

PENGARUH JENIS ADSORBEN BATUAN TERHADAP PARAMETER LIMBAH CAIR MALL X MELALUI PENGOLAHAN SECARA ADSORPSI

Anisa Rahma Dewi dan Khalimatus Sa'diyah

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

anisarahmadewi5@gmail.com; [khalimatus.s@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Limbah cair domestik Mall X di Kota Malang memiliki nilai COD, BOD, TSS, dan minyak lemak yang melebihi ambang batas baku mutu yang ditetapkan. Pengolahan limbah cair pada Mall X selama ini masih menggunakan proses kimiawi. Perlu dilakukan alternatif pengolahan limbah menggunakan metode lain untuk mencapai baku mutu, salah satunya yaitu pengolahan secara adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh proses pengolahan limbah cair menggunakan metode adsorpsi dengan variasi jenis media adsorben batuan terhadap parameter pH, COD, BOD, TSS, minyak lemak, TDS, *turbidity*, dan kesadahan. Variabel dalam penelitian ini yaitu jenis adsorben, meliputi zeolit, batu apung, karbon aktif, dan kombinasi (zeolit-batu apung-karbon aktif). Adsorben dilakukan aktivasi terlebih dahulu menggunakan larutan HCl 3 M, selanjutnya digunakan sebagai media adsorben di dalam kolom adsorpsi berdiameter 10 cm dan tinggi 39,5 cm. Proses adsorpsi dilakukan dengan mengalirkan air limbah dari bak penampung dengan debit 0,412 L/menit secara kontinyu ke dalam kolom adsorpsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan adsorben kombinasi merupakan adsorben yang paling efektif daripada penggunaan adsorben zeolit, batu apung, dan karbon aktif, dalam menurunkan TDS, *turbidity*, kesadahan dan BOD dengan efisiensi penurunan masing-masing yaitu sebesar 32,4%; 41,8%; 27,1%; dan 56,2%. Sehingga penggunaan adsorben kombinasi paling efektif dalam menurunkan parameter pencemar limbah cair Mall X.

Kata kunci : adsorpsi, adsorben, karbon aktif, limbah cair, zeolit

ABSTRACT

Mall X's domestic liquid waste in Malang City has COD, BOD, TSS, and fatty oil values that exceed the specified quality standard thresholds. Processing of liquid waste at Mall X so far still uses chemical processes. Alternative waste treatment needs to be done using other methods to achieve quality standards, one of which is adsorption treatment. This study aims to analyze the effect of the wastewater treatment process using the adsorption method with various types of rock adsorbent media on the parameters of pH, COD, BOD, TSS, fatty oil, TDS, turbidity, and hardness. The variables in this study were the type of adsorbent, including zeolite, pumice, activated carbon, and the combination (zeolite-pumice-activated carbon). The adsorbent was first activated using 3 M HCl solution, then used as an adsorbent medium in an adsorption column with a diameter of 10 cm and a height of 39.5 cm. The adsorption process is carried out by continuously flowing wastewater from the holding tank with a flow rate of 0.412 L/minute into the adsorption column. The results showed that the use of combined adsorbents was the most effective adsorbent than the use of zeolite, pumice, and activated carbon adsorbents in reducing TDS, turbidity, hardness, and BOD with respective reduction efficiencies of 32.4%; 41.8%; 27.1%; and 56.2% so that the use of combined adsorbents is the most effective in reducing the pollutant.

Keywords: adsorption, adsorbent, activated carbon, liquid waste, zeolite

Corresponding author: Khalimatus Sa'diyah

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: khalimatus.s@polinema.ac.id



1. PENDAHULUAN

Mall X merupakan salah satu pusat perbelanjaan yang terletak di Kota Malang, Jawa Timur, menghasilkan limbah cair sebanyak 326,8 liter per hari yang bersumber dari wastafel, janitor, dan dapur *tenant food court*. Berdasarkan hasil analisis terhadap parameter limbah cair Mall X sebelum pengolahan, diperoleh nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solid* (TSS), dan minyak lemak melebihi ambang batas baku mutu. Berdasarkan pemeriksaan tersebut, diperoleh nilai COD yaitu sebesar 10.680 mg/L; BOD sebesar 283,06 mg/L; TSS sebesar 521,67 mg/L; serta minyak lemak sebesar 79,20 mg/L. Dampak dari kandungan bahan pencemar seperti BOD, COD dan TSS yang tinggi dapat mematikan ekosistem di perairan apabila limbah cair langsung dibuang ke badan air tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal ini karena padatan tersuspensi yang masuk ke dalam air menimbulkan kekeruhan air, yang berakibat menurunnya laju fotosintesis fitoplankton dan tumbuhan air lainnya, sehingga produktivitas primer dari perairan mengalami penurunan. Sementara itu, kadar BOD dan COD yang tinggi mengakibatkan penurunan kandungan oksigen terlarut di perairan, sehingga menyebabkan kematian organisme akuatik [1].

Pengolahan limbah cair Mall X selama ini masih menggunakan proses kimiawi berupa penambahan tawas. Kekurangan dari proses pengolahan ini yaitu bahwa proses kimiawi merupakan proses aditif yang pada umumnya mengakibatkan terjadinya peningkatan kandungan terlarut dalam air limbah. Selain itu proses kimiawi akan menghasilkan *sludge* yang perlu penanganan dan pengolahan lebih lanjut [2][3].

