

PEMANFATAAN LIMBAH JAGUNG DAN KULIT KAKAO SEBAGAI ADSORBEN PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR BATIK

Windy Nurfatika Putri dan Mohammad Mirwan

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur,

Email: mmirwan@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Tingginya kandungan parameter COD, warna, dan amonia total pada limbah cair batik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai parameter tersebut adalah proses adsorpsi dengan memanfaatkan limbah jagung dan kulit kakao sebagai adsorben. Penelitian ini terdiri dari 2 tahapan, yang pertama proses adsorpsi secara batch dengan menggunakan variasi massa adsorben (40 gr, 80 gr, dan 120 gr), dan waktu pengadukan (5 menit, 15 menit, dan 30 menit). Tahapan yang kedua, proses adsorpsi secara kontinyu dengan variasi debit limbah (20 ml/menit, 22,5 ml/menit, dan 25 ml/menit). Pada adsorpsi batch menunjukkan massa adsorben 120 gram dan waktu pengadukan 30 menit adalah variasi optimum dengan persen penyisihan COD pada limbah jagung dan kulit kakao sebesar 86% dan 76%, warna sebesar 64% dan 53%, amonia total sebesar 55% dan 48%. Pada proses adsorpsi kontinyu, debit limbah yang optimum adalah 25 mL/menit dengan persen penyisihan COD pada adsorben limbah jagung dan kulit kakao sebesar 95% dan 94,7%, warna sebesar 95,4% dan 94,9%, amonia total sebesar 96,3% dan 95,4%. Persamaan Thomas pada adsorpsi kontinyu digunakan karena pada proses kontinyu persen penyisihan terjadi secara maksimal.

Kata Kunci: Adsorpsi, Limbah Jagung, Kulit Kakao, COD, Warna, Amonia Total

ABSTRACT

The high content of the parameters COD, color, and total ammonia in batik wastewater can cause environmental pollution. One method that can be used to reduce the value of these parameters is the adsorption process by utilizing corn waste and cocoa shell as an adsorbent. The research consist of 2 stages, the first is batch adsorption process using variations in the mass of adsorbent (40 gr, 80 gr, and 120 gr) and stirring time (5 minutes, 15 minutes, and 30 minutes). The second stage, the continuous adsorption process with variations in wastewater discharge (20 ml/min, 22,5 ml/min, and 25 ml/min). In batch adsorption, the mass of adsorbent was 120 gr and the stirring time was 30 minutes, the optimum variation with percent removal of COD in corn waste and cocoa shell of 86% and 76%, color 64% and 53%, total ammonia 55% and 48%. In the continuous adsorption process, the optimum wastewater discharge is 25 ml/min with percent removal of COD in the adsorbent of corn waste and cocoa shell of 95% and 94,7%, color 95,4% and 94,9%, total ammonia 96,3% and 95,4%. Thomas equation for continuous adsorption is used because the continuous process of percent removal optimally.

Keywords: Adsorption, Corn Waste, Cocoa Shell, COD, Color, Total Ammonia

PENDAHULUAN

Pembuangan limbah ke perairan atau ke badan air secara langsung tanpa pengolahan lebih lanjut dapat merusak ekosistem yang ada. Adanya kandungan logam berat dalam lingkungan dengan jumlah yang melebihi nilai standart baku mutu perlu mendapat perhatian lebih karena sifat logam yang beracun dan berbahaya (Astari, 2018). Salah satu penyumbang pembuangan limbah logam berat ke badan air yaitu industri tekstil atau industri batik. Setiap tahapan proses pembuatan memiliki peluang menimbulkan pencemaran bagi lingkungan dan masalah kesehatan masyarakat karena menggunakan dan mengeluarkan bahan yang mengandung zat kimia (Nurroisah, 2014).

Rata-rata air limbah dari industri batik mengandung parameter COD, warna, dan amonia total yang tinggi. Saat proses pembuatan batik, salah satunya adalah proses pewarnaan, banyak industri batik yang memilih pewarna sintesis untuk dijadikan untuk bahan utama dalam pembuatannya. Menurut Surahman, (2017), limbah cair batik yang mengandung zat pewarna sintesis ini sulit diuraikan secara biologis, maka dibutuhkan cara lain untuk menguraikannya sebelum limbah tersebut dibuang ke lingkungan misalnya dengan metode adsorpsi. Pada proses adsorpsi, bahan yang dinamakan dengan adsorben memiliki peran penting yang berfungsi sebagai penghilang polutan dalam suatu limbah.

Banyak bahan baku yang dapat digunakan sebagai adsorben dan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah jagung yaitu berupa tongkol jagung beserta kulit jagung dan juga kulit kakao. Penggunaan bahan baku limbah jagung dan kulit kakao sebagai adsorben adalah dengan memanfaatkan selulosanya. Selulosa memiliki fungsi yang dapat melakukan pengikatan terhadap ion logam. Pada penelitian ini peneliti membandingkan antara limbah jagung yang terdiri dari tongkol jagung dan kulit jagung dengan kulit kakao dengan menggunakannya sebagai karbon aktif atau adsorben dalam proses adsorpsi secara batch dan kontinyu dengan melakukan *pre treatment* koagulasi dan flokulasi terlebih dahulu dengan penambahan koagulan

aluminium sulfat atau tawas.

Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses terjerap dan terikatnya zat pelarut yang disebut adsorbat pada suatu permukaan zat padat yang disebut adsorben. Proses adsorpsi dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi logam dan senyawa organik yang tinggi. Adsorben dapat mengadsorpsi dengan baik senyawa-senyawa organik (Khuluk, 2016).

Pada proses adsorpsi terdapat faktor-faktor yang dapat mempengaruhi yaitu luas permukaan adsorben, karakteristik adsorben, ukuran molekul, pH larutan, suhu, dan juga lama waktu kontak adsorbat dengan adsorben. Kapasitas adsorben sebanding dengan luas permukaan dari adsorben itu sendiri. Sehingga semakin besar luas permukaan dari adsorben maka akan semakin banyak juga pori-pori yang ada pada adsorben tersebut, sehingga semakin banyak pula adsorbat yang akan terjerap dan kecepatan dari proses adsorpsi semakin meningkat.

Limbah Jagung

Salah satu bahan alami yang dapat dijadikan sebagai adsorben berupa karbon aktif adalah limbah jagung yang terdiri dari tongkol jagung beserta kulit jagungnya. Hasil sisa kegiatan pertanian yang mengandung selulosa seperti tongkol jagung dan kulit jagung ini dapat digunakan sebagai adsorben dengan melalui proses lanjutan terlebih dahulu.

Tongkol jagung merupakan bagian dari jagung yang sudah tidak ada bijinya. Tongkol jagung mengandung 41% selulosa, 36% hemiselulosa, 16% lignin, dan 7% zat-zat lain (Ningsih, 2016). Kulit jagung mengandung 36,81% selulosa, 27,01% hemiselulosa, 15,7% lignin, dan 6,04% abu (Agustina, 2016).

Kulit Kakao

Komponen limbah kakao yang terbesar berasal dari kulitnya. Kulit kakao adalah limbah lignoselulosa yang mengandung komponen utama berupa lignin 20-27,95%, selulosa 36,23%, dan hemiselulosa 1,14%. Kandungan selulosa

yang cukup tinggi pada kulit kakao ini berpotensi untuk dapat diolah lebih lanjut untuk dijadikan sebagai adsorben karbon aktif guna menurunkan parameter pencemaran air (Purnamawati, 2014).

Komposisi kimia kulit kakao berdasarkan berat kering adalah kadar abu 10,65%, protein 6,4%, lemak 1,5%, dan serat kasar 27,6%. Kulit kakao dengan serat kasar yang lumayan tinggi dan kadar abu yang rendah serta mengandung selulosa dan lignin yang tinggi sangat baik untuk dimanfaatkan sebagai adsorben (Juwita, 2018).

METODE PENELITIAN

a. Alat dan Bahan Penelitian

Mortal, ayakan 60 mesh, oven, furnace, cawan porselin, kertas saring, desikator, timbangan analitik, *beaker glass*, erlenmeyer, pipet ukur, filler, jartest, *box container*, pompa submersible, selang, kolom adsorpsi, limbah cair batik, tongkol jagung, kulit jagung, kulit kakao, karbon aktif tempurung kelapa, aquades, HCl, aluminium sulfat atau tawas.

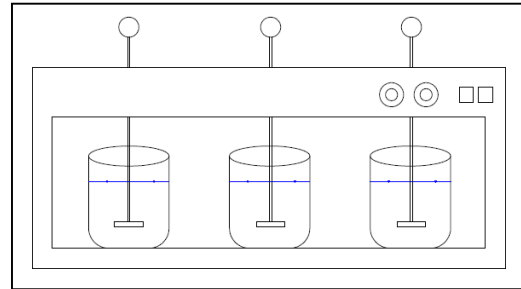
b. Pembuatan Adsorben

Tongkol jagung, kulit jagung, dan kulit kakao dari hasil sisa proses produksi di cuci dan dipotong, lalu dikeringkan menggunakan oven dan dibakar menggunakan furnace. Setelah itu dihaluskan dengan mortal dan diayak menggunakan ayakan 60 mesh. Hasil ayakan kemudian diaktivasi menggunakan HCl konsentrasi 1 M. Selanjutnya disaring dan dibilas dengan aquades sehingga didapatkan pH netral lalu dikeringkan menggunakan oven dan didinginkan di dalam desikator.

