

Adsorpsi Minyak dan Timbal (Pb) pada Air Limbah Bengkel Mobil Menggunakan Bentonit dan Cangkang Telur Ayam (*Gallus domesticus*) sebagai Adsorben

Aldila Tirta Pratiwi^{1*}, Bambang Rahadi Widiatmono², dan Ruslan Wirosodarmo²

¹Departemen Teknik Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia; e-mail: aldilatirta97@gmail.com

²Departemen Teknik Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia.

ABSTRAK

Minyak yang terkandung dalam oli yang digunakan termasuk komponen organik yang bersifat tetap dan sukar diuraikan bakteri, sedangkan timbal (Pb) memiliki sifat tidak dapat terurai secara hayati dan konsentrasinya tinggi terakumulasi di lingkungan. Pada penelitian dilakukan pengolahan air limbah bengkel dengan cara adsorpsi menggunakan adsorben bentonit dan cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*) yang memiliki sifat ramah lingkungan dan keberadaannya selalu ada sepanjang tahun. Proses adsorpsi yaitu memanfaatkan kemampuan zat padat untuk menyerap suatu bahan atau zat pada permukaannya. Penelitian ini menggunakan variasi jenis dan dosis adsorben dengan lama waktu pengadukan selama 60 menit dengan kecepatan 150 rpm. Jenis adsorben yang digunakan yaitu *clay* jenis bentonit yang telah diaktivasi dengan larutan asam HCl 1 M dan cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*). Faktor yang digunakan merupakan dosis bentonit dan cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*) yang masing-masing terdiri dari 4 (empat) perlakuan yaitu 0 gram, 5 gram, 10 gram dan 15 gram. Penelitian bertujuan untuk mengetahui, menganalisis dan mengevaluasi efisiensi penurunan kadar minyak dan timbal (Pb). Adsorben bentonit dan cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*) memberikan pengaruh terhadap efisiensi penurunan minyak secara signifikan namun tidak pada efisiensi penurunan timbal (Pb). Perlakuan adsorben bentonit sebesar 15 gram dengan cangkang telur ayam sebesar 15 gram (B₃C₃) menunjukkan kadar minyak paling sedikit yaitu 3,00 mg/L dengan efisiensi penurunan minyak paling besar yaitu 88,22%. Perlakuan adsorben bentonit sebesar 15 gram dengan cangkang telur ayam sebesar 10 gram (B₃C₂) menunjukkan timbal (Pb) paling sedikit yaitu 1,66 mg/L dengan efisiensi penurunan timbal (Pb) paling besar yaitu 52,25%.

Kata kunci: Adsorpsi, Air Limbah Bengkel Mobil, Bentonit, Cangkang Telur Ayam (*Gallus domesticus*), Timbal (Pb), Minyak

ABSTRACT

The oil contained in the oil that used includes organic components that are permanent and difficult to decompose by bacteria, while lead (Pb) is not biodegradable and accumulates in high concentrations in the environment. In this study, service car station wastewater treatment was carried out by adsorption using bentonite and chicken eggshell (*Gallus domesticus*) adsorbents which have environmentally friendly properties and are always present throughout the year. The adsorption process is utilizing the ability of solids to adsorb a material or substance on its surface. The study used a variety of types and doses of adsorbent with a stirring time of 60 minutes at a speed of 150 rpm. The type of adsorbent used is bentonite clay which had been activated with 1 M HCl acid solution and chicken eggshell (*Gallus domesticus*). The factor used was the dose of bentonite and chicken eggshell (*Gallus domesticus*), each of which consisted of 4 (four) treatments, there are 0 gram, 5 grams, 10 grams, and 15 grams. This study aims to determine, analyze and evaluate the efficiency of reducing the levels of oil and lead (Pb). Bentonite and chicken eggshell (*Gallus domesticus*) had an effect on the efficiency of reducing oil significantly but not on the efficiency of reducing lead (Pb). The treatment of 15 grams of bentonite adsorbent with 15 grams of chicken eggshell (B₃C₃) showed the least oil content of 3.00 mg/L with the largest oil reduction efficiency of 88.22%. The treatment of 15 grams of bentonite adsorbent with 10 grams of chicken eggshell (B₃C₂) showed the least lead (Pb) was 1.66 mg/L with the greatest lead (Pb) reduction efficiency was 52.25%.

Keywords: Adsorption, Bentonite, Car Service Station, Chicken Eggshell (*Gallus domesticus*), Lead (Pb), Oil

Citation: Pratiwi, A. T., Widiatmono, B. R., Wirosodarmo, R. (2024). Adsorpsi Minyak Dan Timbal (Pb) Pada Air Limbah Bengkel Mobil Menggunakan Bentonit Dan Cangkang Telur Ayam (*Gallus Domesticus*) Sebagai Adsorben. Jurnal Ilmu Lingkungan, 22(1), 125-131 doi:10.14710/jil.22.1.125-131.