Adanya kekurangan pengolahan limbah cair pada Mall X, maka perlu dicari alternatif lain untuk mengolah limbah. Alternatif pengolahan limbah yang dapat dilakukan untuk mengurangi kandungan pencemar dalam limbah cair salah satunya yaitu melalui proses adsorpsi. Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu substansi pada permukaan zat padat. Adsorpsi dengan menggunakan berbagai macam adsorben merupakan metode yang paling menguntungkan karena efektifitas dan kapasitas adsorpsinya yang tinggi serta biaya operasionalnya yang rendah [4][5]. Adsorpsi limbah domestik menggunakan karbon aktif tongkol jagung pada konsentrasi 3 gram/100 mL dengan waktu kontak selama 6 jam mampu menurunkan BOD sampai 40,816% dan COD mencapai 29,834% [6]. Adsorpsi limbah cair domestik dengan breksi batu apung juga mampu menurunkan kadar TSS dari konsentrasi sampel awal 219,50 mg/L dapat turun hingga 85,46 mg/L (effisiensi penurunan 59,31 %) dan kadar BOD dari konsentrasi awal 325,30 mg/L mampu turun hingga 63,52 mg/L (effisiensi penurunan 80,84 %) [7].

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengolahan limbah cair Mall X secara adsorpsi menggunakan adsorben batuan. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh adsorben batuan terhadap parameter limbah cair Mall X melalui metode adsorpsi. Parameter tersebut, yaitu pH, COD, BOD, TSS, minyak lemak, TDS, *turbidity*, dan kesadahan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium di Laboratorium Limbah Politeknik Negeri Malang untuk pengolahan limbah cair Mall X dengan tahapan yaitu aktivasi adsorben, proses adsorpsi, dan tahap analisis *effluent* limbah (hasil proses pengolahan metode adsorpsi). Alat yang digunakan dalam pengolahan limbah metode adsorpsi yaitu *Adsorption kits*. Dan bahan-

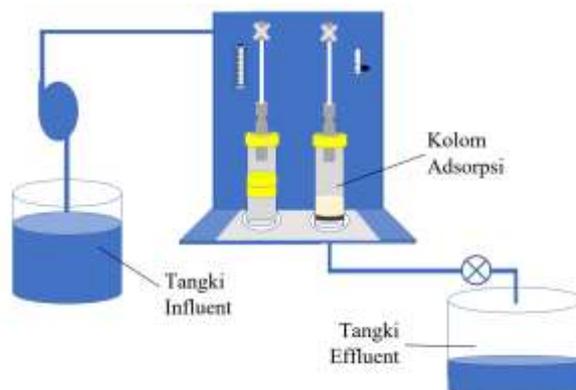
bahan yang digunakan meliputi sampel limbah cair mall, karbon aktif, zeolit, batu apung, akuades dan larutan HCl 3 M.

2.1. Tahap Aktivasi Adsorben

Adsorben (karbon aktif, zeolit, dan batu apung) ditimbang sebanyak 400 gram. Selanjutnya adsorben direndam menggunakan aktivator asam, yaitu HCl 3 M selama 24 jam dengan rasio 1:1. Adsorben ditiriskan dan dicuci dengan akuades hingga pH netral, kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 1 jam [8].

2.2. Tahap Adsorpsi Limbah Cair Skala Laboratorium

Bak umpan dan penampung *effluent* limbah dipersiapkan seperti terlihat pada Gambar 1. Selanjutnya bak sampel diisi dengan limbah cair sebanyak 20 liter dan kolom adsorpsi diisi dengan adsorben secara bergantian (karbon aktif, zeolit, dan batu apung) sebanyak 400 gram. Pompa yang terdapat dalam bak sampel dinyalakan untuk mengalirkan air limbah dengan debit 0,412 L/menit secara kontinu ke dalam kolom adsorpsi dengan diameter 10 cm dan tinggi 39,5 cm yang berisi media adsorben sehingga air limbah mengalir dan mengisi bagian-bagian adsorben dalam kolom adsorpsi. *Effluent* limbah hasil pengolahan ditampung dan proses adsorpsi dihentikan.



Gambar 1. Ilustrasi Proses Adsorpsi

2.3. Tahap Analisis

Analisis pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Elektroda dibilas dengan air bebas mineral selanjutnya dikeringkan menggunakan tisu halus. Elektroda dicelupkan ke dalam sampel limbah sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang stabil. Hasil pembacaan pH kemudian dicatat. Analisis COD dilakukan dengan metode *reflux*. Nilai COD dihitung dengan Persamaan :

$$COD \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(a - b)(N)(8000)}{mL \text{ sampel}} \times C \quad (1)$$

