

# Efektifitas regenerasi bentonit dan zeolit bekas untuk menyerap logam mangan dan besi dalam limbah cair laboratorium

A. Annisah<sup>1\*</sup>, Muhammad Subhan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Teknik Separasi dan Purifikasi, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Inderalaya Ogan Ilir (OI) 30662

<sup>2</sup>Laboratorium Teknik Rekayasa, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM 32 Inderalaya Ogan Ilir (OI) 30662

\*Email: annisah1969@gmail.com

## Abstrak

Proses regenerasi telah dilakukan terhadap bentonit dan zeolit bekas yang merupakan limbah padat. Limbah padat berasal dari sisa kegiatan penelitian di laboratorium yang digunakan sebagai adsorben dalam penyisihan logam berat pada pengolahan limbah cair. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari adsorben dan mengetahui efektifitas dari bentonit dan zeolit hasil regenerasi untuk menyerap logam mangan dan besi yang terdapat dalam limbah cair. Limbah cair laboratorium yang diuji bersifat asam dengan pH 2,84, keruh dan berwarna kuning kecoklatan dengan kadar logam mangan 2,3487 mg/l dan besi 2,7934 mg/l. Penelitian dilakukan pada skala laboratorium dengan metode adsorpsi sistem batch. Adsorben sisa diregenerasi menggunakan larutan HCl. Morfologi dan komposisi dari adsorbent sebelum dan setelah regenerasi dianalisa menggunakan SEM-EDS. Untuk kandungan mangan dan besi dianalisa menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Variabel penelitian terdiri dari rasio bentonite : zeolite bekas, kecepatan pengadukan, dan waktu kontak. Karakteristik adsorben menggambarkan permukaan yang bersih dan terang dengan luas permukaan (porositas) yang besar dan terjadi penurunan persentase massa dari beberapa elemen yang terkandung dalam bentonit dan zeolite. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar logam mangan sebesar 97,45 % pada rasio adsorben 1:3, waktu kontak 60 menit dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Untuk logam besi terjadi penurunan sebesar 95,81% pada komposisi adsorben 3:1 pada waktu kontak 60 menit dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Uji selanjutnya menunjukkan bahwa air limbah bersifat netral dan tidak berwarna. Adsorbent hasil regenerasi masih efektif untuk menurunkan kadar logam mangan dan besi dari limbah cair laboratorium.

**Kata Kunci :** Adsorpsi, Bentonit, Limbah padat, Regenerasi, Zeolit.

## Abstract

The regeneration process had been carried out on used bentonite and zeolite which are solid waste. The solid waste was produced the rest of the research activities in the laboratory, which used as adsorbents in the removal of heavy metals and in the liquid waste treatment. The purpose of this study was to determine the characteristic of the adsorbent and the effectiveness of regenerated bentonite and zeolite in manganese and iron metals removal. Laboratory liquid waste as feed of this process was acidic with pH 2.84, turbid and had a brownish yellow color with manganese levels of 2.3118 mg/l and iron levels of 2.7934 mg/l. The study was conducted in a laboratory scale using the batch system. The used adsorbent was regenerated with HCl. The morphology and composition of the fresh and regenerated adsorbent were analyzed by using SEM-EDS. The concentration of mangan and iron were analyzed by using UV-Vis Spectrophotometer. The research variations were adsorbent ratios between the used bentonite and zeolite, stirring speed, and contact time. The characteristic of adsorbents figured a clean and clear surface with high surface area (porosity), and also showed the degradation of some element in used bentonite and zeolite. The results showed that there was a reduction in manganese as amount 97.45% at the adsorbent ratio of 1:3, contact time of 60 minutes, and stirring speed of 150 rpm. For ferrous, there was a degradation as amount of 95.81% at the adsorbent ratio of 3:1, contact time of 60 minutes, and stirring speed of 150 rpm. Subsequent tests showed that wastewater that produce from adsorption was neutral and colorless. The regenerated adsorbents were effective to reduce manganese and iron from laboratory wastewater.

**Keywords:** Adsorption, Bentonite, Solid Waste, Regeneration, Zeolite

## 1. PENDAHULUAN

Laboratorium di perguruan tinggi mempunyai peran penting sebagai fasilitas penunjang untuk kegiatan pendidikan para mahasiswa dan penelitian mahasiswa maupun para dosennya. Dalam kegiatannya berbagai percobaan dan penelitian dilakukan di laboratorium. Penggunaan bahan-bahan kimia tidak dapat dihindari dalam setiap kegiatan di laboratorium. Limbah kegiatan laboratorium ini biasanya memiliki keragaman jenis limbah yang sangat tinggi walaupun dari setiap macam bahan yang dibuang tersebut jumlahnya tidak banyak.

Laboratorium Teknik Separasi dan Purifikasi Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya merupakan salah satu laboratorium yang belum memiliki pengelolaan limbah. Limbah padat dan limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan praktikum dan penelitian dikumpulkan dalam suatu wadah dan belum dilakukan pengolahan, sehingga terjadi penumpukan. Hal ini akan berdampak pada lingkungan disekitarnya jika dibuang langsung tanpa proses pengolahan terlebih dahulu, karena masih mengandung logam berat yang sangat berbahaya. Menurut PERMEN LH No.5 Tahun 2014 tentang pengelolaan limbah berbahaya menyebutkan “Limbah bahan berbahaya dan beracun, disingkat limbah B3, adalah sisi-sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan /atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak kan lingkungan hidup dan dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain.

