

PENURUNAN KADAR H₂S PADA AIR LIMBAH KILANG DI PPSDM MIGAS CEPU DENGAN METODE ADSORPSI

Syifa Narita Dewa Yani¹, Laily Faradillah¹, Agung Ari Wibowo¹, Rieza Mahendra Kusuma², Umi Anis Ro'isatin³

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

²Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas, Jl. Sorogo No.1, Kampungbaru, Karangboyo, Kec. Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah 58315 Indonesia

³Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
syifanarita.sn@gmail.com ; [\[agung.ari@polinema.ac.id\]](mailto:[agung.ari@polinema.ac.id])

ABSTRAK

Kegiatan eksplorasi dan produksi industri minyak dan gas bumi yang terus mengalami peningkatan menghasilkan limbah yang berbentuk padat, cair, dan gas dengan komposisi 80% merupakan limbah cair. Limbah cair dari proses produksi tersebut mengandung banyak sekali senyawa berbahaya salah satunya gas sulfida terlarut (H₂S) yang jika langsung dialirkan ke badan sungai akan menyebabkan kerusakan pada ekosistem sungai dan berbahaya apabila terhirup oleh manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mereduksi kadar sulfida terlarut (H₂S) dengan metode adsorpsi dengan *Jar Test* dan dilakukan pengamatan pengaruh zeolit, lama pengadukan, dan kecepatan pengadukan agar didapatkan variabel paling optimum untuk mereduksi air limbah kilang PPSDM Migas Cepu. Zeolit sebelum dan sesudah aktivasi dilakukan analisis SEM untuk memastikan bahwa adsorben sudah teraktivasi kemudian zeolit sesudah proses adsorpsi dianalisis gugus fungsinya guna melihat H₂S yang terserap menggunakan metode FTIR. Penelitian ini berfokus pada % penurunan H₂S. Adapun rasio zeolit yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 10 gram, 20 gram, 30 gram, 40 gram, dan 50 gram. Lama pengadukan yang digunakan dengan variasi 15 menit, 30 menit dan 45 menit dengan masing masing kecepatan pengadukan 60 rpm dan 120 rpm. Zeolit untuk proses adsorpsi dilakukan aktivasi guna mengaktifkan pori dan sisi permukaannya. Zeolit teraktivasi ini kemudian diuji dengan metode SEM untuk membandingkan pori-pori sebelum dan sesudah aktivasi. Hasil terbaik yang memiliki %penurunan kadar H₂S tertinggi, adsorben zeolit yang digunakan diuji FTIR untuk diidentifikasi gugus fungsinya. Hasil terbaik memiliki penurunan kadar H₂S sebesar 92,09% terjadi pada variabel massa zeolit 50 gram selama 120 menit dengan kecepatan pengadukan 120 rpm.

Kata kunci: adsorpsi, H₂S, jar test, limbah cair, zeolit

ABSTRACT

The exploration and production activities of the oil and gas industry which continue to increase produce waste in the form of solids, liquids, and gases with a composition of 80% being liquid waste. Liquid waste from the production process contains many hazardous compounds, one of which is dissolved sulfide gas (H₂S) which if directly discharged into the river body will cause damage to the river ecosystem and is dangerous if inhaled by humans. This study aims to reduce the levels of dissolved sulfide (H₂S) by the adsorption method with the Jar Test and observations were made on the effect of zeolite, stirring time, and stirring speed in order to obtain the most optimum variables for reducing wastewater from the PPSDM Migas Cepu. Zeolite before and after activation was analyzed by SEM to ensure that the adsorbent had been activated, then the zeolite after the adsorption process was analyzed for its functional groups to see the H₂S absorbed using the FTIR method. This study focuses on the % reduction of H₂S. The ratio of zeolite used in this study was 10 grams, 20 grams, 30 grams, 40 grams, and 50 grams. The stirring time used was varied at 15 minutes, 30 minutes and 45 minutes

Corresponding author: Agung Ari Wibowo
Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia
E-mail: agung.ari@polinema.ac.id



with stirring speeds of 60 rpm and 120 rpm respectively. Zeolite for the adsorption process was activated to activate the pores and its surface. This activated zeolite was then tested using the SEM method to compare the pores before and after activation. The best results that had the highest % reduction in H_2S levels, the zeolite adsorbent used was tested using FTIR to identify its functional groups. The best results had a reduction in H_2S levels of 92.09% occurred at a zeolite mass variable of 50 grams for 120 minutes with a stirring speed of 120 rpm.

Keywords: adsorption, H_2S , liquid waste, jar test, zeolite

1. PENDAHULUAN

Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi (PPSDM MIGAS) adalah Instansi Pemerintah Pusat di bawah Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Energi dan Sumber Daya Mineral, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral yang bergerak di bidang minyak dan gas bumi. Unit kilang PPSDM Migas menghasilkan produk diantaranya Pertasol CA, Pertasol CB, Pertasol CC, Solar, dan Residu. Produksi ini menghasilkan limbah berbentuk padat, cair, dan gas dengan komposisi 80% merupakan limbah cair [1].

