

## PENURUNAN KADAR COD LIMBAH CAIR INDUSTRI BATIK MENGUNAKAN ADSORBEN *NATA DE COCO*

**Chintia Veronika<sup>1</sup>, Hary Sulisty<sup>1</sup>, Muslikhin Hidayat<sup>1</sup>**

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika No. 2, Kampus UGM, Yogyakarta, 55281 Telp. 0274-555320  
E-mail: [Chintiaveronika@mail.ugm.ac.id](mailto:Chintiaveronika@mail.ugm.ac.id)

### Abstrak

*Limbah cair adalah polutan yang tidak terlepas dari suatu industri batik, baik industri besar maupun industri kecil. Efek dari limbah yang dihasilkan tentu bisa mengganggu keseimbangan lingkungan. Kandungan limbah batik dengan zat organik seperti COD (Chemical Oxygen Demand) yang tinggi, dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan selulosa bacterial pada limbah padat nata de coco sebagai adsorben limbah cair batik, dan mengetahui kinerja dari adsorben nata de coco dalam menurunkan kandungan COD dalam limbah cair industri batik. Penelitian ini menggunakan variasi massa adsorben 0.25, 0.5, 0.75, dan 1 gram, dengan variasi waktu kontak yang digunakan adalah 20, 40, 60, 80, 100, dan 120 menit dan variasi suhu 28°C (tanpa pemanasan), 35°C dan 40°C. Penelitian skala laboratorium ini menggunakan alat refluks yang sederhana. Berdasarkan proses adsorpsi yang dilakukan, efisiensi penyisihan COD terbesar adalah 88.96% dan kapasitas adsorpsi zat kimia organik dalam limbah cair batik sebanyak 8914.36 mg/L yang terjadi pada waktu kontak 60 menit dengan suhu 30°C dan jumlah adsorben yang menghasilkan nilai efisiensi penyisihan tersebut adalah sebesar 0.75 gram.*

**Kata kunci:** adsorben; COD; nata de coco; limbah batik

### Pendahuluan

Batik adalah salah satu kerajinan tekstil Indonesia yang telah ditetapkan oleh UNESCO sebagai Warisan Kemanusiaan untuk Budaya Lisan dan Non bendawi (Masterpieces of the Oral and Intangible Heritage of Humanity) sejak 2 Oktober 2009 yang kemudian ditetapkan sebagai Hari Batik Nasional (Sitanggang, 2017). Batik dianggap sebagai ikon budaya yang menjadi semakin populer di kalangan masyarakat dan industri batik di Indonesia pun berkembang dengan pesat.

Berdasarkan data kementertian perindustrian saat ini di Indonesia terdapat sekitar 47.000 unit usaha batik di 101 sentra wilayah Indonesia. Sehingga industri batik di nilai memiliki kontribusi signifikan terhadap ekonomi Indonesia. Namun sayangnya industri batik yang menguntungkan ini memiliki dampak yang cukup buruk bagi lingkungan dikarenakan limbah cairnya. Pada umumnya limbah cair industri batik terdiri dari dari sisa air pewarnaan, sisa lilin, sisa mori dan air pelorodan. Zat warna yang umum digunakan adalah zat warna sintesis karena lebih mudah didapat dan menghasilkan warna-warna cerah seperti indigosol, naphthol dan indanthrene (Fidiastuti & Lathifah, 2018).

Limbah cair industri batik mengandung berbagai macam zat kimia pencemar yang berpotensi menimbulkan pencemaran air, diantaranya logam berat krom (Cr) dan timbal (Pb) yang bersifat toksik, umumnya berasal dari zat pewarna ( $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) maupun berasal dari zat mordant yang merupakan zat pengikat warna seperti  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_2$  dan  $\text{PbCrO}_4$  (Murniati et al., 2015). Selain mengandung senyawa berbahaya juga dapat meningkatkan COD (Chemical Oxygen Demand) air sehingga dapat mengganggu ekosistem perairan (Muhimmatin, 2019). Berbagai teknologi tersedia sebagai alternatif pengolahan limbah, tetapi proses nya mahal, membutuhkan energi tinggi, dan menghasilkan lumpur dan limbah beracun. Oleh karena itu diperlukan metode yang lebih efisien, hemat dan ramah lingkungan untuk pengolahan air. Penelitian mengenai pemurnian limbah batik sebelumnya sudah banyak di lakukan, diantaranya adalah pengelolaan limbah cair industri batik dengan metode elektrolisis, koagulasi, kompleksasi, pertukaran ion, dan adsorpsi.