Limbah padat yang dihasilkan dari kegiatan penelitian seperti bentonit, zeolit, arang aktif, cangkang telur dan lain-lain, biasanya digunakan sebagai adsorben dalam penyisihan logam berat dalam air limbah. Untuk mengolah limbah padat ini salah satu metode yang digunakan yaitu dengan cara meregenerasinya kembali. Tujuan dilakukannya proses regenerasi ini agar dapat limbah padat tersebut dapat digunakan kembali fungsinya sebagai adsorben. Regenerasi suatu adsorben merupakan proses pembukaan pori-pori kembali suatu adsorben, Mekanisme regenerasi dikenal dengan istilah desorpsi. Desorpsi adalah proses pelepasan ion-ion atau molekul yang telah berikatan dengan gugus aktif. Desorpsi melibatkan larutan activator. Aktivator adalah suatu zat (larutan) yang dapat mengurangi pembentukan

pengotor dan produk samping suatu bahan (adsorben).

Kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi zat dipengaruhi oleh beberapa factor, yaitu luas permukaan adsorben, jenis adsorbat konsentrasi adsorbat struktur molekul adsorbat, temperatur, kecepatan pengadukan, waktu kontak juga dipengaruhi porositas dari adsorben (Syauqiah dkk, 2017). Metode regenerasi yang paling sering dilakuakn adalah regenerasi thermal dan juga regenerasi kimiawi. Regenerasi thermal meliputi tahap pengeringan dan pembakaran sedangkan regenerasi secara kimiawi adalah proses dimana adsorbat dihilangkan dari adsorben dengan mereaksikannya dengan bahan kimia yang sesuai. (Eki Saputra dkk, 2018). Salah satu tantangan teknologi adsorpsi adalah pemilihan alternatif adsorben yang ekonomis dan efisien untuk meminimalisir biaya operasi di negara berkembang (Yusof dkk, 2014).

Pada penelitian ini dilakukan proses regenerasi limbah padat bentonit dan zeolit untuk digunakan sebagai adsorben dalam proses adsorpsi menggunakan alat *Jar-Test* dalam penyisihan logam mangan dan besi yang terdapat dalam limbah cair laboratorium. Proses regenerasi dilakukan secara kimia yaitu menggunakan larutan aktivator asam kuat yaitu asam klorida (HCl). Tujuan penggunaannya adalah untuk melarutkan logam-logam dan melepaskan zat-zat pengotor (*impurities*) dalam bentonit dan zeolit bekas. Sehingga diharapkan daya adsorpsi bentonite dan zeolite yang telah diregenerasi dapat mendekati daya serap *bentonite* dan *zeolite* baru. (Meldia EF, dkk, 2006)

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik menarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam. Adsorpsi dalam pengolahan limbah cair berperan penting untuk menurunkan kadar logam berat. Kation logam berat dalam limbah cair dapat diserap di permukaan adsorben sehingga konsentrasinya dalam larutan akan menurun. Adsorpsi juga dapat menjernihkan warna limbah dan menghilangkan bau yang ada karena dapat menyerap gas dan partikel yang terkandung dalam limbah cair, sehingga dapat dihasilkan air hasil olahan yang ramah lingkungan (Adli. H, 1990).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik bentonit dan zeolit bekas sebelum dan setelah diregenerasi dengan aktivator asam klorida menggunakan alat SEM-EDX, dan mengetahui

pengaruh massa adsorben, waktu kontak dan kecepatan pengadukan terhadap efisiensi penurunan kadar mangan dan besi oleh bentonit dan zeolit yang telah diregenerasi, serta mengetahui seberapa besar efektifitas (rasio campuran adsorben terbaik) dari hasil regenerasi bentonit dan zeolit bekas dalam penurunan kadar Mn dan Fe dalam limbah cair laboratorium.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan

#### 2.1.1 Proses Regenerasi Bentonit dan Zeolit bekas

Alat yang digunakan pada proses regenerasi bentonite dan zeolite bekas antara lain: Ember plastic, mortar, ayakan 100 mesh, kertas saring, kertas pH universal, aluminium foil, neraca analitis, oven, dan alat-alat gelas yang biasa digunakan di laboratorium. Sedangkan bahan yang digunakan dalam proses regenerasi bentonite dan zeolite bekas adalah larutan HCl 6N, bentonite dan zeolite bekas dan aquades.

Karakteristik bentonite dan zeolite bekas sebelum dan setelah diregenerasi di Analisa menggunakan alat SEM-EDS.

#### 2.1.2 Proses Pengolahan Air Limbah Laboratorium

Alat yang digunakan dalam proses adsorpsi antara lain Jar-Test, Neraca analitis, pH Meter, Turbidi meter, kertas saring whatman no, 42, Spektrofotometer UV-Vis model Spektronik Genesys 20 dan cuvet dan alat-alat gelas yang biasa digunakan di laboratorium.

Bahan yang digunakan dalam proses adsorpsi adalah bentonit dan zeolite hasil regenerasi, air limbah laboratorium, larutan NaOH 6 N, aquabidestilata. Sedangkan analisa kandungan dalam air limbah digunakan reagen standar logam Mn 1000 ppm dan lainnya sesuai metode (SII, 1434 – 85) untuk analisa logam Mn dan metode (SII 1428-85) untuk analisa logam Fe.

### 2.2 Prosedur penelitian

#### 2.2.1 Proses Regenerasi

##### 2.2.1.1 Persiapan bahan baku

Sebanyak 1 kg bentonit dan zeolit bekas, dicuci dengan aquadest hingga bersih. Kemudian didiamkan selama 1 jam untuk proses pengendapan. Selanjutnya filtrat bagian atas dibuang. Endapan berupa bentonite dan zeolite yang telah bersih dituangkan dalam nampan

aluminium yang dilapisi kertas aluminium foil, lalu dikeringkan di Oven pada suhu 105°C hingga kering. Setelah kering bentonite dan zeolite disimpan dalam desikator. Sebagian bentonit dan zeolit bekas dianalisis karakteristiknya menggunakan alat SEM-EDS.