Berdasarkan Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup nomor 19 tahun 2010 ambang baku mutu parameter sulfida terlarut (H_2S) sebesar 0,5 mg/L. Selama ini, limbah kilang hasil produksi sebelum dialirkan menuju badan Sungai Bengawan Solo melalui proses treatment terlebih dahulu dengan IPAL jenis API dan CPI. Tetapi dengan melalui pengolahan limbah ini penurunan H_2S terlarut dalam air limbah terkadang belum optimal. Kandungan gas sulfida terlarut dengan konsentrasi yang tinggi atau melebihi ambang batas baku mutu yang berlaku dapat menyebabkan bahaya baik bagi manusia maupun pencemaran lingkungan. *Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals* menyatakan bahwa H_2S dapat membuat iritasi serius pada mata, merusak organ, dan fatal bila terhirup serta menimbulkan penurunan kualitas air [2].

Bahaya H_2S yang ditimbulkan bagi manusia dan lingkungan, pada penelitian ini dilakukan upaya untuk menurunkan kadar H_2S pada air limbah kilang di PPSDM Migas Cepu. Metode yang paling banyak digunakan adalah adsorpsi dengan adsorben tertentu. Digunakan metode adsorpsi secara *batch* dengan metode *jar test*. Keunggulan dari proses adsorpsi antara lain sederhana dan tidak berbahaya bagi lingkungan.

Adsorben yang biasa digunakan untuk metode adsorpsi adalah zeolit alam dan karbon aktif. Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Mandasari, dkk. (2014) disimpulkan bahwa zeolit alam dengan aktivasi dapat menyerap gas H_2S lebih besar dibandingkan dengan zeolit alam tanpa aktivasi. Hal ini dikarenakan luas permukaan, rerata jari pori dan volume total porinya lebih besar untuk berinteraksi dengan gas H_2S . Proses aktivasi pada zeolit akan merubah rasio Si/Al dapat meningkatkan terbentuknya rongga kosong sehingga kemampuan zeolit sebagai adsorben menjadi optimal. Zeolit yang diaktivasi dengan NaOH 3M memiliki kemampuan penyerapan terhadap gas H_2S lebih besar dibanding zeolit yang diaktivasi dengan HCl 3M dengan kapasitas adsorpsi 19,988mg/g [4]. Penggunaan adsorben dari bahan alami berupa zeolit ini juga dikarenakan relatif aman dan biaya yang dikeluarkan cukup murah [5].

Metode adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan zat tertentu oleh padatan yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul tanpa meresap ke dalam [6]. Adanya gaya ini menyebabkan padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke permukaan. Akibatnya, konsentrasi zat tertentu pada permukaan menjadi lebih besar daripada dalam larutan. Adsorpsi dapat terjadi pada antar fasa padat-cair, padat-gas atau gas-cair. Molekul yang terikat pada bagian antarmuka disebut adsorbat, sedangkan permukaan yang menyerap molekul-molekul adsorbat disebut adsorben [7]. Menurut Ngapa (2017) faktor yang mempengaruhi adsorpsi gas H_2S adalah komposisi adsorben yang digunakan. Adsorben dengan massa 15 gram memiliki kemampuan penyerapan H_2S

lebih besar dibanding adsorben dengan komposisi massa 5 gram dan 10 gram dengan efisiensi penyerapan sebesar 91,22%. Selain rasio adsorben faktor lain yang mempengaruhi adsorpsi gas H₂S adalah kecepatan pengadukan, waktu kontak atau lama waktu pengadukan dimana waktu kontak memungkinkan terjadinya proses difusi dan penempelan molekul adsorbat yang berlangsung lebih baik [9].

Pada penelitian ini dilakukan *treatment* pada air limbah kilang PPSDM Migas Cepu yang memiliki kadar sulfida terlarut (H₂S) yang melebihi ambang batas baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 19 tahun 2010. Tujuan dari penelitian ini untuk mereduksi kadar sulfida terlarut (H₂S) dengan metode adsorpsi dengan *Jar Test* dan dilakukan pengamatan pengaruh zeolite, lama pengadukan, dan kecepatan pengadukan agar didapatkan variabel paling optimum untuk mereduksi air limbah kilang PPSDM Migas Cepu. Zeolit sebelum dan sesudah aktivasi dilakukan analisis SEM untuk memastikan bahwa adsorben sudah teraktivasi kemudian zeolit sesudah proses adsorpsi dianalisis gugus fungsinya guna melihat H₂S yang terserap menggunakan metode FTIR. Penelitian ini berfokus pada % penurunan H₂S.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan adsorpsi menggunakan adsorben zeolit alam untuk mereduksi kadar H₂S pada air limbah kilang di PPSDM Migas Cepu yang belum melalui pengolahan. Sumber data yang digunakan ini diperoleh secara langsung saat penelitian di Laboratorium Lindungan Lingkungan PPSDM Migas Cepu, dan studi kepustakaan yang berasal dari buku, jurnal, dan lain – lain. Zeolit alam sebelum dan sesudah aktivasi dianalisis menggunakan SEM untuk melihat perbandingan pori-porinya. Analisis yang dilakukan adalah menghitung kadar H₂S sebelum dilakukan *treatment* dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben zeolit alam dan mencari yang terbaik. Adsorben sebelum dan setelah proses adsorpsi dianalisis dengan FTIR untuk menganalisis gugus fungsi pada zeolit dan mengetahui H₂S yang terserap.