Adsorpsi merupakan salah satu teknik yang sering digunakan dalam proses pengolahan air limbah karena dinilai lebih efektif dan ekonomis (Desianna et al., 2017). Adsorpsi dianggap sebagai metode hijau, yang dinilai lebih efektif dan ekonomis untuk pengolahan air limbah. Secara khusus, bahan yang dapat terurai secara hayati dan tidak beracun seperti bahan berbasis selulosa menarik untuk pemurnian air. Selain itu, permukaan selulosa mengandung banyak gugus hidroksil yang memfasilitasi penggabungan gugus kimia, sehingga meningkatkan penyerapan polutan. Saat ini banyak peneliti memanfaatkan selulosa dari sumber daya alam untuk dijadikan adsorben. Penggunaan serat selulosa sebagai matriks polimer memiliki banyak kelebihan, diantaranya adalah harga ekonomis, sifat mekanik baik, densitas rendah, tidak beracun, *biodegradable*, jumlahnya berlimpah dan merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui (Pratiwi et al., 2020).

Pemanfaatan selulosa yang terdapat pada bahan organik merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan dalam pengolahan air limbah batik. *Nata de coco* atau dikenal juga sebagai selulosa bacterial merupakan salah satu

sumber alternatif bagi penyediaan selulosa (Afrizal & Purwanto, 2011). *Nata de coco* adalah selulosa yang diproduksi oleh bakteri menggunakan substrat air kelapa dan memiliki karakteristik struktural dan mekanik yang unik sehingga berpotensi diaplikasikan untuk berbagai industri. Limbah *nata de coco* merupakan nata yang tidak dapat dijadikan sebagai produk setelah proses pemotongan dan sortasi sehingga menghasilkan limbah padat dan jarang dimanfaatkan. Dalam proses hilir produksi *nata de coco* dihasilkan limbah produk berupa kulit ari, sisa potongan, dan yang tidak lolos sortasi berkisar 5-10% dari total produksi dengan kandungan selulosa pada limbah padat nata de coco sebesar 42,57% (Khairunnisa et al., 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti bertujuan ingin mengkaji tentang pemanfaatan selulosa bakterial pada limbah padat *nata de coco* sebagai adsorben limbah cair batik, dan mengetahui kinerja dari adsorben *nata de coco* dalam menurunkan kandungan COD dalam limbah cair industri batik.

## Bahan dan Metode Penelitian

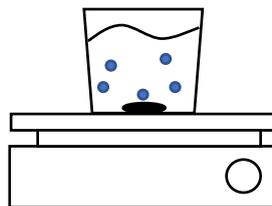
### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian *nata de coco* sebagai adsorben limbah batik adalah limbah potong *nata de coco* yang diperoleh dari produsen yaitu CV Agrindo Supra Food, limbah batik dari UKM batik Laweyan kota Solo, *aquadest*, larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), larutan pereaksi perak sulfat ( $Ag_2SO_4.H_2SO_4$ ), larutan baku kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ), larutan indikator ferroin,  $HgSO_4$ , dan larutan ferro ammonium sulfat (FAS).

### Metode Penelitian

#### Pembuatan adsorben

Pada proses pembuatan adsorben, *nata de coco* direbus selama 20 menit pada suhu 80-90°C yang bertujuan untuk membunuh mikroba yang digunakan pada proses fermentasi, kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 80°C selama 8 jam, kemudian didinginkan dan dihaluskan menggunakan blender. Adsorben limbah *nata de coco* yang sudah jadi bisa langsung diuji efektifitas adsorbansinya dengan menambahkan adsorben sebanyak 0.25, 0.5, 0.75 dan 1 gr ke dalam 50 mL limbah batik selama variasi waktu 20, 40, 60, 80, 100 dan 120 menit dengan suhu 28°C (tanpa pemanasan), 35°C dan 40°C dan diaduk dengan *magnetic stirrer* 250 rpm. Kemudian adsorben disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan filtrat dan adsorbat. Ilustrasi rangkaian alat dalam proses *treatment* limbah batik menggunakan adsorben *nata de coco* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Aplikasi Adsorben pada Limbah Batik