**Gambar 1.** (a) Bentonit bekas, (b) Zeolit bekas

#### 2.2.1.2 Cara kerja

Masing-masing sebanyak 100 gram bentonit dan zeolit bekas (Gambar 1) yang telah bersih dan kering dimasukkan dalam dua beaker glass 500 ml yang telah berisi larutan HCl 6N sebanyak 250 ml. Campuran lalu diaduk menggunakan *Hot-Platete* dengan kecepatan pengadukan 100 rpm selama 1 jam pada suhu ruang. Setelah itu campuran disaring dengan kertas saring, residu dicuci dengan aquades sampai bebas asam. Kemudian dikeringkan di oven pada suhu 105 °C, setelah dingin bentonit dan zeolit digerus dan diayak lolos 100 mesh. Pemilihan ukuran partikel ini disebabkan karena efisiensi penyerapan adsorben terhadap adsorbat sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel adsorben. Secara teoritis efisiensi penyerapan akan semakin meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel. Hal ini disebabkan karena bertambahnya luas permukaan adsorben, sehingga ion-ion akan lebih banyak terserap pada permukaan biosorben tersebut (Sunarya, 2006). Selanjutnya bentonite dan zeolite dikeringkan lagi di oven suhu 200°C selama 1 jam untuk menghilangkan kadar airnya. Bentonit dan zeolite yang sudah kering disimpan dalam desikator dan siap digunakan sebagai adsorben. Sebagian bentonit dan zeolit bekas hasil regenerasi dianalisis karakteristiknya menggunakan alat SEM-EDS.

#### 2.2.2 Proses Adsorpsi

##### 2.2.2.1 Preparasi Air Limbah Laboratorium

Air limbah sisa kegiatan di Laboratorium Teknik Separasi dan Purifikasi Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya ditampung dalam derigen plastik, seperti disajikan pada Gambar 2. Diambil sebanyak 1 liter sampel air limbah untuk dilakukan

uji pendahuluan. Selain kadar logam Fe dan Mn, beberapa parameter juga ditentukan pada kondisi awal limbah cair, yaitu nilai kekeruhan (NTU) dan derajat keasaman (pH). pH larutan merupakan salah satu factor kadar logam berat terlarut dalam limbah cair. Semakin jernih air limbah setelah proses adsorpsi, menunjukkan semakin banyak kadar logam yang diserap oleh adsorben.

Sebelum dilakukan proses adsorpsi, diambil 1 liter air limbah untuk dilakukan uji pendahuluan kadar logam Fe dan Mn. Selain itu dilakukan juga uji derajat keasaman dan kekeruhannya. Selanjutnya air limbah dinetralkan dengan larutan NaOH dan siap digunakan sebagai adsorbat pada proses adsorpsi.



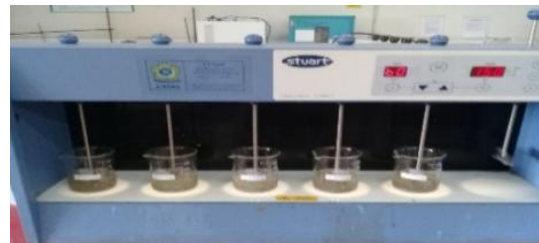
**Gambar 2.** Air limbah laboratorium

#### 2.2.2.2 Pengolahan Limbah Cair laboratorium

Penelitian ini bersifat eksperimen di laboratorium dan proses adsorpsi dilakukan dengan sistem batch menggunakan alat *Jar-Test*. Fungsi dari penggunaan alat *Jar-Test* agar proses adsorpsi tetap berlangsung pada temperatur dan kecepatan konstan. Proses adsorpsi dilakukan pada suhu ruang, yaitu 28°C, pemilihan suhu ruang ini karena proses adsorpsi pada suhu yang tinggi menyebabkan ion logam berat yang terserap oleh adsorben semakin sedikit. Hal ini terjadi karena semakin tinggi suhu pada proses adsorpsi, maka pergerakan ion semakin cepat sehingga jumlah ion logam berat yang terserap oleh adsorben semakin berkurang (Kundari dan Slamet, 2008).

Proses pengolahan air limbah diawali dengan mencampurkan 100 ml air limbah yang telah dinetralkan dengan adsorben campuran bentonite dan zeolite hasil regenerasi. Massa adsorben yang digunakan sebagai penyerap adalah 1,2 dan 3 gram dengan rasio campuran bentonite dan zeolite yaitu 1:1, 1:2, 1:3, 2:1 dan 3:1 gram, variasi kecepatan pengadukan 50 rpm untuk pengadukan lambat dan 150 rpm untuk pengadukan cepat dengan waktu kontak 30 menit dan 60 menit menggunakan alat *Jar-Test*. Setelah dilakukan proses adsorpsi, sampel didiamkan selama 1 jam untuk proses pengendapan. Air limbah kemudian disaring

dengan kertas saring whatman, filtrat hasil saringan diukur derajat keasamannya dengan pH meter dan kekeruhan dengan alat Turbidi meter. Analisa kadar logam Mangan dengan metode (SII 1428-85) dan Fe dengan metode (SII, 1434 – 85) menggunakan spektrofotometer. Sedangkan residu ditampung kembali dalam wadah penampungan limbah padat. untuk dilakukan penelitian berikutnya.