2.1. Proses Pengambilan Sampel Limbah

Sampel limbah diambil dari sampling point limbah kilang PPSM Migas Cepu. Sampel diambil menggunakan jerigen berukuran 5 Liter. Sampel diambil selama 6 hari.

2.2. Proses Preparasi Zeolit

Proses preparasi dilakukan dengan cara menghaluskan zeolit menggunakan mortir stamper dan diayak menggunakan ayakan (*Shieving tray*) berukuran 50 mesh. Selanjutnya zeolit diaktivasi secara kimia dan fisika untuk memaksimalkan pori – pori zeolit.

2.3. Proses Aktivasi

Zeolit yang telah dipreparasi sebanyak 1,5 kg kemudian diaktivasi dengan menggunakan NaOH 3,0 M dan diaduk dengan *magnetic stirrer*. Setelah itu zeolit dibilas menggunakan air bebas mineral (akuades), selanjutnya zeolit dikeringkan dengan cara dioven selama 2 jam dengan suhu 140°C. Setelah diaktivasi zeolit kemudian ditimbang sesuai dengan variabel yang ditentukan.

2.4. Proses Adsorpsi dengan *Jar Test*

Zeolit yang telah diaktivasi dengan varian rasio zeolit (10 gram, 20 gram, 30 gram, 40 gram dan 50 gram) dimasukkan ke dalam masing – masing *beaker glass* dan ditambahkan sampel limbah sampai tanda batas 500 mL. Letakkan beaker glass tersebut ke alat *jar test*. Kemudian *setting* kecepatan putaran untuk proses pertama adsorpsi pengadukan

cepat dengan 120 rpm selama 60 menit, proses kedua 90 menit, proses 120 menit kemudian turunkan kecepatan putaran untuk proses pertama pengadukan lambat menjadi 60 rpm selama 60 menit, proses kedua 90 menit, dan proses ketiga 120 menit.

2.5. Proses Analisis Kadar H₂S

Sampel air yang sudah melalui proses adsorpsi dengan *jar test* dianalisis kadar H₂S. Sampel dimasukkan kedalam botol kaca sampai 200 mL dan diendapkan dengan 3 mL Zn Asetat dan 1 mL NaOH 6N. Kemudian sampel didiamkan selama 30 menit sampai terbentuk endapan, endapan selanjutnya disaring menggunakan kertas saring. Endapan yang terkumpul dimasukkan kedalam erlenmeyer dan diberi akuades sebanyak 1/5 sampai 1/2 dari volume sampel awal (100 mL). Selanjutnya sampel diberi 5 mL iodine 0.025 N dan 2 mL HCl 6 N. Sampel dititrasasi dengan Na tiosulfat 0,025 N sampai terjadi perubahan warna dari coklat tua menjadi kuning muda, kemudian tambahkan indikator amylum 3-4 tetes dan sampel dititrasasi kembali dengan Na tiosulfat sampai terjadi perubahan warna dari biru tua sampai bening atau transparan. Volume Na tiosulfat yang digunakan dicatat untuk perhitungan kadar H₂S.

2.6. Variabel Percobaan

Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah massa dari zeolit sebesar (10, 20, 30, 40, dan 50) gram, lama waktu pengadukan pada proses adsorpsi menggunakan *jar test* dengan pengadukan lambat 60 rpm dan pengadukan cepat 120 rpm, serta kecepatan pengadukan selama (60, 90, dan 120) menit. Sedangkan untuk variabel terikat berupa kadar H₂S dan variabel tetap berupa suhu pada proses adsorpsi. Selanjutnya melakukan analisis kadar H₂S sesudah proses adsorpsi dan karakterisasi menggunakan FTIR dan SEM.

2.7. Pengolahan Data

Dalam melakukan analisis kadar H₂S dalam air limbah, dilakukan perhitungan dengan persamaan:

$$\text{sulfida } \left(\frac{\text{mg S}}{\text{L}}\right) = \frac{[(A \times B) - (C \times D)] \times 16.000}{V_s} \quad (1)$$

Dimana,

A = Volume iodine terlarut (mL)

B = Normalitas iodine (N)

C = Volume pemakaian Natrium Tiosulfat untuk titrasi sampel (mL)

D = Normalitas larutan Natrium Tiosulfat (N)

