

PENURUNAN KADAR Cr DALAM LIMBAH PENYAMAKAN KULIT SECARA ADSORPSI MENGGUNAKAN ABU LAYANG

Giyatmi^{1*} dan Fazliyana²

¹Teknokimia Nuklir, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-Badan Tenaga Nuklir Nasional.
Jl. Babarsari P.O.Box 6101 YKBB Yogyakarta 55281,

²Gamma Mitra Lestari. Jln RC Veteran no 1-i Bintaro, Jakarta Selatan 12330

*Email : giyatmi@batan.go.id atau giat_78@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian mengenai kemampuan abu layang dalam mengadsorpsi logam berat Cr pada limbah cair industri penyamakan kulit. Tujuan penelitian ini untuk menurunkan kandungan logam Cr dalam limbah penyamakan kulit menggunakan abu layang dengan variasi kecepatan pengadukan, jumlah abu layang, lama pengadukan dan kadar limbah cair dan menentukan kinetika adsorpsi serta model kesetimbangan isoterm. Penelitian dilakukan dengan mengkontakkan abu layang dengan limbah cair yang mengandung Cr secara batch dengan variasi lama pengadukan, konsentrasi, jumlah abu layang, dan kecepatan pengadukan serta metode analisisnya menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa makin lama waktu pengadukan, maka makin banyak logam yang teradsorpsi, sehingga efisiensi makin tinggi. Pengadukan yang baik adalah 15-20 menit. Makin kecil konsentrasi limbah, maka efisiensi penyerapan logam semakin baik, konsentrasi yang baik adalah 2-4 kali pengenceran. Makin banyak jumlah abu layang yang digunakan maka makin banyak logam yang teradsorpsi, dan efisiensi makin tinggi. Penyerapan paling baik saat menggunakan kecepatan pengadukan yang kecil, yakni kecepatan skala 1. Pada kinetika adsorpsi didapatkan proses adsorpsi mengikuti persamaan orde dua dengan persamaan kecepatan reaksi $-r = -\frac{dC}{dt} = 0,000357 [C]^2$ serta model kesetimbangan Langmuir

dengan persamaan dan konstanta empiris $q_e = \frac{2,1645 C_e}{1 + 0,08658 C_e}$

Kata kunci : abu layang, adsorpsi, logam Cr

1. PENDAHULUAN

Apabila bahan buangan anorganik masuk ke dalam air lingkungan maka akan terjadi peningkatan jumlah ion logam dalam air. Bahan buangan anorganik biasanya berasal dari industri yang melibatkan penggunaan unsur-unsur logam berat (Hg, Pb, Co, Cu, Zn, Cr) (Wardhana, 1994). Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm³ dan atau yang mempunyai sifat berbahaya bagi makhluk hidup antara lain logam Hg, Pb, Co, Cu, Zn, As, Cr, Fe, Hg, Ni, Cu dan sebagainya. Sejak digunakannya bahan kimia untuk penyamakan kulit, pada saat itu pula persoalan limbah muncul. Bahan chrom yang digunakan untuk menyamak kulit ternyata sangat berbahaya bagi kesehatan, terutama sekali pada kulit manusia.

Abu layang merupakan limbah padat hasil dari proses pembakaran di dalam *furnace* pada PLTU yang kemudian terbawa keluar oleh sisa-sisa pembakaran serta ditangkap dengan menggunakan elektrostatis precipitator. Sehubungan dengan meningkatnya jumlah pembangunan PLTU berbahan bakar batubara di Indonesia, maka jumlah limbah abu terbang juga akan meningkat. Bahan ini terutama terdiri dari silikon dioksida (SiO₂), aluminium oksida (Al₂O₃) dan besi oksida (Fe₂O₃). Dalam suatu mineral bila terdapat unsur Si dan Al dapat membentuk suatu rangkaian polimer yang berongga. Pada umumnya mineral ini dapat digunakan sebagai penyaring atau penyerap yang sangat baik (Giyatmi, 2008). Salah satu alternatif pemanfaatan abu layang yang dipandang dapat memberikan suatu daya guna bagi keberlangsungan kelestarian lingkungan adalah melalui penggunaan abu layang batubara sebagai adsorben limbah logam berat berbahaya, dengan hasil yang cukup menjanjikan. Hal itu didasari oleh struktur abu layang yang berpori dan luas permukaan yang besar (Irawan, 2014).