Keterangan:

a : mL $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ untuk blanko

b : mL $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ untuk conoth

C : Faktor pengenceran

8000 : Berat ekuivalen oksigen

N : Normalitas $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$

Pada analisa BOD dilakukan sampel limbah dimasukkan ke dalam botol *winkler* dan ditambahkan 2 mL $MnSO_4$ dan 2 mL larutan alkali iodida dengan menggunakan pipet ukur. Botol selanjutnya ditutup rapat supaya tidak terjadi kontaminasi udara dari luar, kemudian botol dikocok hingga homogen dan didiamkan 10 menit hingga mengendap. Sampel yang telah mengendap dikeluarkan dari botol dan sisa endapan ditambahkan 2 mL larutan H_2SO_4 pekat dan dikocok kembali hingga endapannya terlarut. Sampel tersebut selanjutnya diambil 100 ml dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan dititrasi dengan larutan $Na_2S_2O_3$ 0,025 N sampai terjadi perubahan warna menjadi kuning muda, lalu dicatat hasil titrasinya. Selain itu, sampel lain ditambahkan larutan amilum 0,5% sebanyak 1 ml sampai larutan berwarna biru tua dan setelah itu dititrasi kembali dengan larutan $Na_2S_2O_3$ hingga berubah warna [9]. Nilai BOD dihitung dengan Persamaan (2) dan (3).

$$OT = \frac{N.V.8000}{V_s} \quad (2)$$

Keterangan:

OT : Oksigen terlarut (mg O_2/L)

V : Volume titran natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) (mL)

N : Normalitas larutan natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) (ek/L)

V_s : Volume sampel (mL)

$$BOD_5^{20} = \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5) \cdot f}{P} \quad (3)$$

Keterangan :

BOD_5^{20} : sebagai mg O_2 / L

X_0 : OT sampel pada saat $t = 0$ hari (mg O_2/L)

X_5 : OT sampel pada saat $t = 5$ hari (mg O_2/L)

B_0 : OT blanko pada saat $t = 0$ (mg O_2/L)

B_5 : OT blanko pada saat $t = 5$ hari (mg O_2/L)

P : derajat / faktor pengenceran

f : 1-P

Analisis TSS dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri. Nilai TSS dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$TSS \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(a-b) \times 1000}{c} \quad (4)$$

Keterangan :

a : berat kertas saring + sampel (mg)

b : berat kertas saring kosong (mg)

c : volume sampel (mL)

1000 : konversi dari mL ke liter

Analisis minyak lemak dilakukan dengan menggunakan metode gravimetri. Sampel limbah sebanyak 250 mL dimasukkan ke dalam corong pisah dan ditambahkan dengan n-heksane sebanyak 7,5 mL. Corong pisah berisi sampel limbah dikocok kuat selama 2-5

menit dan didiamkan selama 1-2 menit hingga terpisah menjadi dua lapisan. Selanjutnya air sampel limbah dipisahkan dengan lapisan minyak. Jika terdapat emulsi lebih dari 5 mL, dilakukan pemecahan emulsi dengan cara sentrifugasi selama 30 menit pada kecepatan 4000 rpm. Kertas saring dicuci dengan n-heksan yang berisi Na_2SO_4 2,5 gram. Hasil filtrat dimasukkan pada botol kosong yang memiliki berat konstan. Selanjutnya dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 70°C untuk menguapkan n-heksan sehingga tersisa minyak dalam botol. Botol kemudian dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang hingga diperoleh berat botol konstan. Kadar minyak lemak dihitung menggunakan Persamaan (5) berikut.

$$\text{Kadar minyak lemak} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{(A-B) \times 1000}{\text{ml sampel uji}} \quad (5)$$

Keterangan:

a : berat botol+filtrat (mg)

b : berat botol kosong (mg)

Analisis TDS dilakukan dengan menggunakan TDS meter. Elektroda dibilas dengan air bebas mineral selanjutnya dikeringkan menggunakan tisu halus. Elektroda dicelupkan ke dalam sampel limbah sampai TDS meter menunjukkan pembacaan yang stabil. Hasil pembacaan TDS kemudian dicatat. Alat turbidimeter dilakukan kalibrasi terlebih dahulu untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan akurat. Selanjutnya sampel limbah cair dikocok dan dibiarkan supaya gelembung udaranya menghilang. Sampel dituang ke dalam kuvet melalui bagian dinding untuk menghindari terjadinya gelembung udara. Kuvet diisi sampel hingga mencapai tanda batas dan ditutup rapat. Sampel dalam kuvet dikocok dan bagian luarnya dibersihkan dengan tisu bebas serat. Kemudian kuvet dimasukkan pada lubang sampel dan ditutup dengan tabung perisai cahaya. Lakukan pembacaan dan nilai NTU yang tampil pada *display* alat dicatat.

Analisis kesadahan diawali dengan melakukan standarisasi larutan EDTA terlebih dahulu. Larutan standar Ca^{+2} dipipet sebanyak 25 mL ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 5 mL larutan *buffer* pH 10, serta ditambahkan 3 atau 4 tetes indikator EBT. Larutan tersebut selanjutnya dititrasi dengan larutan EDTA sampai terjadi perubahan warna dari merah anggur menjadi biru. Untuk menganalisis kesadahan total sampel limbah cair dipipet sebanyak 25 mL dan ditambahkan dengan 10 mL larutan *buffer* pH 10 dan ditetesi dengan indikator EBT. Selanjutnya dititrasi dengan larutan EDTA yang telah distandarisasi. Nilai kesadahan total dihitung menggunakan Persamaan (6) dan (7).

$$\text{Konsentrasi sampel} = \frac{\text{normalitas EDTA} \times \text{volume EDTA}}{\text{volume sampel}} \quad (6)$$

$$\text{Kesadahan total} = \text{konsentrasi sampel} \times \text{Mr CaCO}_3 \quad (7)$$