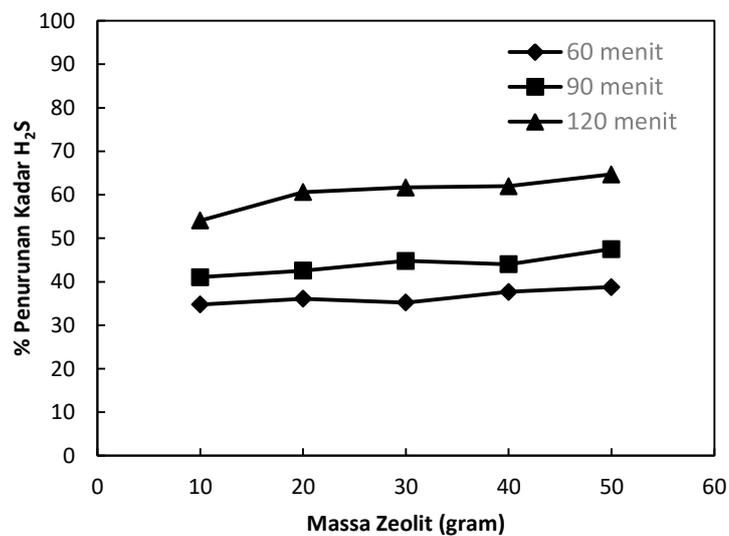
V_s = Volume akhir sampel uji (mL)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

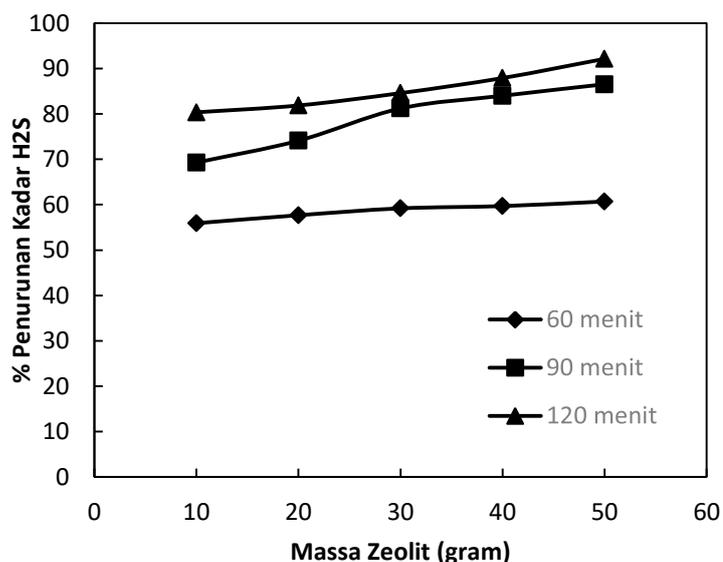
Air limbah kilang merupakan limbah hasil produksi kegiatan pengolahan *crude oil* menjadi produk dan residu yang 80% berupa limbah cair. Limbah cair ini mengandung banyak sekali senyawa berbahaya contohnya sulfida terlarut (H₂S). Kadar H₂S yang tinggi apabila langsung dialirkan menuju sungai dapat menurunkan kualitas lingkungan dan berbahaya bagi tubuh manusia. Oleh karena itu, perlu dilakukan *treatment* air limbah sebelum dibuang salah satunya dengan metode adsorpsi. Adsorben yang dipakai pada penelitian ini yaitu zeolit dengan variabel massa zeolit, lama pengadukan, dan kecepatan pengadukan.

3.1. Pengaruh rasio zeolit, lama waktu pengadukan, dan kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar H₂S

Adsorpsi adalah proses dimana molekul-molekul fluida menempel dan melekat pada permukaan padatan (adsorben). Pada umumnya pori-pori yang terdapat di adsorben biasanya sangat kecil. Proses adsorpsi dapat berlangsung jika padatan dikontakkan dengan molekul-molekul adsorbat, sehingga didalamnya terjadi gaya kohesif atau gaya hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara molekul seluruh material. Proses adsorpsi menunjukkan dimana molekul akan meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat reaksi kimia dan fisika. Berikut disajikan grafik penurunan kadar H₂S.



Grafik 1. Penurunan kadar H₂S vs massa zeolit pada kecepatan 60 rpm dengan volume 500 mL



Grafik 2. Penurunan kadar H₂S vs massa zeolit pada kecepatan 120 rpm dengan volume 500 mL

Tabel 1. Penurunan kadar H₂S pada kecepatan 60 rpm selama 60 menit

Massa Zeolit (gram)	V Sampel Uji (mL)		V Iodin Terlarut (mL)		V Na. Tiosulfat (mL)		Kadar H ₂ S (mg/L)		Kadar H ₂ S rata-rata	% Penurunan Kadar H ₂ S
	1	2	1	2	1	2	1	2		
Sebelum										-
Adsorpsi	100	100	5.5	5.5	1.12	1.18	17.82	17.58	17.70	
10	100	100	5	5	2.2	2.18	11.51	11.59	11.55	34.75
20	100	100	5	5	2.22	2.28	11.43	11.19	11.31	36.10
30	100	100	5	5	2.2	2.22	11.51	11.43	11.47	35.20
40	100	100	5	5	2.34	2.3	10.95	11.11	11.03	37.68
50	100	100	5	5	2.38	2.36	10.79	10.88	10.84	38.76