1. Latar Belakang

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), bertambahnya jumlah kendaraan bermotor menyebabkan bertambahnya jumlah jasa perawatan mobil seperti bengkel yang dapat menimbulkan dampak negatif seperti limbah yang mencemari lingkungan. Air limbah dari kegiatan bengkel bercampur dengan oli (minyak pelumas) dan bahan bakar, yang dapat dengan mudah mengalir ke saluran air di sekitarnya. Menurut Arini (2015), air limbah bengkel tergolong dalam air limbah industri yang memiliki kandungan logam dan *oil grease* (OG). Logam berat merupakan polutan dalam bentuk unsur logam yang memiliki densitas relatif tinggi dibandingkan air yang berdampak negatif bagi kesehatan organisme hidup (Syauqiah *dkk.*, 2011). Timbal (Pb) merupakan unsur yang tidak dapat terurai secara hayati dan bersifat racun bagi lingkungan karena terakumulasi dalam konsentrasi tinggi di lingkungan (Wani *et al.*, 2015). Minyak memiliki senyawa ester non polar yang mengandung komponen organik yang persisten dan sulit terdegradasi oleh bakteri serta tidak larut dalam air (Osorio and Avila, 2019; Sunardi dan Mukimin, 2014; Mulyani dan Sujarwanta, 2018). Minyak dan logam berat timbal (Pb) yang masih terdapat dalam air dapat mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya, seperti keracunan, mual, anemia, dan sakit perut.

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan air limbah bengkel yang bisa menjadi alternatif dalam melakukan pengolahan air limbah secara sederhana. Alternatif yang digunakan yaitu melakukan pengolahan air limbah dengan metode adsorpsi menggunakan bentonit dan cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*) sebagai adsorben. Adsorpsi adalah salah satu metode penghilangan polutan pada air limbah dimana suatu zat (molekul atau ion) dijerap pada permukaan suatu adsorben (Syauqiah *et al.*, 2011). Bentonit adalah koloid alami dari silikat aluminium terhidrasi yang memiliki sifat penukar ion, memiliki luas permukaan yang besar, dan mudah mengikat kontaminan dalam air (Ruskandi *dkk.*, 2020). Cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*) adalah bagian terluar yang mengandung kalsium karbonat (CaCO₃) yang dapat digunakan sebagai adsorben polar yang mampu mengadsorpsi suatu zat (Hajar *et al.*, 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui, menganalisis dan mengevaluasi pengaruh adsorben terhadap efisiensi penurunan kadar minyak dan timbal (Pb). Penelitian ini menggunakan variasi dosis adsorben dengan lama waktu pengadukan selama 60 menit dengan kecepatan 150 rpm. Jenis adsorben yang digunakan yaitu bentonit yang telah diaktivasi dengan larutan asam kuat HCl 1 M dan cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*). Faktor yang digunakan merupakan dosis bentonit dan cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*) yang masing-masing terdiri dari 4 (empat) perlakuan yaitu 0 gram, 5 gram, 10 gram dan 15 gram.

2. Bahan dan Metode

Alat dan bahan utama yang digunakan dalam proses adsorpsi yaitu *jar test* untuk mengaduk sampel, ayakan 100 mesh, filter 47 mm (pori 0,45 µm), *beaker glass* 1000 ml, timbangan analitik, oven, termometer, pH meter, turbidimeter asam kuat HCl 32% dan aquades. Bahan utama yang digunakan yaitu sampel air limbah yang didapatkan dari bengkel mobil X di Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur, Indonesia. Adsorben yang digunakan yaitu kalsium bentonit yang didapatkan dari *e-commerce* dan cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*) yang didapatkan dari toko kue dekat bengkel mobil.