Effluent limbah hasil pengolahan yang telah dianalisis terhadap delapan parameter di atas, hasilnya dibandingkan dengan baku mutu air limbah domestik menurut Permen LHK No. 68 Tahun 2016 seperti terlihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Domestik (Menurut Permen LHK No. 68 Tahun 2016)

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total coliform	Jumlah/100 mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adsorpsi merupakan salah satu metode penyerapan fluida, cairan maupun gas dimana zat terserap (adsorbat) terikat oleh zat penyerap (adsorben) pada permukaannya [10]. Pada penelitian ini, adsorpsi digunakan untuk mengikat zat organik yang terkandung pada limbah cair dengan menggunakan adsorben batuan. Adsorben yang digunakan untuk proses adsorpsi dilakukan aktivasi dengan larutan HCl 3 M dengan tujuan untuk mempermudah proses pelarutan pengotor-pengotor pada permukaan adsorben sehingga memperbesar pori dan luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsinya [11]. Adsorpsi limbah cair secara kontinyu lebih baik dibandingkan dengan menggunakan sistem *batch*, karena sistem ini umumnya kurang cocok untuk langsung diterapkan pada desain dan pengoperasian instalasi pengolahan air limbah karena waktu kontak yang diterapkan tidak cukup memadai untuk mencapai kesetimbangan [12]. Pengaruh jenis adsorben memberikan hasil yang berbeda terhadap setiap parameter *effluent* limbah.

3.1. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai pH

Potential Hydrogen (pH) adalah indeks konsentrasi ion hidrogen ($[H^+]$) dalam air. $[H^+]$ mempengaruhi sebagian besar proses kimia dan biologi. Nilai pH menjadi variabel penting dalam kualitas air untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda [13]. pH limbah cair sebelum dibuang ke badan air harus bersifat netral, karena air limbah yang sangat asam bersifat korosif, sehingga jika langsung dibuang ke lingkungan dapat merusak material dan mengganggu mikroorganisme.

Tabel 2. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai pH *Effluent* Limbah Cair Mall X

Adsorben	Parameter pH		
	Baku Mutu*	Influent	Effluent
Zeolit	6,9	6,06	4,39
Batu Apung	6,9	6,06	5,63
Karbon aktif	6,9	6,06	3,47
Kombinasi	6,9	6,06	4,28

*Baku mutu mengacu pada Permen LHK-RI No. 68 Tahun 2016.

Berdasarkan Tabel 2, nilai pH *influent* (sebelum proses adsorpsi) telah sesuai baku mutu yaitu 6,06, namun *effluent* limbah (setelah proses adsorpsi) pH nya menjadi tidak memenuhi baku mutu karena terjadi penurunan pH menjadi larutan yang bersifat asam. Hal ini terjadi karena penggunaan aktivator asam dengan konsentrasi yang tinggi dan pekat.

Pekatnya konsentrasi bahan pengaktif ini akan memperluas permukaan adsorben yang membuat pori-pori dari adsorben tersumbat sehingga daya penyerapan menurun [10].

Hal ini sesuai dengan penelitian Wicheisa dkk (2018) pada pengolahan limbah cair *laundry* dengan adsorben karbon aktif, juga terjadi penurunan nilai pH dari pH netral menjadi berkisar angka 5 hingga 3. Pada penelitian tersebut karbon aktif diaktivasi menggunakan H_2SO_4 20% sehingga menyebabkan karbon aktif bersifat asam. Sifat asam dari karbon aktif ini membuat pH limbah menjadi turun. Sehingga penurunan pH juga mempengaruhi terjadinya proses adsorpsi, karena adsorpsi bekerja secara optimal pada kondisi limbah cair dengan pH netral [14].

3.2. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai COD

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimia, perbedaan dari BOD (*Biological Oxygen Demand*) bahwa COD menunjukkan senyawa organik yang tidak dapat didegradasi secara biologis. Besarnya COD dalam suatu limbah biasanya lebih besar dari pada nilai BOD nya karena lebih banyak senyawa kimia yang dapat dioksidasi secara kimia dibandingkan oksidasi biologi [6].

Tabel 3. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai COD *Effluent* Limbah Cair Mall X

Adsorben	Parameter COD			Penurunan (%)
	Baku Mutu* (mg/L)	Influent (mg/L)	Effluent (mg/L)	
Zeolit	100	6.835,20	5.980,80	12,5
Batu Apung	100	6.835,20	1.708,80	75
Karbon aktif	100	6.835,20	2.563,20	62,5
Kombinasi	100	6.835,20	2.563,20	62,5

*Baku mutu mengacu pada Permen LHK-RI No. 68 Tahun 2016.

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa penurunan nilai COD limbah cair berbeda-beda pada setiap jenis adsorben. Penurunan nilai COD tertinggi terjadi pada batu apung yaitu sebesar 75% dari 6.835,20 mg/L menjadi 1.708,80 mg/L. Sedangkan penurunan COD paling kecil terjadi pada zeolit yaitu sebesar 12,5%. Dan untuk adsorben karbon aktif serta kombinasi ketiga media, penurunan nilai COD nya sama yaitu sebesar 62,5%. Meskipun terjadi penurunan nilai COD yang sangat tinggi, namun limbah hasil pengolahan dengan metode adsorpsi masih melebihi baku mutu yang ditetapkan. Sehingga berdasarkan penelitian ini, media adsorben yang paling efektif dalam mereduksi nilai COD pada limbah cair ini yaitu batu apung. Menurut Wirosoedarmo (2018) pada pengolahan limbah domestik menggunakan metode adsorpsi, penurunan COD terjadi akibat bahan-bahan organik sebagian telah diserap dan diikat oleh media adsorben sehingga jumlah bahan organik yang ada dalam air limbah akan berkurang, otomatis kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik secara kimia berkurang. Kebutuhan oksigen yang berkurang mengakibatkan nilai COD dalam air limbah akan semakin menurun [6].

