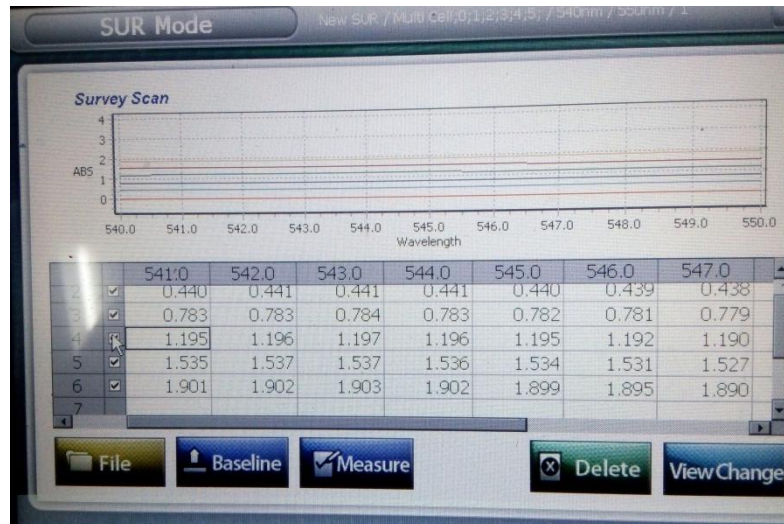


Lampiran A. Dokumentasi Kegiatan

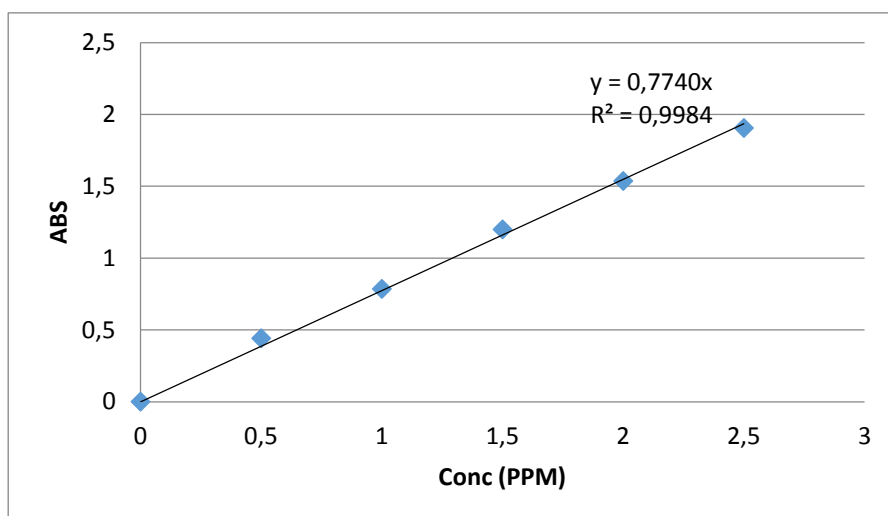
A.1. Pencarian Panjang Gelombang Optimum



Gambar A1. Pencarian Panjang Gelombang Optimum menggunakan UV-VIS

Didapatkan panjang gelombang optimum adalah 543 nm

A.2. Pembuatan Kurva Kalibrasi



Gambar A2. Pembuatan kurva kalibrasi

A.3. Trial Kolom Adsorpsi



Gambar A3. Trial kolom besar



Gambar A4. Trial kolom kecil

A.4. Pembuatan Larutan Induk



Gambar A5. Larutan induk Cr(VI) 1000 ppm

A.5. Aktivasi Zeolit Alam



Gambar A6. Aktivasi zeolit alam

A.6. Netralisasi



Gambar A7. Netralisasi

A.7. Adsorpsi



Gambar A8. Adsorpsi

Lampiran B. Data Hasil Adsorpsi

Tabel B1. Adsorpsi konsentrasi 60 ppm laju alir 4 ml/menit

Menit	Pengulangan		Rata-Rata
	I	II	
0	60.84	62.76	61.80
4	45.00	55.00	50.00
6	46.50	55.50	51.00
9	54.00	58.00	56.00
12	56.85	58.95	57.90
15	58.05	59.35	58.70
18	58.05	59.35	58.70
21	58.05	59.35	58.70
24	60.00	60.00	60.00
27	59.25	59.75	59.50
30	58.50	59.50	59.00
33	60.15	60.05	60.10
36	60.90	60.30	60.60
39	61.65	60.55	61.10

Tabel B2. Adsorpsi konsentrasi 60 ppm laju alir 6 ml/menit

Menit	Pengulangan		Rata-Rata
	I	II	
0	61.84	63.76	62.80
4	52.94	52.86	52.90
6	57.94	56.86	57.40
9	60.10	58.10	59.10
12	59.81	59.99	59.90
15	59.05	60.35	59.70
18	60.05	61.35	60.70
21	60.35	61.65	61.00
24	60.70	60.70	60.70
27	59.65	60.15	59.90
30	59.50	60.50	60.00
33	59.95	59.85	59.90
36	60.30	59.70	60.00
39	59.75	58.65	59.20

Tabel B3. Adsorpsi konsentrasi 60 ppm laju alir 8 ml/menit

Menit	Pengulangan		Rata-Rata
	I	II	
0	61.89	63.81	62.85
4	56.45	54.45	55.45
6	56.99	55.91	56.45
9	59.45	57.45	58.45
12	58.08	58.62	58.35
15	58.25	59.55	58.90
18	58.85	60.15	59.50
21	59.55	60.85	60.20
24	59.90	59.90	59.90
27	59.45	59.95	59.70
30	58.95	59.95	59.45
33	59.85	59.75	59.80
36	60.05	59.45	59.75
39	60.50	59.40	59.95

Tabel B4. Adsorpsi konsentrasi 60 ppm laju alir 10 ml/menit

Menit	Pengulangan		Rata-Rata
	I	II	
0	62.64	64.56	63.60
4	61.20	59.20	60.20
6	61.24	60.16	60.70
9	62.00	60.00	61.00
12	60.93	61.47	61.20
15	60.95	62.25	61.60
18	61.35	62.65	62.00
21	61.55	62.85	62.20
24	62.20	62.20	62.20
27	61.65	62.15	61.90
30	60.90	61.90	61.40
33	61.25	61.15	61.20
36	61.60	61.00	61.30
39	61.85	60.75	61.30

Tabel B5. Adsorpsi konsentrasi 80 ppm laju alir 4 ml/menit

Menit	Pengulangan		Rata-Rata
	I	II	
0	81.99	83.91	82.95
4	70.85	68.85	69.85
6	71.94	70.86	71.40
9	78.95	76.95	77.95
12	77.38	77.92	77.65
15	78.50	79.80	79.15
18	78.15	79.45	78.80
21	79.00	80.30	79.65
24	79.45	79.45	79.45
27	80.95	81.45	81.20
30	80.45	81.45	80.95
33	82.05	81.95	82.00
36	82.50	81.90	82.20
39	82.65	81.55	82.10

Tabel B6. Adsorpsi konsentrasi 80 ppm laju alir 6 ml/menit

Menit	Pengulangan		Rata-Rata
	I	II	
0	80.99	82.91	81.95
4	73.80	71.80	72.80
6	78.44	77.36	77.90
9	79.60	77.60	78.60
12	79.88	80.42	80.15
15	78.45	79.75	79.10
18	79.35	80.65	80.00
21	78.70	80.00	79.35
24	80.20	80.20	80.20
27	81.15	81.65	81.40
30	81.10	82.10	81.60
33	81.75	81.65	81.70
36	81.55	80.95	81.25
39	81.35	80.25	80.80

Tabel B7. Adsorpsi konsentrasi 80 ppm laju alir 8 ml/menit

Menit	Pengulangan		Rata-Rata
	I	II	
0	82.19	84.11	83.15
4	75.15	73.15	74.15
6	78.19	77.11	77.65
9	81.25	79.25	80.25
12	80.73	81.27	81.00
15	80.95	82.25	81.60
18	80.30	81.60	80.95
21	80.10	81.40	80.75
24	81.65	81.65	81.65
27	80.90	81.40	81.15
30	80.50	81.50	81.00
33	81.75	81.65	81.70
36	81.60	81.00	81.30
39	81.25	80.15	80.70

Tabel B8. Adsorpsi konsentrasi 80 ppm laju alir 10 ml/menit

Menit	Pengulangan		Rata-Rata
	I	II	
0	81.14	83.06	82.10
4	80.10	78.10	79.10
6	81.04	79.96	80.50
9	82.00	80.00	81.00
12	80.13	80.67	80.40
15	80.05	81.35	80.70
18	79.85	81.15	80.50
21	80.35	81.65	81.00
24	80.80	80.80	80.80
27	80.95	81.45	81.20
30	81.30	82.30	81.80
33	81.75	81.65	81.70
36	81.90	81.30	81.60
39	81.75	80.65	81.20

Tabel B9. Adsorpsi konsentrasi 100 ppm laju alir 4 ml/menit

Menit	Pengulangan		Rata-Rata
	I	II	
0	103.34	105.26	104.30
4	89.67	87.67	88.67
6	99.34	98.26	98.80
9	100.60	98.60	99.60
12	101.80	102.34	102.07
15	100.52	101.82	101.17
18	100.60	101.90	101.25
21	100.55	101.85	101.20
24	101.55	101.55	101.55
27	100.95	101.45	101.20
30	100.10	101.10	100.60
33	100.75	100.65	100.70
36	100.60	100.00	100.30
39	100.45	99.35	99.90

Tabel B10. Adsorpsi konsentrasi 100 ppm laju alir 6 ml/menit

Menit	Pengulangan		Rata-Rata
	I	II	
0	100.44	102.36	101.40
4	91.90	89.90	90.90
6	95.54	94.46	95.00
9	98.70	96.70	97.70
12	96.73	97.27	97.00
15	98.05	99.35	98.70
18	98.85	100.15	99.50
21	99.65	100.95	100.30
24	99.90	99.90	99.90
27	99.15	99.65	99.40
30	98.80	99.80	99.30
33	99.35	99.25	99.30
36	100.40	99.80	100.10
39	100.55	99.45	100.00

Tabel B11. Adsorpsi konsentrasi 100 ppm laju alir 8 ml/menit

Menit	Pengulangan		Rata-Rata
	I	II	
0	101.84	103.76	102.80
4	96.85	94.85	95.85
6	99.04	97.96	98.50
9	101.60	99.60	100.60
12	99.78	100.32	100.05
15	99.15	100.45	99.80
18	100.15	101.45	100.80
21	100.35	101.65	101.00
24	100.65	100.65	100.65
27	99.65	100.15	99.90
30	99.80	100.80	100.30
33	100.95	100.85	100.90
36	101.15	100.55	100.85
39	101.60	100.50	101.05

Tabel B12. Adsorpsi konsentrasi 100 ppm laju alir 10 ml/menit

Menit	Pengulangan		Rata-Rata
	I	II	
0	100.94	102.86	101.90
4	100.40	98.40	99.40
6	100.44	99.36	99.90
9	101.30	99.30	100.30
12	101.03	101.57	101.30
15	100.45	101.75	101.10
18	100.85	102.15	101.50
21	100.55	101.85	101.20
24	101.60	101.60	101.60
27	101.15	101.65	101.40
30	100.70	101.70	101.20
33	101.55	101.45	101.50
36	101.40	100.80	101.10
39	102.25	101.15	101.70

Lampiran C. Hasil Pengamatan

Diketahui :

- Panjang gelombang yang digunakan pada Spektrofotometer UV-Vis (λ) = 543 nm.
- Persamaan linear pada kurva standar, $y = 0,7730x$,
dimana y = konsentrasi (ppm) dan
 x = absorbansi
- Faktor pengenceran = 100 kali.