Tabel 1. Rancangan Percobaan Secara RAK

Dosis Bentonit (gram)	Dosis Cangkang Telur (gram)	Kelompok (Blok)		
		Blok 1 U ₁	Blok 2 U ₂	Blok 3 U ₃
B ₀ (0 gram)	C ₀ (0 gram)	B ₀ C ₀ U ₁	B ₀ C ₀ U ₂	B ₀ C ₀ U ₃
	C ₁ (5 gram)	B ₀ C ₁ U ₁	B ₀ C ₁ U ₂	B ₀ C ₁ U ₃
	C ₂ (10 gram)	B ₀ C ₂ U ₁	B ₀ C ₂ U ₂	B ₀ C ₂ U ₃
	C ₃ (15 gram)	B ₀ C ₃ U ₁	B ₀ C ₃ U ₂	B ₀ C ₃ U ₃
B ₁ (5 gram)	C ₀ (0 gram)	B ₁ C ₀ U ₁	B ₁ C ₀ U ₂	B ₁ C ₀ U ₃
	C ₁ (5 gram)	B ₁ C ₁ U ₁	B ₁ C ₁ U ₂	B ₁ C ₁ U ₃
	C ₂ (10 gram)	B ₁ C ₂ U ₁	B ₁ C ₂ U ₂	B ₁ C ₂ U ₃
	C ₃ (15 gram)	B ₁ C ₃ U ₁	B ₁ C ₃ U ₂	B ₁ C ₃ U ₃
B ₂ (10 gram)	C ₀ (0 gram)	B ₂ C ₀ U ₁	B ₂ C ₀ U ₂	B ₂ C ₀ U ₃
	C ₁ (5 gram)	B ₂ C ₁ U ₁	B ₂ C ₁ U ₂	B ₂ C ₁ U ₃
	C ₂ (10 gram)	B ₂ C ₂ U ₁	B ₂ C ₂ U ₂	B ₂ C ₂ U ₃
	C ₃ (15 gram)	B ₂ C ₃ U ₁	B ₂ C ₃ U ₂	B ₂ C ₃ U ₃
B ₃ (15 gram)	C ₀ (0 gram)	B ₃ C ₀ U ₁	B ₃ C ₀ U ₂	B ₃ C ₀ U ₃
	C ₁ (5 gram)	B ₃ C ₁ U ₁	B ₃ C ₁ U ₂	B ₃ C ₁ U ₃
	C ₂ (10 gram)	B ₃ C ₂ U ₁	B ₃ C ₂ U ₂	B ₃ C ₂ U ₃
	C ₃ (15 gram)	B ₃ C ₃ U ₁	B ₃ C ₃ U ₂	B ₃ C ₃ U ₃

Keterangan:

- B₀ : Dosis bentonit 0 gram
- B₁ : Dosis bentonit 5 gram
- B₂ : Dosis bentonit 10 gram
- B₃ : Dosis bentonit 15 gram
- C₀ : Dosis cangkang telur ayam 0 gram
- C₁ : Dosis cangkang telur ayam 5 gram
- C₂ : Dosis cangkang telur ayam 10 gram
- C₃ : Dosis cangkang telur ayam 15 gram
- U₁, U₂, U₃ : Blok ke-1 (pukul 10.00 WIB), ke-2 (pukul 14.00 WIB), dan ke-3 (pukul 16.00 WIB)

Pengambilan sampel air limbah bengkel dilakukan di bengkel mobil X Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur, Indonesia dengan metode Rancang Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial (Lihat **Tabel 1**). Air limbah diambil dari pembuangan air limbah sementara yang merupakan bak pengontrol

debit air sebelum keluar ke badan air. Pengambilan sampel dilakukan pada pukul 10.00 WIB, 14.00 WIB dan 16.00 WIB. Penentuan waktu pengambilan air sampel berdasarkan aktivitas bengkel mobil, yang mana menghasilkan banyak air limbah. Pengambilan sampel air limbah yang digunakan yaitu metode *composite samples* dimana menurut SNI 6989.59:2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah merupakan pengambilan sampel yang diambil dari satu titik pada waktu yang berbeda dengan volume yang sama yang disebabkan kualitas air limbah berfluktuasi akibat proses produksi, serta diambil dengan metode *grab sampling* yaitu pengambilan sampel di saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah.

HCl pekat 32% perlu diencerkan terlebih dahulu sebelum dicampurkan dengan bentonit. Perhitungan kebutuhan volume HCl pekat dilakukan menggunakan rumus pengenceran sehingga didapatkan 19,7 ml HCl pekat 32% yang perlu diencerkan dengan aquades hingga batas 200 ml. Adapun rumus yang digunakan dalam proses pengenceran yang dapat dilihat pada **Persamaan 1** dan **Persamaan 2**.

Persamaan 1. Rumus Perhitungan Molaritas

$$M = \frac{\rho \times \% \times 10}{Mr}$$

Keterangan :

M = Molaritas (M)
 ρ = Berat Jenis (g/ml)
 Mr = Berat Molekul (g/mol)

Apabila sudah didapatkan molaritas maka dapat dilakukan perhitungan dengan rumus pengenceran.

Persamaan 2. Rumus Perhitungan Pengenceran Larutan

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

Keterangan :

V = Volume (ml)
 M = Molaritas (M)

Bentonit sebanyak 400 gram kemudian diaduk dan direndam dalam 200 ml HCl 1 M selama 2 jam. Bentonit teraktivasi asam HCl kemudian dibilas atau dicuci menggunakan aquades hingga air bilasan mencapai pH ≤ 5. Residu bentonit yang telah dibilas kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C hingga beratnya konstan (Hasyim dan Fitriyano, 2017). Bentonit yang telah kering kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan diayak kembali menggunakan ayak 100 mesh.

Cangkang telur ayam yang sudah dipisah dengan membran cangkang telur ayam kemudian dicuci bersih dan direndam dalam air panas dengan suhu 90-100°C selama 30 menit (Mahfudz, 2018). Cangkang telur ayam kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kering, kemudian dihaluskan menggunakan blender dan mortar hingga halus. Bubuk cangkang telur ayam kemudian didehidrasi dalam oven untuk menghilangkan kadar air dengan suhu 110°C selama 2 jam (Muhammad dan Dewi, 2020).

