dilihat pada Gambar 6. dan 7.



Gambar 6. Isoterm Freundlich COD.

Berdasarkan grafik Isoterm *Freundlich* pada Gambar 7. Parameter COD, didapatkan persamaan linier $Y = 2,1738x - 7,7268$ dalam waktu 2,5 jam. Sedangkan nilai $Y = 1,5443x - 4,0674$ dalam waktu 5 jam. Dengan nilai regresi (R^2) 0,781 dan 0,6038.



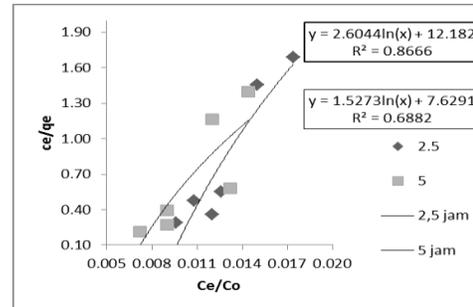
Gambar 8. Isoterm Freundlich BOD.

Berdasarkan grafik Isoterm *Freundlich* pada Gambar 4.6 Parameter BOD Persamaan linier $Y = 0,9198x - 2,7437$ dalam waktu 2,5 jam. Sedangkan nilai $Y = 0,7813x - 1,7709$ dalam waktu 5 jam. Dengan nilai regresi (R^2) 0,8138 dan 0,8287.

Sehingga Isoterm *Freundlich* tepat digunakan dalam penelitian ini. Karena dengan nilai R^2 semakin mendekati nilai 1.

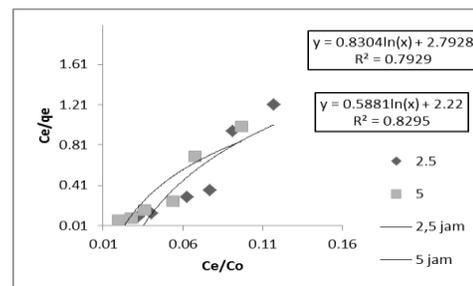
F. Isoterm BET

Teori BET menjelaskan bahwa adsorpsi terjadi di atas lapisan adsorbat monolayer. Sehingga, *isotherm adsorbs* BET dapat diaplikasikan untuk adsorbs *multilayer*. Untuk membuktikan asumsi tersebut sesuai atau tidak dengan proses adsorpsi pada penelitian ini, dinyatakan dalam bentuk isoterm adsorpsi. Dimana massa adsorbat yang teradsorpsi digambarkan sebagai fungsi dari konsentrasi setimbang (konsentrasi akhir). Berikut adalah grafik dari isoterm *Freundlich* dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan 4.9.



Gambar 4. 1 Isoterm BET COD.

Berdasarkan grafik Isoterm *BET* pada Gambar 4.8 Parameter COD, didapatkan persamaan linier. Persamaan linier tersebut adalah nilai $Y = 2,6044ln(x) + 12,182$ dalam waktu 2,5 jam. Sedangkan nilai $Y = 1,5273ln(x) + 7,6291$ dalam waktu 5 jam. Dengan nilai regresinya 0, 8666 dan 0, 6882.



Gambar 4. 2 Isoterm BET BOD.

Berdasarkan grafik Isoterm *BET* pada Gambar 4.9 $ln(x) + 12,182$ 82 dalam waktu 2,5 jam. Sedangkan nilai $Y = 1,5273ln(x) + 7,6291$ dalam waktu 5 jam. Dengan nilai regresi (R^2) 0, 8666 dan 0, 6882.

Jika dilihat dari data koefisien korelasi maka dari semua grafik tersebut, nilai R^2 mendekati angka satu terdapat pada metode isoterm *Freundlich* (0,7810 & 0,8138). Nilai R^2 yang mendekati angka satu juga terdapat pada *isotherm BET* (0,8666 & 0,7929). Namun diantara keduanya dapat ditentukan yang paling tepat adalah isoterm *BET*. Karena nilai R^2 pada penurunan COD lebih mendekati angka 1 (Penurunan COD akan berbanding lurus dengan penurunan BOD). Bila konsentrasi pencemar organik menurun, maka akan meningkatkan kualitas air limbah hasil proses adsorpsi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa adsorpsi beban organik

menggunakan karbon aktif pada penelitian ini mengikuti model *BET*. Adsorpsi *BET* merupakan proses adsorpsi secara *batch* yang terjadi secara fisika. Terjadi pada *multilayer* dan semua molekul di luar lapisan pertama memiliki energi yang sama untuk adsorpsi. Adsorpsi yang terjadi karena adanya interaksi secara fisik antara adsorbat (zat yang diserap) dengan permukaan adsorben (zat yang menyerap).

G. Kapasitas Adsorpsi

Berdasarkan persamaan linier grafik *BET* didapat persamaan garis linier dan regresi untuk mendapatkan persamaan *BET*. Nilai $q(x/m)$ karbon aktif adalah:

$$y = 0,5881\ln(x) + 2,22$$

$$kb = 0,5881\ln\left(\frac{c}{c_0}\right) + 2,22$$

$$= 0,5881\ln(0,097) + 2,22$$

$$= 0,848 \text{ mg/L}$$

Konstanta Kecepatan Adsorpsi (kb) : 0,848 mg/L.