Perhitungan :

a. Konsentrasi yang terukur Spektrofotometer UV-Vis

- Absorbansi pada 60 ppm menit ke-0 (laju alir 4ml/menit) , $y = 0,479$

$y = 0,7730x$, sehingga:

$$x = \frac{0,479}{0,7730} = 0,618 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} C_0 &= 0,618 \times 108 \text{ (faktor pengenceran)} \\ &= 61,8 \text{ ppm} \end{aligned}$$

- Absorbansi pada 60 ppm menit ke-3(laju alir 4ml/menit), $y = 0,387$

$y = 0,7730x$, sehingga:

$$x = \frac{0,387}{0,7730} = 0,500 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} C &= 0,500 \times 100 \\ &= 50 \text{ ppm} \end{aligned}$$

b. Penyisihan (%)

Penyisihan pada menit ke – 3, 60ppm, laju alir $4 \frac{\text{ml}}{\text{menit}}$ (η)

$$= \frac{(C_0 - C)}{C_0} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{(61,8-50)}{61,8} \times 100\% = 19,09\%$$

**** Perhitungan selanjutnya dilakukan menggunakan software Microsoft Office Excel dengan hasil sebagai berikut.**

Tabel C1. %Penyisihan konsentrasi 60 ppm laju alir 4 ml/menit

Menit	Konsentrasi	ppm	% Penyisihan
0	0.618	61.80	0.00%
4	0.500	50.00	19.09%
6	0.510	51.00	17.48%
9	0.560	56.00	9.39%
12	0.579	57.90	6.31%
15	0.587	58.70	5.02%
18	0.587	58.70	5.02%
21	0.587	58.70	5.02%
24	0.590	60.00	2.91%
27	0.595	59.50	3.72%
30	0.590	59.00	4.53%
33	0.601	60.10	2.75%
36	0.606	60.60	1.94%
39	0.611	61.10	1.13%

Tabel C2. %Penyisihan konsentrasi 60 ppm laju alir 6 ml/menit

Menit	Konsentrasi	ppm	% Penyisihan
0	0.628	62.80	0.00%
4	0.529	52.90	15.76%
6	0.574	57.40	8.60%
9	0.591	59.10	5.89%
12	0.599	59.90	4.62%
15	0.597	59.70	4.94%
18	0.607	60.70	3.34%
21	0.610	61.00	2.87%
24	0.607	60.70	3.34%
27	0.599	59.90	4.62%
30	0.600	60.00	4.46%
33	0.599	59.90	4.62%
36	0.600	60.00	4.46%
39	0.592	59.20	5.73%

Tabel C3. %Penyisihan konsentrasi 60 ppm laju alir 8 ml/menit

Menit	Konsentrasi	ppm	% Penyisihan
0	0.629	62.85	0.00%
3.5	0.555	55.45	11.77%
6	0.565	56.45	10.18%
9	0.585	58.45	7.00%
12	0.584	58.35	7.16%
15	0.589	58.90	6.28%
18	0.595	59.50	5.33%
21	0.602	60.20	4.22%
24	0.599	59.90	4.69%
27	0.597	59.70	5.01%
30	0.595	59.45	5.41%
33	0.598	59.80	4.85%
36	0.598	59.75	4.93%
39	0.600	59.95	4.61%

Tabel C4. %Penyisihan konsentrasi 60 ppm laju alir 10 ml/menit

Menit	Konsentrasi	ppm	% Penyisihan
0	0.636	63.60	0.00%
3	0.602	60.20	5.35%
6	0.607	60.70	4.56%
9	0.610	61.00	4.09%
12	0.612	61.20	3.77%
15	0.616	61.60	3.14%
18	0.620	62.00	2.52%
21	0.622	62.20	2.20%
24	0.622	62.20	2.20%
27	0.619	61.90	2.67%
30	0.614	61.40	3.46%
33	0.612	61.20	3.77%
36	0.613	61.30	3.62%
39	0.613	61.30	3.62%

Tabel C5. %Penyisihan konsentrasi 80 ppm laju alir 4 ml/menit

Menit	Konsentrasi	ppm	% Penyisihan
0	0.830	82.95	0.00%
4	0.699	69.85	15.79%
6	0.714	71.40	13.92%
9	0.780	77.95	6.03%
12	0.777	77.65	6.39%
15	0.792	79.15	4.58%
18	0.788	78.80	5.00%
21	0.797	79.65	3.98%
24	0.795	79.45	4.22%
27	0.812	81.20	2.11%
30	0.810	80.95	2.41%
33	0.820	82.00	1.15%
36	0.822	82.20	0.90%
39	0.821	82.10	1.02%

Tabel C6. %Penyisihan konsentrasi 80 ppm laju alir 6 ml/menit

Menit	Konsentrasi	ppm	% Penyisihan
0	0.820	81.95	0.00%
4	0.728	72.80	11.17%
6	0.779	77.90	4.94%
9	0.786	78.60	4.09%
12	0.802	80.15	2.20%
15	0.791	79.10	3.48%
18	0.800	80.00	2.38%
21	0.794	79.35	3.17%
24	0.802	80.20	2.14%
27	0.814	81.40	0.67%
30	0.816	81.60	0.43%
33	0.817	81.70	0.31%
36	0.813	81.25	0.85%
39	0.808	80.80	1.40%

Tabel C7. %Penyisihan konsentrasi 80 ppm laju alir 8 ml/menit

Menit	Konsentrasi	ppm	% Penyisihan
0	0.832	83.15	0.00%
3.5	0.742	74.15	10.82%
6	0.777	77.65	6.61%
9	0.803	80.25	3.49%
12	0.810	81.00	2.59%
15	0.816	81.60	1.86%
18	0.810	80.95	2.65%
21	0.808	80.75	2.89%
24	0.817	81.65	1.80%
27	0.812	81.15	2.41%
30	0.810	81.00	2.59%
33	0.817	81.70	1.74%
36	0.813	81.30	2.22%
39	0.807	80.70	2.95%

Tabel C8. %Penyisihan konsentrasi 80 ppm laju alir 10 ml/menit

Menit	Konsentrasi	ppm	% Penyisihan
0	0.821	82.10	0.00%
3	0.791	79.10	3.65%
6	0.805	80.50	1.95%
9	0.810	81.00	1.34%
12	0.804	80.40	2.07%
15	0.807	80.70	1.71%
18	0.805	80.50	1.95%
21	0.810	81.00	1.34%
24	0.808	80.80	1.58%
27	0.812	81.20	1.10%
30	0.818	81.80	0.37%
33	0.817	81.70	0.49%
36	0.816	81.60	0.61%
39	0.812	81.20	1.10%

Tabel C9. %Penyisihan konsentrasi 100 ppm laju alir 4 ml/menit

Menit	Konsentrasi	ppm	% Penyisihan
0	1.043	104.30	0.00%
4	0.887	88.67	14.99%
6	0.988	98.80	5.27%
9	0.996	99.60	4.51%
12	1.021	102.07	2.14%
15	1.012	101.17	3.00%
18	1.013	101.25	2.92%
21	1.012	101.20	2.97%
24	1.016	101.55	2.64%
27	1.012	101.20	2.97%
30	1.006	100.60	3.55%
33	1.007	100.70	3.45%
36	1.003	100.30	3.84%
39	0.999	99.90	4.22%

Tabel C10. %Penyisihan konsentrasi 100 ppm laju alir 6 ml/menit

Menit	Konsentrasi	ppm	% Penyisihan
0	1.014	101.40	0.00%
4	0.909	90.90	10.36%
6	0.950	95.00	6.31%
9	0.977	97.70	3.65%
12	0.970	97.00	4.34%
15	0.987	98.70	2.66%
18	0.995	99.50	1.87%
21	1.003	100.30	1.08%
24	0.999	99.90	1.48%
27	0.994	99.40	1.97%
30	0.993	99.30	2.07%
33	0.993	99.30	2.07%
36	1.001	100.10	1.28%
39	1.000	100.00	1.38%