Mengingat unsur-unsur utama dalam abu layang adalah silika dan alumina yang mirip dengan zeolit maka abu layang diharapkan dapat digunakan sebagai adsorben. Namun demikian mengingat struktur abu layang yang berada dalam fase kuarsa akibat pembakaran batubara pada

suhu tinggi maka perlu dilakukan aktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Aktivasi ini dilakukan secara termal dan kimia untuk memperbaiki struktur dan pori abu layang sehingga dapat aktif sebagai adsorben (Indrawati, 2009.,Astuti,2010).

Adsorpsi atau penyerapan adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida, cairan maupun gas, terikat kepada suatu padatan atau cairan (zat penyerap, adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terjerap, adsorbat) pada permukaannya (Kundari,2009., Faradilla,2014). Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi diantaranya (Syauqiah dkk,2011) : luas permukaan, konsentrasi adsorbat, kecepatan pengadukan dan waktu kontak, jenis adsorbat, temperatur dan pH. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis kadar logam berat adalah Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) yang dapat digunakan untuk menentukan unsur-unsur didalam suatu bahan dengan kepekaan, ketelitian serta selektivitas yang tinggi (Giyatmi,2008). Pada penelitian ini juga dilakukan perhitungan menentukan kinetika adsorpsi dan model kesetimbangan isoterm yang mendekati Langmuir atau Freundlich.

2. METODOLOGI

2.1. Bahan dan alat

Bahan yang digunakan adalah Abu layang yang berasal dari PLTU Tanjung Jati B Jepara, NaOH 3 M, air suling, limbah cair penyamakan kulit PT Budi makmur. Peralatan yang digunakan adalah Spektrofotometri serapan atom, kompor listrik, pengayak, oven, timbangan analitik, gelas beker, labu leher tiga, thermometer, penyangga dan statif, batang pengaduk, kaca arloji, cawan porselen, stop watch, kertas saring, pipet volume, furnace, Erlenmeyer, stirrer magnetic, gelas ukur, spatula, corong, dan kuvet.

2.2. Cara kerja

2.2.1. Persiapan sampel abu layang (aktivasi abu layang)

- a. Lima puluh gram abu layang direfluks dengan 500 ml larutan NaOH 3 M selama 6 jam pada suhu 90°C.
- b. Produk padatan dicuci dengan aquades sampai netral, dikeringkan.
- c. Bahan kering dipanaskan dalam furnace pada suhu 450°C selama 1 jam
- d. Setelah itu diayak menggunakan mesh 120
- e. Padatan yang dihasilkan yaitu adsorben dari abu layang yang telah diaktivasi dan digunakan untuk adsorpsi logam Cr pada limbah penyamakan kulit.

2.2.2. Pelaksanaan percobaan

- a. Variasi konsentrasi
 - 1) Limbah cair 100 ml dengan konsentrasi awal dimasukkan ke dalam gelas beker.
 - 2) Sebanyak 2,5 gram abu layang dari PLTU Tanjung Jati B yang sudah teraktivasi ditimbang dan dimasukkan ke dalam gelas beker di atas.
 - 3) Selanjutnya diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan skala 1 selama 15 menit.
 - 4) Agar endapan kebawah didiamkan selama 30 menit.
 - 5) Setelah mengendap, disaring, lalu diambil beningan sebanyak 25 ml untuk dianalisis menggunakan SSA.
 - 6) Selanjutnya dilakukan seperti di atas menggunakan konsentrasi limbah awal yang telah diencerkan 2 kali, 4 kali, 5 kali, 8 kali, dan 10 kali.
 - 7) Lalu dihitung efisiensi masing-masing proses.
- b. Variasi lama pengadukan,
- c. Variasi jumlah abu layang,
- d. variasi kecepatan pengadukan.

Percobaan b,c dan d dilakukan seperti pada percobaan a dengan bervariasi lama pengadukan, jumlah abulayang, dan kecepatan pengadukan. Pada saat salah satu divariasikan, maka variabel lain dibuat tetap.