c. Kajian Adsorben

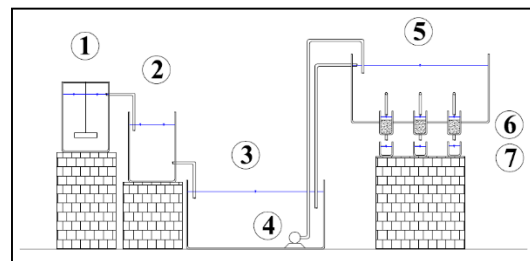
Penelitian dilakukan dengan proses adsorpsi secara batch dan kontinyu dengan dilakukan *pre treatment* koagulasi dan flokulasi dengan penambahan tawas. Pada adsorpsi batch, masukkan adsorben pada masing-masing *beaker glass* sesuai dengan variasi jenis adsorben limbah jagung dan kulit kakao serta karbon aktif tempurung kelapa (sebagai pembanding), variasi massa adsorben 40, 80, dan 120 gram lalu tuang sampel limbah cair batik dan diaduk menggunakan jartest dengan kecepatan 120

rpm dalam variasi waktu pengadukan 5, 15, dan 30 menit. Kemudian saring untuk memisahkan antara filtrat dan residu menggunakan kertas saring.



Gambar -1: Desain Alat Adsorpsi

Batch Pada adsorpsi kontinyu, limbah cair batik dialirkan menuju kolom adsorpsi dengan diameter 10 cm dan tinggi 14 cm yang telah dimasukkan adsorben sesuai variasi jenis adsorben limbah jagung dan kulit kakao serta karbon aktif tempurung kelapa (sebagai pembanding) dengan variasi debit limbah 20 mL/menit, 22,5 mL/menit, dan 25 mL/menit. Penelitian ini dilakukan dengan sistem aliran *downflow* yaitu aliran dari atas ke bawah dan dilakukan sampling setiap 20 menit sekali hingga didapatkan 4 waktu sampling.



Gambar -2: Desain Reaktor Adsorpsi Kontinyu

Keterangan:

1. Bak Pengadukan (Koagulasi Flokulasi)
2. Bak Sedimentasi
3. Bak Penampung Air Limbah
4. Pompa Submersible
5. Bak Pengatur Debit
6. Kolom Adsorpsi
7. Wadah Penampung

d. Penentuan Pola Isoterm Adsorpsi

1. Isoterm Langmuir

Model isoterm adsorpsi Langmuir menjelaskan bahwa adsorpsi

hanya terjadi pada lapisan tunggal atau *monolayer* dan permukaan adsorben bersifat homogen. Massa adsorbat yang teradsorpsi disebut konsentrasi akhir (Rochma, 2017). Adapun persamaan isoterm Langmuir sebagai berikut: (Sedyanto, 2018).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{K_L q_m} \quad (1)$$

Keterangan:

- C_e = Konsentrasi keadaan setimbang (mg/L)
- q_e = Nilai adsorpsi keadaan setimbang (mg/L)
- q_m = Kapasitas adsorpsi (mg/g)
- K_L q_m = Nilai konstanta Langmuir

2. Isoterm Freundlich

Model isoterm adsorpsi Freundlich menjelaskan bahwa adsorpsi pada bagian permukaan bersifat heterogen karena tidak semua permukaan adsorben memiliki kemampuan untuk adsorpsi. Isoterm Freundlich sering digunakan dalam adsorpsi pada zat cair. Isoterm Freundlich menggambarkan lapisan adsorbat yang terbentuk pada permukaan adsorben terjadi pada *multilayer* (Rochma, 2017). Hal tersebut dikarenakan adsorpsi dapat terjadi pada banyak lapisan atau *multilayer* sesuai dengan ciri dari adsorpsi secara fisika. Massa adsorbat yang teradsorpsi disebut konsentrasi akhir. Adapun persamaan isoterm Freundlich sebagai berikut: (Sedyanto, 2018).

$$q_e = K_f C_e^{1/n} \quad (2)$$

Keterangan:

- q_e = Hasil adsorbat yang terjerap (mg/g)
- C_e = Konsentrasi keadaan setimbang (mg/L)
- K_f dan n = Konstanta Freundlich

e. Kinetika Kapasitas Adsorpsi

Konsentrasi akhir dari kolom adsorpsi merupakan salah satu hal penting dalam merancang suatu proses. Salah satu pemodelan yang dapat dilakukan yaitu Pemodelan Thomas karena merupakan salah

satu model yang banyak digunakan pada teori kinerja kolom atau proses adsorpsi kontinyu dimana sering digunakan untuk memprediksi kurva breakthrough pada sistem kolom. Persamaan yang dinyatakan oleh Thomas digunakan untuk mengetahui jumlah maksimum kapasitas penjerapan yang terjadi pada adsorben (q₀) dan konstanta kecepatan adsorpsi yang dihasilkan pada model Thomas (K_{Th}) (Kurniawan, 2015). Adapun Model Thomas dituliskan sebagai berikut:

$$\ln \left(\frac{C_0}{C_t} - 1 \right) = \frac{K_{Th} q_0 X}{Q} - K_{Th} C_0 t \quad (3)$$

Keterangan :

- C_t = Konsentrasi effluent (mg/L)
- K_{th} = Konstanta kecepatan adsorpsi (L/mg/menit)
- X = Massa adsorben (gram)
- q₀ = Kapasitas jerap (mg/g)
- Q = Laju alir air (L/menit)
- t = Waktu sampling (menit)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Analisa Awal

Berdasarkan analisa awal yang telah dilakukan, kadar COD, warna, dan amonia total pada industri limbah cair batik Jetis, Sidoarjo dan baku mutu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Industri Tekstil dapat ditampilkan pada tabel 1 berikut.