Tabel C11. %Penyisihan konsentrasi 100 ppm laju alir 8 ml/menit

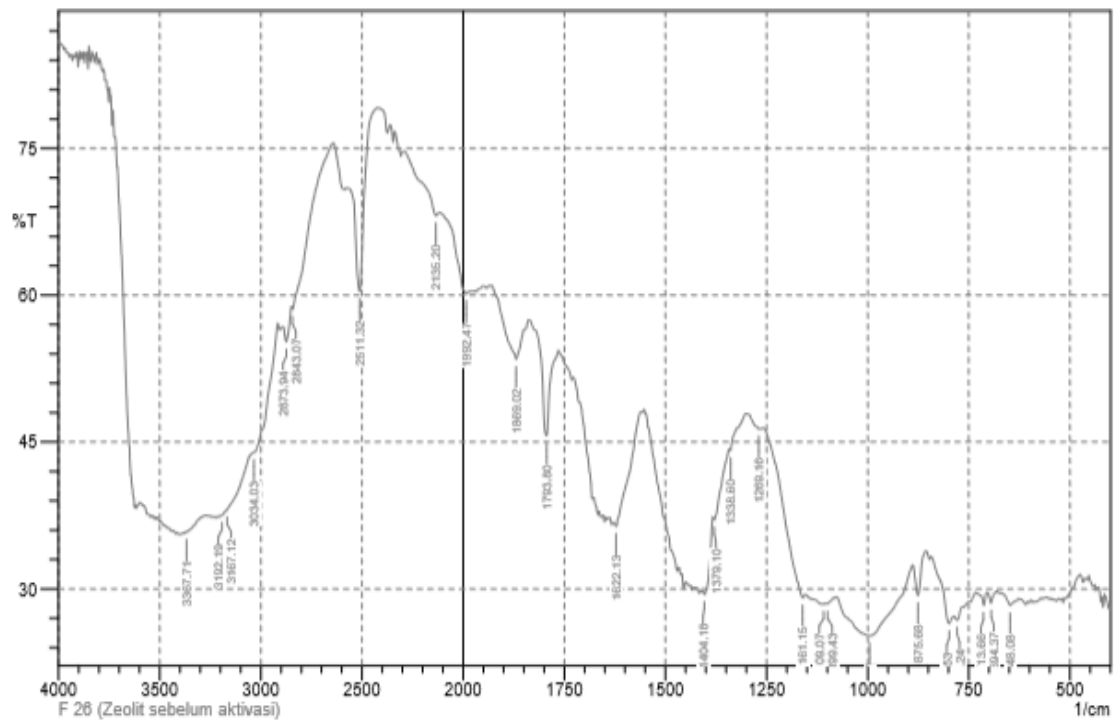
Menit	Konsentrasi	ppm	% Penyisihan
0	1.028	102.80	0.00%
3.5	0.959	95.85	6.76%
6	0.985	98.50	4.18%
9	1.006	100.60	2.14%
12	1.001	100.05	2.68%
15	0.998	99.80	2.92%
18	1.008	100.80	1.95%
21	1.010	101.00	1.75%
24	1.007	100.65	2.09%
27	0.999	99.90	2.82%
30	1.003	100.30	2.43%
33	1.009	100.90	1.85%
36	1.009	100.85	1.90%
39	1.011	101.05	1.70%

Tabel C12. %Penyisihan konsentrasi 100 ppm laju alir 10 ml/menit

Menit	Konsentrasi	ppm	% Penyisihan
0	1.019	101.90	0.00%
3	0.994	99.40	2.45%
6	0.999	99.90	1.96%
9	1.003	100.30	1.57%
12	1.013	101.30	0.59%
15	1.011	101.10	0.79%
18	1.015	101.50	0.39%
21	1.012	101.20	0.69%
24	1.016	101.60	0.29%
27	1.014	101.40	0.49%
30	1.012	101.20	0.69%
33	1.015	101.50	0.39%
36	1.011	101.10	0.79%
39	1.017	101.70	0.20%

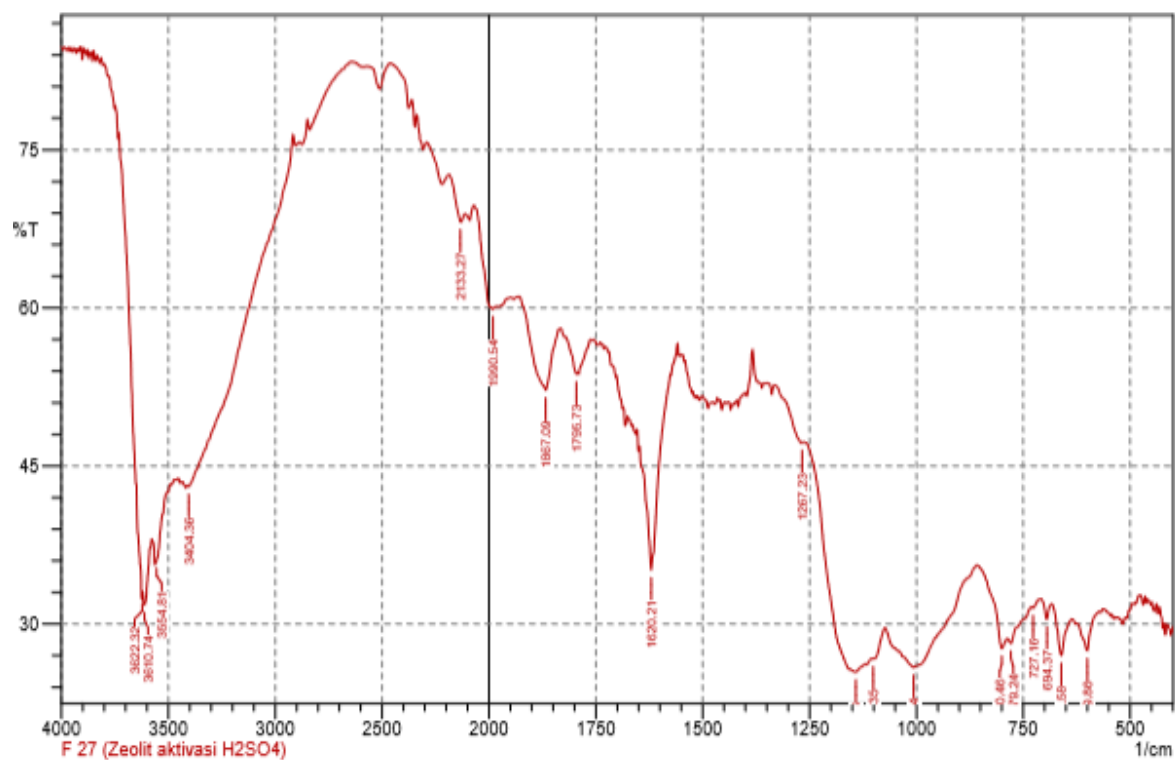
Lampiran D. Hasil Uji FT-IR

1. Hasil Pengujian FT-IR untuk Zeolit Sebelum Aktivasi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	648.08	28.307	0.958	669.3	628.79	21.867	0.25
2	694.37	28.565	1.13	704.02	680.87	12.357	0.16
3	713.66	28.332	1.284	732.95	705.95	14.433	0.164
4	779.24	26.82	0.641	785.03	765.74	10.843	0.094
5	798.53	26.459	1.995	842.89	786.96	29.693	0.464
6	875.68	29.298	3.627	887.26	856.39	15.448	0.651
7	995.27	25.201	5.368	1076.28	889.18	105.425	9.636
8	1099.43	28.46	0.136	1103.28	1078.21	13.545	0.014
9	1109.07	28.425	0.141	1132.21	1105.21	14.687	0.052
10	1161.15	29.088	1.274	1255.66	1155.36	43.436	0.52
11	1269.16	46.344	0.27	1300.02	1263.37	12.025	0.05
12	1338.6	44.131	0.514	1342.46	1301.95	13.537	0.015
13	1379.1	37.054	0.976	1382.96	1342.46	15.884	0.167
14	1404.18	29.441	0.928	1406.11	1382.96	11.421	0.474
15	1622.13	36.414	1.369	1627.92	1562.34	25.125	0.573
16	1793.8	45.641	9.954	1838.16	1764.87	20.28	1.746
17	1869.02	53.457	5.096	1928.82	1840.09	21.998	1.738
18	1992.47	60.178	0.881	2061.9	1984.75	15.42	0.258
19	2135.2	68.133	0.86	2291.43	2119.77	25.157	0.19
20	2511.32	60.383	13.512	2561.47	2424.52	20.404	3.429
21	2843.07	58.552	0.521	2846.93	2644.41	34.069	0.096
22	2873.94	55.227	2.331	2889.37	2848.86	10.039	0.411
23	3034.03	43.934	0.427	3037.89	2916.37	37.931	1.579
24	3167.12	38.023	0.087	3169.04	3037.89	51.024	0.252
25	3192.19	37.533	0.084	3196.05	3172.9	9.796	0.016
26	3367.71	35.805	0.117	3371.57	3309.85	27.146	0.109

2. Hasil Pengujian FT-IR untuk Zeolit Sesudah Aktivasi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	599.86	27.46	3.084	621.08	572.86	25.613	0.838
2	661.58	27.016	4.211	682.8	636.51	24.606	1.144
3	694.37	30.441	1.67	707.88	684.73	11.637	0.224
4	727.16	31.546	0.251	731.02	709.8	10.51	0.03
5	779.24	28.171	0.838	786.98	732.95	28.354	0.187
6	800.46	27.677	2.131	854.47	788.89	32.787	0.392
7	1006.84	25.879	2.057	1028.06	858.32	89.489	3.081
8	1101.35	26.689	0.403	1105.21	1074.35	17.152	0.205
9	1141.86	25.433	0.491	1155.36	1120.64	20.463	0.14
10	1267.23	47.213	0.19	1330.88	1265.3	19.827	0.088
11	1620.21	35.128	14.696	1647.21	1560.41	29.481	4.475
12	1795.73	53.714	3.412	1818.87	1762.94	14.387	0.776
13	1867.09	52.182	6.95	1928.82	1832.38	24.368	2.627
14	1990.54	59.901	1.157	2059.98	1982.82	15.175	0.506
15	2133.27	68.174	1.829	2185.35	2112.05	11.403	0.377
16	3404.36	43.03	0.328	3408.22	2918.3	120.833	2.87
17	3554.81	35.868	0.305	3556.74	3527.8	12.147	0.082
18	3610.74	31.837	0.586	3612.67	3587.6	11.748	0.222
19	3622.32	32.656	1.138	3649.32	3620.39	12.813	0.483

Lampiran E. Hasil Uji XRF

1. Hasil Pengujian XRF untuk Zeolit Sebelum Aktivasi

Compound	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn
Conc	6,2	26,4	1,1	0,90	3,29	34,2	1,23	0,05	0,17	1,3	21,3	0,067	0,13	0,15
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Compound	Sr	Mo	Eu	Yb	Re
Conc	0,40	2,6	0,10	0,08	0,35
Unit	%	%	%	%	%

2. Hasil Pengujian XRF untuk Zeolit Sesudah Aktivasi

Compound	Al	Si	S	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo
Conc	5,7	34,6	6,2	3,40	19,0	1,01	0,03	0,050	1,00	16,4	0,03	0,094	0,11	12
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Compound	Eu	Re
Conc	0,2	0,2
Unit	%	%