Tabel 2. Penurunan kadar H₂S pada kecepatan 60 rpm selama 90 menit

Massa Zeolit (gram)	V Sampel Uji (mL)		V Iodin Terlarut (mL)		V Na. Tiosulfat (mL)		Kadar H ₂ S (mg/L)		Kadar H ₂ S rata-rata	% Penurunan Kadar H ₂ S
	1	2	1	2	1	2	1	2		
Sebelum										-
Adsorpsi	100	100	5	5	1.08	1.08	15.95	15.95	15.95	
10	100	100	5	5	2.7	2.76	9.53	9.29	9.41	41.00
20	100	100	5	5	2.8	2.78	9.13	9.21	9.17	42.51
30	100	100	5	5	2.86	2.9	8.89	8.73	8.81	44.76
40	100	100	5	5	2.84	2.86	8.97	8.89	8.93	44.01
50	100	100	5	5	3	2.98	8.34	8.42	8.38	47.46

Tabel 3. Penurunan Kadar H₂S Pada Kecepatan 60 rpm selama 120 menit

Massa Zeolit (gram)	V Sampel Uji (mL)		V Iodin Terlarut (mL)		V Na. Tiosulfat (mL)		Kadar H ₂ S (mg/L)		Kadar H ₂ S rata-rata	% Penurunan Kadar H ₂ S
	1	2	1	2	1	2	1	2		
Sebelum										-
Adsorpsi	100	100	5	5	1.24	1.6	15.32	13.89	14.61	
10	100	100	5	5	3.42	3.4	6.67	6.75	6.71	54.07
20	100	100	5	5	3.62	3.68	5.88	5.64	5.76	60.57
30	100	100	5	5	3.7	3.68	5.56	5.64	5.60	61.67
40	100	100	5	5	3.68	3.72	5.64	5.48	5.56	61.94
50	100	100	5	5	3.82	3.78	5.08	5.24	5.16	64.68

Tabel 4. Penurunan kadar H₂S pada kecepatan 120 rpm selama 60 menit

Massa Zeolit (gram)	V Sampel Uji (mL)		V Iodin Terlarut (mL)		V Na. Tiosulfat (mL)		Kadar H ₂ S (mg/L)		Kadar H ₂ S rata-rata	% Penurunan Kadar H ₂ S
	1	2	1	2	1	2	1	2		
Sebelum										
Adsorpsi	100	100	5	5	1.16	1.1	15.64	15.88	15.76	-
10	100	100	5	5	3.38	3.32	6.83	7.07	6.95	55.90
20	100	100	5	5	3.44	3.4	6.59	6.75	6.67	57.68
30	100	100	5	5	3.5	3.46	6.35	6.51	6.43	59.20
40	100	100	5	5	3.5	3.5	6.35	6.35	6.35	59.71
50	100	100	5	5	3.52	3.56	6.27	6.11	6.19	60.72

Tabel 5. Penurunan kadar H₂S pada kecepatan 120 rpm selama 90 menit

Massa Zeolit (gram)	V Sampel Uji (mL)		V Iodin Terlarut (mL)		V Na. Tiosulfat (mL)		Kadar H ₂ S (mg/L)		Kadar H ₂ S rata-rata	% Penurunan Kadar H ₂ S
	1	2	1	2	1	2	1	2		
Sebelum										
Adsorpsi	100	100	5	5	1.14	1.18	15.72	15.56	15.64	-
10	100	100	5	5	4.3	4.32	3.18	3.10	3.14	79.92
20	100	100	5	5	4.4	4.42	2.78	2.70	2.74	82.48
30	100	100	5	5	4.4	4.46	2.78	2.54	2.66	82.99
40	100	100	5	5	4.5	4.46	2.38	2.54	2.46	84.27
50	100	100	5	5	4.58	4.56	2.07	2.15	2.11	86.51

Tabel 6. Penurunan kadar H₂S pada kecepatan 120 rpm selama 120 menit

Massa Zeolit (gram)	V Sampel Uji (mL)		V Iodin Terlarut (mL)		V Na. Tiosulfat (mL)		Kadar H ₂ S (mg/L)		Kadar H ₂ S rata-rata	% Penurunan Kadar H ₂ S
	1	2	1	2	1	2	1	2		
Sebelum										
Adsorpsi	100	100	5	5	1.8	1.78	13.10	13.18	13.14	-
10	100	100	5	5	4.46	4.44	2.54	2.62	2.58	80.37
20	100	100	5	5	4.52	4.48	2.30	2.46	2.38	81.89
30	100	100	5	5	4.58	4.6	2.07	1.99	2.03	84.55
40	100	100	5	5	4.7	4.7	1.59	1.59	1.59	87.90
50	100	100	5	5	4.88	4.8	0.88	1.19	1.04	92.09