Proses adsorpsi pada air limbah bengkel mobil dilakukan menggunakan bentonit sebagai adsorben yang telah diaktivasi sebanyak 0 gram, 5 gram, 10 gram, 15 gram dengan cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*) sebanyak masing-masing 0 gram, 5 gram, 10 gram, 15 gram, yang kemudian dituang ke dalam *beaker glass* 1000 ml berisikan 1000 ml sampel air limbah bengkel mobil untuk diberikan perlakuan. Perlakuan dilakukan pengadukan menggunakan *jar test* dengan kecepatan 150 rpm selama 60 menit. Sampel air limbah bengkel mobil yang sudah diberi perlakuan kemudian didiamkan selama 5 menit dan disaring menggunakan filter 47 mm (Pori 0,45 μm). Sampel air limbah bengkel mobil kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca untuk diuji kadar minyak dan logam berat timbal (Pb) di laboratorium dan dihitung efisiensi penurunan kadar minyak dan timbal (Pb) menggunakan rumus yang dapat dilihat pada **Persamaan 3**.

Persamaan 3. Rumus Perhitungan Persentase Efisiensi Removal

$$\% \text{ efisiensi removal} = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\%$$

Keterangan :

C_{in} = Konsentrasi pencemar awal
 C_{out} = Konsentrasi pencemar akhir

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik awal air limbah bengkel mobil menunjukkan terdapat beberapa parameter yang melebihi standar baku mutu seperti parameter BOD, COD, minyak dan Timbal (Pb) (Lihat **Tabel 2**). Besar kecilnya kadar pencemar tersebut tergantung dari seberapa besar dan banyak kendaraan yang diperbaiki. Minyak merupakan senyawa organik yang perlu diuraikan oleh mikroorganisme atau bakteri sehingga membutuhkan banyak oksigen dalam penguraiannya, sedangkan timbal (Pb) merupakan senyawa anorganik yang perlu dioksidasi secara reaksi kimia sehingga membutuhkan oksigen dalam prosesnya. Adanya senyawa tersebut menyebabkan meningkatnya kadar BOD dan COD pada air limbah bengkel sehingga kebutuhan oksigen semakin banyak (Artiyani, 2011; Tamyiz, 2015).

Tabel 2. Karakteristik Awal Air Limbah

Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu*)	Hasil Penelitian		
			Pukul 10.00	Pukul 14.00	Pukul 16.00
pH		6 - 9	8,15	8,29	8,45
Suhu	°C	38,00	26,00	26,00	26,00
BOD	mg/L	75,00	120,00	144,40	156,70
COD	mg/L	150,00	177,90	217,20	289,40
TSS	mg/L	100	72,60	75,90	62,00
Minyak	mg/L	10,00	15,00	32,60	48,50
Timbal (Pb)	mg/L	0,10	2,38	2,27	2,53

Keterangan: *) Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Lainnya

Minyak pelumas atau oli mengandung konsentrasi logam tinggi seperti Pb, Zn, Ca, Ba dan Mg sedangkan konsentrasi rendah seperti Fe, Cu, Cr, Mn,

K, Al, Ni, Sn, Si, B dan Mo (Supriyanto *dkk.*, 2018). Beberapa kadar logam hasil kegiatan bengkel mobil pada air limbah menunjukkan bahwa kadar logam yang melebihi standar baku mutu pada air limbah bengkel mobil yaitu Timbal (Pb) (Lihat **Tabel 3**). Berdasarkan hasil analisis awal terhadap karakteristik air limbah bengkel mobil, menunjukkan bahwa air limbah tersebut memerlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk pengolahan air limbah terutama pada parameter minyak dan logam timbal (Pb) dengan adsorpsi menggunakan adsorben bentonit teraktivasi dan limbah organik cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*).

Tabel 3. Kadar Logam Hasil Kegiatan Bengkel X Mojokerto pada Air Limbah

Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu*)	Hasil Penelitian
Timbal (Pb)	mg/L	0,1	1,260
Besi (Fe)	mg/L	5	0,953
Tembaga (Cu)	mg/L	2	0,036
Seng (Zn)	mg/L	5	1,596

Keterangan: *) Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Lainnya.

Hasil analisis proksimat adsorben bertujuan untuk mengetahui komponen protein, lemak, air, abu dan karbohidrat secara kuantitatif dari adsorben cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*) (Lihat **Tabel 4**). Adanya perbedaan komposisi terhadap adsorben bergantung dari jenis dan keadaan adsorben. Banyaknya zat atau senyawa yang terkandung dalam adsorben dapat mengisi dan menutupi permukaan adsorben, sedangkan untuk meningkatkan efisiensi adsorpsi membutuhkan luas permukaan yang besar (Siregar dan Irma, 2016). Tingginya kadar protein, lemak dan karbohidrat serta senyawa organik lainnya dapat meningkatkan nilai BOD dan COD sehingga dapat mengganggu permukaan adsorben (Purnawan *dkk.*, 2014). Kadar air dan abu memberikan pengaruh terhadap kondisi luas permukaan dari adsorben (Mudaim *dkk.*, 2021). Semakin rendah kadar air maka semakin sedikit air yang menutupi pori-pori sehingga luas permukaan semakin besar dan dapat diisi oleh adsorbat (Verayana *dkk.*, 2018). Kadar abu mempengaruhi kualitas adsorben, yaitu kelebihan abu dapat menyumbat pori-pori dan mengurangi luas permukaan adsorben (Maulana *dkk.*, 2017).