Dengan persamaan dari grafik isoterm *BET* didapatkan nilai intercept 2,22, maka nilai q_0 dapat ditentukan dengan rumus:

$$\text{intercept} = \frac{1}{kb \times q_0}$$

$$2,22 = \frac{1}{0,848 \times q_0}$$

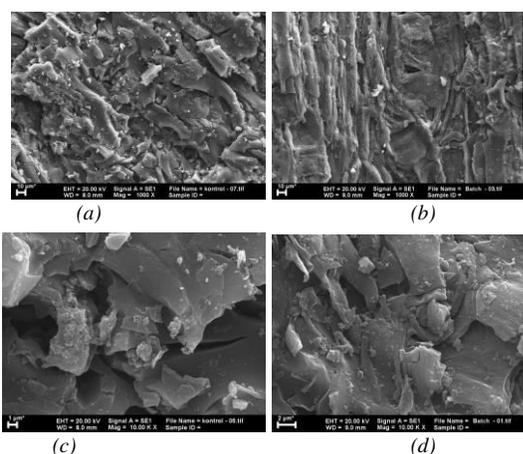
$$q_0 = \frac{1}{0,848 \times 2,22}$$

$$q_0 = 0,531 \text{ mg/L}$$

Kapasitas Adsorpsi (q_0): 0,531 mg/L

4.4 Scanning Electron Microscope (SEM)

Adapun hasil analisa *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada adsorban dalam penelitian ini dilakukan di Laboratorium Energi kampus ITS, Surabaya. Analisa SEM dilakukan untuk mengetahui kondisi permukaan karbon. Sehingga dapat dilakukan perbandingan permukaan karbon aktif sebelum dan sesudah dilakukan proses adsorpsi. Hasil analisa SEM dapat dilihat pada Gambar 4.10 hingga Gambar 4.13.



Gambar (a) & (c) Analisa SEM sebelum proses adsorpsi, Gambar (b) & (d) setelah proses adsorpsi.

Sumber: Analisa SEM-Laboratorium Energi-ITS

Pada Gambar (a) & (c) merupakan mikrograf SEM karbon aktif sebelum proses adsorpsi. Sedangkan pada Gambar (b) & (d) setelah terjadinya proses adsorpsi. Analisa SEM dilakukan pada perbesaran 1.000 kali dan 10.000 kali. Hasil analisa

menunjukkan pori karbon aktif sudah tertutupi oleh adsorbat yang teradsorpsi pada permukaan karbon aktif. Perbedaan pada keseluruhan gambar terlihat pada selaput yang terlihat menutupi pori di seluruh permukaan karbon aktif. Untuk perbedaan yang lebih jelas seperti perbedaan warna tidak dapat ditampilkan pada hasil SEM. Karena analisa SEM itu sendiri hanya untuk mengetahui permukaan objek padatan. Perbedaan warna antara adsorbat dengan adsorben dapat diketahui melalui analisa lebih lanjut dengan menggunakan analisa EDX. Namun penelitian ini hanya dibatasi pada analisa SEM. Berdasarkan dari keseluruhan hasil analisa SEM menyatakan bahwa proses adsorpsi yang terjadi pada penelitian ini merupakan adsorpsi *multilayer*. Hal ini dijelaskan dengan pori yang terdapat pada permukaan luar dan beberapa permukaan dalam (berupa cekungan/retakan) yang lebih dalam lagi. Hal ini mendukung hasil perhitungan *isoterm* model *BET* yang mengasumsikan adsorpsi yang terjadi secara fisika dan *multilayer*.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan Tugas Akhir yang telah dilakukan oleh penulis, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penyisihan COD terbesar sebanyak 16.444,08 mg/L. Persentase penyisihan mencapai sebesar 98,74 % pada waktu kontak 2,5 jam. Penyisihan BOD terbesar sebanyak 1.640,70 mg/L. Persentase penyisihan sebesar 92,30 % pada waktu kontak 2,5 jam.
2. Jumlah adsorben karbon aktif yang digunakan efektif untuk menurunkan pencemar organik baik BOD dan COD adalah sebesar 190 gram. Dan waktu kontak 2,5 jam menunjukkan penyisihan COD dan BOD terbesar.
3. Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa pori-pori yang mulanya masih kosong telah tertutupi oleh adsorbat yang teradsorpsi. Proses adsorpsi yang terjadi pada penelitian ini merupakan adsorpsi *multilayer*.
4. Didapatkan isoterm yang paling tepat adalah isoterm *BET*. Dengan nilai $Y = 0,5881\ln(x) + 2,22$ dan nilai Regresinya 0,8295. Mengasumsikan adsorpsi yang terjadi secara fisika dan *multilayer*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah memberikan dukungan finansial melalui Beasiswa Bidik Misi tahun 2012-2016.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Purwaningsih, "Pengolahan Limbah Cair Industri Batik CV. Batik Indah Raradjonggrang Yogyakarta Dengan Metode Elektrokoagulasi Ditinjau Dari Parameter Chemical Oxygen Demand (COD) Dan Warna," Universitas Islam Indonesia, 2008.
- [2] Balai Riset dan Standarisasi Industri, "Penguji Karakteristik Limbah Batik," Surabaya, 2016.
- [3] A. Kurniawan and W. Eguh, "Uji Coba Penjernihan dan Pengilangan Bau Limbah Tapioka dengan Menggunakan Karbon Aktif dari (Studi Aktivasi dan Pengasaman)," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2008.
- [4] Gubernur Jawa Timur, "Peraturan Gubernur Jawa Timur tentang

- [5] Baku Mutu Air Limbah no 72," 2013.
M. A. Yusuf and S. Tjahjani, "Adsorpsi Ion Cr(VI) oleh Arang Aktif Sekam Padi," *UNESA J. Chem.*, vol. 2, no. 1, pp. 84–88, 2013.
- [6] SII, "Syarat Mutu dan Uji Karbon Aktif," Palembang, 2013.