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Mandasari, dkk. (2014), adsorben zeolit dengan massa sebanyak 15 gram memiliki nilai persentase penyerapan H₂S yang lebih besar yaitu 91.22% dibandingkan dengan massa adsorben zeolit sebanyak 10 gram yang memiliki persentase penyerapan H₂S 83.16% [3] Hal tersebut membuktikan bahwa rasio massa zeolit mempengaruhi proses adsorpsi, semakin besar massa adsorben yang digunakan maka sebanding dengan luas permukaan adsorben yang semakin luas, dimana semakin luas

permukaan adsorben semakin banyak adsorbat yang dapat diserap sehingga akan mempermudah dan mempercepat proses adsorpsi [9]. Berdasarkan data penelitian pada grafik 1 dan 2, massa zeolite 50 gram memiliki % penurunan kadar H₂S lebih tinggi daripada massa proses adsorpsi menggunakan massa zeolit 10-40 gram dalam volume sampel yang sama sebanyak 500 mL.

Lama pengadukan dapat mempengaruhi proses adsorpsi sebab peningkatan waktu kontak dapat meningkatkan peluang gugus fungsi pada adsorben untuk berinteraksi dengan gas H₂S. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang teradsorpsi berlangsung lebih baik [10]. Sehingga dalam penelitian kali ini digunakan tiga interval waktu berbeda yaitu 60, 90, dan 120 menit. Berdasarkan data penelitian pada gambar 1 dan 2, semakin lama waktu pengadukan maka % penurunan kadar H₂S juga tinggi. Adsorpsi pada variabel waktu pengadukan 120 menit memiliki % penurunan lebih tinggi daripada 60 menit dan 90 menit.

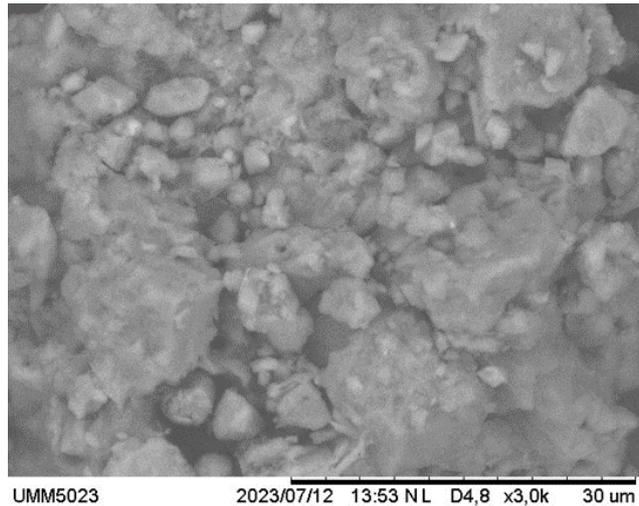
Kecepatan pengadukan juga berpengaruh pada proses adsorpsi karena sangat mempengaruhi jumlah adsorbat yang terserap. Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal [11]. Pada penelitian kali ini digunakan variasi kecepatan pengadukan 60 rpm dan 120 rpm. Pada hasil penelitian yang disajikan pada gambar 1 dan 2 mengungkapkan bahwa kecepatan pengadukan 120 rpm lebih optimal menurunkan kadar H₂S dibandingkan pada kecepatan pengadukan 60 rpm.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa semakin besar massa zeolite, kecepatan pengadukan, dan lama pengadukan maka %penurunan kadar H₂S juga semakin tinggi.

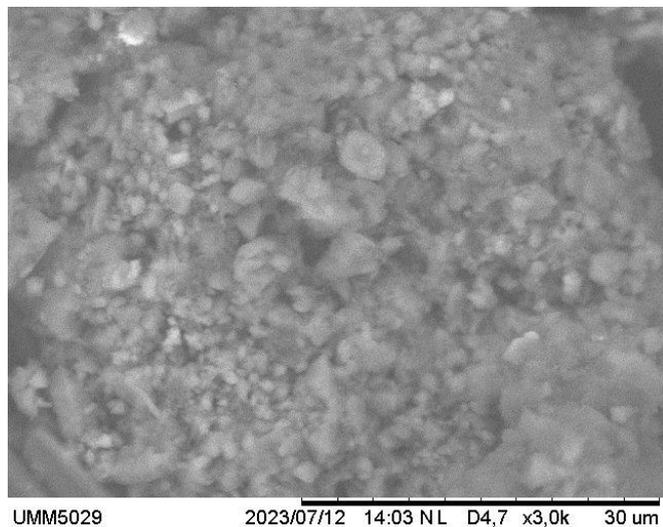
3.2. Hasil uji SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada adsorben sebelum dan sesudah aktivasi

Dalam penelitian ini zeolit diaktivasi dengan NaOH 3,0 M diaduk dengan magnetic stirrer selama 3 jam, lalu adsorben dikeringkan menggunakan oven selama 2 jam dengan suhu 140°C. Hasil zeolite yang telah diaktivasi kemudian diuji dengan metode SEM untuk mengetahui perbedaan pori-pori sebelum dan sesudah aktivasi. Pada penelitian yang dilakukan oleh [12] mengungkapkan bahwa zeolit yang telah teraktivasi dan diuji menggunakan SEM akan memperlihatkan bentuk morfologi yang paling dominan yaitu menjarum dan lempeng persegi. Zeolit teraktivasi mempunyai banyak pori dan kristal zeolitnya tertata lebih rapi dibandingkan dengan zeolit alam [13].