Tabel 4. Hasil Analisis Proksimat Adsorben

Parameter	Hasil Penelitian pada Cangkang Telur	Hasil Penelitian pada Bentonit
Protein (%)	6,86	-
Lemak (%)	0,06	-
Air (%)	0,95	10,60
Abu (%)	69,18	21,37
Karbohidrat (%)	22,95	-

Hasil analisis mineral adsorben bertujuan untuk mengetahui kadar Ca, Mg dan Na yang dapat

mempengaruhi proses adsorpsi (Lihat **Tabel 5**). Ion Ca, Mg dan Na memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 1,4%, 2,7% dan 1,18% (Sitohang dan Notodarmojo, 2016). Jenis bentonit yang digunakan yaitu kalsium bentonit (*nonswelling bentonite*) yang memiliki daya adsorpsi dan detoksifikasi yang baik (William *et al.*, 2017). Kalsium bentonit mengandung lebih banyak ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dibanding ion Na^+ dan pertukaran ion lebih banyak diduduki oleh ion Ca dan Mg (Syuhada *et al.*, 2019). Proses aktivasi dapat menurunkan kadar Ca, Mg dan Na pada permukaan adsorben yang berfungsi sebagai penukar kation, sehingga luas permukaan menjadi besar dan proses adsorpsi dapat berjalan dengan baik (Sari *dkk.*, 2017).

Tabel 5. Hasil Analisis Mineral Ion Ca, Mg dan Na Adsorben

Parameter	Satuan	Hasil Penelitian			
		Bentonit Sebelum Diaktivasi	Bentonit Setelah Diaktivasi	Cangkang Telur Ayam Sebelum Diaktivasi	Cangkang Telur Ayam Setelah Diaktivasi
		Ca	%	1,75	0,63
Mg	%	6,56	5,71	0,39	0,48
Na	%	0,42	0,33	0,99	1,13

Kadar minyak awal pada air limbah bengkel yaitu 27,00 mg/L. Perlakuan adsorben bentonit dan cangkang telur ayam masing-masing dosis memberikan pengaruh (perbedaan) secara signifikan pada minyak. Perlakuan adsorben bentonit sebesar 15 gram dengan cangkang telur ayam sebesar 15 gram (B_3C_3) menghasilkan kadar minyak paling sedikit yaitu 3,00 mg/L dengan efisiensi penurunan kadar minyak paling besar sebesar 88,22% (Lihat **Tabel 6**). Hasil menunjukkan semakin besar dosis bentonit dengan cangkang telur ayam maka semakin kecil kadar minyak (mg/L) yang dihasilkan. Semakin besar dosis bentonit dengan cangkang telur ayam maka semakin besar efisiensi penurunan minyak (%) yang dihasilkan. Penurunan kadar parameter meningkat sejalan dengan meningkatnya dosis adsorben karena luas permukaan semakin bertambah, akibatnya sisi aktif pada adsorben bertambah banyak untuk mengikat dan menyerap adsorbat (Salmariza *dkk.*, 2018). Menurut Okiel *et al.* (2011), peningkatan dosis adsorben menyebabkan peningkatan persentase penyisihan minyak karena masing-masing partikel adsorben berperan dalam memurnikan air sehingga didapatkan efisiensi yang lebih tinggi.

Adanya dosis adsorben yang lebih sedikit yang lebih mampu menurunkan kadar minyak diakibatkan oleh sifat dari masing-masing adsorben, yang mana adsorben bentonit lebih memberikan pengaruh dalam proses adsorpsi dibandingkan cangkang telur ayam dikarenakan luas permukaan bentonit lebih besar dibandingkan cangkang telur ayam akibat proses aktivasi oleh asam HCl. Hasil minyak dibandingkan dengan standar baku berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Lainnya. Standar kadar minyak yaitu 10

mg/L, sedangkan kadar minyak terkecil dari hasil adsorpsi penelitian yaitu 3 mg/l yang mana sudah dibawah standar, sehingga penurunan minyak secara adsorpsi menggunakan adsorben bentonit 15 gram dengan cangkang telur ayam 15 gram memberikan hasil yang terbaik.