Lampiran F. Hasil Uji BET

1. Average Pore Size Zeolit Sebelum Aktivasi

LABORATORIUM TEKNIK KIMIA

INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

Quantachrome TouchWin v1.2



Report date: Sel Jan 2 2018

Operator: operator

Filename: 44 Pts Full isotherm - St3_20171227_235128.qcuPhysIso

Analysis Information

Sample	ID	zeolit belum aktivasi	Weight	0,0681g		
Description		Andhika				
Analysis	Data ID	{2c7864e8-5073-4576-bacf-14b5e0807399}	Date	2017.12.27		
Operator		St 3 on NOVA touch 4LX [s/n:17017090101]	Duration	185,95 min		
Instrument			Firmware	1.03		
Comments						
Ambient Temp.	31,3937°C	Void Volume Mode	NOVA mode	Cell ID	32	
Cell Type	9mm with rod	Thermal Delay	600 sec	Po Mode	Continuous	
Adsorbate	Name	Nitrogen	Molecular Weight	28,013 g/mol	Cross Section Area	16,2 Å²/mol
Non-ideality	6,58e-005 1/torr	Bath Temperature	77,35 K			
Degas information	Type	Vacuum Degassing				
Operator						
Description						

Data Reduction Parameters

Thermal Transpiration	no				
Thickness Method	deBoer				
P-tags below 0.35	ignored			Moving Pt. Average	off
Adsorbate Model					
Name	Nitrogen	Molecular Weight	28,0134g	Cross Section Area	16,2 Å²/molec
Bath Temperature	77,35 K				

BJH Pore Size Distribution Adsorption results

Pore radius Dv(r) 6.71334 nm

2. Average Pore Size Zeolit Sesudah Aktivasi

LABORATORIUM TEKNIK KIMIA

INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

Quantachrome TouchWin v1.2



Report date: Sel Jan 2 2018

Operator: operator

Filename: 44 Pts Full isotherm - St4_20171227_235128.qcuPhysIso

Analysis Information

Sample

ID zeolit aktif H2SO4

Description Andhika

Weight 0,0567g

Analysis

Data ID {6d4956fe-4993-4e3b-8a8a-6e5020f671de}

Operator

Date 2017.12.27

Duration 184,333min

Instrument St 4 on NOVA touch 4LX [s/n:17017090101]

Firmware 1.03

Comments

Ambient Temp. 31,4039°C

Void Volume Mode NOVA mode

Cell ID 42

Cell Type 9mm with rod

Thermal Delay 600sec

Po Mode Continuous

Adsorbate

Name Nitrogen

Molecular Weight 28,013g/mol

Cross Section Area 16,2Å²/mol

Non-ideality 6,58e-005 1/torr

Bath Temperature 77,35K

Degas information

Type Vacuum Degassing

Operator

Description

Data Reduction Parameters

Thermal Transpiration no

Thickness Method deBoer

P-tags below 0.35 ignored

Moving Pt. Average off

Adsorbate Model

Name Nitrogen

Molecular Weight 28,0134g

Cross Section Area 16,2Å²/molec

Bath Temperature 77,35K

BJH Pore Size Distribution Adsorption results

Pore radius Dv(r) 4.3355 nm

3. Total Pore Volume Zeolit Sebelum Aktivasi

LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
 INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
 Quantachrome TouchWin v1.2



Report date: Sel Jan 2 2018 **Operator:** operator
Filename: 44 Pts Full isotherm - St3_20171227_235128.qcuPhysIso

Analysis Information

Sample ID zeolit belum aktivasi **Weight** 0,0681g
Description Andhika

Analysis Data ID {2c7864e8-5073-4576-bacf-14b5e0807399}
Operator **Date** 2017.12.27 **Duration** 185,95min
Instrument St 3 on NOVA touch 4LX [s/n:17017090101] **Firmware** 1.03
Comments

Ambient Temp. 31,3937°C **Void Volume Mode** NOVA mode **Cell ID** 32
Cell Type 9mm with rod **Thermal Delay** 600 sec **Po Mode** Continuous

Adsorbate Name Nitrogen **Molecular Weight** 28,013 g/mol **Cross Section Area** 16,2 Å²/mol
Non-ideality 6,58e-005 1/torr **Bath Temperature** 77,35K

Degas information Type Vacuum Degassing
Operator
Description

Data Reduction Parameters

Thermal Transpiration no
Temp. Comp yes
Thickness Method deBoer

Adsorbate Model Name Nitrogen **Molecular Weight** 28,013g **Cross Section Area** 16,2 Å²/molec
Bath Temperature 77,35K

Total Pore Volume results

Total Pore Volume 6,7486e-003 cc/g
for pores smaller than 19,24 nm (radius)
at relative pressure 0,94732

4. Total Pore Volume Zeolit Setelah Aktivasi

LABORATORIUM TEKNIK KIMIA
 INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
 Quantachrome TouchWin v1.2



Report date: Sel Jan 2 2018 **Operator:** operator
Filename: 44 Pts Full isotherm - St4_20171227_235128.qcuPhysIso

Analysis Information

Sample ID zeolit aktiv H2SO4 **Weight** 0,0567g
Description Andhika

Analysis Data ID {6d4956fe-4993-4e3b-8a8a-6e5020f671de}
Operator **Date** 2017.12.27 **Duration** 184,333min
Instrument St 4 on NOVA touch 4LX [s/n:17017090101] **Firmware** 1.03
Comments

Ambient Temp. 31,4039°C **Void Volume Mode** NOVA mode **Cell ID** 42
Cell Type 9mm with rod **Thermal Delay** 600 sec **Po Mode** Continuous

Adsorbate Name Nitrogen **Molecular Weight** 28,013 g/mol **Cross Section Area** 16,2 Å²/mol
Non-ideality 6,58e-005 1/torr **Bath Temperature** 77,35K

Degas information Type Vacuum Degassing
Operator
Description

Data Reduction Parameters

Thermal Transpiration no
Temp. Comp yes
Thickness Method deBoer

Adsorbate Model Name Nitrogen **Molecular Weight** 28,013g **Cross Section Area** 16,2 Å²/molec
Bath Temperature 77,35K

Total Pore Volume results

Total Pore Volume 9,9107e-003 cc/g
for pores smaller than 19,86 nm (radius)
at relative pressure 0,94904

5. Multi Point Zeolit Sebelum Aktivasi

LABORATORIUM TEKNIK KIMIA				INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG		Quantachrome TouchWin v1.2	
Report date:		Sel Jan 2 2018		Operator:		operator	
Filename:		44 Pts Full Isotherm - St3_20171227_235128.qcuPhysIso					
Analysis Information							
Sample		ID zeolit belum aktivasi		Weight		0,0681g	
Description		Andhika					
Analysis		Data ID {2c7864e8-5073-4576-bacf-14b5e0807399}		Date		2017.12.27	
Operator		St 3 on NOVA touch 4LX [s/n:17017090101]		Duration		185,95min	
Instrument				Firmware		1.03	
Comments							
Ambient Temp.		31,3937°C		Void Volume Mode		NOVA mode	
Cell Type		9mm with rod		Thermal Delay		600sec	
Adsorbate		Name Nitrogen		Molecular Weight		28,013g/mol	
Non-ideality		6,58e-005 1/torr		Bath Temperature		77,35K	
Degas information		Type Vacuum Degassing		Cross Section Area		16,2Å ² /mol	
Operator							
Description							
Data Reduction Parameters							
Thermal Transpiration		no					
Adsorbate Model		Name Nitrogen		Molecular Weight		28,0134g	
Bath Temperature		77,35K		Cross Section Area		16,2 Å ² /molecc	
BET Multi-point BET results							
Isotherm Branch		Adsorption					
Slope		1177.32					
Intercept		4.75815					
Correlation coeff., r		0.992102					
C constant		248.431					
Surface area		2.94611 m ² /g					

6. Multi Point Zeolit Sebelum Aktivasi

LABORATORIUM TEKNIK KIMIA				INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG		Quantachrome TouchWin v1.2	
Report date:		Sel Jan 2 2018		Operator:		operator	
Filename:		44 Pts Full Isotherm - St4_20171227_235128.qcuPhysIso					
Analysis Information							
Sample		ID zeolit aktif H2SO4		Weight		0,0567g	
Description		Andhika					
Analysis		Data ID {6d4956fe-4993-4e3b-8a8a-6e5020f671de}		Date		2017.12.27	
Operator		St 4 on NOVA touch 4LX [s/n:17017090101]		Duration		184,333min	
Instrument				Firmware		1.03	
Comments							
Ambient Temp.		31,4039°C		Void Volume Mode		NOVA mode	
Cell Type		9mm with rod		Thermal Delay		600sec	
Adsorbate		Name Nitrogen		Molecular Weight		28,013g/mol	
Non-ideality		6,58e-005 1/torr		Bath Temperature		77,35K	
Degas information		Type Vacuum Degassing		Cross Section Area		16,2Å ² /mol	
Operator							
Description							
Data Reduction Parameters							
Thermal Transpiration		no					
Adsorbate Model		Name Nitrogen		Molecular Weight		28,0134g	
Bath Temperature		77,35K		Cross Section Area		16,2 Å ² /molecc	
BET Multi-point BET results							
Isotherm Branch		Adsorption					
Slope		507.828					
Intercept		6.3997					
Correlation coeff., r		0.996258					
C constant		80.3519					
Surface area		6.77232 m ² /g					