#### Standarisasi Larutan FAS 0.08 N

Larutan FAS 0.08 N distandarisasi dengan mengambil larutan kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) 0.25 N sebanyak 5 mL ke dalam labu erlenmeyer lalu ditambahkan *aquadest* sebanyak 50mL dan asam sulfat 15 mL, kemudian didiamkan hingga suhu larutan kembali ke suhu ruang. Indikator ferroin ditambahkan sebanyak 2-3 tetes kemudian larutan dititrasi dengan larutan FAS 0.08 N dan catat volume titrasinya.

Normalitas dari larutan FAS dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Normalitas FAS} = \frac{(V_1)(N_1)}{V_2} \quad (1)$$

#### Uji kadar COD (Chemical Oxygen Demand)

Larutan kalium dikromat 0.25N dibuat dengan melarutkan 12.259 gram  $K_2Cr_2O_7$  (yang telah dikeringkan pada 150°C selama 2 jam) dengan *aquadest* dengan volume hingga 1000 mL. Reagen asam sulfat dibuat dengan melarutkan 10.12 gram  $Ag_2SO_4$  dalam 1000 mL asam sulfat pekat, lalu di aduk dan dibiarkan 1-2 hari untuk proses pelarutannya. Larutan FAS 0.08 N diuat dengan melarutkan 39.2 gram  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  dalam *aquadest* lalu ditambahkan 20 mL  $H_2SO_4$  pekat dan dinginkan hingga suhu ruang kemudian ditambahkan *aquadest* hingga 1000 mL.

Pengujian COD menggunakan metode refluks sederhana dengan menyiapkan larutan sampel limbah batik yang telah ditreatment diambil dan diencerkan sebanyak 100 kali menggunakan labu ukur 100 mL. Sampel yang telah diencerkan kemudian diambil 10mL dan dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL, ditambahkan batu didih dan  $HgSO_4$  sebanyak 0.2 gram, lalu ditambahkan larutan kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) 0.25 N sebanyak 5 mL ke dalam labu erlenmeyer dan diaduk hingga homogen dengan memutar-mutar labu erlenmeyer secara perlahan. Reagen perak sulfat diambil sebanyak 15 mL dan dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer secara perlahan dan didiamkan hingga suhu ruang. Labu erlenmeyer kemudian dihubungkan dengan pendingin *Liebig* dan dididihkan di atas kompor listrik. Proses

refluks berlangsung selama 2 jam, setelah itu kompor listrik dimatikan dan labu erlenmeyer sampel didinginkan dengan kain basah hingga mencapai suhu ruang.

Bagian dari pendingin bola kemudian dibilas dengan *aquadest* sebanyak 20 mL. Larutan sampel kemudian diencerkan dengan menambahkan *aquadest* sebanyak 50 mL, kemudian ditambahkan indikator ferroin sebanyak 2-3 tetes dan dilakukan titrasi dengan FAS 0.08 N hingga terjadi perubahan warna dari kuning kehijauan menjadi merah kecoklatan. Volume FAS 0.08 yang dibutuhkan untuk titrasi dicatat dan lakukan langkah yang sama untuk *aquadest* sebagai larutan blangko. Rangkaian alat proses refluks dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Alat Refluks untuk Pengukuran COD

