



**ADSORPSI Pb(II) DALAM LIMBAH CAIR ARTIFISIAL
MENGUNAKAN SISTEM ADSORPSI KOLOM DENGAN
BAHAN ISIAN ABU LAYANG BATUBARA**

TUGAS AKHIR

**Disajikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar ahli mada
Program Studi Teknik Kimia**

**Oleh
Bayu Kurniawan
5511312010**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2015**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

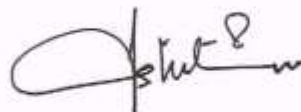
Nama mahasiswa : Bayu Kurniawan
NIM : 5511312010

Tugas Akhir

Judul : ADSORPSI Pb(II) DALAM LIMBAH CAIR ARTIFISIAL
MENGUNAKAN SISTEM ADSORPSI KOLOM DENGAN BAHAN ISIAN ABU
LAYANG BATUBARA

Telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian tugas akhir

Dosen Pembimbing Tugas Akhir
Prodi Teknik Kimia



Dr. Widi Astuti, S.T.,M.T
NIP. 197310172000032001

PENGESAHAN KELULUSAN

Tugas Akhir

Judul : ADSORPSI Pb(II) DALAM LIMBAH CAIR ARTIFISIAL
MENGUNAKAN SISTEM ADSORPSI KOLOM DENGAN BAHAN
ISIAN ABU LAYANG BATUBARA

Oleh : Bayu Kurniawan
NIM. 5511312010

Telah dipertahankan dalam sidang ujian tugas akhir Program Studi Teknik Kimia Fakultas
Teknik Universitas Negeri Semarang, dan disahkan pada :


Hari :

Tanggal :

Dekan Fakultas Teknik

Drs. M. Harlanu, M.Pd.
NIP. 196602151991021001


Ketua Program Studi Teknik Kimia


Dr. Ratna Dewi K, S.T., MT
NIP. 19760311200012001

Penguji Tugas Akhir


Rr. Dewi Artanti Putri, S.T., M.T
NIP. 198711192014042002

Pembimbing Tugas Akhir


Dr. Widi Astuti, S.T., M.T
NIP. 197310172000032001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

**“Be The Best, Do The Best, Get The Best, Always Takes Every Chances, Allah Always
be With You”**

PERSEMBAHAN

(13.02.2015/17:49 WIB/ Unnes-Semarang)

Penyusunan tugas akhir ini yang berjudul **“*ADSORPSI Pb(II) DALAM LIMBAH CAIR ARTIFISIAL MENGGUNAKAN SISTEM ADSORPSI KOLOM DENGAN BAHAN ISIAN ABU LAYANG BATUBARA*”** saya persembahkan untuk :

1. Allah S.W.T
2. Orang Tua beserta Keluarga
3. Khususon alm. Ibuku yang tercinta (8 April 2015)
4. All the mankind of the world
5. 84C (Rhian, Reza, Awi, Atul, Tiwi, Agnes, Dwi)
6. Sahabat “TEKNIK KOMPUTER & JARINGAN 1” ang. 2009, SMKN 1 Cilegon yang telah mendukung
7. Teman sesama berjudul tentang adsorpsi (INDAH, LALA, DWI)
8. Dosen Pembimbing Dr. Widi Astuti, S.T.,M.T.
9. Sahabat D3 Teknik Kimia UNNES ang. 2012
10. Sahabat S1 Teknik Kimia UNNES ang. 2012
11. Adek Angkatan S1 Teknik Kimia UNNES ang. 2013, 2014, and SO ON
12. Sahabat Kakak Angkatan Teknik Kimia ang. 2007, 2008, 2009, 2010, 2011
13. Seluruh Dosen dan Karyawan Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik-Universitas Negeri Semarang
14. Segenap Keluarga Besar Universitas Negeri Semarang
15. HIMPRO TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

INTISARI

ADSORPSI Pb(II) DALAM LIMBAH CAIR ARTIFISIAL MENGGUNAKAN SISTEM ADSORPSI KOLOM DENGAN BAHAN ISIAN ABU LAYANG BATUBARA

Oleh :
BAYU KURNIAWAN

Prodi Teknik Kimia
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Semarang

Batubara merupakan salah satu sumber energi alternatif disamping minyak dan gas bumi. Dipilihnya batubara sebagai sumber energi karena batubara relatif lebih murah dibanding minyak bumi. Khususnya di Indonesia yang memiliki sumber batubara yang sangat melimpah, batubara menjadi sumber energi alternatif yang potensial. Oleh sebab itu, penggunaan batubara di Indonesia meningkat pesat setiap tahunnya. Penggunaan batubara ini menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan yaitu limbah gas seperti CO₂, NO_x, CO, SO₂, hidrokarbon dan limbah padat. Limbah padat tersebut berupa abu, yaitu abu layang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Abu layang memiliki kandungan Si sebesar 56,13% dan Al sebesar 18,49%, sedangkan abu dasar mengandung Si dan Al sebesar 50,58% dan 14,99% (Kula,2008). Karena sifat fisik dan kimia serta jumlah yang dihasilkan, upaya pemanfaatan abu layang lebih besar dibandingkan abu dasar untuk dilakukan, hal tersebut menjadi dasar alasan bagi peneliti untuk melakukan penelitian tentang penggunaan abu layang sebagai adsorben dalam mengadsorpsi limbah logam cair Pb(II) pada metode kolom dengan variasi laju alir dan bentuk.

Pada penelitian ini, adsorpsi kolom dilakukan dengan cara memasukkan adsorben abu layang teraktivasi dengan pemanasan pada suhu 400 °C selama 5 jam pada bentuk abu layang granular dan abu layang serbuk kemudian dialiri larutan limbah Pb(II) artifisial dengan variasi laju alir kemudian hasil sampel effluen diambil setiap 1 jamnya dan diuji dengan menggunakan alat analisis AAS (*Atomic Adsorption Spectrifotometry*) untuk mengetahui konsentrasi yang keluar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh laju alir akan mempengaruhi nilai kapasitas (q_0) dan K_{tH} . Nilai konstanta K_{th} dan q_0 dapat diketahui melalui nilai slope dan intersep terhadap model thomas. Perbedaan laju alir akan mempengaruhi waktu *breakthrough* pada abu layang. Waktu *breakthrough* merupakan waktu yang dibutuhkan pada saat konsentrasi efluen sudah mencapai 50% dari larutan influennya.

Kata Kunci : Pb(II), Adsorpsi Kolom, Abu Layang, Influen, Efluen

Kata Pengantar

Segala puji bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Naskah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Penulis menyadari bahwa pelaksanaan maupun pembuatan Naskah Tugas Akhir dapat berjalan dengan baik berkat dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
2. Dosen Pembimbing Tugas Akhir Ibu Dr. Widi Astuti, S.T., M.T.
3. Segenap Dosen dan Karyawan Prodi Teknik Kimia FT-Unnes
4. Laboran Teknik Kimia bapak Danang Subarkah, S.Si
5. Dosen Penguji Tugas Akhir
6. Seluruh teman seperjuangan D3 Teknik Kimia ang. 2012
7. Sahabat S1 Teknik Kimia UNNES ang. 2012
8. Adek Angkatan S1 Teknik Kimia UNNES ang. 2013, 2014, and SO ON
9. Sahabat Kakak Angkatan Teknik Kimia ang. 2007, 2008, 2009, 2010, 2011
10. Himpro Teknik Kimia FT-Unnes

Penulis menyadari bahwa naskah ini masih jauh dari sempurna. Penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun, sehingga dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Semarang, Maret 2015

Bayu Kurniawan

DAFTAR ISI

HALAMAN DEPAN	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN KELULUSAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
INTISARI.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Batubara	5
2.2. Adsorpsi	7
2.3. Adsorben	9
2.4. Adsorpsi Kolom	11
2.5. Timbal	13
2.6. Model Thomas	14
BAB III PROSEDUR KERJA	16
3.1. Alat.....	16
3.2. Bahan	16
3.3. Rangkaian Alat.....	17
3.4. Cara Kerja	18
3.4.1. Preparasi Adsorben Abu Layang Batubara.....	18
3.4.2. Aktivasi Adsorben	18

3.4.3. Pembentukan Adsorben Abu Layang	18
3.4.4. Pembuatan Larutan Limbah Pb(II) Artifisial	19
3.4.5. Proses Adsorpsi Pb(II) Pada Metode Kolom	19
3.4.6. Uji Sampel	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1. Preparasi Abu Layang	21
4.1.1. Preparasi Abu Layang	21
4.1.2. Aktivasi Abu Layang	23
4.1.3. Granulasi Abu Layang Teraktivasi	24
4.2. Karakteristik Abu Layang	24
4.2.1. Hasil Uji BET	24
4.2.2. Hasil Analisa FTIR	25
4.3. Proses Adsorpsi Kolom	27
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	33
5.1. Kesimpulan	33
5.2. Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	36