7. Isoterm Zeolit Sebelum Aktivasi

LABORATORIUM TEKNIK KIMIA			
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG			
Quantachrome TouchWin v1.2			
Report date:	Sel Jan 2 2018	Operator:	operator
Filename:	44 Pts Full Isotherm - St3_20171227_235128.qcuPhysIso		
Analysis Information			
Sample			
ID	zeolit belum aktivasi	Weight	0,0681g
Description	Andhika		
Analysis			
Data ID	{2c7864e8-5073-4576-bacf-14b5e0807399}		
Operator		Date	2017.12.27
Instrument	St 3 on NOVA touch 4LX [g/n:17017090101]	Duration	185,95 min
Comments		Firmware	1.03
Ambient Temp.	31,3937 °C	Void Volume Mode	NOVA mode
Cell Type	9mm with rod	Thermal Delay	600 sec
Adsorbate		Cell ID	32
Name	Nitrogen	Po Mode	Continuous
Non-ideality	6,58e-005 1/terr	Molecular Weight	28,013 g/mol
Degas information		Bath Temperature	77,35 K
Type	Vacuum Degassing	Cross Section Area	16,2 Å²/mol
Operator			
Description			
Data Reduction Parameters			
Thermal Transpiration	no		
Table - Isotherm Isotherm			
Relative Pressure, P/Po	Volume Adsorbed @STP cc/g		
0.0238017	0.451541		
0.0701246	0.636918		
0.114754	0.752138		
0.160516	0.886262		
0.203593	0.889891		
0.248133	0.890691		
0.292377	0.895315		
0.336580	0.896400		
0.377815	0.872733		
0.423856	0.893673		
0.465966	0.884478		
0.507353	0.856544		
0.552319	0.847841		
0.600920	0.811599		
0.639453	0.837391		
0.683875	0.850734		
0.731836	0.910719		
0.774729	1.05698		
0.817900	1.19494		
0.861262	1.66691		
0.904842	2.42788		
0.947320	4.35209		
0.913499	3.59885		
0.871286	2.66421		
0.828120	2.04939		
0.787456	1.63982		
0.745666	1.42760		
0.707981	1.31241		
0.666109	1.16171		
0.623458	1.11155		
0.584342	1.00450		
0.543026	0.913891		
0.503733	0.876855		
0.466661	0.776810		
0.423016	0.590748		
0.383472	0.526549		
0.340730	0.475771		
0.302681	0.436515		
0.264673	0.412235		
0.223669	0.358956		

8. Isoterm Zeolit Sebelum Aktivasi

LABORATORIUM TEKNIK KIMIA

INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
Quantachrome TouchWin v1.2

Report date: Sel Jan 2 2018 Operator: operator
 Filename: 44 Pts Full isotherm - St4_20171227_235128.qcuPhysIso

Analysis Information

Sample
ID zeolit aktif H2SO4
Description Andhika
Weight 0,0567g

Analysis
Data ID {6d4956fe-4993-4e3b-8a8a-6e5020f671de}
Operator **Date** 2017.12.27
Instrument St 4 on NOVA touch 4LX [s/n:17017090101] **Duration** 184,333 min
Comments **Firmware** 1.03
Ambient Temp. 31,4039°C **Void Volume Mode** NOVA mode **Cell ID** 42
Cell Type 9mm with rod **Thermal Delay** 600 sec **Po Mode** Continuous

Adsorbate
Name Nitrogen **Molecular Weight** 28,013 g/mol **Cross Section Area** 16,2 Å²/mol
Non-ideality 6,58e-005 1/atm **Bath Temperature** 77,35 K

Degas information
Type Vacuum Degassing
Operator
Description

Data Reduction Parameters

Thermal Transpiration no

Table - Isotherm Isotherm

Relative Pressure, P/Po	Volume Adsorbed @STP cc/g
0.023052	0.916421
0.068526	1.35830
0.110672	1.58726
0.159766	1.84965
0.204224	1.95996
0.248175	2.00239
0.289015	2.03830
0.335752	2.10131
0.379310	2.13273
0.421050	2.15058
0.465474	2.19651
0.508873	2.20115
0.556443	2.29616
0.599123	2.29740
0.642510	2.35236
0.690454	2.42495
0.732598	2.60207
0.772644	2.85234
0.820697	3.09795
0.861161	3.55690
0.904363	4.34459
0.949045	6.39131
0.914044	5.33657
0.872278	4.22991
0.829005	3.79218
0.788114	3.46484
0.744155	3.24958
0.704056	3.10425
0.666951	2.93433
0.625707	2.81764
0.583601	2.74096
0.543115	2.62916
0.504469	2.57135
0.461898	2.32451
0.424425	1.96624
0.382716	1.91383
0.342338	1.85062
0.305326	1.80094
0.261549	1.75790
0.220541	1.69252

Lampiran G. Daftar Riwayat Hidup

Mahasiswa 1

Ulul Azmi, lahir di Malang pada tanggal 26 Juni 1996, merupakan anak pertama dari Achmad Masykur dan Ulin Ni'mah, alumni SD Annur Tumpang, SMPN 1 Tumpang, MAN 3 Malang, lulus program sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya 2018. Pengalaman kerja sebagai Asisten Praktikum Kimia Fisika di Laboratorium Operasi Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia periode semester Genap 2016/2017. Praktek Kerja Lapang (PKL) di PT. Petrokimia Gresik Bagian Candal (Perencanaan dan Pengendalian Proses) Unit Produksi IIB pada Agustus 2017. Pengalaman berorganisasi sebagai staff Departemen Minat Bakat Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya (HMTK FT-UB) periode 2016/2017, staff Departemen Humas Al-Hadiid FT-UB periode 2017/2018, dan Kepala Departemen Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya (HMTK FT-UB) periode 2017/2018. Memperoleh penghargaan sebagai Juara 1 di I-Challenge Universitas Brawijaya 2015 dan Finalis CPDC (*Chemical Product Design Competition*) Univeristas Indonesia 2016.

Malang, Mei 2018

Penulis

Mahasiswa 2

Ulul Azmi, lahir di Malang pada tanggal 16 September 1996, merupakan anak pertama dari Wahyudi dan Hartatik, alumni Madrasah Ibtida'iyah Bustanul Ulum Batu, SMPN 1 Batu, SMAN 1 Batu, lulus program sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya 2018. Pengalaman kerja yaitu sebagai Asisten Praktikum Kimia Fisika di Laboratorium Operasi Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia periode semester Genap 2016/2017 dan Asisten Praktikum Operasi Teknik Kimia di Laboratorium Operasi Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia periode semester Ganjil 2017/2018. Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. Pertamina RU IV Cilacap (*Process Engineering*) pada Oktober 2017. Pengalaman berorganisasi sebagai staff Departemen Pengembangan Sumber Daya Manusia (PSDM) Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya (HMTK FT-UB) periode 2015/2016, staff Departemen Pengembangan Sumber Daya Manusia (PSDM) Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya (HMTK FT-UB) periode 2016/2017, dan Sekretaris Departemen Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya (HMTK FT-UB) periode 2017/2018. Mendapat semifinalis Plant Design Competition Indonesia Chemical Engineering Challenge (ICHEC) 2017 di Institut Teknologi Bandung.

Malang, Mei 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

PENYISIHAN Cr(VI) DENGAN ZEOLIT ALAM DIAKTIVASI ASAM SULFAT DALAM KOLOM ADSORPSI

Ulul Azmi, Ulul Azmi, Bambang Ismuyanto, A.S. Dwi Saptati Nur Hidayati.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono No. 167, Malang, 65145, Indonesia
Telp: (0341) 587710 ext: 1333, Fax: (0341)574140
Email : ulul.azmi2696@gmail.com, ululazmi016@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui laju alir optimum proses adsorpsi serta untuk mengetahui % penyisihan adsorpsi Cr(VI) dengan zeolit alam diaktivasi H_2SO_4 0,5 M dalam kolom adsorpsi. Zeolit alam diaktivasi menggunakan H_2SO_4 0,5 M dengan pengadukan homogen selama 2 jam. Adsorpsi dilakukan selama 39 menit, variasi laju alir 4, 6, 8, dan 10 ml/menit dengan berbagai konsentrasi awal (C_0) larutan Cr(VI) yaitu 60 ppm, 80 ppm, dan 100 ppm. Pengujian FTIR pada zeolit alam, menunjukkan gugus fungsi yang muncul setelah diaktivasi adalah gugus –OH alkohol. Pengujian BET menunjukkan luas permukaan zeolit alam meningkat dari 2.94611 m^2/g menjadi 6.77232 m^2/g setelah diaktivasi. Laju alir optimum proses adsorpsi adalah 4 ml/menit. Persen penyisihan optimum adsorpsi terjadi pada konsentrasi larutan umpan terkecil yaitu 60 ppm dan kecepatan *flow* terkecil pula yaitu 4ml/menit.

Kata kunci: Zeolit alam, Asam sulfat, adsorpsi, Cr(VI)

ABSTRACT

The purpose of this research is to know the optimum flow rate of adsorption process and to know the% removal of Cr (VI) adsorption with natural zeolite activated H_2SO_4 0,5 M in adsorption column. Natural zeolite was activated using H_2SO_4 0,5 M with homogeneous stirring for 2 hours. Adsorption was carried out for 39 minutes, variation of flow rate 4, 6, 8, and 10 ml / min with various initial concentration (C_0) Cr (VI) solution ie 60 ppm, 80 ppm and 100 ppm. FTIR testing of natural zeolites, indicating functional groups appearing after activation are -OH alcohols. The BET test showed the surface area of the natural zeolite increased from 2.94611 m^2/g to 6.77232 m^2/g after activation. Optimum flow rate of adsorption process is 4 ml / min. The optimum adsorption allowance percentage occurred at the smallest feed solution concentration of 60 ppm and the smallest flow rate was 4ml / min.

Keywords: Natural zeolite, sulfuric acid, adsorption, Cr (VI)

PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya zaman, contohnya adalah aspek pencemaran pembangunan di banyak sektor sangat pesat lingkungan terutama berasal dari limbah meningkat, salah satunya adalah sektor cair industri. Keberadaan limbah cair di industri. Namun tidak banyak manusia lingkungan terutama pada perairan sangat yang memperhatikan aspek lain dibalik membahayakan bagi spesies dan makhluk

pesatnya pembangunan tersebut, salah satu

hidup sehingga sangat diperlukan penanganan akan limbah tersebut.

Industri yang membuang limbah dengan volume besar adalah industri penyamakan kulit (Sugihartono, 2016). Limbah cair industri ini mengandung kromium. Limbah kromium dari industri ini terdiri dari kromium trivalen [Cr(III)] dan kromium heksavalen [Cr(VI)]. Konsentrasi limbah kromium yang pekat pada limbah menimbulkan pencemaran lingkungan sehingga dapat berdampak negatif bagi sekitar. Konsentrasi limbah kromium heksavalen Cr(VI) yang dihasilkan berkisar sekitar 80,067 mg/l (Wardhani dkk., 2012). Menurut DEPkes RI, batas maksimal Cr(VI) dalam air sehat adalah 0,05 mg/L dan dalam air limbah sebesar 0,1 mg/L.