3.3. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai BOD

BOD (*Biological Oxygen Demand*) merupakan jumlah oksigen yang diperlukan bakteri untuk mendegradasi bahan buangan dalam air limbah. BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya namun hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang

diperlukan, sehingga jika nilai BOD yang besar dapat menjadi acuan bahwa pencemaran pada air limbah tersebut juga besar [6].

Dari penelitian ini, nilai BOD limbah hasil pengolahan dengan menggunakan beragam adsorben tidak ada yang memenuhi baku mutu, dikarenakan nilainya melebihi 30 mg/L. Namun, meskipun tidak memenuhi baku mutu nilai BOD setelah pengolahan mengalami penurunan. Berdasarkan Tabel 4 penurunan nilai BOD terbesar terjadi pada kombinasi media adsorben yaitu sebesar 56,2% dari 108,70 mg/L menjadi 47,63%. Kemudian disusul zeolit, batu apung, dan karbon aktif dengan efisiensi penurunan secara berturut-turut sebesar 42,1%; 28,1%; dan 14%.

Tabel 4. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai BOD *Effluent* Limbah Cair Mall X

Adsorben	Parameter BOD			Penurunan (%)
	Baku Mutu* (mg/L)	Influent (mg/L)	Effluent (mg/L)	
Zeolit	30	108,70	62,90	42,1
Batu Apung	30	108,70	78,17	28,1
Karbon aktif	30	108,70	93,44	14,0
Kombinasi	30	108,70	47,63	56,2

*Baku mutu mengacu pada Permen LHK-RI No. 68 Tahun 2016.

Penurunan BOD terjadi karena bakteri melakukan aktivitas penguraian melalui pori-pori permukaan butiran media adsorben ke seluruh permukaan media adsorbat. Mekanisme terjadinya penurunan BOD ini yaitu ketika kolom adsorpsi yang berisi media adsorben dialiri sampel limbah cair secara vertikal, molekul-melekul yang terkandung dalam air limbah menempel pada permukaan adsorben akibat proses kimia dan fisika menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben. Molekul polutan terperap pada bagian luar adsorben lalu bergerak menuju pori-pori selanjutnya ke dinding bagian dalam dan terjadilah penjerapan molekul-molekul polutan dalam pori-pori media penjerap. Dengan semakin berkurangnya bahan organik yang terlarut dalam air, maka semakin banyak oksigen yang terlarut atau terdapat dalam air tersebut. Disamping itu, bakteri yang terdapat pada air limbah domestik menempel pada dinding-dinding permukaan adsorben dan mendegradasi bahan organik sehingga mengakibatkan penurunan kadar BOD [7].

3.4. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai TSS

TSS atau *Total Suspended Solid* merupakan jumlah padatan tersuspensi yang terkandung dalam air limbah sebagai parameter untuk mengukur kualitas air [15]. Padatan tersuspensi ini merupakan padatan yang mempengaruhi kekeruhan pada air, tidak dapat larut dan tidak bisa mengendap dengan cepat bahkan hanya akan melayang-layang dalam air. Padatan seperti ini biasanya terdapat partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen dan merupakan endapan koloid yang berasal dari zat organik maupun anorganik [7].

Berdasarkan hasil uji TSS seperti terlihat pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa terjadi penurunan nilai TSS setelah melalui proses adsorpsi. Hasil terbaik didapatkan dari pengolahan limbah menggunakan media adsorben karbon aktif, karena telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan sehingga akan aman jika dibuang ke badan air. Penggunaan karbon aktif mampu menurunkan kadar TSS dari 156,67 mg/L menjadi 23,33

mg/L dengan presentase penurunan sebesar 85,1%. Untuk penggunaan media adsorben yang lain terjadi penurunan kadar TSS, tetapi masih belum memenuhi standar baku mutu. Penurunan kadar TSS dalam limbah pada media adsorben zeolit, batu apung, dan kombinasi berturut-turut yaitu sebesar 29,8%; 59,6%; dan 31,9%. Berdasarkan nilai TSS ini diketahui bahwa ketiga media adsorben tersebut mampu menyerap bahan polutan baik yang berasal dari zat organik maupun anorganik. Namun, yang paling efektif dalam menurunkan kadar TSS berdasarkan penelitian ini yaitu karbon aktif.

Tabel 5. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai TSS *Effluent* Limbah Cair Mall X

Adsorben	Parameter TSS			Penurunan (%)
	Baku Mutu* (mg/L)	Influent (mg/L)	Effluent (mg/L)	
Zeolit	30	156,67	110	29,8
Batu Apung	30	156,67	63,33	59,6
Karbon aktif	30	156,67	23,33	85,1
Kombinasi	30	156,67	106,67	31,9

*Baku mutu mengacu pada Permen LHK-RI No. 68 Tahun 2016.