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi dan Klasifikasi Fly Ash	7
Tabel 2. Kandungan Unsur Abu Layang Tanjungdjati, Jepara	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Abu Layang Batubara.....	6
Gambar 2.2. Mekanisme Adsorpsi Pada Karbon Aktif	8
Gambar 2.3. Timbal	13
Gambar 4.1. (i) Proses Pencucian Serbuk Abu Layang, (ii) Proses Penyaringan Serbuk Abu Layang, (iii) Serbuk Abu Layang Setelah Pencucian	23
Gambar 4.2. (i) Serbuk Abu Layang Sebelum Aktivasi, (ii) Serbuk Abu Layang Setelah Aktivasi	23
Gambar 4.3. (i) Serbuk Karagenan, (ii) Adonan Karagenan dan Abu Layang, (iii) Hasil Adonan Setelah Dicitak, (iv) Abu Layang Granul.....	26
Gambar 4.4. Grafik Hasil Uji FTIR	26
Gambar 4.5. Model Sistem Adsorpsi Kolom.....	27
Gambar 4.6. Grafik konsentrasi Efluen vs Waktu	28
Gambar 4.7. Kurva Breakthrough.....	30
Gambar 4.8. Konsentrasi Efluen vs Waktu.....	31
Gambar 4.9. Adsorpsi Pada Serbuk vs Granula.....	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Batubara merupakan salah satu sumber energi alternatif disamping minyak dan gas bumi. Dipilihnya batubara sebagai sumber energi karena batubara relatif lebih murah dibanding minyak bumi. Khususnya di Indonesia yang memiliki sumber batubara yang sangat melimpah, batubara menjadi sumber energi alternatif yang potensial. Oleh sebab itu, penggunaan batubara di Indonesia meningkat pesat setiap tahunnya. Data menunjukkan bahwa penggunaan batubara di Indonesia mencapai 14,1% dari total penggunaan energi lain pada tahun 2003. Diperkirakan penggunaan energi batubara ini akan terus meningkat hingga 34,6% pada tahun 2025 (Fatakh, 2008).

Saat ini di Jawa Tengah diperkirakan ada 68 industri yang sudah menggunakan batubara sebagai pengganti BBM dengan jumlah kebutuhan batubara mencapai 125 ribu ton per bulannya. Dari penggunaan batubara tersebut akan dihasilkan sisa abu batubara (*fly ash* dan *bottom ash*) sebanyak 10 ribu ton per bulan. (Suara Pembaharuan, 2006).

Penggunaan batubara ini menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan yaitu limbah gas seperti CO₂, NO_x, CO, SO₂, hidrokarbon dan limbah padat. Limbah padat tersebut berupa abu, yaitu abu layang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup pada tahun 2006, limbah abu layang yang dihasilkan mencapai 52,2 ton/hari, sedangkan limbah abu dasar mencapai 5,8 ton/hari (Kementerian Lingkungan Hidup, 2006).

Dewasa ini di Jawa Tengah belum mempunyai tempat penampungan/pengolahan yang khusus sebagai tempat pembuangan limbah padat khususnya abu batubara (*fly ash*) yang representatif sehingga apabila jumlah industri pengguna batubara sebagai bahan bakar semakin meningkat dimasa yang

akan datang maka perlu dipikirkan cara pengolahan/pembuangan limbah tersebut agar tidak menjadi masalah di kemudian hari. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 18 tahun 1999 dan Peraturan Pemerintah Nomor 85 tahun 1999, abu batubara diklasifikasikan sebagai limbah B-3 sehingga penanganannya harus memenuhi kaidah-kaidah dalam peraturan tersebut. Penanganan yang direkomendasikan Peraturan Pemerintah Nomor 18 tahun 1999 dan Peraturan Pemerintah Nomor 85 tahun 1999 adalah solidifikasi dimana dengan proses tersebut sifat B-3 dalam abu batubara akan menjadi stabil dan dapat dimanfaatkan sebagai produk yang aman bagi kesehatan dan lingkungan. Hasil dari proses solidifikasi biasanya berupa batu bata dan *paving* yang bisa digunakan sebagai bahan bangunan, namun bila dilihat dari kandungan kimia yang dimiliki oleh abu batubara, abu ini berpotensi bila digunakan sebagai media adsorben pada limbah dengan kandungan logam yang sangat tinggi. Sehingga pemanfaatan abu batubara dapat digunakan untuk menurunkan kandungan logam pada hasil limbah industri. Abu batubara yang telah digunakan sebagai media adsorben dapat diproses solidifikasi untuk dapat dimanfaatkan sebagai produk yang aman bagi kesehatan dan lingkungan.

Sifat fisik yang dimiliki oleh abu layang dan abu dasar memiliki karakteristik yang berbeda, karena abu layang dihasilkan dari transformasi, pelelehan atau gasifikasi dari material anorganik yang terkandung dalam batubara (Molina dan Poole, 2004), maka abu yang dihasilkan batubara tersebut lebih ringan dan berwarna coklat hingga hitam, sedangkan abu dasar berwarna hitam dan lebih berat karena dihasilkan pada tungku pembakaran, sehingga lebih banyak mengandung sisa karbon yang tidak terbakar. Sifat kimia yang dilihat dari komposisi kimia abu layang dan abu dasar juga berbeda. Perbedaan yang paling mendasar adalah jumlah Si dan Al nya yang dimana bersifat reaktif terhadap ion logam. Abu layang memiliki kandungan Si sebesar 56,13% dan Al sebesar 18,49%, sedangkan abu dasar mengandung Si dan Al sebesar 50,58% dan 14,99% (Kula,2008). Karena sifat fisik dan kimia serta jumlah yang dihasilkan, upaya pemanfaatan abu layang lebih besar dibandingkan abu dasar untuk dilakukan, hal tersebut menjadi dasar alasan bagi

peneliti untuk melakukan penelitian tentang penggunaan abu layang sebagai adsorben dalam mengadsorpsi limbah logam cair Pb(II).

Pada penelitian sebelumnya, adsorpsi limbah logam dengan adsorben abu layang (Ayala, 1998) dilakukan dengan sistem *batch* yang mencampurkan adsorben pada larutan yang tetap jumlahnya dan diamati perubahan kualitasnya pada selang waktu tertentu. Berbeda pada sistem kolom, larutan selalu dikontakkan dengan adsorben sehingga adsorben dapat mengadsorpsi dengan optimal sampai kondisi jenuh yaitu pada saat konsentrasi efluen (larutan yang keluar) mendekati konsentrasi influen (larutan awal). Oleh karena itu, sistem kolom ini lebih menguntungkan karena pada umumnya memiliki kapasitas lebih besar dibandingkan dengan sistem *batch*, sehingga lebih sesuai untuk aplikasi dalam skala besar. Pada sistem kolom dapat dilakukan dengan dua cara aliran yaitu aliran dari atas kebawah (*down flow*) atau aliran dari bawah ke atas (*up flow*), pada aliran atas ke bawah proses adsorpsi juga dapat dibuat sebagai fungsi filtrasi dan lebih mudah pengoperasian laju alirnya (Khartikeyan, 2004). Dari alasan diatas penelitian ini menggunakan sistem adsorpsi kolom dengan aliran dari atas ke bawah (*down flow*). Dalam penelitian ini variasi proses yang digunakan yaitu variasi laju alir dan bentuk dari adsorben abu layang untuk mengetahui bagaimana pengaruh yang terjadi terhadap proses adsorpsi kolom.

1.2. Permasalahan

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh granulasi abu layang menggunakan karagenan terhadap efektifitas adsorpsi sistem kolom dibandingkan dengan serbuk abu layang?
2. Bagaimana pengaruh laju alir dalam proses adsorpsi pada sistem kolom?

1.3. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui efektifitas adsorpsi pada abu layang granular dengan abu layang serbuk.
2. Mengetahui seberapa besar pengaruh laju alir terhadap proses adsorpsi pada limbah logam Pb(II) cair dengan sistem kolom.

1.4. Manfaat

Manfaat yang didapat diberikan dari tugas akhir ini adalah :

1. Memanfaatkan limbah hasil pembakaran batubara yaitu *fly ash* menjadi adsorben pada limbah logam Pb(II) cair,
2. Memahami tentang teknik adsorpsi pada sistem metode kolom,
3. Mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh abu layang terhadap lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Batubara

Batubara adalah salah satu bahan bakar fosil. Pengertian umumnya adalah batuan sedimen yang dapat terbakar, terbentuk dari endapan organik, utamanya adalah sisa-sisa tumbuhan dan terbentuk melalui proses pembatubaraan. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. Batubara juga adalah batuan organik yang memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk. Analisis unsur memberikan rumus formula empiris seperti $C_{137}H_{97}O_9NS$ untuk bituminus dan $C_{240}H_{90}O_4NS$ untuk antrasit.

Antrasit adalah kelas batubara tertinggi, dengan warna hitam berkilauan (luster) metalik, mengandung antara 86% - 98% unsur karbon (C) dengan kadar air kurang dari 8%, Bituminus mengandung 68 - 86% unsur karbon (C) dan berkadar air 8-10% dari beratnya. Kelas batubara yang paling banyak ditambang di Australia.