2.3. Analisa data

Analisa data dengan menghitung kinetika adsorpsi dan model kesetimbangan isoterm yang mendekati. Analisis kinetika adsorpsi dapat dilakukan dengan menggunakan pengukuran terhadap sifat fisika dari proses reaksi. Cara menganalisis data kinetika reaksi orde satu dengan grafik hubungan t vs $\ln Ca/Co$ dan dicoba untuk reaksi orde dua dibuat grafik hubungan t vs $1/Ca$ yang

didapat dari integrasi persamaan $r_A = \frac{dC_f}{dt} = k C_f^n$. Model adsorpsi kesetimbangan Langmuir

sesuai dengan persamaan $\frac{1}{qe} = \frac{1}{q.b} \frac{1}{Ce} + \frac{1}{q}$ serta Model adsorpsi kesetimbangan Freundlich $\ln(qe) = \frac{1}{b} \ln(Ce) + \ln(qe)$ (Levenspiel, 1999 dan Kundari, N.A., 2008).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Proses adsorpsi

3.1.1. Variasi lama pengadukan

Pada proses ini, lama pengadukan dibuat divariasikan dari 5-60 menit, sedangkan variabel tetapnya berupa massa abu layang sebesar 2,5 gram, kecepatan pengadukan skala 3, dan volume limbah 100 ml dengan konsentrasi yang telah diencerkan sekitar 2 kali pengenceran dari limbah awal. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran konsentrasi Cr setelah diadsorpsi abu layang dengan variasi waktu pengadukan

waktu (menit)	konsentrasi (PPm)	efisiensi (%)
Mula-mula	310,910	-
5	133,360	57,107
15	65,986	78,776
30	58,710	81,117
45	48,265	84,476
60	36,881	88,138

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa, semakin lama pengadukan dilakukan, atau waktu serap semakin lama, maka semakin tinggi efisiensi adsorpsinya. Hal ini disebabkan oleh waktu serap yang lama akan memberikan kesempatan lebih banyak logam untuk menempel pada abu layang, sehingga semakin banyak adsorben dapat terisi penuh oleh adsorbat. Waktu serap yang relatif singkat dapat menyebabkan proses penyerapan belum optimal. Lama pengadukan 15-20 menit dapat dikatakan baik, karena kenaikan efisiensi masih tinggi.

3.1.2. Variasi konsentrasi

Pada variasi konsentrasi ini, variabel tetap yang digunakan adalah massa abu layang sebesar 2,5 gram, kecepatan pengadukan skala 1, lama pengadukan 15 menit, dan volume limbah 100 ml. Sedangkan konsentrasi limbah dibuat bervariasi dengan cara pengenceran limbah menggunakan aquadest. Hasil pengukuran konsentrasi Cr dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran konsentrasi Cr setelah diadsorpsi abu layang dengan variasi konsentrasi limbah

Kali Pengenceran	Konsentrasi (ppm)	Effisiensi
Limbah awal	758,353	-
1	644,259	15,045
2	80,487	78,773
4	21,020	88,913
5	14,209	90,631
8	7,176	92,429
10	4,505	94,059

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa makin kecil konsentrasi limbah, maka efisiensi adsorpsi abu layang akan semakin tinggi. Hal ini disebabkan jika konsentrasi tinggi maka kompetisi antar ion untuk terjerat di permukaan adsorben semakin besar, atau dengan kata lain terlalu padat, sehingga terjadi banyak tumbukan. Sedangkan dengan konsentrasi yang lebih rendah, adsorben mempunyai lebih banyak kesempatan untuk menjerat logam. Semakin besar angka

pengenceran berarti konsentrasi semakin rendah. Konsentrasi yang cukup baik untuk proses adalah pada konsentrasi 2-4 kali pengenceran, karena kenaikan efisiensi cukup tajam. Sedangkan untuk pengenceran yang selanjutnya, kenaikan grafik sudah tidak signifikan.

3.1.3. Variasi Kecepatan Pengadukan

Pada variasi kecepatan pengadukan ini digunakan alat pengaduk (*stirrer*) yang mempunyai skala. Variabel tetapnya adalah massa abu layang sebesar 2,5 gram, lama pengadukan 15 menit, dan volume limbah 100 ml dengan konsentrasi yang telah diencerkan sekitar 2 kali pengenceran dari limbah awal. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran konsentrasi Cr setelah diadsorpsi abu layang dengan variasi kecepatan pengadukan

kecepatan pengadukan (skala)	konsentrasi (ppm)	efisiensi (%)
0	316,357	-
1	128,184	59,481
2	140,948	55,446
3	139,353	55,951
4	142,224	55,043
5	138,076	56,354