3.5. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai Minyak Lemak

Keberadaan minyak dan lemak yang berlebihan pada suatu badan air dapat merusak lingkungan karena dapat mengurangi kandungan oksigen dalam air dan menyebabkan penetrasi sinar matahari ke dalam air berkurang [11].

Tabel 6. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai Minyak Lemak *Effluent* Limbah Cair Mall X

Adsorben	Baku Mutu* (mg/L)	Parameter Minyak Lemak		Penurunan (%)
		Influent (mg/L)	Effluent (mg/L)	
Zeolit	5	34	34,80	-2,4
Batu Apung	5	34	14,80	56,5
Karbon aktif	5	34	3,20	90,6
Kombinasi	5	34	16,00	52,9

*Baku mutu mengacu pada Permen LHK-RI No. 68 Tahun 2016.

Berdasarkan Tabel 6 kandungan minyak dan lemak sebelum proses adsorpsi sangat tinggi yaitu 34 mg/L. Setelah dilakukan adsorpsi dengan beragam jenis adsorben terjadi penurunan kandungan minyak dan lemak. Penggunaan adsorben batu apung dan kombinasi (zeolit-batu apung-karbon aktif) dapat menurunkan kandungan minyak dan lemak cukup tinggi hingga mencapai 50%, namun masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Sedangkan pada zeolit terjadi kenaikan kandungan minyak dan lemak dari 34 mg/L menjadi 34,8 mg/L. Berdasarkan penelitian ini, adsorben yang paling efektif dalam mereduksi kandungan minyak dan lemak hingga memenuhi baku mutu yaitu karbon aktif. Presentase penurunannya pun juga sangat tinggi, yaitu mencapai 90,6% dari 34 mg/L menjadi 3,2 mg/L.

Hal ini juga sesuai dengan penelitian Zaharah, dkk (2017) yang menunjukkan bahwa pengolahan limbah rumah makan menggunakan kolom yang diisi dengan karbon aktif untuk dimodifikasi pada alat *grease trap*, mampu menurunkan kandungan minyak dan

lemak jauh lebih rendah dari baku mutu [16]. Adsorpsi yang terjadi yakni akibat adanya medan gaya pada permukaan karbon aktif yang menarik molekul-molekul limbah cair. Pada proses ini, partikel atau molekul pada bahan pencemar akan menempel pada permukaan karbon aktif yang disebabkan adanya perbedaan muatan yang lemah diantara keduanya yang disebabkan oleh gaya *Van Der Waals*. Tarik menarik akan terjadi antara muatan positif dari karbon aktif dan gugus karboksil yang bermuatan negatif pada bahan pencemar, sehingga membentuk suatu lapisan tipis partikel-partikel halus pada permukaan karbon aktif.

3.6. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai TDS

TDS (*Total Dissolve Solid*) berasal dari mineral, garam, logam, kation dan anion yang terlarut dalam air limbah. Hasil pengujian nilai TDS baik sebelum maupun sesudah proses adsorpsi berada di bawah baku mutu yang ditetapkan.

Tabel 7. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai TDS *Effluent* Limbah Cair Mall X

Adsorben	Parameter TDS			Penurunan (%)
	Baku Mutu* (mg/L)	Influent (mg/L)	Effluent (mg/L)	
Zeolit	2000	438	365	16,7
Batu Apung	2000	438	454	-3,7
Karbon aktif	2000	438	910	-107,8
Kombinasi	2000	438	296	32,4

*Baku mutu menurut Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 tentang Baku Mutu Air Bersih

Berdasarkan Tabel 7 nilai TDS pada adsorben batu apung dan karbon aktif setelah proses adsorpsi mengalami kenaikan. Pada batu apung kenaikan nilai TDS dari 438 ppm menjadi 454 ppm, dan pada karbon aktif nilai TDS naik dari 438 ppm menjadi 910 ppm. Terjadi kenaikan yang sangat signifikan terhadap nilai TDS hasil adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif. Penurunan nilai TDS terjadi pada adsorben zeolit dan kombinasi yaitu sebesar 16,7% dan 32,4%. Penurunan nilai TDS disebabkan adanya interaksi dari muatan positif pada permukaan adsorben untuk menetralkan muatan negatif pada larutan, sehingga melalui proses adsorpsi menggunakan zeolit dan kombinasi 3 media, senyawa terlarut pada limbah cair dapat dihilangkan [17].

3.7. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai *Turbidity*

Kekeruhan berasal dari zat padat yang bercampur dengan zat cair sehingga akan menjadi *suspense* dan mengakibatkan air limbah domestik menjadi keruh. Kekeruhan akan mengakibatkan sulitnya cahaya untuk masuk ke dalam air limbah.

Tabel 8. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai *Turbidity Effluent* Limbah Cair Mall X

Adsorben	Parameter <i>Turbidity</i>		Penurunan (%)
	Influent (NTU)	Effluent (NTU)	
Zeolit	129	132	-2,3
Batu Apung	129	100	22,5
Karbon aktif	129	91,2	29,3
Kombinasi	129	75,1	41,8

Berdasarkan Tabel 8 nilai kekeruhan limbah sebelum dilakukan proses adsorpsi yaitu sebesar 129 NTU. Setelah dilakukan proses adsorpsi, nilai *turbidity* mengalami penurunan kecuali pada zeolit. *Turbidity* limbah hasil pengolahan dengan adsorben zeolit terjadi peningkatan menjadi 132 NTU. Hal ini terjadi karena pada proses tersebut butiran zeolit yang halus akan ikut terbawa dan larut dalam limbah cair. Sehingga limbah cair yang dihasilkan akan terlihat semakin keruh.