Tabel 6. Pengaruh Adsorben Bentonit dengan Cangkang Telur Ayam terhadap Minyak

Perlakuan	Minyak (mg/L)	Efisiensi Penurunan Kadar Minyak (%)
B ₃ C ₃ (30 gram)	3,00	88,22
B ₃ C ₂ (25 gram)	3,33	86,72
B ₃ C ₁ (20 gram)	4,17	83,43
B ₂ C ₃ (25 gram)	4,83	80,22
B ₃ C ₀ (15 gram)	5,33	78,30
B ₂ C ₂ (20 gram)	5,67	77,70
B ₁ C ₃ (20 gram)	6,33	74,91
B ₂ C ₁ (15 gram)	6,50	74,07
B ₂ C ₀ (10 gram)	7,00	72,11
B ₁ C ₂ (15 gram)	7,17	72,02
B ₁ C ₁ (20 gram)	8,00	68,35
B ₁ C ₀ (5 gram)	8,33	67,43
B ₀ C ₃ (15 gram)	9,00	63,98
B ₀ C ₂ (10 gram)	10,33	58,35
B ₀ C ₁ (5 gram)	12,50	49,87
B ₀ C ₀ (0 gram)	25,33	6,19

Keterangan *): Angka merupakan rata-rata 3 ulangan dalam setiap perlakuan (kelompok/blok); B₀C₀ merupakan variabel kontrol

Kadar timbal (Pb) awal pada air limbah bengkel yaitu 3,479 mg/L. Perlakuan adsorben bentonit dan cangkang telur ayam masing-masing dosis tidak memberikan pengaruh (perbedaan) secara signifikan pada timbal (Pb). Perlakuan adsorben bentonit sebesar 15 gram dengan cangkang telur ayam sebesar 10 gram (B₃C₂) menunjukkan timbal (Pb) paling sedikit yaitu 1,66 mg/L dengan efisiensi penurunan timbal (Pb) terbesar sebesar 52,25% (Lihat Tabel 7). Adanya hasil yang tidak berbeda jauh dari kadar awal disebabkan adsorben memiliki batas kemampuan menyerap dan menjadi jenuh apabila semua pori-porinya sudah terisi zat pengotor (Elisa dkk., 2016). Pernyataan tersebut sesuai dengan hasil penelitian dimana efisiensi penurunan zat pengotor terbesar pada penelitian ada pada penurunan kadar minyak pada air limbah, sehingga pori-pori adsorben sudah terpenuhi oleh zat organik dari minyak. Seiring bertambahnya jumlah adsorben bisa menyebabkan penurunan efisiensi adsorpsi karena adanya batas jenuh adsorben dalam mengikat timbal (Pb) (Sumayya dkk., 2017). Menurut Nurafriyanti dkk. (2017), semakin banyak adsorben yang digunakan maka semakin banyak gugus aktif yang tersedia

sehingga dapat terjadi pertukaran ion H⁺ dengan ion logam, namun karena mencapai kejenuhan adsorben maka dapat terjadi penurunan dimana adsorben tidak mengikat ion logam timbal (Pb).

Tabel 7. Pengaruh Adsorben Bentonit dengan Cangkang Telur Ayam terhadap Timbal (Pb)

Perlakuan	Timbal (Pb) (mg/L)	Efisiensi Penurunan Kadar Timbal (Pb) (%)
B ₃ C ₂ (25 gram)	1,66	52,25
B ₃ C ₃ (30 gram)	1,67	51,92
B ₃ C ₁ (25 gram)	1,69	51,33
B ₃ C ₀ (15 gram)	1,70	51,25
B ₂ C ₃ (25 gram)	1,75	49,39
B ₂ C ₂ (20 gram)	1,84	46,78
B ₂ C ₀ (10 gram)	1,87	45,98
B ₂ C ₁ (15 gram)	1,90	45,11
B ₁ C ₃ (20 gram)	1,97	43,33
B ₁ C ₂ (15 gram)	1,99	42,69
B ₁ C ₁ (20 gram)	1,99	42,60
B ₁ C ₀ (5 gram)	2,04	41,08
B ₀ C ₂ (10 gram)	2,16	37,40
B ₀ C ₁ (5 gram)	2,19	36,46
B ₀ C ₃ (15 gram)	2,21	36,13
B ₀ C ₀ (0 gram)	2,56	25,87

Keterangan *): Angka merupakan rata-rata 3 ulangan dalam setiap perlakuan (kelompok/blok); B₀C₀ merupakan variabel kontrol

Hasil penelitian terdahulu tidak terjadi pada hasil penelitian pada air limbah bengkel menggunakan adsorben bentonit dengan cangkang telur ayam, yang tidak memberikan penurunan secara signifikan terhadap penurunan kadar timbal (Pb) disebabkan oleh adanya tumpang tindih pada sisi aktif adsorben akibat kepadatan partikel adsorben yang berlebih (He et al., 2021). Kepadatan partikel tersebut yang menyebabkan kondisi adsorben jenuh, yaitu tidak mampu mengikat ion secara maksimal, sehingga hal tersebut yang bisa menjadi penyebab kadar timbal (Pb) setelah diberi perlakuan adsorpsi masih berada diatas standar baku mutu berdasarkan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Lainnya yaitu sebesar 0,1 mg/L.