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa efisiensi paling tinggi adalah pada pengadukan yang lambat yaitu pada pengadukan skala 1 sebesar 59,481 %, sedangkan dengan kecepatan skala 2-6, efisiensi tidak mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan karena abu layang mempunyai kesempatan lebih besar dalam menyerap logam. Jika pengadukan terlalu kuat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

3.1.4. Variasi jumlah abu layang

Pada variasi jumlah abu layang ini, variabel tetapnya adalah kecepatan pengadukan skala 1, lama pengadukan selama 15 menit, dan volume limbah 100 ml dengan konsentrasi yang telah diencerkan sekitar 2 kali pengenceran dari limbah awal. Hasilnya pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran konsentrasi Cr setelah diadsorpsi abu layang dengan variasi massa abu layang

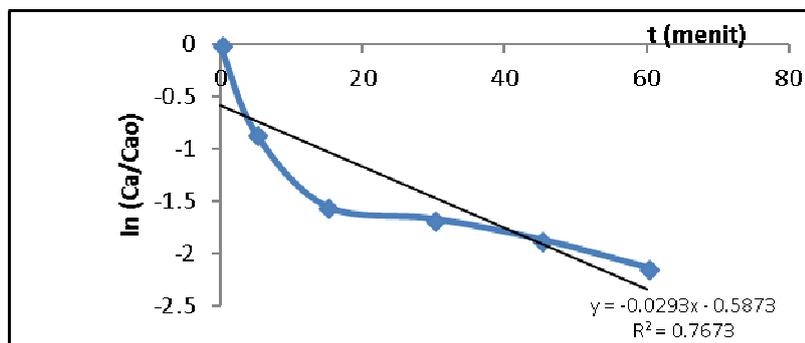
massa (gram)	konsentrasi (ppm)	efisiensi (%)
Mula-mula	311,456	-
1	178,780	42,598
2	124,263	60,102
3	54,185	82,603
4	31,534	89,875
5	22,33	92,830
6	19,763	93,654

Berdasarkan Tabel 4, semakin banyak abu layang yang digunakan maka semakin tinggi efisiensi adsorpsinya. Hal ini disebabkan karena semakin banyak abu layang, maka semakin banyak adsorbat yang dapat terjerat, sehingga semakin banyak adsorben maka efisiensi makin mendekati 100%. Jumlah abu layang yang cukup baik untuk proses, ditandai dengan kenaikan efisiensi yang tinggi adalah pada massa 3-4 gram. Jika melebihi massa tersebut, kenaikan efisiensi sudah tidak signifikan atau hanya sedikit kenaikannya.

3.2. Penentuan kinetika reaksi

3.2.1. Orde 1

Grafik hubungan antara waktu dengan ln Ca/Cao hasilnya dapat dilihat pada Gambar 1.

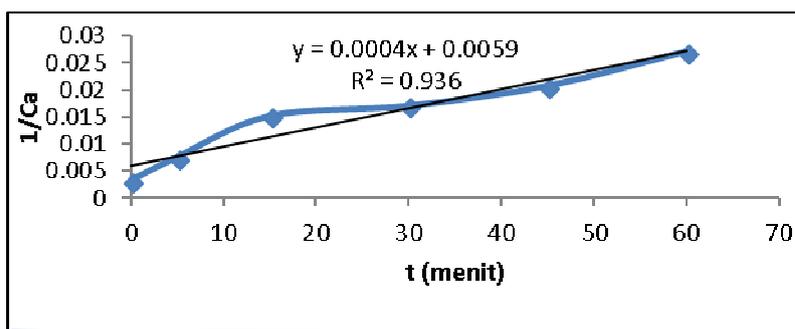


Gambar 1. Grafik hubungan ln Ca/Co dengan t

Berdasarkan Gambar 1 tersebut diperoleh persamaan linier $y = -0,0293x - 0,5873$ dan harga koefisien determinan $R^2 = 0,767$ harga ini masih jauh dari nilai satu.