Batubara secara umum bersifat *diamagnetic* (tidak bersifat magnet) mempunyai kerentanan magnetik negative sebesar 10-6 cgs emu dan mineral yang terkandung didalam batubara bersifat *paramagnetic* sampai *ferromagnetic*. Sedangkan abu merupakan residu hasil pembakaran mineral yang terkandung didalam batubara. Komposisi mineral tersebut, diklasifikasikan dalam 6 (enam) grup: lempung, karbonat, sulfide, oksida, klorida dan sulfat. Komposisi kimia abu, pada umumnya merupakan campuran senyawa silikat dan sulfat (Gurharyanto, 1996). Kendala pemanfaatan batubara adalah terbentuknya limbah berbentuk abu yang dapat merusak tungku pembakaran (terbentuknya *slag*) serta jumlah produk limbah yang dihasilkan.

Berdasarkan data dari BP *Statistical Review of Energy*, 2004, Indonesia mempunyai cadangan batubara terbesar ke lima dunia setelah Amerika Serikat,

Jerman, Afrika Selatan dan Ukraina. Dari sejumlah pemakaian batubara akan dihasilkan abu batubara sekitar 2 – 10 % (tergantung jenis batubaranya, *low calory* atau *hight calory*). Sampai saat ini pengelolaan limbah abu batubara oleh kalangan industri hanya ditimbun dalam areal pabrik saja (*ash disposal*). Abu batubara adalah bagian dari sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel halus amorf dan abu tersebut merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (*mineral matter*) karena proses pembakaran.

Hasil pembakaran batubara menghasilkan 2 jenis sisa pembakaran berupa abu, yaitu :

1. Abu Dasar (*Bottom Ash*)

Komposisi abu dasar hasil pembakaran batubara yang dihasilkan terdiri dari 10 - 20 % abu dasar, dan mengandung Si dan Al sebesar 50,58% dan 14,99% (Kula,2008).

2. Abu Terbang (*Fly Ash*)

Komposisi abu batubara yang dihasilkan sekitar 80-90 % berupa abu terbang yang ditunjukkan pada Gambar II.1. Abu terbang ditangkap dengan *electric precipitator* sebelum dibuang ke udara melalui cerobong (Edy B., 2007). Menurut ACI Committee 226, dijelaskan bahwa abu terbang (*fly ash*) mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili mikron) 5 – 27 % dengan specific gravity antara 2,15 – 2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Abu layang memiliki kandungan Si sebesar 56,13% dan Al sebesar 18,49%. Adapun komposisi kimia dan klasifikasinya seperti dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar II.1. Abu Layang Batubara

Tabel 1. Komposisi dan Klasifikasi Fly Ash

Komponen	Bituminus	Subbituminus	Lignit
SiO ₂	20-60	40-60	15-45
Al ₂ O ₃	5-35	20-30	20-25
Fe ₂ O ₃	10-40	4-10	4-15
CaO	1-12	5-30	15-40
MgO	0-5	1-6	3-10
SO ₃	0-4	0-2	0-10
Na ₂ O	0-4	0-2	0-6
K ₂ O	0-3	0-4	0-4

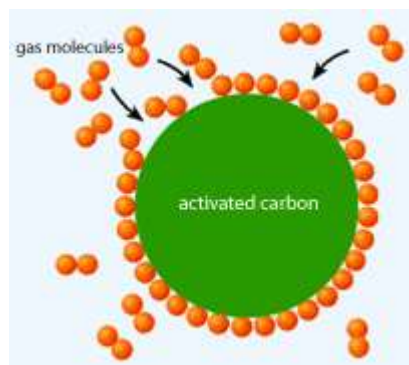
Sumber : Wardani, 2008

Fly ash batubara memiliki kemampuan dapat menyerap air dan beberapa unsur hara sehingga dapat meningkatkan kualitas adsorpsi dengan baik (Rilham, 2012). Selain itu *fly ash* batubara juga dapat digunakan sebagai adsorben berbagai macam zat-zat polutan seperti SO_x, CO, dan partikulat debu termasuk timbal (Pb). *Fly ash* batubara juga digunakan sebagai bahan aditif dalam beton bisa sebagai pengisi (filler) yang akan menambah internal kohesi dan mengurangi porositas daerah transisi yang merupakan daerah terkecil dalam beton, sehingga beton menjadi lebih kuat (Jackson, 1977).

2.2. Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses yang berhubungan dengan permukaan dimana terjadi interaksi antara molekul-molekul suatu fluida (cairan maupun gas) dengan permukaan molekul padatan. Interaksi tersebut disebabkan oleh adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan membentuk suatu lapisan tipis yang menutupi permukaan padatan (Anderson, 1991). Selain itu adsorpsi juga didefinisikan sebagai pengambilan molekul-molekul oleh permukaan luar atau permukaan dalam suatu padatan adsorben atau oleh permukaan larutan. Adsorpsi terjadi karena molekul-molekul pada permukaan zat padat memiliki gaya tarik dalam keadaan tidak setimbang yang cenderung tertarik ke arah dalam

(gaya kohesi adsorben lebih besar dari gaya adhesinya). Ketidaksetimbangan gaya tarik tersebut mengakibatkan zat padat yang digunakan sebagai adsorben cenderung menarik zat lain yang bersentuhan dengan permukaannya. Bahan yang diserap dinamakan adsorbat, sedangkan daerah tempat terjadinya penyerapan disebut adsorben. Mekanisme adsorpsi yang terjadi ditampilkan pada Gambar II.2.



Gambar II.2. Mekanisme Adsorpsi Pada Karbon Aktif

Pada umumnya adsorpsi diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia.

1. Adsorpsi kimia

Dalam adsorpsi kimia, molekul adsorbat dan adsorben membentuk sistem homogen, sedangkan adsorpsi kimia memiliki energi adsorpsi yang lebih tinggi (>20 kJ/mol), Adsorpsi kimia melibatkan ikatan koordinasi sebagai hasil penggunaan bersama pasangan elektron oleh padatan adsorben dan adsorbat. Jika adsorbat berupa kation logam maka dapat dinyatakan sebagai asam Lewis dan gugus-gugus fungsional pada adsorben sebagai basa Lewis.

2. Adsorpsi fisika

Adsorbat dan adsorben dapat dianggap sebagai dua sistem individu, Adsorpsi fisika memiliki energi adsorpsi yang kecil (<20 kJ/mol), Adsorpsi fisika terjadi karena adanya gaya van der Waals (Bahl et.al, 2004:55).

Proses adsorpsi terjadi pada permukaan pori-pori dalam adsorben, sehingga untuk bisa teradsorpsi, logam dalam cairan mengalami proses-proses sebagai berikut:

1. Perpindahan massa logam dari cairan ke permukaan adsorben.

2. Difusi dari permukaan adsorben ke dalam adsorben melalui pori.
3. Perpindahan massa logam dari cairan dalam pori ke dinding pori adsorben.
4. Adsorpsi logam pada dinding pori adsorben.

2.4.6. Adsorben

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida (Saragih, 2008). Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel itu. Oleh karena pori-pori biasanya sangat kecil maka luas permukaan dalam menjadi beberapa orde besaran lebih besar daripada permukaan luar dan bisa mencapai 2000 m²/g. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya. Adsorben yang digunakan secara komersial dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok polar dan non polar (Saragih, 2008).

Menurut IUPAC (*Internasional Union of Pure and Applied Chemical*) ada beberapa klasifikasi pori yaitu :

1. Mikropori : diameter < 2nm
2. Mesopori : diameter 2 – 50 nm
3. Makropori : diameter > 50 nm

Klasifikasi Adsorben terbagi menjadi :

1. Klasifikasi berdasarkan sifat terhadap air, adsorben yang digunakan secara komersial dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok polar dan non polar (Saragih, 2008).
 - a. *Adsorben Polar*, Adsorben polar disebut juga *hydrophilic*. Jenis adsorben yang termasuk kedalam kelompok ini adalah silika gel, alumina aktif, dan zeolit.
 - b. *Adsorben non polar* Adsorben non polar disebut juga *hydrophobic*. Jenis adsorben yang termasuk kedalam kelompok ini adalah polimer adsorben dan karbon aktif.