4. Kesimpulan

Dosis bentonit dengan cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*) memberikan pengaruh (perbedaan) yang signifikan terhadap minyak. Perlakuan adsorben bentonit sebesar 15 gram dengan cangkang telur ayam sebesar 15 gram (B₃C₃) menunjukkan kadar minyak paling sedikit yaitu 3,00 mg/L dengan efisiensi penurunan minyak paling besar yaitu 88,22%. Bentonit dan cangkang telur ayam (*Gallus domesticus*) tidak memberikan pengaruh (perbedaan) yang signifikan terhadap timbal (Pb). Perlakuan adsorben bentonit sebesar 15 gram dengan cangkang telur ayam sebesar 10 gram (B₃C₂) menunjukkan timbal (Pb) paling sedikit yaitu 1,66 mg/L dengan efisiensi penurunan timbal (Pb) paling besar yaitu 52,25%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arini, A., (2015). *Perencanaan Ipal Penangkap Minyak (Oil Catcher) Menggunakan Proses Biologi dan Filtrasi. Laporan Kerja Praktek. Pontianak*. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik UNTAN.
- Artiyani, A., (2011). *Penurunan Kadar n-total dan p-total pada Limbah Cair Tahu dengan Metode Fitoremediasi Aliran Batch dan Kontinyu Menggunakan Tanaman Hydrilla verticillata*. Jurnal Spectra Vol. 9, pp. 9-14.
- Elisa, P., Aryo, S dan Edward H. S., (2016). *Pengaruh Campuran Lempung dan Eceng Gondok sebagai Adsorben untuk Penyisihan Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Warna pada Air Gambut*. Jurnal JOM FTEKNIK Universitas Riau Vol 4 No. 1.
- Hajar, E. W. I., Sitorus, R. S., Mulianingtiyas, N., Welan, F.J., (2018). *Efektifitas Adsorpsi Logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam*. Konversi, 5(1), 1-7.
- Hasyim, U. H, dan Fitriyano, G., (2017). *Pengaruh Konsentrasi HCl dan Massa Adsorbent dalam Pengolahan Limbah Pelumas Bekas dengan Kajian Keseimbangan Adsorpsi Bentonit Terhadap Logam Fe*. Jurnal Integrasi proses Vol. 6 No. 4 191 – 196.
- He, Y. F., Zhang, L., Wang, R. M., Li, H. R and Wang, Y., (2021). *Loess Clay Based Copolymer for Removing Pb(II) Ions*. Journal of Hazardous Materials, 227-228,334-340.
- Mahfudz, M. K., Utami, F. P., & Fitriyanto, S., (2018). *Pemanfaatan Cangkang Telur Gallus Sp. Sebagai Adsorben Kadmium (Cd) pada Limbah Cair Industri Batik*. Dinamika Kerajinan dan Batik: Majalah Ilmiah, 35(2), 103. <https://doi.org/10.22322/dkb.v35i2.4245>.
- Maulana, L. G. G. R., Agustina dan Susi, S., (2017). *Proses Aktivasi Arang Aktif dari Kulit Kemiri (Aleurites Moluccana) dengan Variasi Jenis dan Konsentrasi Aktivator Kimia*. Jurnal Ilmu Pertanian vol. 42, no. 3, pp. 247-256, 2017, doi: 10.31602/zmip.v42i3.897.
- Mudaim, S., Hidayat, S., dan Risdiana., (2021). *Analisis Proksimat Karbon Kulit Kemiri (Aleurites Moluccana) dengan Variasi Suhu Karbonisasi*. Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika Vol. 5 No. 2: 157-163.
- Muhammad, F dan Dewi, Y. S., (2020). *Efektivitas Cangkang Telur Ayam Negeri (Gallus gallus domesticus) sebagai Adsorben Terhadap Daya Jerap Logam Berat Merkuri (Hg²⁺)*. Jurnal TechLINK Vol. 4 No. 2 19-29 ISSN 2581-2319.
- Mulyani dan Sujarwanta., (2018). *Lemak dan Minyak*. Metro: Lembaga Penelitian UM Metro.
- Nurafriyanti., Prihatini, N.S dan Syauqiah, I., (2017). *Pengaruh Variasi pH dan Berat Adsorben dalam Pengurangan Konsentrasi Cr Total pada Limbah Artifisial Menggunakan Adsorben Ampas Daun Teh*. Jurnal Teknik Lingkungan. 3(1), 56-65.
- Okiel, K. El-Sayed, M and El-Kady, M. Y., (2011). *Treatment of Oil-Water Emulsions by Adsorption onto Activated Carbon, Bentonite and Deposite Carbon*. Egyptian Journal of Petroleum Vol. 20 No. 2: 9-15. DOI: 10.1016/j.ejpe.2011.06.002.