3.2.2. Orde 2

Grafik hubungan antara waktu dengan 1/ca yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan t dengan 1/ Ca

Berdasarkan Gambar 2 diperoleh persamaan linier $y = 0,0004x + 0,0059$ dan harga koefisien determinan $R^2 = 0,936$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa reaksi tersebut adalah reaksi orde dua dengan persamaan kecepatan reaksi

$$-r = -\frac{dC_A}{dt} = 0,000357[C]^2 \text{ ppm/s.}$$

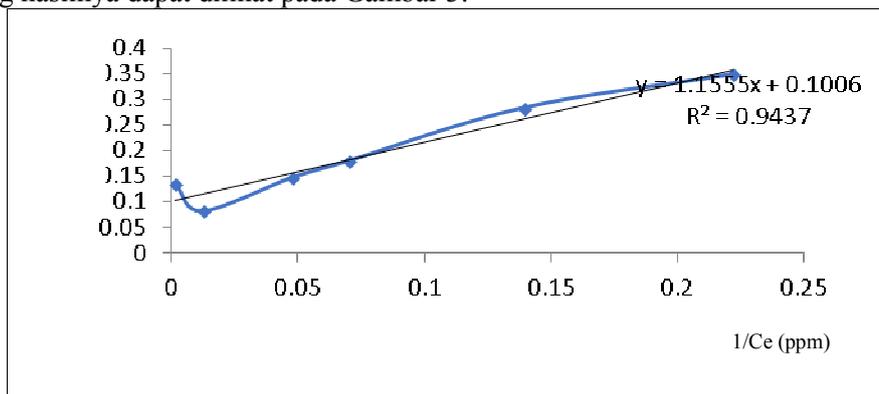
3.3. Penentuan model adsorpsi isoteremis kesetimbangan

3.3.1. Model adsorpsi isoteremis langmuir

Tabel 5. Data hubungan 1/qe dengan 1/Ce.

C awal, ppm	Ce, ppm	qe, mg/g	1/qe	1/ce
758,353	644,259	7,3985	0,1351	0,0015
379,177	80,487	12,3017	0,0813	0,0124
189,588	21,020	6,8353	0,1463	0,0476
151,671	14,209	5,5609	0,1798	0,0704
94,794	7,176	3,8407	0,2828	0,1393
75,835	4,505	2,8730	0,3480	0,2219

Untuk mencocokkan dengan model Langmuir dibuat grafik hubungan antara $1/q_e$ dengan $1/C_e$ yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan $1/C_e$, ppm dengan $1/q_e$, mg/g

Dari Gambar 3 diperoleh grafik linier dengan nilai koefisien korelasi $R^2 = 0,943$ mendekati 1. Maka diperoleh persamaan kesetimbangan adsorpsi Langmuir yang mewakili proses yang terjadi

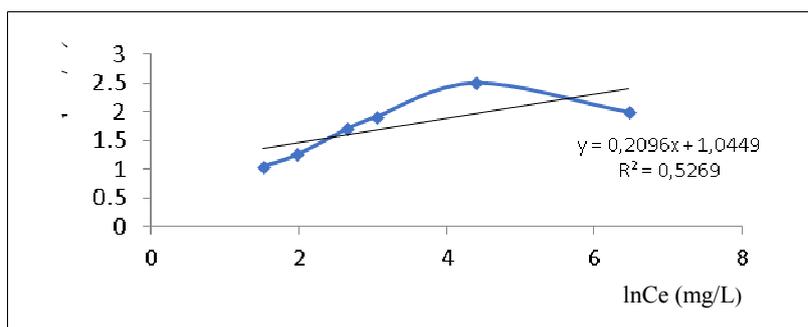
$$\text{adalah } q_e = \frac{0,8658 C_e}{1 + 0,08658 C_e}$$

3.3.2. Model adsorpsi isoterms Freundlich

Tabel 6. Hubungan antara $\ln x/m$, mg/g dengan $\ln c_e$, mg/L

C awal, ppm	x/m, mg/g	Ce, ppm	$\ln x/m$	$\ln c_e$
758,353	7,3985	644,259	2,001277	6,4681
379,177	12,3017	80,487	2,509739	4,3881
189,588	6,8353	21,020	1,922088	3,0455
151,671	5,5609	14,209	1,715775	2,6538
94,794	3,8407	7,176	1,263081	1,9707
75,835	2,8730	4,505	1,055369	1,5052

Untuk mencocokkan dengan model Freundlich dibuat grafik hubungan antara $1/q_e$ dengan $1/C_e$ yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hubungan antara $\ln c_e$, mg/L dengan $\ln x/m$, mg/g