Tabel -1: Hasil Analisa Awal Limbah Cair Batik

Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu
COD	mg/L	2224	150
Warna	PtCo	688	-
Amonia Total	mg/L	17,7	8,0

Sumber: Hasil Analisa, 2020

2. Karakterisasi Adsorben

Kualitas adsorben tongkol jagung, kulit jagung, dan kulit kakao diujikan dan sesuai pada SNI 06-3730-1995 Tentang Arang Aktif Teknis.

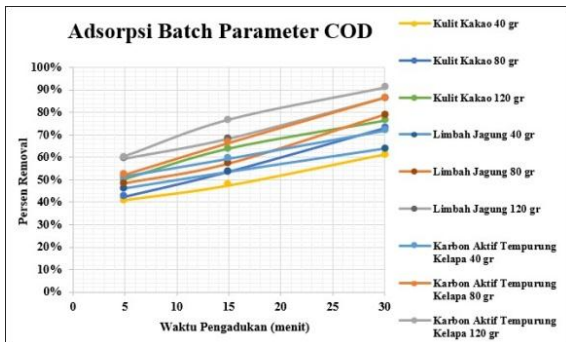
Tabel -2: Hasil Karakteristik Adsorben

Kadar	Tongkol Jagung	Kulit Jagung	Kulit Kakao
Kadar Air (%) (Maks. 15%)	6,6	14	7,2
Kadar Abu (%) (Maks. 10%)	6,1	2,1	7,8

Sumber: Hasil Analisa, 2020

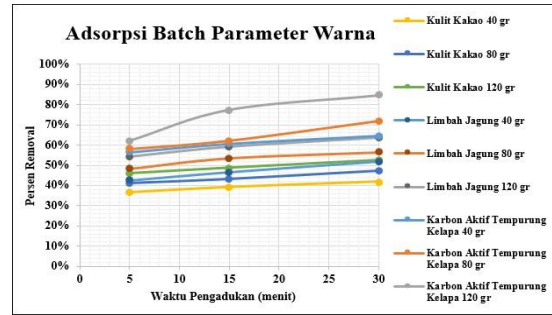
3. Proses Adsorpsi Batch

Penelitian adsorpsi batch ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan daya jerap dari adsorben limbah jagung, kulit kakao, dan karbon aktif tempurung kelapa sebagai pembanding sehingga mendapatkan hasil variasi massa adsorben (gram) yang terbaik atau optimum dan akan digunakan pada proses adsorpsi secara kontinyu dengan mengkonversinya menjadi tinggi media (cm) dengan menggunakan jarrest dengan kecepatan pengadukan 120 rpm.



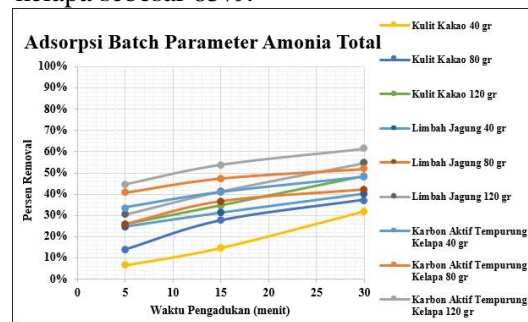
Grafik -1: Grafik Hubungan Massa Adsorben dan Waktu Pengadukan Terhadap Removal Parameter COD

Berdasarkan grafik 1 dapat dilihat bahwa persen removal COD untuk semua jenis adsorben, massa adsorben optimum adalah 120 gram dan waktu pengadukan 30 menit dengan persen removal pada adsorben limbah jagung sebesar 86%, kulit kakao sebesar 76%, dan karbon aktif tempurung kelapa sebesar 91%. Menurut Suprihatin, (2014), besarnya kandungan COD diakibatkan oleh zat organik yang terkandung dalam zat pewarna sintesis yang digunakan dalam proses pewarnaan, jadi kandungan zat kimia tersebutlah yang teradsorpsi oleh adsorben.



Grafik -2: Grafik Hubungan Massa Adsorben dan Waktu Pengadukan Terhadap Removal Parameter Warna

Berdasarkan grafik 2 dapat dilihat bahwa persen removal warna untuk semua jenis adsorben, massa adsorben optimum adalah 120 gram dan waktu pengadukan 30 menit dengan persen removal pada adsorben limbah jagung sebesar 64%, kulit kakao sebesar 53%, dan karbon aktif tempurung kelapa sebesar 85%.