Zeolit adalah salah satu adsorben alternatif yang sangat cocok digunakan sebagai adsorben (Utami, 2014). Zeolit tebagi menjadi dua macam, yaitu zeolit buatan atau sintesis, dan zeolit alam. Zeolit alam terbentuk dialam oleh proses fisika dan kimia yang kompleks dari batu-batuan (Lestari, 2010). Optimalisasi zeolit sebagai adsorben, pada umumnya dilakukan melalui aktivasi. Ada dua macam jenis aktivasi, yaitu secara fisika dan kimia, untuk proses aktivasi secara fisika, melalui proses pemanasan sedangkan aktivasi kimia, dapat dilakukan menggunakan larutan asam, seperti HCL dan H₂SO₄ (Dian, 2012). Zeolit yang telah mengalami aktivasi dapat digunakan sebagai adsorben logam dengan kemampuan yang lebih baik dibandingkan sebelum diaktivasi (Wahidatun,dkk, 2015).

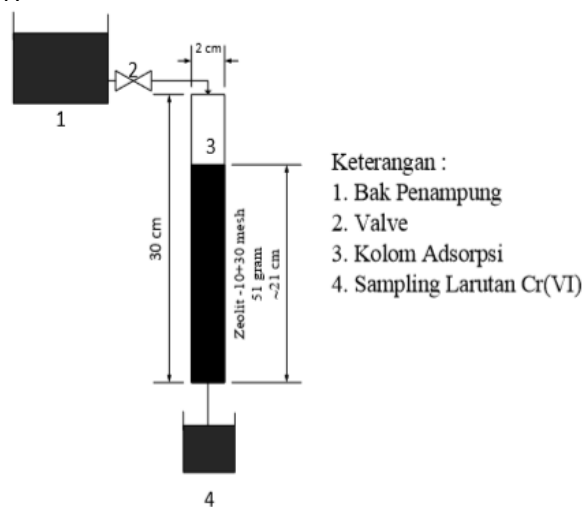
Proses adsorpsi dapat dilakukan melalui beberapa metode, yaitu secara *batch* maupun kontinyu. Proses secara *batch* biasanya digunakan untuk keperluan skala kecil seperti di farmasi. Pada proses ini adsorben dan larutan umpan akan dikontakkan dalam sebuah wadah. Untuk

proses kontinyu bisa digunakan kolom adsorpsi sebagai penahan adsorben. Larutan umpan akan kontak dengan adsorben didalam kolom secara terus menerus hingga proses adsorpsi terjadi. Proses kontinyu memiliki rata-rata daya adsorpsi yang lebih tinggi dibanding proses *batch* (Adriyani&Mohammad, 2000). Penelitian ini dilakukan menggunakan zeolit alam diaktivasi H₂SO₄ 0,5 M untuk adsorpsi kontinyu dengan variasi laju alir larutan umpan dan variasi konsentrasi Cr(VI).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat penelitian yang digunakan yaitu neraca analitik, oven, thermometer, *hotplate* dan *magnetic stirrer*, pH meter, ayakan 10 mesh, ayakan 30 mesh, spektrofotometer UV-Visible, kertas saring serta peralatan gelas.



Gambar 1. Rangkaian alat adsorpsi

Bahan penelitian yang digunakan yaitu Padatan zeolit alam, K₂Cr₂O₇, H₂SO₄, 1,5-*diphenylcarbazine*, H₃PO₄ pure analisis, tepung kanji, Aquades, kertas saring.

Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini prosedur dilakukan melalui beberapa tahapan diantaranya ialah persiapan zeolit alam, aktivasi zeolit alam dengan asam sulfat 0.5 M, karakterisasi

zeolit alam dengan FTIR dan BET, pembuaatan sampel sintetik Cr(VI), selanjutnya penelitian dilanjutkan ke proses adsorpsi dalam kolom secara kontinu serta pada tahap akhir dilakukan analisa dengan Spektrofotometer UV-Vis.

Persiapan Zeolit Alam

Metode aktivasi dengan H_2SO_4 didasarkan pada penelitian Wahidatun (2015). Adapun prosesnya yaitu mencampurkan 1000 mL larutan H_2SO_4 0,5 M dengan 100 gram zeolit alam kemudian melakukan pengadukan dengan waktu pengadukan selama 120 menit lalu mencuci zeolit alam hasil filtrasi hingga didapatkan pH larutan mendekati pH aquades selanjutnya mengeringkan zeolit alam pada oven dengan temperatur $105^\circ C$ dalam waktu 30 menit dan dilakukan penimbangan sampai didapatkan massa zeolite yang konstan.

Pembuatan Sampel Sintetik Cr(VI)

Pembuatan sampel sintetik berdasarkan Standard Method, pembuatan larutan sampel sintetik Cr(VI) dengan konsentrasi 1000 ppm adalah sebagai berikut yaitu melakukan penimbangan $K_2Cr_2O_{7(s)}$ sejumlah 2,8292 gram, kemudian melarutkan padatan $K_2Cr_2O_{7(s)}$ dalam aquades sehingga volumenya mencapai 1000 mL.

Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi Cr(VI) dengan menggunakan zeolit alam teraktivasi H_2SO_4 dilakukan pada zeolit alam seberat 55 gram. Kemudian ke dalam kolom adsorpsi berisi zeolit alam teraktivasi H_2SO_4 ditambahkan limbah sintesis Cr(VI) yang memiliki konsentrasi masing-masing yaitu 60, 80, dan 100 ppm dengan laju alir 4, 6, 8, dan 10 ml/menit. Untuk penetapan konsentrasi Cr(VI) di penelitian ini didasarkan pada

konsentrasi limbah Cr(VI) dari industri penyamakan kulit sekitar 80,067 ppm. Kemudian, adsorpsi dilakukan menggunakan kolom adsorpsi secara kontinyu pada kondisi ruang. Kemudian, dilakukan pengambilan sampel hasil adsorpsi setiap 15 menit.

Analisa Kandungan Cr(VI) dengan Spektrofotometer UV-VIS

Pengujian kadar Cr(VI) didalam larutan dapat dilakukan melalui metode APHA 3500-Cr b yang menggunakan 1,5-*diphenylcarbazide* sebagai pengompleks pada kondisi asam sekitar $pH = 2 \pm 0,5$. Adapun pengujiannya dilakukan sebagai berikut yaitu melakukan pengondisian larutan sampel Cr(VI) pada suhu ruang, menambahkan 5 tetes asam fosfat (H_3PO_4) pure analisis atau sekitar 0,25 mL pada larutan sampel, mengencerkan larutan sampel dengan aquades hingga volume 100 mL, menambahkan asam sulfat (H_2SO_4) 0,2 N untuk mengatur pH hingga $2 \pm 0,5$, menambahkan 2 mL larutan 1,5-*diphenylcarbazide* sebanyak 2 ml ke dalam larutan sampel, kemudian melakukan pendiaman selama 5–10 menit agar terbentuk kompleks yang menghasilkan warna merah keunguan pada larutan sampel, dan menganalisa larutan sampel menggunakan sprktrofotometer UV-Visible pada panjang gelombang 543nm, menggunakan kurva standar Cr(VI) dengan konsentrasi 0 ppm, 0.5 ppm, 1 ppm, 1.5 ppm, dan 2.5 ppm. Perhitungan penyisihan kadar Cr(VI) (%) pada sampel sesuai dengan rumus berikut.

$$\text{Penyisihan (\%)} = (C_0 - C) / C_0 \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan : C_0 = Konsentrasi awal Cr(VI)
 C = Konsentrasi Cr(VI) sesudah proses adsorpsi

Karakterisasi Zeolit Alam secara BET

BET digunakan untuk mengetahui luas permukaan dan porositas zeolit alam baik sebelum aktivasi maupun sesudah aktivasi dengan H_2SO_4 (Asam Sulfat) dilaksanakan di Laboratorium Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Karakterisasi XRF (X-Ray Fluorescence)

Analisa XRF (X-Ray Fluorescence) untuk mengetahui kandungan unsur bahan mulai dari Natrium sampai Uranium yang terkandung pada zeolit alam baik sebelum aktivasi maupun sesudah aktivasi dengan H_2SO_4 (Asam Sulfat) dilaksanakan di Laboratorium Sentral (Laboratorium Mineral dan Material Maju), Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang.

Karakterisasi Zeolit Alam secara FT-IR (Fourier Transform- Infra Red)

FT-IR (Fourier Transform- Infra Red) digunakan dalam menganalisa sampel dengan metode spektroskopi *infrared* secara kualitatif. Analisa FT-IR ini akan menghasilkan gugus fungsional yang terkandung pada zeolit alam baik sebelum aktivasi maupun sesudah aktivasi dengan H_2SO_4 (Asam Sulfat) dilaksanakan di Laboratorium Sentral (Laboratorium Mineral dan Material Maju), Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

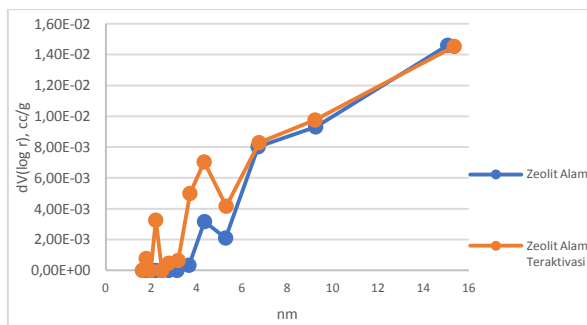
Karakterisasi BET

Karakterisasi dengan BET digunakan untuk mengetahui beberapa karakteristik seperti *surface area* rata-rata, *volume* total, *pore radius*, distribusi pori dan mengetahui salah satu dari lima tipe isoterm yaitu isoterm tipe I, tipe II, tipe III, tipe IV, tipe V atau tipe VI.