**Gambar 3.** Proses adsorpsi menggunakan alat Jar-Test

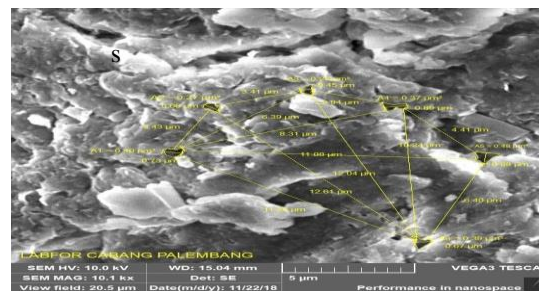
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Regenerasi Bentonit dan Zeolit bekas

##### 3.1.1 Hasil Karakteristik dengan SEM-EDS.

Sampel yang dianalisa dengan Scencing Electron Microscope – Energy Dispersive Spectrometer (SEM-EDS) adalah bentonit dan zeolite bekas sebelum dan setelah diregenerasi. Alat SEM dapat digunakan untuk mengamati bentuk serta struktur dari bahan sedangkan teknik EDS digunakan untuk mengetahui komposisi serta kadar yang terkandung dalam bahan (Elsa dkk, 2018).

Dari data analisa SEM-EDS terhadap bentonite sebelum diregenerasi (bentonit bekas penelitian Elsa dkk, 2018) menunjukkan adanya bahan pengotor yang menempel di permukaan bentonite, seperti disajikan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Foto SEM Bentonit bekas perbesaran 10.100x (Elsa dkk, 2018)

**Tabel 1.** Hasil EDS pada Bentonit Bekas (sebelum diregenerasi)

No	Elemen	%
1	C	7,74
2	O	50,48
3	Mg	0,68
4	Al	15,08
5	Si	21,72
6	K	0,60
7	Ca	0,51
8	Ti	0,54
9	Fe	4,99

Dari gambar 4, hasil penelitian (Elsa dkk, 2018), pada perbesaran 10.100x pada bentonit setelah digunakan (bentonite bekas) menunjukkan bentuk permukaan material terlihat sangat jelas dan adanya celah hitam yang menunjukkan pori-pori pada permukaan bentonite dengan A1, A2, A3, A4, A5 dan A6 berturut-turut sebesar 0,40; 0,27; 0,21; 0,37; 0,48 dan 0,39 ( $\mu\text{m}^2$ ). Hal ini menunjukkan bahwa pada bentonit yang sudah digunakan luas pori pada bentonit semakin kecil akibat adsorbat yang menutupi permukaan adsorben. Adapun rata-rata kandungan tertinggi yang terdapat pada hasil EDX yaitu pada *element* O, Si, Al, C dan Fe.

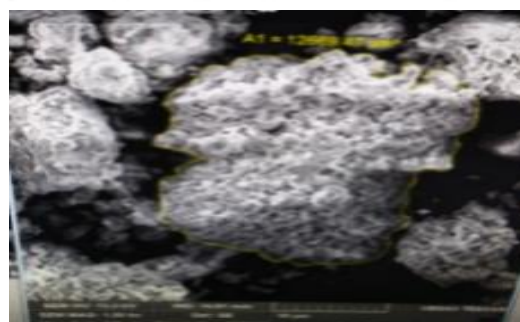
Dari hasil EDS pada Tabel 1, diketahui bahwa pada *element* Fe terjadi peningkatan persentase menunjukkan adanya peningkatan jumlah Fe (setelah digunakan) yaitu sebesar 4,99%. Hal ini menunjukkan bahwa adsorbat menempel pada permukaan adsorben yang menyebabkan kandungan Fe nya meningkat. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa bentonit mampu mengadsorpsi kandungan logam. Adapun komponen utama pada bentonit ini didominasi oleh *element* penyusun bentonit yaitu silika dan alumina dengan kandungan lain yaitu Fe, Mg, Ca, Na, Ti, dan K. Sifat-sifatnya tersebut menjadikan bentonit cocok dimanfaatkan sebagai adsorben (Elsa dkk, 2018).

Sedangkan hasil EDS pada perbesaran 1.00kx (Gambar 5), bentonit setelah diregenerasi, permukaan bentonite terlihat terang dan bersih. kandungan elemen dalam bentonite cenderung menurun, seperti kandungan Oksigen dari 50,48% menjadi 38,28%, elemen Si yang semula 21,72% menjadi 13,76%, elemen Al dari 15,08% turun menjadi 7.63%, dan kandungan elemen Fe juga turun dari 4,99% menjadi 2,21%. Dengan berkurangnya zat pengotor, luas permukaan bentonit menjadi meningkat tajam yaitu dari luas

rata-rata 0,39 ( $\mu\text{m}^2$ ) sebelum diregenerasi menjadi 12699,47 ( $\mu\text{m}^2$ ) setelah diregenerasi pada perbesaran 1.00 kx. Hal ini membuktikan proses regenerasi bentonite bekas dengan menggunakan larutan HCl dapat membersihkan bahan pengotor dan memperluas permukaan bentonite. Diharapkan bentonite mempunyai daya serap seperti daya serap bentonite baru.

Map

Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]
Oxygen		8160661	38.28	53.17	60.52
Silicon		14391655	13.76	19.11	12.39
Carbon		610307	8.39	11.66	17.67
Aluminium		13157522	7.63	10.60	7.15
Iron		2627440	2.21	3.07	1.00
Potassium		1929947	1.37	1.90	0.88
Sodium		113030	0.33	0.46	0.37
Manganese		25300	0.02	0.03	0.01
<b>Sum</b>		<b>71.99</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>