Berdasarkan Gambar 4. dapat dilihat nilai koefisien korelasi R^2 persamaan kesetimbangan model Freundlich nilai $R^2 = 0,526$ sehingga persamaan kesetimbangan adsorpsi Freundlich yang mewakili proses yang terjadi adalah $x / m = 0,04306.C^{4,7847}$. Berdasarkan nilai R^2 kedua model tersebut, model langmuir lebih mendekati 1 dibanding model freundlich, hal ini membuktikan bahwa data-data yang didapat mengikuti model persamaan Langmuir dari pada Freundlich, dari hal tersebut reaksi yang terjadi pada adsorpsi Cr dalam limbah dengan abu layang dapat diwakili oleh persamaan kesetimbangan adsorpsi model Langmuir. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Kundari (2009) untuk adsorpsi Fenol dalam limbah dengan menggunakan zeolit

teraktivasi diperoleh persamaan mengikuti reaksi orde dua dan mendekati model kesetimbangan Langmuir.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

- Makin lama waktu pengadukan, maka makin banyak juga logam yang teradsorpsi, sehingga efisiensi makin tinggi, lama pengadukan yang baik adalah 15-20 menit.
- Makin kecil konsentrasi limbah, maka efisiensi penyerapan logam akan semakin baik, konsentrasi yang baik adalah 2-4 kali pengenceran.
- Makin banyak jumlah abu layang yang digunakan maka makin banyak logam yang teradsorpsi, sehingga efisiensi makin tinggi, jumlah abu layang yang baik adalah 3-4 gram,
- Penyerapan paling baik adalah saat menggunakan kecepatan pengadukan yang kecil, yakni skala 1 (satu).

e. Proses adsorpsi Cr dengan abu layang mengikuti reaksi orde dua dan mempunyai persamaan kecepatan reaksi $-r = -\frac{dC_A}{dt} = 0,000357[C]^2$. Dan Model kesetimbangan adsorpsi yang sesuai dengan penelitian ini ialah model kesetimbangan Langmuir dengan persamaan dan konstanta empiris sebagai berikut $q_e = \frac{2,1645 C_e}{1 + 0,08658 C_e}$

Ucapan Terima kasih kepada sdr. Sudaryo yang telah ikut membimbing dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti,W.,Maharani,W.,(2010), Aktivasi Abu Layang Batu Bara dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Timbal Dalam Mengolah Limbah Elektroplating, Jurnal Sains Dan Teknologi Vol 8 No 2
- Faradilla, A.R.,Yulinawati,H.,dan Suswanto,E.,(2016), Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan.
- Giyatmi., Melati,D., (2008), Penurunan Kadar Cu, Cr, dan Ag Dalam Limbah cair Industri Perak di Kotagede Setelah Diadsorpsi dengan Tanah Liat dari Daerah Godean. Prosiding Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir ke IV.
- Indrawati,L.,(2009), Aktivasi Abu Layang Batubara dan Aplikasinya pada Proses Adsorpsi Ion Logam Cr dalam Limbah Elektroplating., Unnes Semarang.
- Irawan,C.,Dahlan,B.,Retno,N.,(2015), Pengaruh Massa Adsorben , Lama Waktu Kontak dan Aktivasi Adsorben Menggunakan HCl Terhadap Efektifitas Penurunan Logam Berat Fe Dengan Menggunakan Abu Layang Sebagai Adsorben,Jurnal Teknologi Terpadu No2 Vol3
- Kundari,N.A.,(2008), Kinetika Kimia,STTN, Yogyakarta.
- Kundari,N.K.,Pambudi,S.L.,(2009),Adsorpsi Fenol dalam Limbah dengan Zeolit Alam Terkalsinasi, Prosiding Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir ke V.
- Levenspiel,O.,(1999),*Chemical Reaction Engineering,Third Edition, John Wiley & Sons New York,Cleichester Weinheim Brisbane Singapore Toronto.*
- Syauqiah,I., Amalia,M.,dan Kartini,H.A.,(2011), Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi limbah Logam Berat dengan Arang Aktif, Jurnal Keilmuan dan Aplikasi TeknikInfo Teknik, Vol 12 no 1.
- Wardhana, W.A.,(1994), Dampak Pencemaran Lingkungan,Yogyakarta, Penerbit Andi.