- Osorio, P. C and Avila, P. A., (2019). *Comparison of Biodegradation of Fats and Oils by Activated Sludge on Experimental and Real Scales*. MDPI Journal Water (11) 1286 pp: 1-13.
- Purnawan, C., Martini, T dan Afidah, S., (2014). *Penurunan Kadar Protein Limbah Cair Tahu dengan Pemanfaatan Karbon Bagasse Teraktivasi*. Jurnal Manusia dan Lingkungan Vol. 21 No. 2 : 143-148.
- Ruskandi, C., Siswanto, A., dan Widodo, R., (2020). *Karakteristik Fisik dan Kimiawi Bentonite untuk Membedakan Natural Sodium Bentonite dengan Sodium Bentonite Hasil Aktivasi*. Jurnal Polimesin Vol. 18 No. 1 hal: 53-60 ISSN: 2549-1199.
- Salmariza, S., Kurniawati, D., Lestari, I., Harmiwati, H dan Kasman, M., (2018). *Pengaruh pH dan Dosis Adsorben dari Limbah Lumpur Aktif Industri Crumb Rubber terhadap Kapasitas Penyerapan Ion Cd(II) dan Zn(II)*. Jurnal Litbang Industri Vol. 8 No. 2: 95-104. DOI: 10.24960/jli.v8i2.4290.95-104.
- Sari, D. K., Kustiningsih, I., Lestari, R. S. D., (2017). *Pengaruh Suhu dan Waktu Pengeringan terhadap Mutu Rumput Laut Kering*. Jurnal Teknik Vol. 13 No. 1: 43-50. iSSN: 1693-024X.
- Siregar, S. H dan Irma, W., (2016). *Sintesis dan Perbandingan Struktur, Tekstur Bentonit Alam dan Bentonit Teraktivasi Asam*. Jurnal Photon Vol. 7 No. 1.
- Sitohang, D. A. N dan Notodarmojo, S., (2016). *Pengaruh Kompetitor Kation Natrium, Kalsium, dan Magnesium terhadap Adsorpsi Logam Seng oleh Sedimen Ancol, Teluk Jakarta*. Jurnal Teknik Lingkungan Vol. 22 No. 2 Hal: 13-21.
- Sumayya, A.S., Zubair, A dan Ibrahim, R., (2017). *Efisisensi Penyerapan Logam Pb²⁺ dengan Menggunakan Campuran Bentonit dan Eceng Gondok*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Sunardi, S. H dan Mukimin, A., (2014). *Parameter Minyak dan Lemak pada Contoh Uji Air*. Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Vol. 5 No. 1. Mulyani dan Sujarwanta. 2018. Lemak dan Minyak. Metro: Lembaga Penelitian UM Metro.
- Supriyanto, A., Alimuddin., dan Bohari., (2018). *Analisis Logam Fe, Cu, Pb, dan Zn dalam Minyak Pelumas Baru dan Bekas Menggunakan X-Ray Fluorescence*. Jurnal Atomik 03(01) : 13-17.
- Syauqiah, I., Amalia, M., dan Kartini, H. A., (2011). *Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif*. Jurnal Info Teknik Vol. 12 No. 1 hal: 11-20.
- Syuhada, R., Wjaya, Jayatin, dan Rohman, S., (2009). *Modifikasi Bentonit (Clay) Menjadi Organoclay dengan Penambahan Surfaktan*. Jurnal Nano Saintek Vol. 2 No.1 hal: 48-51.
- Tamyiz, M., (2015). *Perbandingan Rasio BOD/COD pada Area Tambak di Hulu dan Hilir terhadap Biodegradabilitas Bahan Organik*. Journal of Research and Technology Vol. 1 No. 1. ISSN: 2477-6165.
- Verayana, M., Papatungan dan Iyabu, H., (2018). *Pengaruh Aktivator HCl dan H₃PO₄ terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb)*. Jurnal Entropi Vol. 13 No. 1 : 67-75.
- Wani, A. B. L., Ara, A., and Usmani, J. A., (2015). *Lead Toxicity: A Review*. Journal Interdisciplinary Toxicology Vol. 8(2): 55-64. Osorio, P. C and Avila, P. A. 2019. *Comparison of Biodegradation of Fats and Oils by Activated Sludge on Experimental and Real Scales*. MDPI Journal Water (11) 1286 pp: 1-13.

Pratiwi, A. T., Widiatmono, B. R., Wirosedarmo, R. (2024). Adsorpsi Minyak Dan Timbal (Pb) Pada Air Limbah Bengkel Mobil Menggunakan Bentonit Dan Cangkang Telur Ayam (*Gallus Domesticus*) Sebagai Adsorben. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(1), 125-131 doi:10.14710/jil.22.1.125-131.

William, L. B., Haydel, S. E., Ferrell, R. E., (2017). *Bentonite, Bandaid, and Borborygmi*. *Elements (Que)*, 5:99-104.