Grafik -3: Grafik Hubungan Massa Adsorben dan Waktu Pengadukan Terhadap Removal Parameter Amonia Total

Berdasarkan grafik 3 dapat dilihat bahwa persen removal amonia total untuk semua jenis adsorben, massa adsorben optimum adalah 120 gram dan waktu pengadukan 30 menit dengan persen removal pada adsorben limbah jagung sebesar 55%, kulit kakao sebesar 48%, dan karbon aktif tempurung kelapa sebesar 61%. Menurut Nadhira, (2015), amonia yang terkandung di dalam perairan berupa amonia total (NH₃-N) yang terdiri dari amonia bebas (NH₃) dan ion amonium (NH⁺) dalam air. Menurut Amin, (2016), adsorben dapat mengadsorpsi ion NH⁺ dalam air karena memiliki gugus aktif pada seluruh permukaan padatan dimana terdapat senyawa radikal bebas yaitu pada atom C yang memiliki elektron bebas, sehingga atom C yang bermuatan negatif memiliki kemampuan untuk menarik ion NH⁺ yang bermuatan positif sehingga nilai amonia dalam air dapat menurun.

Jumlah adsorben yang ditambahkan berpengaruh terhadap besar removal COD, warna, dan amonia total yang terjadi. Semakin bertambahnya jumlah adsorben maka semakin bertambah besar luas permukaan adsorbennya sehingga proses adsorpsi berjalan maksimal. Pada penelitian ini, persen removal juga mengalami kenaikan seiring bertambah lama waktu pengadukan yang terjadi. Lama waktu pengadukan berpengaruh terhadap besar removal dari parameter.

4. Isoterm Adsorpsi Batch

Proses adsorpsi digambarkan dengan persamaan isoterm adsorpsi. Isoterm adsorpsi menggambarkan proses distribusi adsorbat di antara fase cair dan padat yang digambarkan dengan sebuah persamaan. Model isoterm adsorpsi yang banyak digunakan yaitu Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich (Kusuma, 2014).

Berdasarkan data hasil variasi konsentrasi larutan setiap jenis adsorben dapat dihitung nilai dari kemampuan penyerapan maksimum pada parameter COD, warna, dan amonia total dari adsorben limbah jagung, kulit kakao, dan karbon aktif tempurung kelapa sehingga untuk Isoterm Langmuir mendapatkan nilai koefisien korelasi (R^2), kapasitas maksimum (Q_m), dan koefisien Langmuir (KL), sedangkan untuk Isoterm Freundlich mendapatkan nilai koefisien korelasi (R^2), koefisien intensitas (n), dan koefisien Freundlich (KF).

Tabel -3: Rekapitulasi Nilai R^2 Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich

Isoterm Langmuir (Nilai R^2)			
Jenis Adsorben	COD	Warna	Amonia Total
Limbah Jagung	0,9908	0,9142	0,5746
Kulit Kakao	0,9590	0,9903	0,7505
Karbon Aktif Tempurung Kelapa	0,9996	0,7964	0,8154
Isoterm Freundlich (Nilai R^2)			
Jenis Adsorben	COD	Warna	Amonia Total
Limbah Jagung	0,9952	0,8650	0,5213
Kulit Kakao	0,9814	0,9665	0,7218

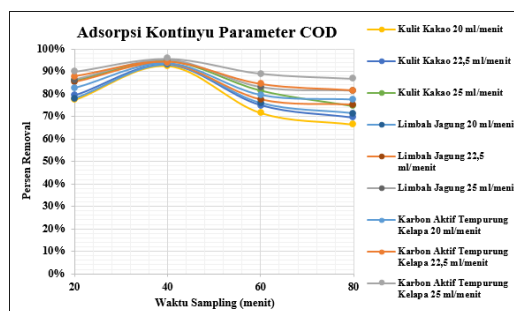
Karbon Aktif Tempurung Kelapa	0,9971	0,7814	0,7571
-------------------------------	--------	--------	--------

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Penentuan model adsorpsi Isoterm Langmuir dan Isoterm adsorpsi Freundlich dapat diketahui dengan cara melihat nilai R^2 yang mendekati nilai 1 (Astandana, 2016). Berdasarkan tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa perbandingan nilai koefisien korelasi atau R^2 antara Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich menunjukkan bahwa proses adsorpsi pada penelitian ini lebih memiliki kecenderungan ke model Isoterm Langmuir terlihat dari banyaknya nilai R^2 yang mendekati nilai 1 dibandingkan dengan Isoterm Freundlich. Proses adsorpsi model isoterm Langmuir diketahui berlangsung secara *monolayer* atau satu lapisan (Sedyanto, 2018).