Setelah proses titrasi kadar COD (Chemical Oxygen Demand) dan % COD removal dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\text{COD} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{O}_2 \right) = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{Volume sampel, mL}} \tag{2}$$

$$\% \text{ COD Removal} = \frac{(C_o - C_i)}{C_o} \times 100\% \tag{3}$$

**Hasil dan Pembahasan**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari massa adsorben, waktu kontak dan suhu operasi terhadap kualitas daya jerap adsorben, dan efektifitas penurunan kadar COD yang merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi (mendegradasi) bahan-bahan organik yang ada di dalam air limbah batik secara kimiawi. Dalam mereduksi parameter pencemar limbah batik yang diujikan. Prinsip pengukuran COD yaitu senyawa organik dan anorganik, terutama organik, dalam sampel uji dioksidasi oleh  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  dalam refluks tertutup selama 2 jam menghasilkan  $\text{Cr}^{3+}$ . Kelebihan kalium dikromat yang tidak tereduksi dititrasi dengan larutan ferro ammonium sulfat (FAS) menggunakan indikator ferroin. Jumlah oksigen yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen ( $\text{O}_2$  mg/L) (Andika et al., 2020).

Analisis COD pada penelitian ini menggunakan metode refluks yang dilakukan di Laboratorium Teknik Reaksi Kimia dan Katalis Departemen Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui degradasi kadar pencemar kimia-organik pada air limbah batik. Setelah dilakukan proses adsorpsi maka efluen hasil adsorpsi akan dianalisa kadar CODnya. Penelitian diawali dengan pengukuran kandungan COD awal limbah cair batik dengan proses refluks dan kadar dihitung menggunakan persamaan (2) dan % COD removal nya menggunakan persamaan (3). Dari hasil perhitungan didapatkan kadar COD awal limbah batik yaitu 11.440,68 mg/L dan berikut adalah hasil penyisihan parameter pencemar yang didapatkan setelah proses adsorpsi.

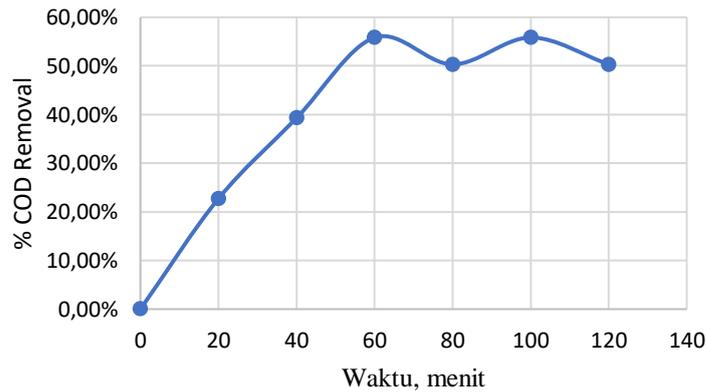
**Pengaruh Waktu Kontak Adsorben**

Tabel 1. Kadar COD dan % COD Removal di Berbagai Variasi Waktu

Waktu (menit)	COD (mg/L)	% COD Removal
Awal	11440,67	0,00%

20	8.842,11	22,71%
40	6.947,37	39,27%
60	5.052,63	55,84%
80	5.684,21	50,32%
100	5.052,63	55,84%
120	5.684,21	50,32%

Apabila data hasil perhitungan pada tabel 1 disajikan dalam bentuk grafik maka diperoleh gambar sebagai berikut:



Gambar 3. Optimasi Waktu Kontak terhadap % COD Removal Limbah Batik

Optimasi waktu kontak antara adsorben *nata de coco* dengan larutan limbah batik dilakukan dengan variasi waktu 20, 40, 60, 80, 100 dan 120 menit. Pada gambar 3 menunjukkan bahwa semakin lama kontak antara cairan limbah dan adsorben maka kadar COD dari limbah batik juga semakin berkurang, karena semakin lama waktu kontak, maka semakin banyak kesempatan partikel adsorben untuk kontak dengan komponen organik yang terkandung di dalam limbah batik. Pada waktu interaksi 20 dan 40 menit adsorben belum berinteraksi secara maksimal dengan zat kimia organik yang terkandung dalam limbah batik sehingga proses adsorpsi belum efektif jika dibandingkan dengan hasil pengurangan kadar COD pada waktu 60 menit sebanyak 55,84% yang berhasil mengurangi kadar COD mula-mula 1.1440,68 mg/L menjadi 5.052,63 mg/L.