**Gambar 5.** Foto SEM dan hasil EDS bentonite setelah diregenerasi, perbesaran 1.00 kx

Element (keV)	mass%	Error%	At%	Compound	mass%	Cation	K
O	48.59						
Na K	1.041	0.94	0.84	Na2O	1.27	0.32	1.6199
Mg K	1.253	0.82	0.77	MgO	1.37	0.27	1.2515
Al K	1.486	9.28	0.83	Al2O3	17.54	2.72	16.7596
Si K	1.739	32.00	0.88	SiO2	69.74	9.17	61.8237
K K	3.312	2.70	0.80	K2O	3.26	0.55	6.4700
Ca K	3.690	2.56	1.07	CaO	3.58	0.50	6.4645
Ti K	4.508	0.08	1.53	TiO2	0.13	0.01	0.1726
Fe K	6.398	2.43	1.07	FeO	3.12	0.34	5.4383
Total	100.00		100.00		100.00	13.89	



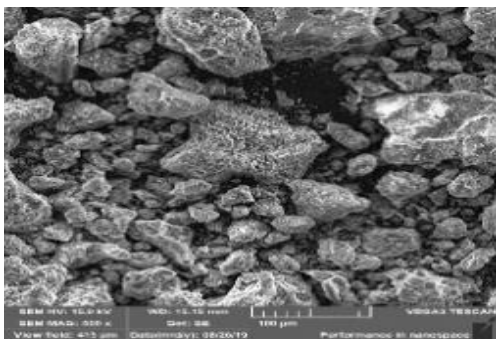
**Gambar 6.** Foto SEM dan hasil EDS Zeolit bekas (Perbesaran 500x)



Dari gambar 6, pada zeolit bekas perbesaran 500x terlihat permukaan zeolite yang nampak gelap karena tertutup zat pengotor, ada beberapa titik spot yaitu kandungan zat pengotor yang menutupi adsorben. Dari hasil EDS kandungan elemen tertinggi terdapat pada Si, Fe, O, Al dan Mg.

Map

Element	At. No.	Netto [%]	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	abs. error [%]	rel. error [%]
						(1 sigma)	(1 sigma)
Oxygen	8	158101	62.54	49.96	54.69	6.91	11.05
Silicon	14	561765	26.21	20.93	13.05	1.17	4.45
Carbon	6	20975	22.04	17.50	25.67	2.84	12.88
Aluminium	13	100000	6.92	5.53	3.59	0.37	5.28
Potassium	19	82736	4.23	3.38	1.51	0.15	3.66
Sodium	11	6209	0.95	0.76	0.58	0.09	9.63
Calcium	20	14249	0.80	0.64	0.28	0.05	6.20
Magnesium	12	8330	0.77	0.61	0.44	0.07	9.16
Iron	26	9584	0.73	0.58	0.18	0.05	6.23
Manganese	25	86	0.01	0.00	0.00	0.00	11.57
		Sum	125.20	100.00	100.00		



**Gambar 7.** Foto SEM dan hasil EDS zeolite setelah regenerasi dengan perbesaran 500x

Gambar diatas (Gambar 7) adalah hasil foto SEM zeolit setelah proses regenerasi. Dari hasil EDS, bahan pengotor yang menutupi adsorben menjadi bekurang, seperti pada elemen besi yang semula 2,43 % menjadi 0,73%, Si semula 32,60% berkurang menjadi 26,21% sedangkan kandungan oksigennya bertambah hal ini terjadi karena terbukanya pori-pori zeolite yang ditutupi oleh zat pengotor. Dengan berkurangnya adsorbat yang menutupi adsorben menunjukkan bahwa semakin luas permukaan adsorben setelah dilakukan proses regenerasi, sehingga diharapkan daya serap zeolit menjadi maksimum.

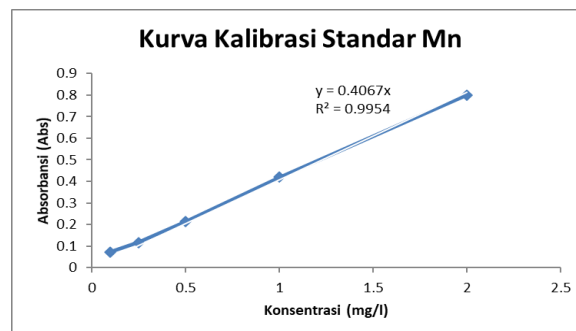
### 3.2 Hasil pengolahan limbah laboratorium dengan proses adsorpsi

Kurva larutan standar didapatkan dengan memplotkan konsentrasi dengan nilai absorbansi

yang terpantau saat pengukuran menggunakan spektrofotometer visible model spektronik Genesys 20.

#### 3.2.1 Kurva kalibrasi larutan standar Mn

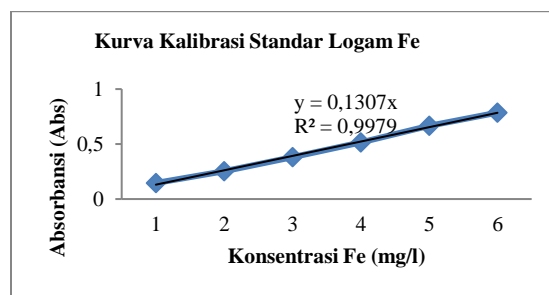
Data hasil pengukuran absorbansi standar logam Mn, panjang gelombang 525 disajikan pada Gambar 8.



**Gambar 8.** kurva larutan standar logam Mn

#### 3.2.2 Kurva kalibrasi larutan standar Fe

Data hasil pengukuran absorbansi larutan standar logam Fe,  $\lambda$  510 nm disajikan pada Gambar 9.