Klasifikasi berdasarkan jenisnya

a. **Adsorben Karbon**

Adsorben karbon seperti karbon aktif, kokas aktif, karbon *molecular sieve* adalah bahan padat berpori tinggi dimana karena sifat permukaan menyebabkan terakumulasinya bahan organik dan non polar. Adsorben karbon diproduksi dari bahan organik seperti kayu, kokas petroleum, gambut, batu bara, cangkang kelapa sawit, antrasit, inti plum, cangkang kelapa, sekam padi, lignin, serbuk gergaji, benih sekam, tulang, dan lain-lain. Karbon aktif merupakan jenis adsorben yang paling terkenal dan banyak digunakan dalam pengolahan air limbah. Proses pembuatan karbon aktif terdiridari dehidrasi, karbonisasi bahan baku dan aktivasi. Proses karbonisasi mengubah bahan organik menjadi karbon primer dimana merupakan campuran abu, tar, karbon *amorphous*, dan kristal karbon. Selama karbonisasi, produk yang terdekomposisi/tar terdeposisi di pori-pori, kemudian dihilangkan pada proses aktivasi. Aktivasi terdiri dari dua proses, yaitu pemanasan yang menyebabkan dekomposisi produk (tar) yang *amorphous* dan perbesaran ukuran pori.

b. **Silika gel**

Silika gel bersifat inert, tidak beracun, polar dan bentuk *amorphous* stabil (<4000C) dari SiO₂. Silika gel merupakan hasil reaksi dari sodium silikat dan asam asetat, kemudian mengalami proses *aging*, *pickling*, dan lain-lain. Adsorben silikat yang berhubungan termasuk magnesium silikat, kalsium silikat, dan lain-lain. Silika gel umumnya digunakan sebagai adsorben untuk senyawa polar. Selain itu, juga dapat digunakan untuk menyerap ion-ion logam dengan prinsip pertukaran ion namun kemampuannya untuk menyerap logam terbatas. Kemampuan adsorpsi dan sifat kimia silika gel sangat tergantung pada keberadaan struktur grup Si-OH pada permukaan.

c. **Zeolit (Molecular Sieve)**

Zeolit adalah kristal silikat yang terdiri dari oksida alkali atau logam alkali tanah (Na, K, Ca) dan dikarakterisasi dengan struktur pori dengan

dimensi masing-masing pada rentang ukuran molekul. Pemisahan *molecular sieve* berdasarkan pada ukuran molekul dan bentuk disebabkan ukuran pori yang kecil (< 1 nm) dan distribusi pori yang sempit. Beberapa spesimen zeolit berwarna putih, kebiruan, kemerahan, coklat karena hadirnya oksida besi atau logam lainnya. Struktur zeolit dapat dibedakan dalam tiga komponen yaitu rangka alumino silikat, ruang kosong saling berhubungan yang berisi kation logam dan molekul air dalam fase *occluded*. Sifat kimia zeolit antara lain mengalami hidrasi pada suhu tinggi, sebagai penukar ion, dan mengadsorpsi gas dan uap.

d. Polimer

Beberapa adsorben polimer bersifat hidrofilik dan ada yang bersifat Hidrofobik. Harga adsorben polimer sepuluh kali lebih mahal dibandingkan adsorben lainnya. Aplikasi adsorben ini adalah proses recovery dan pemurnian antibiotik dan vitamin, penghilangan warna (decolorization), pemisahan bahan organik halogen dari air, perawatan limbah industri tertentu seperti larutan fenol dan recovery VOC dari off-gas. Contoh adsorben polimer adalah polistirenadinivinil benzena, polimetakrilat, etilvinilbenzena, dan lain-lain.

e. Alumina Aktif

Alumina aktif diproduksi dari alumina yang terhidrasi ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) dimana $n = 1$ atau 3 , dengan cara dehidrasi (kalsinasi) pada kondisi terkontrol untuk mendapatkan $n = 0,5$. Ketika alumina terhidrasi dipanaskan, grup hidroksil meninggalkan struktur bahan padat berpori dari alumina aktif. Bahan ini berwarna putih, transparan, dan berkapur. Alumina aktif digunakan untuk menghilangkan uap air dari gas, menghilangkan limbah logam berat seperti As (V), Cl^- , F^- , PO_4^{3-} dari air.

2.4. Adsorpsi Kolom

Adsorpsi atau penjerapan adalah proses pemisahan bahan dari campuran gas atau cair, bahan yang akan dipisahkan ditarik oleh permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Biasanya partikel-partikel kecil zat penyerap ditempatkan

ke suatu hamparan tetap dan fluida kemudian dialirkan melalui hamparan tetap tersebut sampai zat padat itu mendekati jenuh dan pemisahan yang dikehendaki tidak dapat berlangsung lagi. Kebanyakan zat pengadsorpsi adalah adsorben. Bahan-bahan yang berpori, dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori. Proses adsorpsi umumnya menggunakan proses secara batch pada bak-bak yang berukuran besar, sehingga menjadikan adsorpsi kolom menjadi jenis sistem adsorpsi yang sekarang ini banyak digunakan karena memiliki kelebihan yaitu larutan selalu dikontakkan dengan adsorben sehingga adsorben dapat mengadsorp dengan optimal sampai kondisi jenuh, dan memiliki kapasitas yang besar. Pengoperasian peralatan kolom adsorpsi

Kolom adsorpsi dilengkapi dengan peralatan :

1. Bak penampung umpan sekaligus berfungsi sebagai bak penampung *overflow*, bak pengatur debit, bak penampung efluen, pompa air, *flowmeter*.
2. Sebelum alat dioperasikan terlebih dahulu kolom diisi dengan aquades sampai sedikit di atas lapisan adsorben. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari udara yang terjebak di dalam kolom yang dapat mengganggu laju aliran.
3. Alat dioperasikan dengan mengalirkan sampel air baku secara grafitasi (*downflow*) secara terus menerus dari bak penampung umpan dengan menggunakan pompa menuju ke bak pengatur laju limpasan. Bak pengatur laju limpasan digunakan untuk mendapatkan tekanan dan laju limpasan yang konstan.
4. Setelah dari bak pengatur laju limpasan aliran umpan dilewatkan flowmeter untuk mendapatkan hasil pembacaan laju limpasan secara visual. Flowmeter ini dilengkapi dengan 3 buah kran pengatur. Sesuai dengan Gambar kran a digunakan untuk mengatur besar kecilnya laju limpasan, kran b berfungsi sebagai pintu masuk aliran umpan menuju ke kolom adsorpsi. Kran b akan ditutup pada saat kalibrasi flowmeter dengan kondisi kran c terbuka. Setelah laju limpasan aliran stabil, kran c ditutup dan kran b dibuka. Kemudian umpan akan mengalir menuju ke kolom adsorpsi.

5. Setelah operasional alat dengan waktu dan laju limpasan tertentu dilakukan pengambilan sampel air baku pada masing-masing outlet yang selanjutnya dilaksanakan analisis.

2.5. Logam Pb

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang sering juga disebut dengan istilah timah hitam. Timbal memiliki titik lebur yang rendah, mudah dibentuk, memiliki sifat kimia yang aktif sehingga biasa digunakan untuk melapisi logam agar tidak timbul perkaratan. Timbal adalah logam yang lunak berwarna abu-abu kebiruan mengkilat dan memiliki bilangan oksidasi +2 (Sunarya, 2007). Dalam kehidupan timbal biasa digunakan sebagai elektroda pada alat elektrolisis, agen pendingin pada fase cair, industri PVC, agen pewarna dalam pembuatan keramik terutama pada warna merah dan kuning, dll. Gambar timbal ditunjukkan pada Gambar II.3.



Gambar II.3. Timbal

Timbal atau Timah Hitam (Pb) adalah unsur yang bersifat logam, hal ini merupakan anomali karena unsur-unsur di atasnya (Gol IV) yakni Karbon dan Silikon bersifat non-logam. Di alam, timbal ditemukan dalam mineral Galena (PbS), Anglesit (PbSO_4) dan Kersit (PbCO_3), juga dalam keadaan bebas. Memiliki sifat khusus seperti dibawah ini, yakni:

1. Berwarna putih kebiru-biruan dan mengkilap.
2. Lunak sehingga sangat mudah ditempa.
3. Tahan asam, karat dan bereaksi dengan basa kuat.
4. Daya hantar listrik kurang baik. (Konduktor yang buruk)

5. Massa atom relative 207,2
6. Memiliki Valensi 2 dan 4.
7. Tahan Radiasi

Selain sifat khusus di atas, timbal memiliki sifat kimia dan fisika seperti berikut:

Sifat Fisika

1. Fasa pada suhu kamar : padatan
2. Densitas : 11,34 g/cm³
3. Titik leleh : 327,5 °C
4. Titik didih : 1749 °C
5. Panas Fusi : 4,77 kJ/mol
6. Panas Penguapan : 179,5 kJ/mol
7. Kalor jenis : 26,650 J/molK

Sifat Kimia

1. Bilangan oksidasi : 4,2,-4
2. Elektronegativitas : 2,33 (skala pauli)
3. Energi ionisasi 1 : 715,6 kJ/mol
4. Timbal larut dalam beberapa asam
5. Bereaksi secara cepat dengan halogen
6. Bereaksi lambat dengan alkali dingin tetapi bereaksi cepat dengan alkali panas menghasilkan plumbit.