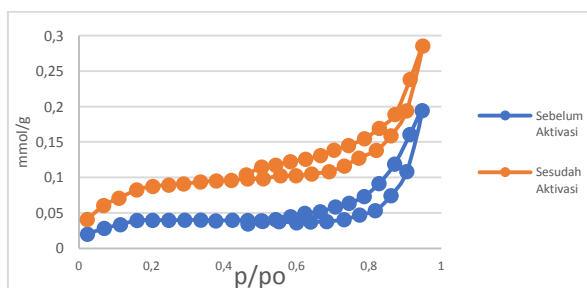
Tabel 1. Tabel hasil karakterisasi BET terhadap zeolit alam dan zeolit alam diaktivasi

Jenis Zeolit	<i>Surface</i>		
	<i>Area Rata-Rata</i> (m^2/g)	<i>Volume Total</i> (cc/g)	<i>Pore Radius</i> (nm)
Zeolit Alam	2.94611	6.7486 $\times 10^{-3}$	6.71334
Zeolit Alam Diaktivasi	6.77232	9.9107 $\times 10^{-3}$	4.3355

Tabel 1 menunjukkan terjadi peningkatan *surface area* rata-rata dan *volume* total dari zeolit alam ke zeolit alam diaktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa proses aktivasi secara kimia dengan menggunakan H_2SO_4 0,5 M menyebabkan hilangnya pengotor serta mengalami proses dealuminasi yang akan dibuktikan pada hasil karakterisasi dengan XRF. Penurunan *pore radius* setelah proses aktivasi diakibatkan terbukanya pori-pori kecil yang sebelumnya tertutup oleh pengotor. Hal ini bisa dilihat pada gambar 2 yang menunjukkan distribusi pori zeolit alam dan zeolit alam diaktivasi. Dari grafik dapat disimpulkan bahwa proses aktivasi akan meningkatkan secara signifikan pada radius pori 2-6 nm. Peningkatan nilai radius pori pada rentan yang lebih kecil tersebut membuat rata-rata pori zeolit alam diaktivasi akan lebih kecil dibandingkan dengan zeolit alam sebelum diaktivasi.



Gambar 2. Grafik distribusi pori zeolit alam dan zeolit alam diaktivasi



Gambar 3. Grafik *full isotherm* bet untuk zeolit alam dan zeolit alam diaktivasi

Data lain yang akan didapatkan yaitu mengetahui salah satu dari lima tipe isoterm yaitu isoterm tipe I, tipe II, tipe III, tipe IV, tipe V atau tipe VI. Berdasarkan gambar 3 menunjukkan pola adsorpsi zeolit alam dan zeolit alam diaktivasi yang sama. Pola yang ditunjukkan kenaikan jumlah nitrogen yang terserap pada tekanan relatif rendah, kemudian tidak terjadi kenaikan secara signifikan dibagian tengah dan kembali naik secara signifikan pada tekanan relatif mendekati nilai satu. Klasifikasi isoterm ini merupakan isoterm tipe IV, dimana jenis adsorpsi dari padatan berpori meso dengan ukuran pori pada rentang 2-50 nm (Gregg & Sing 1982). Pola *loop histerisis* ditekanan relatif pada rentang 0,55 sampai 0,8, yang berarti distribusi ukuran porinya hampir sama pada sekitar 3 – 6 nm (Choi et al. 2008). Berdasarkan karakter isoterm IV tersebut, zeolit alam dan zeolit alam

diaktivasi memiliki karakterisasi berpori meso.

Karakterisasi XRF XRF (X-Ray Fluorescence)

Secara umum zeolit yang terdapat di alam masih mengandung banyak pengotor-pengotor organik dan anorganik yang menutupi pori-pori dari zeolit, sehingga untuk meningkatkan kemampuan daya adsorpsinya perlu dilakukan proses aktivasi terlebih dahulu (Khairinal dan Trisunaryanti, 2000)

Berikut adalah hasil uji XRF dari zeolite alam sebelum dan sesudah aktivasi :

Tabel 2. Hasil Uji XRF

Komponen	Zeolit Alam Sebelum Aktivasi	Zeolit Alam Setelah Aktivasi
	Kadar %	Kadar %
Al	6.2	5.7
Si	26.4	34.5
P	1.1	0
S	0.9	6.2
K	3.29	3.4
Ca	34.2	19
Ti	1.23	1.31
V	0.05	0.03
Cr	0.17	0.05
Mn	1.3	1
Fe	21.3	16.4
Ni	0.057	0.03
Cu	0.13	0.094
Zn	0.15	0.11
Sr	0.4	0
Eu	0.1	0.2
Yb	0.08	0
Re	0.35	0.2

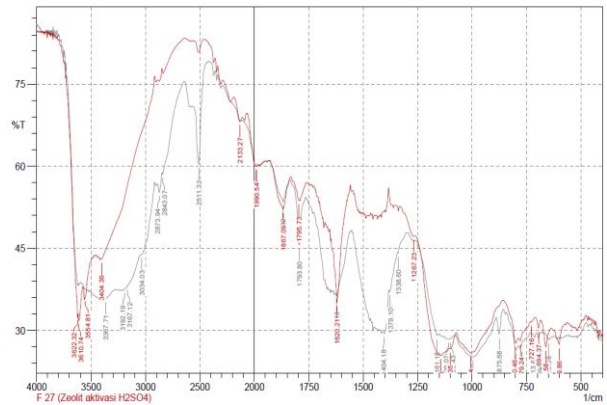
Proses aktivasi kimia zeolit alam dapat dilakukan dengan asam atau basa yang memiliki tujuan meningkatkan daya adsorpsi, untuk proses aktivasi dengan asam

akan mengakibatkan terjadinya demineralisasi yaitu ditandai dengan berkurangnya kandungan logam dan pengotor-pengotor anorganik yang menutup pori-pori pada zeolit alam (Jing, 2007). Semakin tinggi konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) sebagai aktivator maka semakin efektif dalam menghilangkan pengotor-pengotor pada permukaan zeolit. Hal ini menyebabkan luas permukaannya semakin meningkat dan daya adsorpsinya juga meningkat. (Yusniyiah, 2017).

Berdasarkan tabel 4.2 diatas, dapat dilihat bahwa pada hasil uji XRF membuktikan terjadinya proses aktivasi secara kimia yang dilakukan melalui proses pengasaman menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) sebesar 0,5 M untuk mengurangi pengotor-pengotor anorganik (Lestari, 2010). Pengotor yang berkurang berupa kation-kation di dalam zeolit alam. Kation tersebut berupa logam K, Ca, Fe, Mn. Selama proses perlakuan dengan asam, ion H^+ akan menggantikan kation-kation yang tidak terikat secara kuat di dalam kerangka zeolit dan mengatur kembali letak atom yang dapat dipertukarkan (Tarlan-Yel & Onen 2010). Yang perlu diperhatikan dalam hasil uji tersebut adalah meningkatnya komponen sulfur, hal ini disebabkan oleh proses aktivasi kimia menggunakan asam sulfat sehingga hasil analisa setelah aktivasi menunjukkan adanya peningkatan kandungan sulfur

Karakterisasi FT-IR (*Fourier Transform-Infra Red*)

Adapun untuk hasil uji FT-IR zeolit alam dan zeolit alam diaktivasi ditunjukkan pada Gambar 4 dan Tabel 3 dibawah ini.



— Zeolit alam
— Zeolit alam diaktivasi

Gambar 4. Spektra IR zeolit alam dan zeolit alam diaktivasi

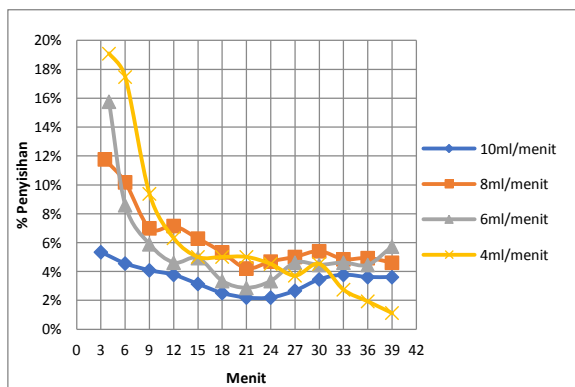
Tabel 3. Hasil pengujian FT-IR zeolit dan zeolit diaktivasi

No	Gugus	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Sampel	
			Zeolit	Zeolit Diaktivasi
1	C-O Alkohol/ eter/ asam karboksila t/ ester	1050-1300	✓	✓
2	O-H Alkohol hidrogen / fenol	3200 – 3650	-	✓
3	O-H Alkohol monomer / fenol	3590-3650	-	✓

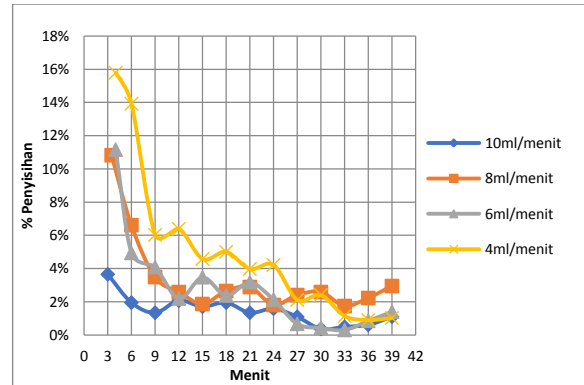
Hasil pengujian FT-IR menunjukkan bahwa zeolit yang digunakan pada penelitian ini memiliki gugus karboksilat saja, setelah diaktivasi menggunakan asam sulfat muncul gugus O-H ini disebabkan oleh ion H^+ pada asam sulfat yang bereaksi dengan gugus O pada Si-O sehingga mengubah Si-O menjadi Si-OH.

Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan Cr(VI) dan Laju Alir dalam Kolom terhadap Adsorpsi dengan Zeolit Alam Diaktivasi

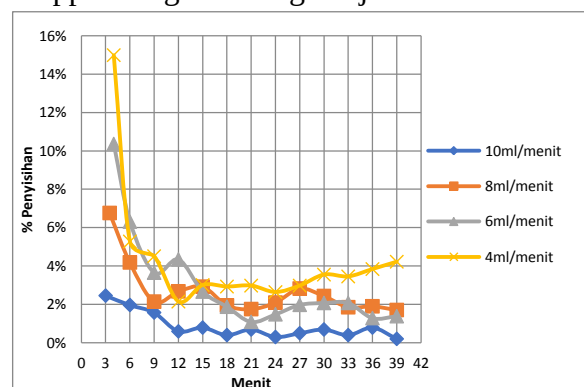
Limbah penyamakan kulit menghasilkan limbah Cr(VI) pada kisaran konsentrasi 80 ppm, sehingga penelitian ini menggunakan limbah sintesis Cr(VI) dengan konsentrasi 60, 80 dan 100 ppm. Proses adsorpsi secara kontinu pada kolom adsorpsi memiliki faktor yang paling berpengaruh yaitu waktu tinggal dalam kolom. Waktu tinggal dalam kolom dikorelasikan dengan kecepatan laju alir umpan yang masuk ke dalam kolom. Semakin cepat laju alirnya maka waktu tinggal dalam kolom akan semakin singkat (Fogler, 1992). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum untuk mendapatkan persen penyisihan yang paling baik.