Pada variasi waktu kontak 120 menit mengalami penurunan efisiensi karena kapasitas adsorpsi permukaan biomassa telah jenuh dan telah tercapai kesetimbangan antara konsentrasi zat kimia organik dalam biomassa dengan lingkungannya sehingga efisiensi adsorpsi mulai mengalami penurunan. Menurunnya efisiensi adsorpsi dimungkinkan karena proses desorpsi atau pelepasan adsorbat kembali selama pengadukan. Pada keadaan jenuh, laju adsorpsi menjadi berkurang sehingga waktu kontak tidak lagi berpengaruh sehingga penyerapan pada diatas 60 menit cenderung berkurang atau hampir sama (Indah & Safnowandi, 2018).

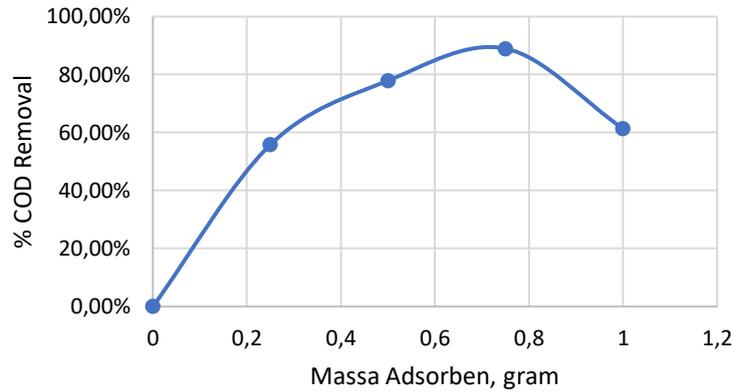
Waktu kontak optimum merupakan waktu pengadukan campuran adsorben *nata de coco* dalam limbah batik dengan hasil penurunan kadar COD paling banyak. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel adsorben untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Peristiwa adsorpsi pada adsorben *nata de coco* terjadi karena adanya gaya Van der Waals yaitu gaya tarik-menarik intermolekuler antara molekul padatan dengan solut yang diadsorpsi lebih besar daripada gaya tarik-menarik sesama solute itu sendiri di dalam larutan, maka solute akan terkonsentrasi pada permukaan padatan. Adsorpsi jenis ini tidak bersifat site specific, dimana molekul yang teradsorpsi bebas untuk menutupi seluruh permukaan padatan (Sanjaya & Agustin, 2015).

**Pengaruh Massa Adsorben**

Tabel 2. Kadar COD dan % COD Removal di Berbagai Variasi Massa Adsorben

Massa (gram)	COD (mg/L)	% COD Removal
Awal	11440,68	0,00%
0,25	5052,63	55,84%
0,5	2526,32	77,92%
0,75	1263,16	88,96%
1	4421,05	61,36%

Apabila data hasil perhitungan pada tabel 2 disajikan dalam bentuk grafik maka diperoleh gambar sebagai berikut:



Gambar 4. Optimasi Massa Adsorben terhadap % COD Removal Limbah Batik

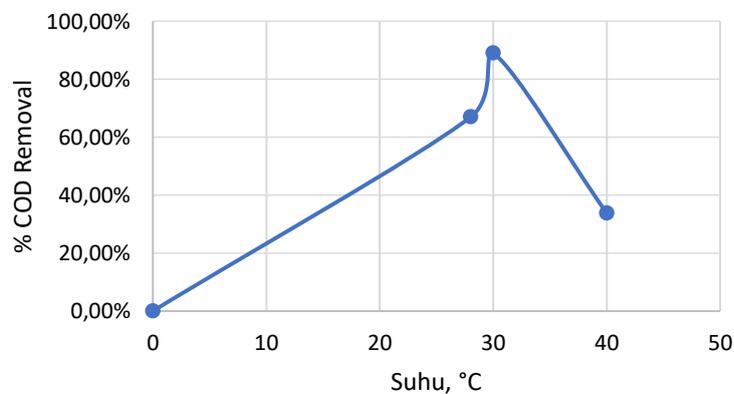
Penentuan massa adsorben optimum bertujuan untuk mengetahui rasio optimum antara massa adsorben dengan adsorbat. Pada gambar 4 proses menunjukkan proses degradasi kandungan COD optimum terjadi ketika massa adsorben yang digunakan adalah 0,75 gram dengan efektivitas 88,96%. Kadar COD mula-mula 11440,68 mg/L berhasil di degradasi menjadi 1263,16 mg/L. Pada penggunaan massa adsorben di bawah 0,75 gram belum cukup efektif dalam mengadsorpsi kadar COD dalam limbah batik, hal ini disebabkan jumlah adsorben belum mencukupi untuk menyerap zat kimia organik dalam limbah. Ketika penambahan massa adsorben 1 gram terjadi penurunan kemampuan adsorpsi menjadi 61,36%, hal ini dikarenakan konsentrasi adsorben yang berlebihan dapat mengakibatkan efek “cangkang” yang melindungi (pori) adsorben sehingga sulit terjadi kontak antara adsorben dengan zat kimia organik dalam limbah (Mane et al., 2010).