**Gambar 9.** kurva larutan standar logam Fe

Hasil analisa pada pembuatan kurva standar diplot dalam grafik linier sehingga didapatkan persamaan (1) untuk logam Mn dan persamaan (2) untuk logam Fe. Dimana y adalah nilai absorbansi dan x adalah nilai konsentrasi logam Mn atau logam Fe. Dari absorbansi yang terukur, dengan menggunakan persamaan kurva larutan standar Mn dan Fe, didapatkan konsentrasi (kadar) logam Mn dan Fe.

$$y = 0,4003 x \quad (1)$$

$$y = 0,1307 x \quad (2)$$

### 3.3 Hasil Analisa Sampel Awal

Hasil penelitian awal terhadap air limbah laboratorium diperoleh parameter uji yang bermasalah, setelah diukur dengan alat pH meter, diperoleh kondisi air limbah laboratorium sangat asam yaitu 2,84, air limbah nampak keruh dan berwarna coklat kekuningan. Hasil pengukuran dengan alat turbidi meter didapat nilai turbiditas (kekeruhan) 131 NTU, sedangkan nilai kadar logam mangan dan besi berturut-turut adalah 2,3118 mg/l dan 2,7931 mg/l.

Absorbansi sampel yang masih tersisa di dalam air limbah laboratorium setelah diadsorpsi dengan menggunakan variasi rasio campuran adsorben bentonit dan zeolite hasil regenerasi yang dilakukan secara *batch* ditunjukkan berturut-turut pada Tabel 2 dan Tabel 3.

**Tabel 2.** Nilai absorbansi sampel setelah di adsorpsi dengan bentonit dan zeolit hasil regenerasi, pada waktu kontak 30 menit

No	Rasio Bentonit : Zeolite	Kecepatan pengadukan (rpm)			
		50		150	
		Fe (abs)	Mn (abs)	Fe (abs)	Mn (abs)
1	1 : 1	0.153	0.127	0.047	0.058
2	1 : 2	0.118	0.079	0.029	0.028
3	1 : 3	0.070	0.043	0.028	0.024
4	2 : 1	0.088	0.053	0.035	0.035
5	3 : 1	0.075	0.049	0.015	0.030

**Tabel 3.** Nilai absorbansi sampel setelah di adsorpsi dengan bentonit dan zeolit hasil regenerasi, pada waktu kontak 60 menit

No.	Rasio Bentonit : Zeolite	Kecepatan pengadukan (rpm)			
		50		150	
		Fe (abs)	Mn (abs)	Fe (abs)	Mn (abs)
1	1 : 1	0.153	0.127	0.047	0.058
2	1 : 2	0.118	0.079	0.029	0.028
3	1 : 3	0.070	0.043	0.028	0.024
4	2 : 1	0.088	0.053	0.035	0.035
5	3 : 1	0.075	0.049	0.015	0.030

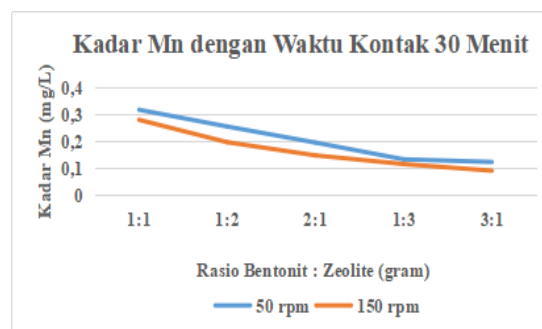
### 3.4 Pengolahan Data Konsentrasi Sampel Setelah Adsorpsi dengan Bentonit dan Zeolit Hasil Regenerasi

Persamaan (1) dan (2) digunakan untuk menentukan nilai konsentrasi dari logam Mangan dan Besi dalam air limbah laboratorium dengan

mengubah data absorbansi menjadi data konsentrasi (mg/l).

#### 3.4.1 Pengaruh Rasio Adsorben, Waktu Kontak dan Kecepatan Pengadukan terhadap Penurunan Kadar logam Mangan dan Besi dalam air limbah.

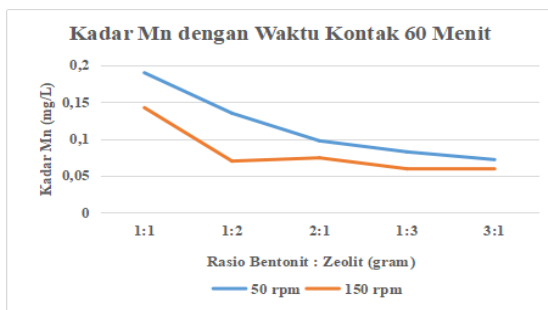
Pada penelitian ini digunakan dua jenis adsorben hasil regenerasi yaitu bentonit dan zeolit bekas dengan ukuran partikel 100 mesh. Setiap 4 gram adsorben yang digunakan merupakan variasi dari dua jenis adsorben yang dilakukan pengujian dengan beberapa rasio (1:1, 1:2, 2:1, 1:3, dan 3:1) dengan waktu pengadukan 30 dan 60 menit pada kecepatan pengadukan 50 rpm dan 150 rpm selama proses adsorpsi. Pengaruh antara waktu kontak dan dan kecepatan pengadukan terhadap konsentrasi Mn dalam sampel setelah dilakukan adsorpsi dapat dilihat dalam Gambar 10.