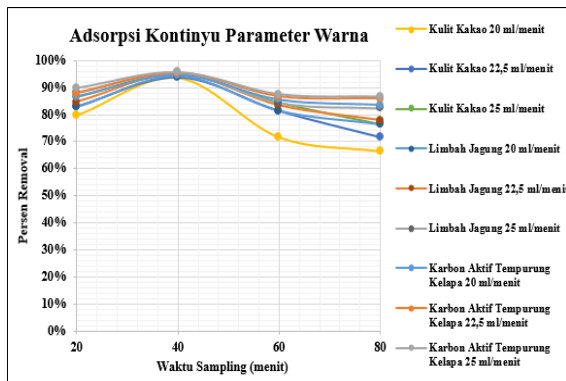
5. Proses Adsorpsi Kontinyu

Berdasarkan penelitian adsorpsi batch yang telah dilakukan, nilai parameter belum memasuki baku mutu. Pada penelitian ini menggunakan berbagai jenis adsorben yaitu limbah jagung, kulit kakao, dan karbon aktif tempurung kelapa sebagai pembanding dengan masing-masing menggunakan massa adsorben 120 gram dan telah dikonversikan menjadi tinggi media 3 cm yang telah didapat dari hasil variasi optimum adsorpsi secara batch dan debit limbah yang telah divariasikan yaitu 20 ml/menit, 22,5 ml/menit, dan 25 ml/menit dimana waktu sampling ke-1 didapatkan setelah limbah cair batik keluar dari kolom adsorpsi pada waktu 20 menit dan didapatkan waktu sampling sebanyak 4 waktu sampling.



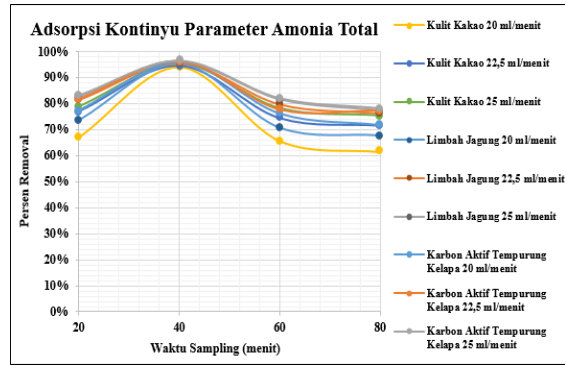
Grafik -4: Grafik Hubungan Debit Limbah dan Waktu Sampling Terhadap Removal Parameter COD

Berdasarkan grafik 4 yaitu menjelaskan tentang penggunaan adsorben dengan tinggi media 3 cm dan perbandingan debit limbah yang berbeda. Hasil removal COD pada jenis adsorben limbah jagung, kulit kakao, dan karbon aktif tempurung kelapa tersebut memiliki sebaran nilai yang merata ditandai dengan sebaran nilai yang tidak jauh berbeda antara nilai satu dengan nilai lainnya. Namun persen penyisihan COD yang paling optimum terjadi pada debit limbah 25 ml/menit pada masing-masing jenis adsorben yaitu pada adsorben limbah jagung sebesar 95%, kulit kakao sebesar 94,7%, dan karbon aktif tempurung kelapa sebesar 95,6%.



Grafik -5: Grafik Hubungan Debit Limbah dan Waktu Sampling Terhadap Removal Parameter Warna

Berdasarkan grafik 5 yaitu menjelaskan tentang penggunaan adsorben dengan tinggi media 3 cm dan perbandingan debit limbah yang berbeda. Hasil removal warna pada jenis adsorben limbah jagung, kulit kakao, dan karbon aktif tempurung kelapa tersebut memiliki sebaran nilai yang merata ditandai dengan sebaran nilai yang tidak jauh berbeda antara satu sama lain. Namun persen penyisihan warna yang paling optimum terjadi pada debit limbah 25 ml/menit ml pada masing-masing jenis adsorben yaitu pada adsorben limbah jagung sebesar 95,4%, kulit kakao sebesar 94,9%, dan karbon aktif tempurung kelapa sebesar 95,9%.



Grafik -6: Grafik Hubungan Debit Limbah dan Waktu Sampling Terhadap Removal Parameter Amonia Total

Berdasarkan grafik 6 yaitu menjelaskan tentang penggunaan adsorben dengan tinggi media 3 cm dan perbandingan debit limbah yang berbeda. Hasil removal amonia total pada jenis adsorben limbah jagung, kulit kakao, dan karbon aktif tempurung kelapa tersebut memiliki sebaran nilai yang merata ditandai dengan sebaran nilai yang tidak jauh berbeda antara satu sama lain. Namun persen penyisihan amonia total yang paling optimum terjadi pada debit limbah 25 ml/menit pada masing-masing jenis adsorben yaitu pada adsorben limbah jagung sebesar 96,3%, kulit kakao sebesar 95,4%, dan karbon aktif tempurung kelapa sebesar 96,5%. Penyisihan tersebut berarti semakin besar debit limbah maka persen penyisihan yang terjadi akan semakin besar juga. Jadi, persen penyisihan optimum dari proses adsorpsi kontinyu adalah pada saat debit limbah 25 ml/menit.

6. Pemodelan Thomas Adsorpsi Kontinyu

Pada penelitian ini, model adsorpsi yang terjadi pada sistem kolom dianalisis dengan menggunakan Model Thomas yang merupakan salah satu model yang digunakan dalam teori kinerja kolom. Perhitungan pemodelan Thomas pada penelitian ini menggunakan debit limbah yang paling optimum yaitu 25 ml/menit pada masing- masing jenis adsorben.