**Pengaruh Suhu**

Tabel 3. Kadar COD dan % COD Removal di Berbagai Variasi Suhu

Suhu (°C)	COD (mg/L)	% COD Removal
Awal	11440,68	0,00%
28	3789,47	66,88%
30	1263,16	88,96%
40	7578,95	33,75%

Apabila data hasil perhitungan pada tabel 2 disajikan dalam bentuk grafik maka diperoleh gambar sebagai berikut:



Gambar 5. Optimasi Suhu terhadap % COD Removal Limbah Batik

Pada gambar 5 dapat dilihat data hasil perhitungan, yang menunjukkan bahwa variasi suhu yang paling efisien dalam proses adsorpsi zat kimia organik dalam limbah batik adalah 30°C yang tidak berbeda jauh dengan suhu ruang

berhasil menurunkan kadar COD mula-mula 11440,68 mg/L menjadi 1263,16 mg/L dengan % COD removal sebanyak 88,96%. Pada variasi suhu tanpa pemanasan yaitu 28°C menurunkan kadar COD sebanyak 66,88% sedangkan saat suhu dinaikan menjadi 40°C terjadi penurunan daya jerap adsorben secara signifikan yang hanya mampu menyerap sebanyak 33,75%.

Berdasarkan teori semakin tinggi suhu maka akan semakin tinggi kemampuan menyerap, namun pada proses adsorpsi secara fisika daya jerap adsorben akan semakin kecil dengan meningkatnya temperatur hal ini terjadi karena kenaikan temperatur menyebabkan desorpsi semakin besar. Pada adsorpsi fisika, molekul adsorbat terikat lemah dengan permukaan adsorben, gaya yang mengakibatkan terjadinya adsorpsi fisika adalah gaya Van der Waals (Treybal, 1980). Proses adsorpsi fisika terjadi secara cepat dan reversibel. Terjadinya proses adsorpsi fisika tidak memerlukan energi aktivasi (energi yang dibutuhkan untuk bereaksi), sehingga pada proses ini membentuk banyak lapisan (multilayer) pada permukaan adsorben (Selwood, 1962).

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil proses adsorpsi yang dilakukan penyisihan kadar COD oleh adsorben selulosa bakterial *nata de coco* sangat dipengaruhi oleh kondisi beberapa kondisi operasi seperti waktu kontak, suhu dan massa adsorben menunjukkan nilai % efisiensi yang cukup berbeda secara signifikan. Pada penelitian ini adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kontak 60 menit dengan suhu 30°C dan menggunakan 0,75 gram adsorben *nata de coco* dengan prosentase adsorpsi 88,96% dan kapasitas adsorpsi zat kimia organik dalam limbah cair batik sebanyak 8914,36 mg/L. Setelah dilakukannya penelitian ini, perlu dilakukan percobaan lebih lanjut lagi mengenai parameter lain yang memang mempengaruhi proses adsorpsi, agar mengetahui sejauh mana parameter tersebut dapat mempengaruhi.