**Gambar 10.** Pengaruh rasio campuran adsorben dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar Mn pada waktu kontak 30 menit

Berdasarkan gambar 10 terlihat bahwa untuk semua rasio adsorben terjadi penyerapan terhadap logam Mn. Pada kecepatan pengadukan 50 rpm sudah terlihat adanya penurunan kadar polutan logam Mn yang sangat baik, dimana dengan bertambahnya massa adsorben, polutan logam mangan yang terserap semakin banyak. Hal ini ditunjukkan dari grafik yang semakin menurun. Pada rasio 1:1 sudah terlihat penurunan kadar logam mangan yang sangat signifikan yaitu sebesar 86,49% dari 2,3487 mg/l kadar logam Mn awal turun menjadi 0,3173 mg/l. Setelah massa adsorben ditambahkan menjadi rasio 1:2 dan 2:1, persentase penyerapan meningkat menjadi 89,91% untuk rasio 1:2 dan 91,71% untuk rasio 2:1. Jika dilihat dari persentase penyerapan terhadap logam Mn, rasio 2:1 lebih baik dibandingkan rasio 1:2. Setelah rasio adsorben ditingkatkan lagi menjadi

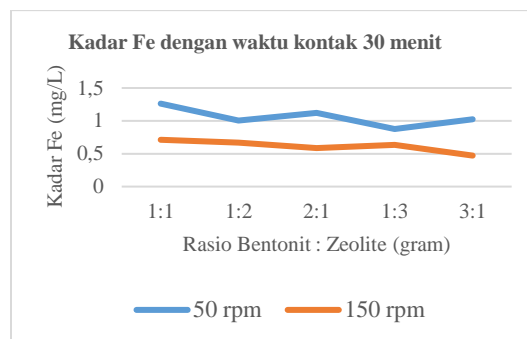
rasio 1:3 dan 3:1, terjadi persentase adsorpsi yang sama dari kedua rasio tersebut yakni 94,36% dan 94,78%, hal ini berarti baik penambahan bentonit maupun zeolit sama-sama dapat digunakan dalam penyerapan menyerap logam Mn dalam air limbah laboratorium. Ketika kecepatan pengadukan ditingkatkan menjadi 150 rpm dengan waktu kontak yang sama yaitu 30 menit, persentase daya serap rata-rata naik diatas 90%. Penyerapan terbaik masih terjadi pada rasio adsorben 3:1 yaitu sebesar 96,17%, dimana pada kondisi ini penggunaan massa bentonit lebih banyak lebih baik daripada adsorben zeolit.



**Gambar 11.** Pengaruh rasio campuran adsorben dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar Mn pada waktu kontak 60 menit.

Berdasarkan gambar 11 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya waktu kontak menjadi 60 menit akan semakin banyak jumlah logam Mn yang terserap. Dari kedua variasi kecepatan pengadukan yaitu 50 rpm dan 150 rpm dengan bertambahnya waktu kontak menjadi 60 menit terjadi penurunan yang sangat baik. Hal ini sesuai dengan tujuan pengadukan yaitu untuk memberi kesempatan pada adsorben untuk bersingungan dengan polutan yang akan diserap (Sanjaya dkk, 2015). Adanya korelasi waktu pengadukan dan naiknya persen efisiensi sejalan dengan penelitian Utami dkk (2017) yang menyebutkan jika semakin lama waktu kontak maka adsorpsi akan mengalami peningkatan dan akan menjadi kondisi kesetimbangan. Hal ini dapat ditunjukkan pada rasio 2:1 dan 3:1 dengan bertambahnya massa bentonite dalam campuran adsorben, sedikit sekali terjadi penurunan kadar Mn dan bahkan cenderung konstan. Kondisi ini dapat terjadi karena adsorben sudah mulai mengalami kejenuhan. Persentase serapan logam Mangan tertinggi 97,45% terdapat pada rasio 1:3 dengan waktu kontak 60 menit dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Hal ini berarti lebih banyak

zeolityang ditambahkan dalam campuran adsorben dapat meningkatkan persentase penyerapan terhadap logam Mn.

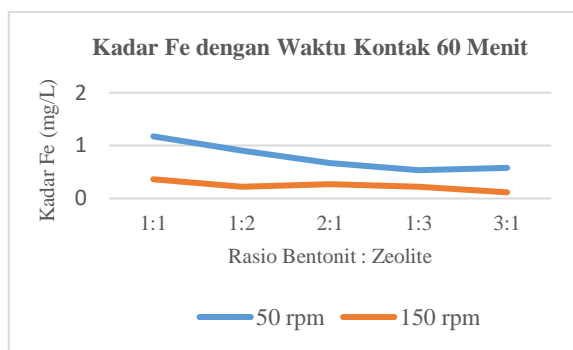


**Gambar 12.** Pengaruh rasio adsorben dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar logam Besi pada waktu kontak 30 menit

Dari gambar 12 pada waktu kontak 30 menit dengan kecepatan pengadukan 50 rpm, jika diperhatikan grafik yang terbentuk sedikit tidak beraturan dengan interval naik dan turunnya. rata-rata penurunan kadar Fe berkisar antara 60% sampai 80%. Dari perbandingan massa adsorben yang ditambahkan, jika lebih banyak zeolite yang ditambahkan maka persentase kadar logam Fe meningkat, ini terlihat pada rasio adsorben 1:2 kadar logam Fe sebesar 68,65% sedangkan pada rasio 1:3 persentase penyerapan Fe meningkat menjadi 80,82% dan menjadi kondisi optimum. Sedangkan pada penambahan lebih banyak massa adsorben bentonite dalam rasio campuran adsorben, peningkatan persentase penyerapan tidak sebesar pada penambahan adsorben zeolit, pada rasio 2:1 persentase penyerapan sebesar 59,79% dan meningkat menjadi 63,28% pada rasio 3:1. Jadi pada kondisi ini penambahan massa zeolite lebih baik dibandingkan dengan penambahan massa bentonite dalam penyerapan polutan logam Mn. Sedangkan pada kecepatan pengadukan 150 rpm dengan waktu kontak yang sama, grafik sudah menunjukkan keadaan yang mendekati titik kesetimbangan. Hal ini terlihat dimana persentase penyerapan logam Mn tidak begitu jauh dengan bertambahnya massa adsorben baik zeolit maupun bentonit dalam campuran adsorben. Pada kondisi optimum terdapat pada rasio 3:1 dengan persentase penurunan kadar logam Fe sebesar 83,13% yaitu 0,4713 ppm (dari sampel awal 2,7934 ppm). Setelah adsorpsi mencapai titik kesetimbangan, maka ketika pengadukan berlangsung adsorben yang telah berikatan dengan adsorbat dapat mengalami deadsorpsi yaitu melepaskan walaupun



dengan bertambahnya massa adsorben dalam rasio campuran adsorben



**Gambar 13.** Pengaruh rasio campuran adsorben dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar logam Besi pada waktu kontak 60 menit