2.6. Model Thomas

Model thomas merupakan salah satu dari model yang sering digunakan untuk menguraikan performa dari sistem kolom dan memprediksi dari kurva *breakthrough*. Secara teori model thomas cocok untuk digunakan untuk prediksi laju proses adsorpsi ketika waktu resitensi antara eksternal dan internal difusi sangat kecil. Persamaan yang dinyatakan oleh thomas biasa digunakan untuk estimasi maksimum dari perpindahan yang terjadi pada masa konsentrasi padatan dalam cairan dengan adsorben, q_0 dan konstanta adsorpsi thomas, K_{Th} . Bentuk linier dari model thomas, yaitu :

$$\ln \left[\left(\frac{C_o}{C_t} \right) - 1 \right] = \left(\frac{K_{th} \cdot q_o \cdot m}{Q} \right) - K_{th} \cdot C_o \cdot t \quad (1)$$

Dimana : q_o : kapasitas adsorpsi (gr/gr)

m : massa adsorben (gr)

Q : Laju alir (mL/menit)

C_o : Konsentrasi awal (mg/L)

t : waktu (menit)

C_t : Konsentrasi keluar (mg/L)

BAB III

PROSEDUR KERJA

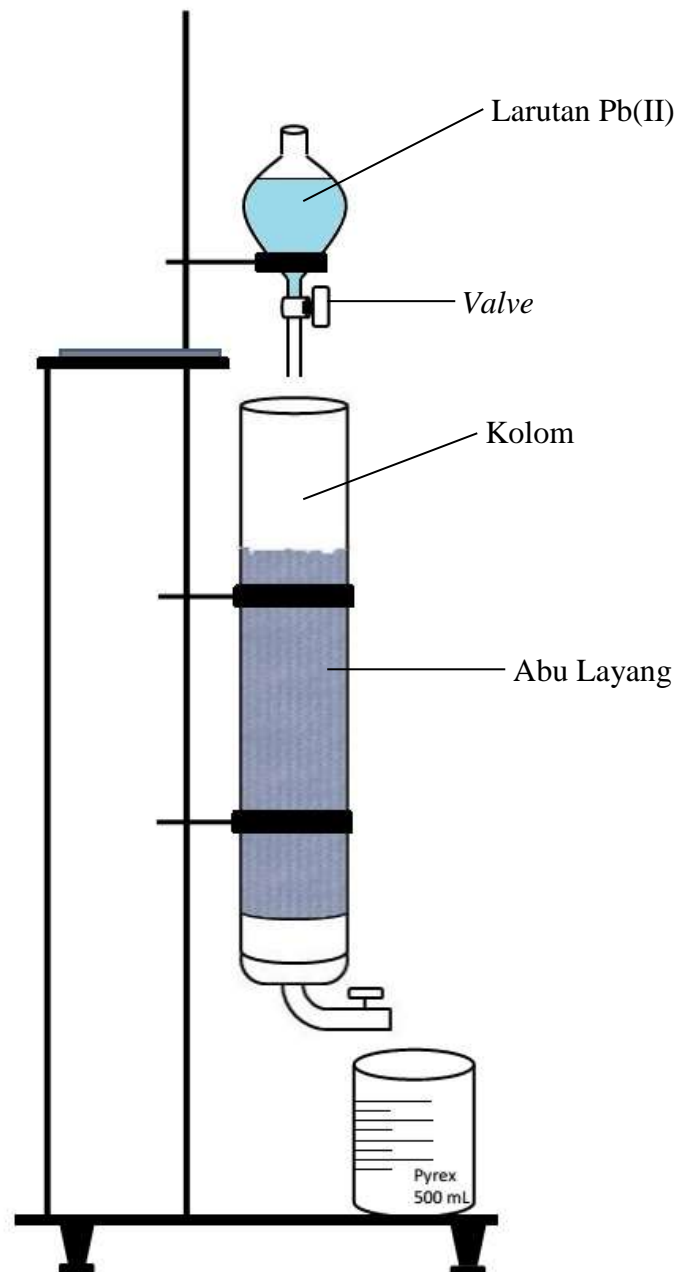
3.1 Alat

1. Kolom (t : 75 cm, d : 5 cm)
2. Gelas beker 1000 mL ; 100 mL ; 250 mL
3. *Hot plate*
4. *Magnetic stirer*
5. Gelas arloji
6. Pengaduk kaca
7. Labu takar 250 mL
8. Pipet ukur 10 mL
9. *Ball filler*
10. *Pembakaran*
11. Cawan porselen
12. Pompa *vacuum*
13. Corong *buchner*
14. Neraca analitik
15. Spatula
16. Ayakan 150 mikron

3.2. Bahan

1. Abu layang batubara
2. Larutan logam Pb(II)
3. *Aquadest*
4. Kertas saring
5. Indikator pH
6. Karagenan

3.3. Rangkaian Alat



3.4. Cara Kerja

3.4.1. Preparasi Adsorben Abu Layang Batubara

Abu layang yang diambil dari PT. TanjungDjati, Jepara dihancurkan dengan menggunakan cawan porselen, dan dilakukan pengayakan pada ayakan 150 mesh, kemudian dilakukan proses pencucian dengan menggunakan akuades dengan perbandingan 1:3 dan disaring dengan menggunakan corong buchner, proses pencucian dilakukan 2 kali.

3.4.2. Aktivasi Adsorben

Abu layang yang telah dicuci dimasukkan kedalam alat *pembakaran* dengan suhu 400 °C selama 5 jam. Kemudian abu layang dilakukan pengujian LPS (Luas Permukaan Spesifik) dengan alat SAA (*Surface Area Analyzer*) di laboratorium Terpadu, Universitas Dipenogoro.

3.4.3. Pembentukan Adsorben Abu Layang

Bentuk abu layang yang digunakan dalam proses adsorpsi ada 2 bentuk, yaitu :

3.4.3.1. Bentuk Serbuk Abu Layang

Merupakan abu layang yang telah melalui proses persiapan yang berukuran kurang dari 150 mikron.

3.4.3.2. Bentuk Granul Abu Layang

Merupakan abu layang yang telah melalui proses persiapan yang berbentuk granul tabung dengan diameter 0,5-1 cm dan tinggi 1-1,5 cm. Granul abu layang dibuat dengan bahan perekat karagenan sebanyak 20% dari berat abu layang dengan bantuan air yang dipanaskan.

3.4.4. Pembuatan Larutan Limbah Pb(II) Artifisial

Pembuatan limbah artifisial Pb(II) dibuat dengan konsentrasi larutan 100 mg/L dan 50 mg/L

3.4.5. Proses Adsorpsi Pb(II) Pada Metode Kolom

Proses adsorpsi dilakukan pada 2 alat kolom yang berbeda, yaitu : alat kolom dengan diameter dalam 2 cm dan ketinggian 20 cm, untuk kolom kedua memiliki diameter dalam 7 cm dan ketinggian 70 cm.

3.4.5.1. Adsorpsi Pb(II) Pada Serbuk Abu Layang

Pada kolom yang memiliki diameter dalam kecil, abu layang diisi sebanyak 10 gram menghasilkan ketinggian 7 cm, kondisi variasi laju alir masuk kedalam kolom ialah 2 dan 3 mL/menit, dengan dialiri larutan Pb(II) berkonsentrasi 50 mg/L, sedangkan pada kolom yang memiliki ukuran diameter dalam besar, abu layang dimasukkan sebanyak 100 gram menghasilkan ketinggian 7 cm, kondisi laju alir masuk kedalam kolom divariasikan 2 mL/menit, 4 mL/menit, dan 6 mL/menit, dan dialiri dengan larutan Pb(II) dengan konsentrasi 100 mg/L.

3.4.5.2. Adsorpsi Pb(II) Pada Granul Abu Layang

Granul abu layang sebanyak 87 gram dimasukkan dalam alat kolom adsorpsi yang memiliki diameter dalam 7 cm dengan menghasilkan ketinggian adsorben 7 cm, kemudian larutan limbah Pb(II) dengan konsentrasi 100 mg/L dialirkan secara *down flow* atau atas ke bawah dengan laju alir masuk 6 mL/menit.

Kemudian sampel dilakukan pengujian kandungan logam dengan alat AAS (*Atom Adsorption Spectrofotometry*) di Laboratorium Kimia, Jurusan Kimia, Universitas Diponegoro.

3.4.6. Uji Sampel

Uji sampel pada serbuka abu layang meliputi :

1. Uji FTIR pada sampel granula abu layang setelah proses adsorpsi, granula abu layang sebelum adsorpsi dan serbuk abu layang setelah aktivasi yang dilakukan di Laboratorium Terpadu, Universitas Dipenogoro.
2. Uji BET pada sampel serbuk abu layang sebelum aktivasi, serbuka abu layang setelah aktivasi, dan granula abu layang. Uji ini dilakukan di Laboratorium Terpadu, Universitas Dipenogoro.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Pembentukan granular abu layang dengan bahan perekat karagenan akan menurunkan luas permukaan dan merubah karakteristik pada abu layang akibat dari penambahan gugus OH^- oleh karagenan. Namun kemampuan adsorpsinya untuk Pb(II) tidak mengalami penurunan yang signifikan.
2. Laju alir turut andil dalam mempengaruhi nilai waktu *breakthrough* kejenuhan dan kapasitas adsorpsi pada adsorben abu layang, dimana semakin tinggi laju alir maka kejenuhan yang terjadi pada adsorben semakin tinggi.