### Ucapan Terimakasih

Penulis utama ingin mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing (Prof. Ir. Hary Sulistyono, S.U., Ph.D., IPU. dan Prof. Ir. Muslikhin Hidayat, S.T., M.T., Ph.D., IPU.) yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama proses penyusunan tulisan ini. Laboratorium Teknik Reaksi Kimia Dan Katalis Departemen Teknik Kimia yang telah membantu proses analisis dalam penelitian ini, dan semua dosen pengajar di jurusan teknik kimia UGM yang telah memberikan ilmu, saran, dan pengarahan selama proses perkuliahan. Kedua orang tua dan keluarga yang memberikan bantuan baik secara materi maupun spiritual, serta teman-teman yang setia memberikan dukungan dan doa.

### Daftar Notasi

- A = Volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk titrasi blanko, mL
- B = Volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk titrasi larutan sampel, mL
- $C_i$  = Kadar COD setelah *treatment*
- $C_o$  = Kadar COD mula-mula
- COD = *Chemical Oxygen Demand*
- N = Normalitas larutan FAS, N
- $N_1$  = Normalitas larutan  $K_2Cr_2O_7$ , N
- $V_1$  = Volume larutan  $K_2Cr_2O_7$  yang digunakan, mL
- $V_2$  = Volume larutan FAS yang dibutuhkan, mL

### Daftar Pustaka

- Afrizal, A., & Purwanto, A. (2011). Pemanfaatan Selulosa Bakterial Nata De Coco Sebagai Adsorben Logam Cu (II) Dalam Sistem Berpelarut Air. *JRSKT - Jurnal Riset Sains Dan Kimia Terapan*, 1(1), 27.
- Andika, B., Wahyuningsih, P. and Fajri, R., 2020. Penentuan nilai BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah di pusat penelitian kelapa sawit (PPKS) Medan. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 2(1), pp.14-22.
- Desianna, I., Putri, C. A., & Yulianti, I. (2017). Selulosa Kulit Jagung sebagai Adsorben Logam Cromium (Cr) pada Limbah Cair Batik. *Unnes Physics Journal*, 6(1), 19–24.
- Fidiastuti, H., & Lathifah, A. (2018). Uji Karakteristik Limbah Cair Industri Batik Tulungagung: Penelitian Pendahuluan. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Saintek Iii*, 296–300.
- Indah, D. R., & Safnowandi. (2018). Upaya Menurunkan Kadar Logam Tembaga (Cu) Pada Limbah Kerajinan Perakdi Lombok Tengah dengan Memanfaatkan Karbon Baggase Teraktivasi. *Seminar Nasional Lembaga Penelitian Dan Pendidikan (LPP) Mandala*, September, 1–14.
- Khairunnisa, F.A., Annisa, N. and Utami, Y.F., 2021. POTENSI SERAT NATA DE COCO SEBAGAI ALTERNATIF PEMBUNGKUS RAMAH LINGKUNGAN: a Literature Review. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 1, No. 2, pp. 1324-1331).
- Mane P.C. et al., 2010, Chromium Adsorption onto Activated Carbon Derived from Tendu (Diospyros melanoxylon) Leaf Refuse: Influence of Metal/Carbon Ratio, Time and pH, *Advances in Applied Science Research*, 1(3), 212-221.
- Muhimmatin, I., 2019. Pengelolaan Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Mikroorganisme di Kecamatan Cluring Kabupaten Banyuwangi. *Warta Pengabdian*, 13(3), pp.106-115.

- Murniati, T., Inayati, & Budiastuti, S. (2015). Batik Dengan Metode Elektrolisis Konsentrasi Logam Berat Di Sungai. *Jurnal Ekosains*, VII(1), 77–83.
- Pratiwi, S. W., Sari, S. N., Nurmalasari, R., & Indriani, M. (2020). Utilization of Nata De Coco as Adsorben in Methyl Orange Adsorption. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 5(2), 187.
- Sanjaya, A.S. and Agustine, R.P., 2015. Studi kinetika adsorpsi Pb menggunakan arang aktif Dari kulit pisang. *Konversi*, 4(1), pp.17-24.
- Selwood, 1962. Adsorption and Collective Paramagnetism. Academic Press, New York and London.
- Sitanggang, P. Y. (2017). Pengolahan Limbah Tekstil Dan Batik Di Indonesia. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(12), 1–10.
- Treybal, 1980. Mass Transfer Operation, 3rd ed.