Gambar 13 pada kecepatan pengadukan 50 rpm menunjukkan menunjukkan persentase penyerapan yang sangat baik. Hal ini terlihat dari grafik yang menurun seiring dengan penambahan massa adsorben. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kadar logam Fe terdapat pada rasio adsorben 1:3 dimana dengan persen penyerapan sebesar 80,82%. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan massa zeolit dalam rasio adsorben lebih baik dari penambahan massa bentonit.

Pada kecepatan pengadukan 150 rpm dengan waktu kontak yang sama 60 menit. Jika diamati rata-rata setiap rasio mengalami peningkatan penyerapan seiring meningkatnya kecepatan pengadukan. Hal ini juga menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak maka semakin tinggi efisiensi adsorpsi sebelum mencapai kesetimbangan (Derakhshan dkk,2013). Hasil penelitian menunjukkan penurunan yang baik namun sudah mendekati titik kesetimbangan dimana penurunan persentase penyerapan logam Fe antara semua rasio adsorben tidak begitu terlihat dan cenderung konstan walaupun penggunaan massa adsorben ditingkatkan. Pada rasio adsorben 1:2 dan 1:3 (penggunaan massa zeolit lebih banyak), dari grafik terlihat sudah terjadi titik kesetimbangan yang ditunjukkan dengan kadar logam Fe yang sama dalam sampel air limbah. Sedangkan pada penggunaan massa bentonit lebih banyak, terjadi penurunan kadar logam Fe tertinggi pada rasio adsorben 3:1 dengan persentase penyerapan sebesar 95,81%. Jadi pada kecepatan 150 rpm dengan waktu kontak 60 rpm penggunaan massa adsorben bentonit dalam rasio campuran adsorben lebih baik dari penambahan massa zeolit.

Hal ini terlihat dari gambar yang menurun seiring bertambahnya massa adsorben. Dari hasil penelitian sebelumnya menyatakan bahwa semakin lama waktu kontak (pengadukan) dan semakin besar kecepatan pengadukan kemampuan adsorben bentonit dan zeolit hasil regenerasi untuk mengikat logam Fe akan semakin besar hal ini karena adanya waktu kontak yang lama antara adsorben dengan adsorbat memungkinkan semakin banyak terbentuk ikatan antara partikel campuran adsorben dengan logam Fe. Hasil penelitian ini menunjukkan penurunan kadar Fe terbesar terjadi pada rasio 3:1 dengan persentase penyerapan 95,81%. Pada kondisi ini penggunaan lebih banyak adsorben bentonit dalam rasio campuran adsorben lebih baik jika dibandingkan dengan penambahan massa zeolit

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil analisa SEM-EDS, karakteristik bentonit dan zeolit hasil regenerasi menggunakan aktivator asam klorida menggambarkan permukaan adsorben yang bersih dan terang dengan luas permukaan (porositas) yang besar dan terjadi penurunan persentase massa dari beberapa elemen yang terkandung dalam bentonit dan zeolite.

Penurunan kadar logam Mn terbesar terdapat pada rasio 1:3 gram, waktu kontak 60 menit dan kecepatan pengadukan 150 rpm, dengan persentase penurunan 97,45 %. Sedangkan pada logam Fe, rasio campuran adsorben terbaik yaitu 3:1 gram, waktu kontak 60 menit dan kecepatan pengadukan 150 rpm dengan persentase penurunan 95,81%.

Hasil regenerasi bentonit dan zeolite bekas dapat dinyatakan masih efektif digunakan sebagai adsorben dalam penurunan kadar logam Fe dan Mn dalam air limbah laboratorium.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adli H. kins, P.W. (1990), Kimia Fisika (Edisi ke IV), Erlangga Jakarta.
- Derakhshan, Z., Baghapour, M. A., Ranjbar, M, dan Faramarzian, M. 2013. *Adsorpsi of methylene blue dye from aqueous solutions by modified purnice stone: kinetics and equilibrium studies. Health Scope. 2(3):136- 44.*
- Elsa dkk (2018), Pengolahan Limbah Cair Industri Karet dengan Menggunakan *Sand Filter* Karbit pada Proses *Hybrid* Teknologi

- Membran Ultrafiltrasi dan *Reverse Osmosis* di PT. XYZ Gandus, Tesis Program Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Eki Saputra dkk (2018), Pengaruh Jenis, Rasio Adsorben dan Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Limbah Methylen Blue, Laporan Penelitian, Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya, 2019.
- Kundari, N.A., dan Slamet, Wiyuniati. (2008), Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit, Yogyakarta: Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 (2014), Tentang Baku Mutu Limbah Cair.
- Meldia Evika F dkk, (2006), Regenerasi Bentonit Bekas secara Kimia Fisika dengan Aktivator Asam Klorida dan Pemanasan pada Proses Pemucatan CPO, Jurnal Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung, Lampung.
- Syauqiah, I., Amalia, M. dan Kartini, H. A. (2011). Analisa Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif, *Info Teknik*. 12(1):11-19.
- Standar Industri Indonesia (1998), Cara Uji Kadar Besi dalam air (No. 1428-85), Departemen Perindustrian Republik Indonesia.
- Standar Industri Indonesia (1998), Cara Uji Kadar Mangan dalam air (No. 1434-85), Departemen Perindustrian Republik Indonesia.