5.2. Saran

1. Untuk mengetahui waktu *exhausted* pada abu layang maka proses adsorpsi dilakukan hingga konsentrasi efluen 50 mg/L.
2. Sebaiknya proses adsorpsi dilakukan pada limbah sungguhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayala J, Blanco F, Garcia P, Rodriguez P, Sancho J, (1998), "*Asturian fly ash as a heavy metals removal material*", *Fuel*, 77(11), P. 1147–1154
- Fatakh, Ikhwanudin, (2008), "*Media Edukasi Untuk Semua: Batubara*", www.BeritaIptek.com
- Gurharyanto, 1996. "*Minimalisasi Limbah Batubara: Pengurangan Kandungan Dengan Metode Magnetik*". Prosiding pemaparan hasil Litbang Ilmu Pengetahuan Teknik, LIPI Bandung.
- Juniaka Setiawan, et al. 2010. "*Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Dalam Larutan Pada Abu Dasar Batubara Menggunakan Metode Kolom*" Prosiding Kimia FMIPA-ITS.
- Karthikeyan, G., Anbalagan, K., Andal, N.M., (2004), "*Adsorption Dynamics and equilibrium Studies of Zn(II) onto Chitosan*" *Indian J. Chem. Sci.*,116, 2, pp. 119-127.
- Kementrian Lingkungan Hidup, (2006), "*Pengelolaan Bahan dan Limbah Berbahaya dan Beracun*", www.Lingkunganhidup.com
- Kula, A. Olgun, (2000), "*Effectts of Colemanite Waste, Coal Bottom Ash and Fly Ash on The Properties of Cement*", *Journal of cement and concrete research*, p.491-494.
- Landman, A.A. 2003. "*Aspect of Solid-State Chemistry of Fly Ash And Ultramarine Pigments*" Chapter 1-University of Pretoria
- Mohan,S, et al, (2009),"*Removal of heavy metal ions from municipal solid waste leachate using coal fly ash as an adsorbent*", *Journal of Hazardous Materials*
- Molina, A. dan Poole, C, (2004) "*A Comparative Study Using Two Methods To Produce Zeolites from Fly Ash*", *Minerals Engineering*, 17, p. 167–173
- P. Senthil Kumar, et al. 2015. "*Study of Adsorption of Cu(II) ions from Aqueous Solution by Surface-Modified Eucayptus Globulus Seeds in a fixed bed*

Coloumn: Experimental and Mathematical Modeling” Springer Online Journal.

Peraturan Pemerintah, (1999), *Peraturan Pemerintah No. 85 Tahun 1999 Tentang : Perubahan Atas Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun*, Presiden Republik Indonesia, Jakarta.

Saragih, 2008. “Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau Sebagai Adsorben. Tesis. Pascasarjana. UI. Jakarta.

Sunarya, Y. 2007. “*Kimia Umum*” Grafitindo Bandung.

Sook Shim, Young, et al, (2003), “*The adsorption characteristics of heavy metals by various particle sized of MSWI bottom ash*”, Journal of waste management, P.851-857

Wardani, 2008. “*Pemanfaatan Limbah Batubara Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*”. Pidato Pengukuhan Guru Besar Fakultas Teknik Universita Dipenogoro, Semarang.

W Astuti, E.T Wahyuni, A.Prasetya, I.M. Bendiyasa. 2013. “*The Character of Dual Site Adsorbant on CFA toward Pb(II) adsorption*” IOSR-JEN vol 3 , issue 11 versin 2, PP 31-35

W Astuti, E.T Wahyuni, A.Prasetya, I.M. Bendiyasa. 2012. “*The Effect of CFA Treatment With NaOH on the character and adsorption Capacity Toward Pb(II) in Solution*” Journal of Chemistry and Chemical Engineering. PP 31-38

W Astuti, E.T Wahyuni, A.Prasetya, I.M. Bendiyasa. 2013. “*The Effect of CFA Crystallinity Tward Methyl Violet Adsorptin Capacity*” ASCHE vol 10. N 1 PP 8-14

LAMPIRAN

1. Hasil Analisa FTIR Sampel Abu Layang Teraktivasi

PerkinElmer Spectrum Version 10.4.00
Thursday, April 02, 2015 10:51 AM

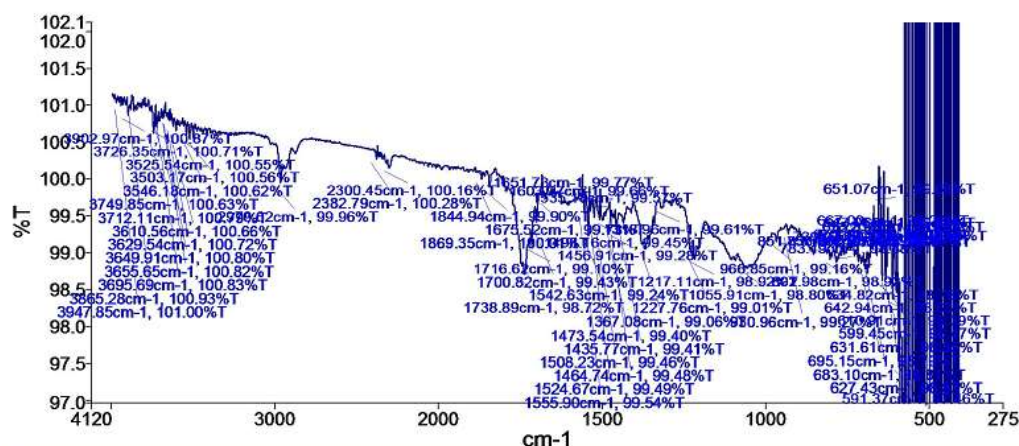
Sample Details

Sample Name	Widi Astuti
Sample Description	Sample Abu layang By Administrator Date Thursday, April 02 2015
Analyst	Administrator
Creation Date	4/2/2015 10:31:51 AM
X-Axis Units	cm-1
Y-Axis Units	%T

Instrument Details

Instrument Model	Frontier FT-IR
Instrument Serial Number	96772
Software Revision	CPU32 Main 00.09.9951 07-September-2011 11:49:41
Number of Scans	3
Resolution	4

Spectrum



Name	Description
— Widi Astuti	Sample Abu layang By Administrator Date Thursday, April 02 2015

Peak Area/Height Results

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Height (%T)	Start	End	Base1	Base2
1	3947.85	101	-2.7	-0.12	4000	3943.01	4000	3943.01
2	3902.97	100.87	-6.07	-0.26	3943.01	3880.82	3943.01	3880.82
3	3865.28	100.93	-8.89	-0.2	3880.82	3802.94	3880.82	3802.94
4	3749.85	100.63	-8.84	-0.41	3802.94	3734.92	3802.94	3734.92
5	3726.35	100.71	-2.24	-0.26	3734.92	3719.73	3734.92	3719.73
6	3712.11	100.79	-1.33	-0.14	3719.73	3702.19	3719.73	3702.19
7	3695.69	100.83	-2.6	-0.15	3702.19	3675.94	3702.19	3675.94

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Height (%T)	Start	End	Base1	Base2
8	3655.65	100.82	-2.4	-0.14	3675.94	3652.08	3675.94	3652.08
9	3649.91	100.8	-0.32	-0.14	3652.08	3647.39	3652.08	3647.39
10	3629.54	100.72	-2.1	-0.15	3647.39	3619.38	3647.39	3619.38
11	3610.56	100.66	-3.29	-0.17	3619.38	3569.57	3619.38	3569.57
12	3546.18	100.62	-1.88	-0.17	3569.57	3540.98	3569.57	3540.98
13	3525.54	100.55	-1.97	-0.22	3540.98	3516.08	3540.98	3516.08
14	3503.17	100.56	-1.43	-0.2	3516.08	3493.26	3516.08	3493.26
15	2970.62	99.96	-80.1	-0.66	3493.26	2782	3493.26	2782
16	2382.79	100.28	-15.34	-0.19	2782	2376.45	2782	2376.45
17	2300.45	100.16	-11.76	-0.21	2376.45	2273.64	2376.45	2273.64
18	1869.35	100.01	-4.78	-0.12	2273.64	1853.76	2273.64	1853.76
19	1844.94	99.9	-1.83	-0.23	1853.76	1827.12	1853.76	1827.12
20	1738.89	98.72	-19.81	-0.74	1827.12	1719.06	1827.12	1719.06
21	1716.62	99.1	-0.77	-0.25	1719.06	1705.05	1719.06	1705.05
22	1700.82	99.43	-2.53	-0.3	1705.05	1684.69	1705.05	1684.69
23	1675.52	99.73	-2.66	-0.25	1684.69	1667.18	1684.69	1667.18
24	1651.73	99.77	-1.12	-0.12	1667.18	1646.17	1667.18	1646.17
25	1603.27	99.66	-19.77	-0.32	1646.17	1559.57	1646.17	1559.57
26	1555.9	99.54	-2.16	-0.44	1559.57	1550.1	1559.57	1550.1
27	1542.63	99.24	-3.21	-0.64	1550.1	1539.13	1550.1	1539.13
28	1535.18	99.57	-1.15	-0.25	1539.13	1530.66	1539.13	1530.66
29	1524.67	99.49	-1.4	-0.27	1530.66	1519.52	1530.66	1519.52
30	1508.23	99.46	-2.6	-0.4	1519.52	1506.08	1519.52	1506.08
31	1498.16	99.45	-6.46	-0.38	1506.08	1477.38	1506.08	1477.38
32	1473.54	99.4	-0.7	-0.23	1477.38	1470.82	1477.38	1470.82
33	1464.74	99.48	-0.72	-0.11	1470.82	1459.86	1470.82	1459.86
34	1456.91	99.28	-1.26	-0.3	1459.86	1447.6	1459.86	1447.6
35	1435.77	99.41	-2.81	-0.18	1447.6	1405.81	1447.6	1405.81