Berikut merupakan hasil uji SEM dari zeolit sebelum dan sesudah proses aktivasi.



Gambar 1. Zeolit sebelum aktivasi perbesaran 3000x



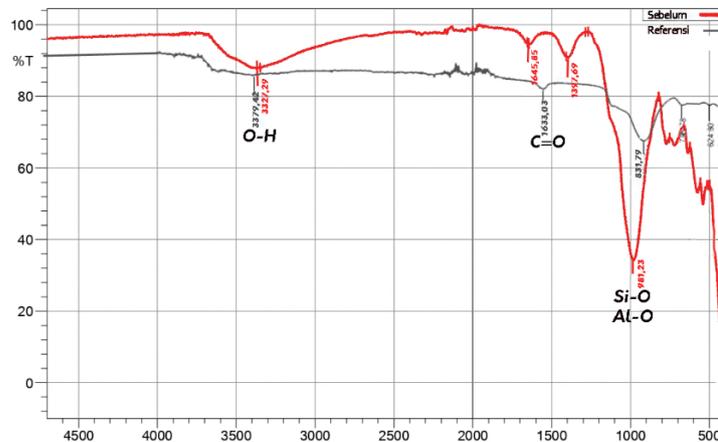
Gambar 2. Zeolit sesudah aktivasi perbesaran 3000x

Hasil analisis SEM untuk zeolit alam sebelum dan sesudah mengalami aktivasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pada zeolit sesudah aktivasi terjadi perubahan bentuk morfologi zeolit. Ukuran kristal zeolit sesudah aktivasi menjadi lebih kecil dan seragam yang menyebabkan luas permukaan serap menjadi lebih besar. Selain itu, zeolite memiliki banyak pori. Hal ini merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan peningkatan kemampuan adsorpsi zeolit setelah mengalami aktivasi [14].

3.3. Hasil uji FTIR (*Forier Transform Infra-Red*) pada zeolit sebelum dan sesudah adsorpsi

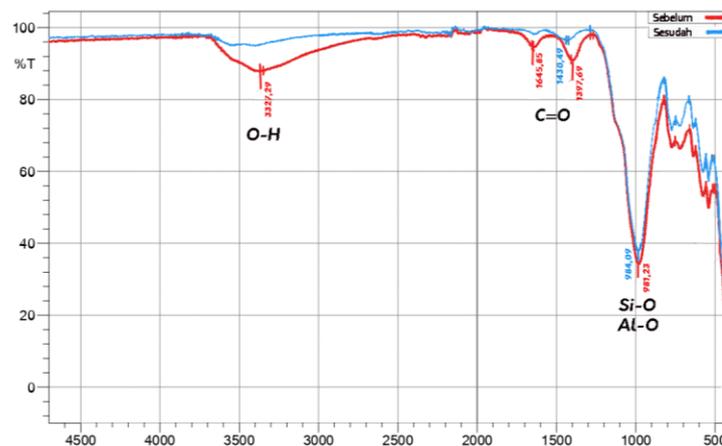
Hasil terbaik adsorpsi yaitu pada massa zeolite 50 gram, kecepatan pengadukan 120 rpm, dan waktu 120 menit memiliki penurunan kadar H_2S tertinggi sebesar 92,09%. Adsorben zeolit yang digunakan pada variable ini selanjutnya diuji menggunakan metode FTIR untuk diketahui gugus fungsi sebelum dan sesudah proses adsorpsi dilakukan.

Pada penelitian spektroskopi inframerah (FTIR) ini digunakan untuk karakterisasi struktur zeolit karena dapat memberikan informasi tentang keberadaan unit pembangun tetrahedral kerangka zeolit. Berikut disajikan hasil pengukuran uji FTIR.



Gambar 3. Perbandingan zeolit aktivasi sebelum adsorpsi dan referensi [15]

Berdasarkan spektra zeolite pada gambar 4.5 tampak serapan pada angka gelombang 981,23 dan 831,79 merupakan angka gelombang vibrasi rentangan Al-O dan Si-O yang menggambarkan karakteristik struktur zeolite [12]. Puncak pada daerah bilangan gelombang 3000 – 3500 tepatnya pada 3367,29 cm^{-1} pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya pada bilangan gelombang tersebut merupakan vibrasi ulur O-H (gugus hidroksil) *stretching* dengan intensitas yang cukup rendah yang memungkinkan adanya molekul air.



Gambar 4. Perbandingan zeolite sebelum dan setelah aktivasi.

Pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa zeolit sebelum aktivasi terdeteksi vibrasi ulur O-H (gugus hidroksil) *stretching* pada angka gelombang 3367,29 cm^{-1} dengan intensitas yang cukup rendah yang memungkinkan adanya molekul air. Namun, zeolite yang mengalami aktivasi menyebabkan molekul air yang terikat pada kerangka zeolit mengalami pelepasan sehingga membuat zeolit menjadi bersih dan pori-pori menjadi terbuka [15]. Hal ini memperkuat analisis bahwa zeolit telah teraktivasi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rasio zeolit, lama waktu pengadukan dan kecepatan pengadukan berbanding lurus dengan penurunan kadar H_2S . Hasil terbaik didapatkan pada variasi massa zeolit 50 gram dengan kecepatan pengadukan 120 rpm selama 120 menit dengan hasil penurunan sebesar 92.09%. Pada hasil pengukuran uji SEM zeolit sesudah aktivasi menunjukkan bentuk morfologi kristal zeolit yang lebih kecil dan lebih rapi. Hal ini merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan peningkatan kemampuan adsorpsi zeolit setelah mengalami aktivasi. Untuk hasil pengukuran uji FTIR, zeolit sebelum adsorpsi teridentifikasi puncak pada angka gelombang $3267,29\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan daerah serapan vibrasi ulur O-H yang memungkinkan kandungan air, sedangkan setelah aktivasi molekul air yang terikat pada kerangka zeolit mengalami pelepasan dan membuat zeolit menjadi bersih dan pori-pori menjadi terbuka.

Sebagai saran perbaikan yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya, yaitu menaikkan suhu oven menjadi $(300 - 400)^\circ\text{C}$ pada proses aktivasi zeolit untuk aktivasi zeolit secara fisik dengan proses pemanasan.

REFERENSI

- [1] J. K. Pakpahan, "Studi Konduktivitas Listrik Zeolit Akibat Pengaruh Mikrostruktur dan Luas Permukaan Spesifik Serta Elektrode Superkapasitor," Universitas Lampung, 2016.
- [2] N. Hayatillah dan J. F. Suwandi, "Gas Hidrogen Sulfida (H_2S): Potensi Ancaman Asfiksia pada Peternak," 2018.
- [3] W. Mandasari, B. Sitorus, D. Rahayu Jati, dan J. H. Hadari Nawawi, "Pembuatan Dan Karakterisasi Adsorben Gas H_2S dari Zeolit Alam," vol. 3, no. 2, hal. 56–63, 2014.
- [4] Y. D. Ngapa, "Study of The Acid-Base Effect on Zeolite Activation and Its Characterization as Adsorbent of Methylene Blue Dye," *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, vol. 2, no. 2, hal. 90, 2017.
- [5] D. H. Adam, "Pengaruh Waktu, dan Dosis Adsorben Terhadap Penghilangan Ion Fe dalam Air Sumur Menggunakan Zeolit Alam Teraktifasi secara Kolom Adsorpsi," 2018.
- [6] A. P. Wardani, S. Dwi Maulidz, A. Takwanto, dan E. Yulianto, "Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Material Adsorben untuk Menurunkan Kandungan Logam Fe pada Limbah Cair di Unit *Waste Water Treatment Plant* PT POMI," *Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 1, hal. 51–57, 2021.
- [7] F. Firdiyono, M. Handayani, E. Sulistiyono, dan I. Dwi Antoro, "Percobaan Pendahuluan Perbandingan Daya Serap Unsur Minor Dalam Larutan Natrium Silikat," 2012.
- [8] Y. D. Ngapa, "Study of The Acid-Base Effect on Zeolite Activation and Its Characterization as Adsorbent of Methylene Blue Dye," *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, vol. 2, no. 2, hal. 90, 2017.
- [9] Nurlela, "Pengolahan Air Limbah Pewarna Sintetis Dengan Metode Adsorpsi Dan Ultraviolet," 2018.
- [10] I. Syaughiah, F. Insan Kusuma, J. A. Yani Km, dan K. Selatan, "Adsoption of Zn and Pb Metal in Printing Waste of PT. Grafika Wangi Kalimantan Using Corn Cobs Charcoal as Adsorbent," vol. 9, no. 1, hal. 28–34, 2020.

- [11] I. Syauqiah, M. Amalia, dan H. A. Kartini, "Analsis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif," *INFO TEKNIK*, vol. 12, no. 1, hal. 11–20, 2011.
- [12] Fajri, U. Septiani, dan R. Adriany, "Aplikasi Zeolit NaX yang Disintesis dari Abu Terbang PLTU Ombilin untuk Penyerapan Gas CO₂," Padang, 2015.
- [13] M. Z. Ikhsan, "Identifikasi Bahaya, Risiko Kecelakaan Kerja Dan Usulan Perbaikan Menggunakan Metode Job Safety Analysis (Jsa) (Studi Kasus: PT. Tamora Agro Lestari)," 2022.
- [14] L. Kurniasari, M. Djaeni, dan A. Purbasari, "Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Adsorben pada Alat Pengering Bersuhu Rendah," 2011.
- [15] E. N. Hidayah dan M. Munasir, "Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Adsorben Pewarna Alami Kulit Buah Naga (Pitaya)," *Komunikasi Fisika Indonesia*, vol. 19, no. 2, hal. 99, 2022.