Penentuan jumlah kapasitas penjerapan yang terjadi pada proses adsorpsi (mg/g) menggunakan metode kolom tunggal dimana air limbah sebagai adsorbat, limbah jagung dan kulit kakao serta karbon aktif tempurung kelapa sebagai adsorben dan variasi debit limbah serta waktu sampling sebagai dasar pengambilan

data sehingga didapatkan nilai persamaan linier dan koefisien korelasi (R^2) yang akan digunakan untuk menghitung konstanta kinetik (Kth) dan kapasitas adsorbansi kolom (q_0). Konstanta Thomas yang didapatkan berbanding terbalik dengan kapasitas adsorbansi dari masing-masing

adsorben. Hal tersebut sesuai dengan persamaan Thomas yang telah diterapkan pada penelitian ini yang menunjukkan bahwa konstanta yang didapatkan perbandingan terbalik dengan kapasitas adsorbansi yang dihasilkan.

Tabel -4: Pemodelan Thomas Adsorpsi Kontinyu

Jenis Adsorben	Persamaan Linier (Y)	R ²	Kth (L/mg/menit)	q ₀ (mg/g)
COD				
Limbah Jagung	Y = -0.0122x + 2.5831	0.2222	0.000005	107.6292
Kulit Kakao	Y = -0.018x + 2.7162	0.3631	0.000008	70.7343
Karbon Aktif Tempurung Kelapa	Y = -0.0095x + 2.7784	0.2119	0.000004	144.7083
Warna				
Limbah Jagung	Y = -0.0139x + 2.7556	0.2829	0.00002	28.7042
Kulit Kakao	Y = -0.0165x + 2.7289	0.3348	0.00002	28.4260
Karbon Aktif Tempurung Kelapa	Y = -0.0107x + 2.8185	0.2213	0.00002	29.3594
Amonia Total				
Limbah Jagung	Y = -0.0137x + 2.5761	0.1487	0.0008	0.6970
Kulit Kakao	Y = -0.0118x + 2.2804	0.1136	0.0007	0.7091
Karbon Aktif Tempurung Kelapa	Y = -0.0138x + 2.6185	0.1456	0.0008	0.6994

Sumber: Hasil Analisa, 2020

Berdasarkan tabel 4, konstanta Thomas pada variasi jenis adsorben dinilai tidak berbeda secara signifikan karena letak titik jenuh yang didapatkan sama antara ketiga jenis adsorben tersebut. Nilai koefisien korelasi atau R^2 yang dihasilkan kecil dan jauh dari nilai 1 karena selisih nilai antar data jauh dan tidak mendekati linier. Perhitungan persamaan Thomas diatas juga dapat disimpulkan bahwa kapasitas adsorbansi tertinggi dalam penjerapan COD pada jenis adsorben limbah jagung, kulit kakao, dan karbon aktif tempurung kelapa berturut-turut adalah 107,6292 mg/gram, 70,7343 mg/gram, dan 144,7083 mg/gram. Penjerapan warna 28,7042 mg/gram, 28,4260 mg/gram, dan 29,3594 mg/gram, sedangkan amonia total 0,6970 mg/gram, 0,7091 mg/gram, dan 0,6994 mg/gram. Tujuan dari mencari kapasitas adsorbansi kolom pada pemodelan Thomas ini adalah untuk mengetahui dalam 1 gram adsorben mampu menyerap berapa milligram adsorbat.

KESIMPULAN

1. Pada proses adsorpsi secara batch, massa adsorben dan waktu pengadukan yang terbaik atau optimum untuk meremoval

2. Pada proses adsorpsi secara kontinyu, pengambilan sample uji diambil setiap 20 menit sekali sehingga didapatkan 4 waktu sampling. Debit limbah yang optimum untuk meremoval COD, warna, dan amonia total terjadi pada debit limbah 25 ml/menit dan waktu sampling ke 40 menit. Persen penyisihan COD, pada adsorben limbah jagung dan kulit kakao sebesar 86% dan 76%. Persen penyisihan warna, sebesar 64% dan 53%. Persen penyisihan amonia total, sebesar 55% dan 48%.
2. Pada proses adsorpsi secara kontinyu, pengambilan sample uji diambil setiap 20 menit sekali sehingga didapatkan 4 waktu sampling. Debit limbah yang optimum untuk meremoval COD, warna, dan amonia total terjadi pada debit limbah 25 ml/menit dan waktu sampling ke 40 menit. Persen penyisihan COD, pada adsorben limbah jagung dan kulit kakao sebesar 95% dan 94,7%. Persen penyisihan warna, sebesar 95,4% dan 94,9%. Persen penyisihan amonia total, sebesar 96,3% dan 95,4%. Berdasarkan persen penyisihan, adsorben limbah jagung lebih optimum digunakan dibandingkan dengan adsorben kulit kakao. Semakin bertambahnya jumlah adsorben maka semakin bertambah pula luas permukaan adsorbennya, sehingga penjerapan yang terjadi dapat lebih banyak. Persen penyisihan juga mengalami kenaikan seiring bertambah lamanya waktu

pengadukan yang terjadi serta semakin bertambahnya debit limbah, sehingga proses adsorpsi dapat berjalan dengan baik dan optimal.