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Height (%T)	Start	End	Base1	Base2
36	1367.08	99.06	-25.47	-0.64	1405.81	1326.25	1405.81	1326.25
37	1318.96	99.61	-2.16	-0.12	1326.25	1276.87	1326.25	1276.87
38	1227.76	99.01	0.65	-0.22	1276.87	1222.1	1276.87	1222.1
39	1217.11	98.92	-5.18	-0.29	1222.1	1185.14	1222.1	1185.14
40	1055.91	98.8	-62.7	-0.54	1185.14	977.16	1185.14	977.16
41	966.85	99.16	-1.55	-0.15	977.16	937.05	977.16	937.05
42	930.96	99.27	-0.82	-0.13	937.05	921.57	937.05	921.57
43	851.83	98.98	-12.48	-0.34	921.57	829.15	921.57	829.15
44	802.98	98.92	-4.67	-0.23	829.15	790	829.15	790
45	783.19	98.88	-2.96	-0.2	790	761.24	790	761.24
46	758.88	98.99	-1.27	-0.11	761.24	741.44	761.24	741.44
47	739.03	99.04	-0.67	-0.13	741.44	732.96	741.44	732.96
48	695.15	98.79	-6.54	-0.25	732.96	689.1	732.96	689.1
49	683.1	98.81	-1.94	-0.32	689.1	677.06	689.1	677.06
50	675.04	99.06	-0.32	-0.16	677.06	673.18	677.06	673.18
51	671.47	99.07	-0.72	-0.32	673.18	669	673.18	669
52	667	99.26	-0.53	-0.29	669	665.32	669	665.32
53	662.9	99	-0.57	-0.28	665.32	661.13	665.32	661.13
54	659.44	98.97	-0.55	-0.28	661.13	657.13	661.13	657.13
55	655.81	99.18	-1.03	-0.46	657.13	653.01	657.13	653.01
56	651.07	99.68	-0.78	-0.42	653.01	649.37	653.01	649.37
57	647.05	99.23	-1.18	-0.59	649.37	645.32	649.37	645.32
58	642.94	98.63	-5	-1.17	645.32	637.52	645.32	637.52
59	634.82	98.78	-1.21	-0.59	637.52	633.28	637.52	633.28
60	631.61	98.65	-0.83	-0.41	633.28	629.26	633.28	629.26
61	627.43	98.83	-1.22	-0.57	629.26	625	629.26	625
62	622.97	99.17	-0.66	-0.34	625	621.17	625	621.17
63	619.1	99.05	-0.91	-0.36	621.17	614.08	621.17	614.08

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Height (%T)	Start	End	Base1	Base2
64	610.91	98.39	-3.5	-0.97	614.08	605.68	614.08	605.68
65	599.45	98.47	-3.36	-0.68	605.68	597.08	605.68	597.08
66	591.37	97.46	-4.96	-1.29	597.08	589.3	597.08	589.3
67	586.8	95.71	-2.83	-1.43	589.3	585.25	589.3	585.25
68	583.29	94.32	-5.33	-2.72	585.25	581.32	585.25	581.32
69	578.97	87.13	-22.88	-10.34	581.32	576.91	581.32	576.91
70	575.13	90.29	-19.85	-11.14	576.91	573.2	576.91	573.2

2. Hasil Analisa FTIR Sampel Granula Abu Layang Sebelum Adsorpsi

PerkinElmer Spectrum Version 10.4.00
Thursday, April 02, 2015 10:52 AM

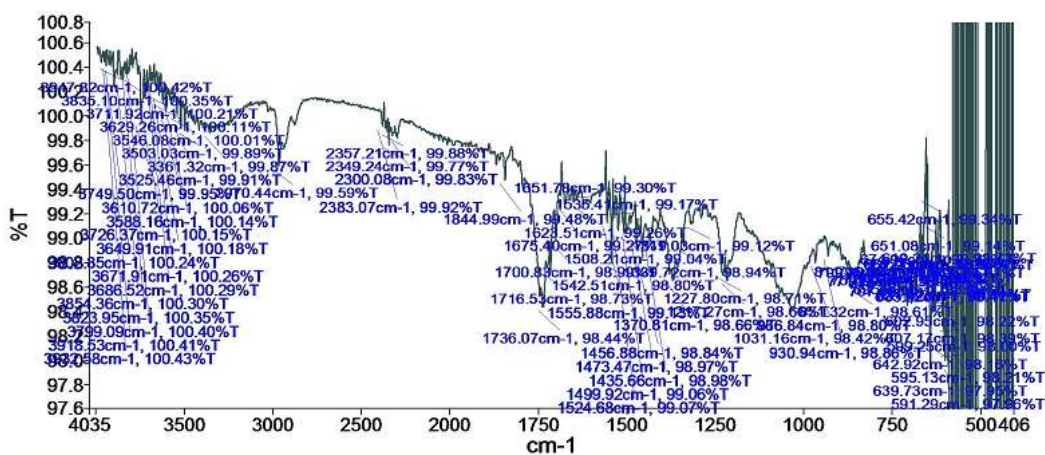
Sample Details

Sample Name: Widi Astuti-2
 Sample Description: Sample Granule sebelum Adsorpsi By Administrator Date Thursday, April 02 2015
 Analyst: Administrator
 Creation Date: 4/2/2015 10:33:50 AM
 X-Axis Units: cm-1
 Y-Axis Units: %T

Instrument Details

Instrument Model: Frontier FT-IR
 Instrument Serial Number: 96772
 Software Revision: CPU32 Main 00.09.9951 07-September-2011 11:49:41
 Number of Scans: 3
 Resolution: 4

Spectrum



Name	Description
— Widi Astuti-2	Sample Granule sebelum Adsorpsi By Administrator Date Thursday, April 02 2015

Peak Area/Height Results

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Height (%T)	Start	End	Base1	Base2
1	3947.82	100.42	-3.09	-0.13	4000	3943.27	4000	3943.27
2	3932.58	100.43	-0.99	-0.11	3943.27	3927.04	3943.27	3927.04
3	3918.53	100.41	-0.95	-0.12	3927.04	3909.16	3927.04	3909.16
4	3902.85	100.24	-4.61	-0.3	3909.16	3880.81	3909.16	3880.81
5	3854.36	100.3	-3.67	-0.17	3880.81	3844.17	3880.81	3844.17
6	3835.1	100.35	-0.89	-0.11	3844.17	3827.7	3844.17	3827.7
7	3823.95	100.35	-1.95	-0.13	3827.7	3802.9	3827.7	3802.9

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Height (%T)	Start	End	Base1	Base2
8	3799.09	100.4	-1.5	-0.15	3802.9	3780.16	3802.9	3780.16
9	3749.5	99.95	-7.62	-0.48	3780.16	3734.86	3780.16	3734.86
10	3726.37	100.15	-1.98	-0.23	3734.86	3719.38	3734.86	3719.38
11	3711.92	100.21	-1.6	-0.18	3719.38	3702.19	3719.38	3702.19
12	3686.52	100.29	-2.09	-0.14	3702.19	3676.04	3702.19	3676.04
13	3671.91	100.26	-0.89	-0.16	3676.04	3663.48	3676.04	3663.48
14	3649.91	100.18	-1.19	-0.18	3663.48	3647.15	3663.48	3647.15
15	3629.26	100.11	-1.87	-0.19	3647.15	3620.08	3647.15	3620.08
16	3610.72	100.06	-1.24	-0.19	3620.08	3605.9	3620.08	3605.9
17	3588.16	100.14	-1.78	-0.11	3605.9	3569.65	3605.9	3569.65
18	3546.08	100.01	-1.92	-0.16	3569.65	3540.87	3569.65	3540.87
19	3525.46	99.91	-1.86	-0.23	3540.87	3516.37	3540.87	3516.37
20	3503.03	99.89	-1.57	-0.22	3516.37	3492.95	3516.37	3492.95
21	3361.32	99.87	-47.77	-0.23	3492.95	3061.93	3492.95	3061.93
22	2970.44	99.59	-41.98	-0.54	3061.93	2765.63	3061.93	2765.63
23	2383.07	99.92	-14.25	-0.19	2765.63	2376.89	2765.63	2376.89
24	2357.21	99.88	-2.27	-0.13	2376.89	2353.42	2376.89	2353.42
25	2349.24	99.77	-0.74	-0.2	2353.42	2345.85	2353.42	2345.85
26	2300.08	99.83	-5.13	-0.14	2345.85	2273.44	2345.85	2273.44
27	1844.99	99.48	-18.84	-0.28	2273.44	1826.48	2273.44	1826.48
28	1736.07	98.44	-20.38	-0.65	1826.48	1719.08	1826.48	1719.08
29	1716.53	98.73	-1.05	-0.3	1719.08	1705.72	1719.08	1705.72
30	1700.83	98.99	-3.23	-0.34	1705.72	1684.61	1705.72	1684.61
31	1675.4	99.27	-2.75	-0.26	1684.61	1667.2	1684.61	1667.2
32	1651.78	99.3	-1.11	-0.12	1667.2	1648.9	1667.2	1648.9
33	1623.51	99.26	-18.23	-0.23	1648.9	1559.61	1648.9	1559.61
34	1555.88	99.13	-2.39	-0.49	1559.61	1550.2	1559.61	1550.2
35	1542.51	98.8	-3.41	-0.68	1550.2	1539.12	1550.2	1539.12