Dari penelitian ini, media adsorben yang paling efektif dalam menurunkan nilai *turbidity* limbah yaitu kombinasi adsorben zeolit - batu apung - karbon aktif, dengan penurunan sebesar 41,8% dari 129 ntu menjadi 41,8 NTU. Sedangkan pada batu apung dan karbon aktif penurunan nilai *turbidity* tidak terlalu tinggi, yaitu masing-masing sebesar 22,5% dan 29,3%. Sesuai dengan penelitian Syaunyah (2011), penurunan nilai kekeruhan terjadi akibat tarikan dari permukaan adsorben yang lebih kuat dibandingkan dengan daya kuat yang menahan di dalam larutan [18].

3.8. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai Kesadahan

Kesadahan merupakan sifat air yang disebabkan oleh adanya ion-ion (kation) logam valensi, seperti Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{2+} , dan Mn^{2+} . Kesadahan total (*total hardness*) adalah kesadahan yang disebabkan oleh adanya ion-ion Mg^{2+} dan Ca^{2+} secara bersama-sama [19].

Tabel 9. Pengaruh Jenis Adsorben terhadap Nilai Kesadahan *Effluent* Limbah Cair Mall X

Adsorben	Parameter Kesadahan			Penurunan (%)
	Baku Mutu* (mg/L)	Influent (mg/L)	Effluent (mg/L)	
Zeolit	500	259	221,62	14,6
Batu Apung	500	259	335,14	-29,2
Karbon aktif	500	259	308,11	-18,8
Kombinasi	500	259	189,19	27,1

*Baku mutu menurut Permenkes RI No. 32 Tahun 2017 tentang Baku Mutu Air Bersih

Dari Tabel 9 diketahui bahwa terdapat perubahan nilai kesadahan pada limbah cair yang diadsorpsi dengan beragam jenis media. Namun, kadar kesadahan pada adsorben batu apung dan karbon aktif mengalami peningkatan dari sebelum diolah. Pada penggunaan adsorben zeolit untuk proses adsorpsi terjadi penurunan kadar kesadahan sebesar 14,6% dari 259 mg/L menjadi 221,62 mg/L. Penurunan kesadahan tertinggi terjadi pada adsorben menggunakan kombinasi 3 media (zeolit-batu apung-karbon aktif) yaitu 27,1% dari 259 mg/L menjadi 189,19 mg/L. Penggunaan kombinasi media adsorben dalam proses adsorpsi terbukti juga efektif menurunkan kesadahan air. Hal ini sesuai penelitian Husaini (2020), bahwa penggunaan adsorben karbon aktif dan zeolit dalam pipa PVC dengan ketinggian masing-masing 50 cm dengan waktu kontak 120 menit mampu menurunkan kesadahan air sumur sebesar 62,85% dari 560 mg/L menjadi 208 mg/L [20]. Dari penelitian ini kadar kesadahan limbah cair Mall X baik sebelum maupun setelah proses adsorpsi tidak melebihi baku mutu. Namun tingkat kesadahannya masuk kategori kesadahan keras yaitu dengan rentang nilai 150-300 mg/L dan kesadahan sangat keras, yakni lebih dari 300 mg/L.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Jenis adsorben batuan berpengaruh terhadap nilai parameter setiap *effluent* limbah cair Mall X. Penggunaan adsorben kombinasi, efektif dalam menurunkan TDS, *turbidity*, kesadahan dan BOD. Dengan efisiensi penurunan masing-masing yaitu sebesar 32,4%; 41,8%; 27,1%; dan 56,2%. Penggunaan adsorben batu apung efektif dalam menurunkan nilai COD, dengan efisiensi penurunan sebesar 75%. Sedangkan penggunaan adsorben karbon aktif, efektif dalam menurunkan nilai TSS dan minyak, dengan efisiensi penurunan berturut-turut sebesar 85,1% dan 90,6%. Sehingga penggunaan adsorben kombinasi merupakan adsorben yang paling efektif dalam menurunkan parameter pencemar limbah cair Mall X.

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu perlu penelitian lebih lanjut mengenai proses adsorpsi menggunakan media adsorben kombinasi yang dilanjut dengan proses pengolahan limbah metode lainnya, sehingga akan diperoleh *effluent* limbah yang sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.