3. Pada penelitian ini pemodelan yang digunakan yaitu pemodelan Thomas adsorpsi kontinyu karena pada proses adsorpsi secara kontinyu penurunan parameter terjadi secara maksimal dengan besarnya nilai persen penyisihan pada parameter dan dapat digunakan untuk mengetahui konsentrasi dengan menggunakan kurva breakthrough dan kapasitas maksimum dari kolom adsorpsi tersebut, tetapi nilai koefisien korelasi yang dihasilkan kecil dan jauh dari nilai 1.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, R., & Said, I. (2016). Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol dari Kulit Jagung Manis (*Zea mays saccharata*). *Jurnal Akademika Kimia*, 5(4), 197–201.
- Amin, A., Sitorus, S., & Yusuf, B. (2016). Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung (*Zea mays L*) sebagai Arang Aktif dalam Menurunkan Kadar Amonia, Nitrit dan Nitrat pada Limbah Cair Industri Tahu menggunakan Teknik Celup. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(2), 78–84.
- Astandana, Y., Chairul., & Yenti, S. R. (2016). Keseimbangan Adsorpsi Logam Cu Menggunakan Karbon Aktif dari Ampas Tebu Sebagai Adsorben. *Jurnal FTEKNIK*, 3(1), 1-9.
- Astari, M. A., & Utami, B. (2018). Uji Daya Adsorpsi Adsorben Kombinasi Sekam Padi dan Bagasse Fly Ash untuk Menjerap Logam Cu pada Sistem Batch. *Proceeding Biology Education Conference*, 15(1), 766–775.
- Juwita, A. I., Ahmad, I., Musdalifah, Bujawati, E., & Basri, S. (2018). Efektifitas Penggunaan Arang Limbah Kulit Kakao (*Theobroma cacao L.*) Untuk Menurunkan Kesadahan, Salinitas dan Senyawa Organik Air. *Higiene*, 4(1), 1–10.
- Khuluk, R. H. (2016). Pembuatan dan Karakteristik Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (*Cocous nucifera L.*) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. Universitas Lampung.
- Kurniawan, B. (2015). Adsorpsi Pb(II) dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom dengan Bahan Isian Abu Layang Batubara. Universitas Negeri Semarang.
- Kusuma, I. D. G. D. P., Wiratini, N. M., & Wiratma, I. G. L. (2014). Isoterm Adsorpsi Cu²⁺ Oleh Biomassa Rumput Laut *Eucheuma Spinosum*. *E-Journal Kimia Visvitalis Universitas Pendidikan Ganesha*, 2(1), 1–10.
- Nadhira, R., & Moersidik, S. S. (2015). Penurunan Kadar Amonia dan Nitrat Pada Air Limbah Tambak Udang Menggunakan Fotobioreaktor dengan Menumbuhkan *Spirulina sp.* Teknik Lingkungan Universitas Indonesia.
- Ningsih, D. A., & Said, I. (2016). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dari Larutannya dengan Menggunakan Adsorben dari Tongkol Jagung. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(2), 55–60.
- Nurroisah, E., Indarjo, S., & Wahyuningsih, A. S. (2014). Keefektifan Aerasi Sistem Tray Dan Filtrasi Sebagai Penurun Chemical Oxygen Demand Dan Padatan Tersuspensi Pada Limbah Cair Batik. *Unnes Journal of Public Health*, 3(4), 56–64.
- Peraturan Gubernur Jawa Timur. (2013). Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Industri Tekstil.
- Purnamawati, H., & Utami, B. (2014). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma cocoa L.*) Sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika (SNFPPF)*, 5(1), 12–18.
- Rochma, N., & Titah, H. S. (2017). Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Karbon Aktif Melalui Proses Adsorpsi Secara Batch. *Jurnal Sains ITS*, 4(1), 1–5.
- Sedyanto, A. P. (2018). Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Fiber Adsorben Terenkapsulasi Na-Alginat Penyerap Logam Berat Pb(II) dalam Air. *Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia*. SNI 06-3730-1995. (1995). Arang Aktif Teknis.
- Suprihatin, H. (2014). Kandungan Organik Limbah Cair Industri Batik Jetis Sidoarjo dan Alternatif Pengolahannya. *Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Riau*, 130-138.
- Surahman, N., Hadiwidodo, M., & Rezagama, A. (2017). Pengolahan Limbah Cair Zat Warna Jenis Indigosol Yellow Menggunakan Kombinasi Metode Fenton (Fe²⁺/H₂O₂) dan Adsorpsi Arang Batok Kelapa Terhadap Parameter COD dan Warna. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1–6.