Gambar 5. Persen penyisihan Cr(VI) dengan zeolit alam diaktivasi pada konsentrasi awal 60 ppm dengan berbagai laju alir



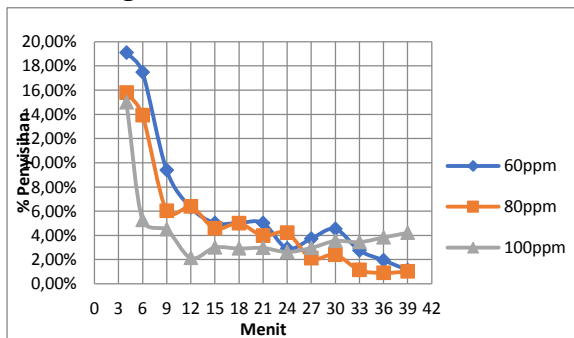
Gambar 6. Persen penyisihan Cr(VI) dengan zeolit alam diaktivasi pada konsentrasi awal 80 ppm dengan berbagai laju alir



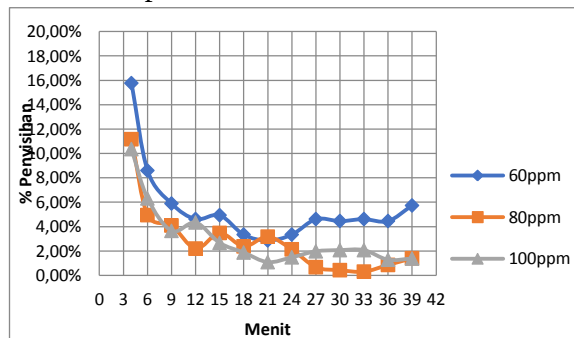
Gambar 7. Persen penyisihan Cr(VI) dengan zeolit alam diaktivasi pada konsentrasi awal 100 ppm dengan berbagai laju alir

Gambar-gambar diatas menunjukkan pada berbagai variabel umpan dan berbagai laju alir memiliki persen penyisihan terbesar pada keluaran *sampling* pertama kolom adsorpsi. Hal ini dikarenakan zeolit alam diaktivasi yang digunakan sebagai adsorben dalam kondisi belum ada Cr(VI) yang teradsorb. Seiring berjalannya waktu persen penyisihan dari keseluruhan variabel akan menurun. Penurunan ini diakibatkan zeolit alam diaktivasi sebelumnya telah mengadsorp sebagian Cr(VI), sehingga sebagian tempat dalam adsorben telah terdapat Cr(VI). Semakin lama proses adsorpsi berlangsung konsentrasi keluaran kolom Cr(VI) akan mendekati dengan konsentrasi umpan Cr(VI). Namun secara

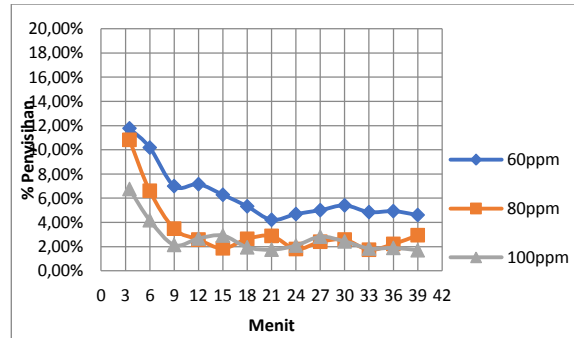
keseluruhan terdapat data fluktuasi baik penurunan maupun peningkatan untuk persen penyisihannya. Hal ini dikarenakan zeolit alam diaktivasi yang digunakan memiliki karakterisasi interaksi antar adsorben dan adsorbatnya tergolong lemah, sehingga dimungkinkan selama proses elusi berlangsung ada sebagian Cr(VI) yang terlepas kembali. Terlepasnya Cr(VI) tersebut dapat membuat persen penyisihan berkurang.



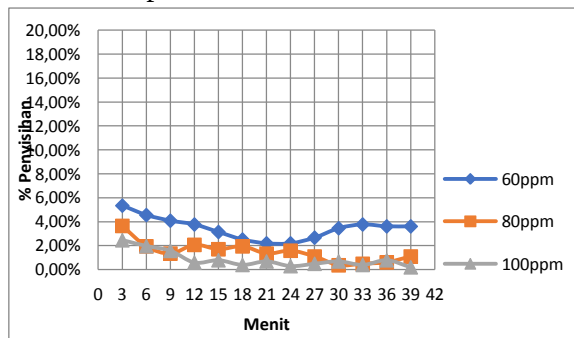
Gambar 8. Persen penyisihan Cr(VI) dengan zeolit alam diaktivasi pada laju alir 4 ml/menit dengan berbagai konsentrasi larutan umpan



Gambar 9. Persen penyisihan Cr(VI) dengan zeolit alam diaktivasi pada laju alir 6 ml/menit dengan berbagai konsentrasi larutan umpan



Gambar 10. Persen penyisihan Cr(VI) dengan zeolit alam diaktivasi pada laju alir 8 ml/menit dengan berbagai konsentrasi larutan umpan



Gambar 11. Persen penyisihan Cr(VI) dengan zeolit alam diaktivasi pada laju alir 10 ml/menit dengan berbagai konsentrasi larutan umpan

Dari data persen penyisihan, dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk kondisi optimum adsorpsi untuk variabel dengan konsentrasi larutan umpan Cr (VI) terkecil yaitu 60 ppm dan kecepatan laju alir terkecil pula yaitu 4ml/menit. Semakin kecil laju alirnya maka waktu tinggal dalam kolom akan semakin lama (Fogler, 1992), sehingga adsorpsi berjalan lebih lama dan persen penyisihan semakin besar. Kondisi optimum pada larutan umpan terkecil ini sesuai pada referensi Vargas dkk., (2012) yang menyatakan bahwa persentase penyisihan berbanding terbalik dengan semakin tingginya konsentrasi larutan. Semakin kecil konsentrasi awal larutan (C_0) Cr(VI), maka pada setiap 1 gram sisi aktif adsorben akan dapat lebih banyak mengikat Cr(VI) dibanding dengan konsentrasi larutan

Cr(VI) yang tinggi. Pada konsentrasi larutan yang rendah, partikel adsorbat akan mudah bergerak sehingga mudah untuk teradsorpsi, sedangkan pada konsentrasi larutan yang tinggi, partikel adsorbat saling menghalangi sehingga sulit untuk teradsorpsi (Liu, 2007).

KESIMPULAN

Laju alir optimum untuk proses adsorpsi adalah pada laju alir terkecil yaitu 4 ml/menit untuk persen penyisihan optimum adsorpsi terjadi pada variabel dengan konsentrasi larutan umpan Cr (VI) terkecil yaitu 60 ppm dan kecepatan laju alir terkecil pula yaitu 4ml/menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriyani, Retno dan Mohammad Razif. 2000. *Uji Kemampuan Furnace Bottom Ash (FBA) Sebagai Media Adsorpsi untuk Menurunkan Kadar Tembaga (Cu) dalam Air*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP, ITS Surabaya.
- American Public Health Association. 1999. *Standard Method for Examination of Water and Wastewater*. American Water Works Association: Water Environment Federation.
- APHA (American Public Health Association). 1989. *Standard methods for the examination of water and waste water*. American Public Health Association (APHA). American Water Works Association (AWWA) and Water Pollution Control Federation (WPCF). 17th ed. Washington
- Choi J, Kim J, Yoo KS & Lee TG. 2008, *Synthesis of mesoporous TiO₂/γ-Al₂O₃ composite granules with different sol composition and calcination temperature*, Powder Technology.181: 83-88.
- Dian, Kresnadapayana. 2012. *Pemanfatan Zeolit Alamdan Limbah Kayu Aren untuk Menurunkan Logam Cr(VI) pada Limbah Cair Batik*. Pascasarjana Program Studi Ilmu Lingkungan UNS Surakarta.
- Fogler, S, 1992, *Element of Chemical Reaction Engineering*, 3 ed., John Wiley and Sons, New York.
- Gregg SJ & Sing KSW. 1982. *Adsorption, Surface Area and Porosity*.2nd Edition, London: Academic Press.
- Lestari, Dewi Yuanita. 2010. *Kajian modifikasi dan karakterisasi zeolit alam dari berbagai negara*. Pendidikan Kimia UNY Yogyakarta.
- Lestari, Dewi Yuanita. 2010. *Kajian modifikasi dan karakterisasi zeolit alam dari berbagai negara*. Pendidikan Kimia UNY Yogyakarta.
- Liu, Shubin. 2007. Steric effect : a quantitative description from density functional theory. *Journal of Chemical Physics*, Vol. 126, 244103
- Sriatun, dkk. 2005. *Dealuminasi Zeolite Alam Cipatujah Melalui Penambahan Asam dan Oksidator*. Jurusan Kimia : FMIPA UNDIP Semarang
- Sugihartono. 2016. *Pemisahan krom pada limbah cair industri penyamakan kulit menggunakan gelatin dan flokulan anorganik*. Majalah Kulit, Karet, dan Plastik Yogyakarta.
- Utami, Budi dan Siti Solikah. 2014. *Perbedaan Penggunaan Zeolit Alam Teraktivasi dan Zeolit Alam*

- Terimobilisasi untuk Penyerapan Ion Logam Tembaga*. Pendidikan Kimia FMIPA UNS Surakarta.
- Vargas, Claudia., et al. 2012. Bioadsorption using compost : an alternative for removal of chromium (VI) from aqueous solutions. *BioResources*, 7 (3) 2711-2727.
- Wahidatun, Khoirul, dkk. 2015. *Kesetimbangan, Kinetika dan Termodinamika Adsorpsi Logam Cr(VI) pada Zeolit Alam dari Klaten yang Teraktivasi Asam Sulfat*. Jurusan Kimia SAINTEK UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Wardhani, E., Dirgawati M. dan Valyana K.P., 2012. *Penerapan Metode Elektrokoagulasi dalam Pengolahan Air Limbah Industri Penyamakan Kulit*. Jurusan Teknik Lingkungan, Itenas Bandung.
- Yusyniyyah, Siti Irma. 2017. Adsorpsi Logam Cu, Fe, Dan Pb Pada Limbah Laboratorium Kimia Uin Maliki Malang Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat (H₂so₄) Dengan Variasi Konsentrasi. Malang : UIN Malang.