REFERENSI

- [1] I. Isyuniarto dan A. Andrianto, "Pengaruh Waktu Ozonisasi Terhadap Penurunan Kadar BOD, COD, TSS dan Fosfat Pada Limbah Cair Rumah Sakit," *GANENDRA Maj. IPTEK Nukl.*, vol. 12, no. 1, hal. 45–49, 2009.
- [2] A. Rachmawati, Veny dan Damayanti, "Pengolahan Limbah Cair Industri Pewarnaan Jeans Menggunakan Membran Silika Nanofiltrasi Aliran Cross Flow untuk Menurunkan Warna dan Kekeruhan," *Tek. Pomits*, vol. 2, no. 2, hal. 113–117, 2013.
- [3] A. P. Kristijarti, I. Suharto, dan Marieanna, "Penentuan Jenis Koagulan Dan Dosis Optimum Untuk Meningkatkan Efisiensi Sedimentasi Dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Jamu X.," *Lemb. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. Univ. Katolik Parahyangan*, hal. 1–33, 2013.
- [4] M. Rafatullah, O. Sulaiman, R. Hashim, dan A. Ahmad, "Adsorption of Methylene Blue on Low-Cost Adsorbents : A review," *J. Hazard. Mater.*, vol. 177, hal. 70–80, 2010.
- [5] S. Syafalni, I. Abustan, I. Dahlan, C.K. Wah, dan G. Umar, "Treatment of Dye Wastewater Using Granular Activated Carbon and Zeolite Filter," *Modern Applied Science*, vol. 6, no. 2, hal. 37-51, 2012.
- [6] R. Wirosedarmo, A. T. S. Haji, dan E. A. Hidayati, "Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Kontak Pada Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Karbon Aktif Tongkol Jagung untuk Menurunkan BOD dan COD," *Sumberd. Alam dan Lingkung.*, vol. 3, no. 2, hal. 31–38, 2016.
- [7] T. S. Widyaningsih, "Breksi Batu Apung Sebagai Alternatif Teknologi Tepat Guna Untuk Menurunkan Kadar TSS dan BOD dalam Limbah Cair Domestik," *Tekno. Technoscientia*, vol. 8, no. 2, hal. 194–201, 2016.
- [8] S. Huda, R. Dwi, dan L. Kurniasari, "Karakterisasi Karbon Aktif dari Bambu Ori (*Bambusa Arundinacea*) yang Diaktivasi Menggunakan Asam Klorida (HCl)," *Inov. Tek. Kim.*, vol. 5, no. 1, hal. 22–27, 2017.
- [9] R. M. Mefiana, "Uji Efektivitas Karbon Aktif dan Abu Sekam Padi dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah Cair Laundry," *J. Kartika Kim.*, vol. 4, no. 2, hal. 83–88, 2021.
- [10] F. W. Sausan, A. R. Puspitasari, dan D. Yanuarita P, "Studi Literatur Pengolahan Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Metode Proses Adsorpsi, Filtrasi, dan

- Elektrolisis," *J. Tecnoscienza*, vol. 5, no. 2, hal. 213, 2021.
- [11] A. N. Rahayu. dan Adhitiyawarman, "Pemanfaatan Tongkol Jagung sebagai Adsorben Besi pada Air Tanah," *JKK*, vol. 3, no. 3, hal. 7–13, 2014.
- [12] H. Patel dan R. T. Vashi, "Fixed Bed Column Adsorption of Acid Yellow 17 dye onto Tamarind Seed Powder," *Can. J. Chem. Eng.*, vol. 90, no. 1, hal. 180–185, 2012.
- [13] C. E. Boyd, C. S. Tucker, dan R. Viriyatum, "Interpretation of pH, Acidity, and Alkalinity in Aquaculture and Fisheries," *N. Am. J. Aquac.*, vol. 73, no. 4, hal. 403–408, 2011.
- [14] F. V. Wicheisa, Y. Hanani, dan N. Astorina, "Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Limbah Laundry Orens Tembalang Dengan Berbagai Variasi Dosis Karbon Aktif Tempurung Kelapa," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 6, no. 6, hal. 2356–3346, 2018.
- [15] S. L. Sahendra, R. A. Hamsyah, dan K. Sa'diyah, "Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Adsorben dari Kotoran Sapi dan Ampas Tebu," *Cheesa Chem. Eng. Res. Artic.*, vol. 4, no. 1, hal. 31, 2021.
- [16] T. A. Zaharah, N. Nurlina, dan R. R. Moelyani, "Reduksi minyak, lemak, dan bahan organik limbah rumah makan menggunakan grease trap termodifikasi karbon aktif," *J. Pengelolaan Lingkung. Berkelanjutan (Journal Environ. Sustain. Manag.*, vol. 1, no. 3, hal. 25–33, 2018.
- [17] M. Lutfi, R. Yulianingsih, dan M. Muslikha, "Desain dan Pengujian Alat Adsorpsi Limbah Cair Batik Tulis dengan Variasi Waktu Detensi dan Komposisi Zeolit Kolom Adsorpsi," *J. keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 6, no. 3, hal. 242–250, 2018.
- [18] I. Syaughiah, M. Amalia, dan H. A. Kartini, "Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi," *Info Tek.*, vol. 12, no. 1, hal. 11–20, 2011.
- [19] S. Munfiah, Nurjazuli, dan O. Setiani, "Kualitas Fisik dan Kimia Air Sumur Gali dan Sumur Bor di Wilayah Kerja Puskesmas Guntur II Kabupaten Demak," *J. Kesehat. Lingkung. Indones.*, vol. 12, no. 2, hal. 154–159, 2013.
- [20] A. Husaini, M. Yenni, dan C. Wuni, "Efektivitas Metode Filtrasi dan Adsorpsi dalam Menurunkan Kesadahan Air Sumur Di Kecamatan Kota Baru Kota Jambi," *J. Formil (Forum Ilmiah) Kesmas Respati*, vol. 5, no. 2, hal. 91–102, 2020.