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Height (%T)	Start	End	Base1	Base2
36	1535.41	99.17	-1.08	-0.25	1539.12	1531.49	1539.12	1531.49
37	1524.68	99.07	-1.59	-0.3	1531.49	1519.01	1531.49	1519.01
38	1508.21	99.04	-2.74	-0.45	1519.01	1506.05	1519.01	1506.05
39	1499.92	99.06	-6.68	-0.4	1506.05	1477.34	1506.05	1477.34
40	1473.47	98.97	-2.37	-0.31	1477.34	1459.69	1477.34	1459.69
41	1456.88	98.84	-1.4	-0.33	1459.69	1448.22	1459.69	1448.22
42	1435.66	98.98	-3.13	-0.18	1448.22	1405.87	1448.22	1405.87
43	1370.81	98.66	-15.36	-0.47	1405.87	1342.33	1405.87	1342.33
44	1339.72	98.94	0.02	-0.14	1342.33	1326.07	1342.33	1326.07
45	1319.03	99.12	-1.96	-0.11	1326.07	1276.92	1326.07	1276.92
46	1227.8	98.71	-0.35	-0.19	1276.92	1222	1276.92	1222
47	1217.27	98.66	-4.14	-0.24	1222	1181.91	1222	1181.91
48	1031.16	98.42	-58.26	-0.58	1181.91	973.23	1181.91	973.23
49	966.84	98.8	-0.89	-0.13	973.23	941.5	973.23	941.5
50	930.94	98.86	-1.15	-0.14	941.5	913.99	941.5	913.99
51	851.32	98.61	-13.57	-0.38	913.99	829.16	913.99	829.16
52	811.96	98.62	-2.3	-0.2	829.16	805.91	829.16	805.91
53	799.26	98.61	-1.25	-0.14	805.91	790.02	805.91	790.02
54	771.28	98.54	-2.5	-0.15	790.02	761.63	790.02	761.63
55	759	98.54	-1.34	-0.14	761.63	741.88	761.63	741.88
56	739.07	98.62	-0.65	-0.16	741.88	733.09	741.88	733.09
57	727.18	98.57	-0.88	-0.17	733.09	720.72	733.09	720.72
58	715.19	98.52	-0.3	-0.13	720.72	713	720.72	713
59	707	98.45	-1	-0.17	713	701.3	713	701.3
60	695	98.48	-2.12	-0.21	701.3	685.08	701.3	685.08
61	679.89	98.57	-1.48	-0.33	685.08	677.03	685.08	677.03
62	674.96	98.72	-1.78	-0.29	677.03	669.12	677.03	669.12
63	667.06	98.68	-0.84	-0.41	669.12	665.09	669.12	665.09

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Height (%T)	Start	End	Base1	Base2
64	662.93	98.67	-2.85	-0.49	665.09	656.97	665.09	656.97
65	655.42	99.34	-0.59	-0.32	656.97	653.3	656.97	653.3
66	651.08	99.14	-1.14	-0.57	653.3	649.26	653.3	649.26
67	646.9	98.61	-1.14	-0.57	649.26	645.24	649.26	645.24
68	642.92	98.16	-0.7	-0.37	645.24	641.53	645.24	641.53
69	639.73	97.95	-1.41	-0.63	641.53	637.05	641.53	637.05
70	635.02	98.41	-0.84	-0.43	637.05	633.21	637.05	633.21
71	631.42	98.42	-0.68	-0.35	633.21	629.4	633.21	629.4
72	627.52	98.44	-1.13	-0.53	629.4	625.07	629.4	625.07
73	623.01	98.67	-0.81	-0.4	625.07	621.07	625.07	621.07
74	619.21	98.73	-0.72	-0.32	621.07	613.75	621.07	613.75
75	607.17	98.39	-2.32	-0.38	613.75	605.24	613.75	605.24
76	602.95	98.22	-0.49	-0.25	605.24	601.36	605.24	601.36
77	599.25	98	-0.97	-0.45	601.36	597	601.36	597
78	595.13	98.21	-0.72	-0.39	597	593.24	597	593.24
79	591.29	97.96	-2.07	-1	593.24	589.16	593.24	589.16
80	583.37	94.94	-16.78	-3.95	589.16	581.27	589.16	581.27
81	579.14	91.5	-25.41	-11.08	581.27	576.62	581.27	576.62
82	575.03	102.52	-6.2	-4.93	576.62	573.58	576.62	573.58

3. Hasil Analisa FTIR Sampel Granula Abu Layang Setelah Adsorpsi

PerkinElmer Spectrum Version 10.4.00
Thursday, April 02, 2015 10:53 AM

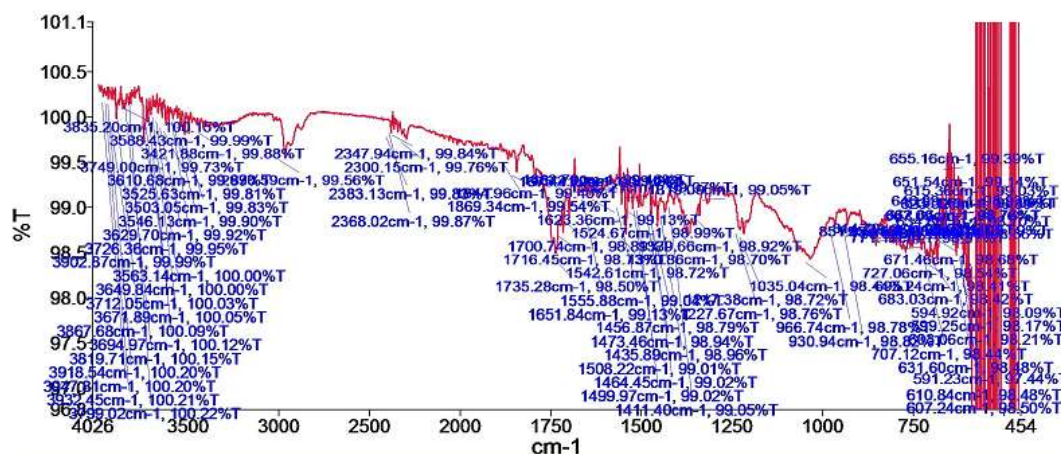
Sample Details

Sample Name: Widi Astuti-3
 Sample Description: Sample Granule Setelah Adsorpsi By Administrator Date Thursday, April 02 2015
 Analyst: Administrator
 Creation Date: 4/2/2015 10:35:38 AM
 X-Axis Units: cm-1
 Y-Axis Units: %T

Instrument Details

Instrument Model: Frontier FT-IR
 Instrument Serial Number: 96772
 Software Revision: CPU32 Main 00.09.9951 07-September-2011 11:49:41
 Number of Scans: 3
 Resolution: 4

Spectrum



Name	Description
Widi Astuti-3	Sample Granule Setelah Adsorpsi By Administrator Date Thursday, April 02 2015

Peak Area/Height Results

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Height (%T)	Start	End	Base1	Base2
1	3947.81	100.2	-3.14	-0.13	4000	3943.14	4000	3943.14
2	3932.45	100.21	-1.04	-0.13	3943.14	3926.74	3943.14	3926.74
3	3918.54	100.2	-0.97	-0.14	3926.74	3909.54	3926.74	3909.54
4	3902.87	99.99	-5.15	-0.34	3909.54	3875.15	3909.54	3875.15
5	3867.68	100.09	-4.21	-0.23	3875.15	3844.22	3875.15	3844.22
6	3835.2	100.15	-0.98	-0.12	3844.22	3827.62	3844.22	3827.62
7	3819.71	100.15	-1.71	-0.14	3827.62	3802.67	3827.62	3802.67

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Height (%T)	Start	End	Base1	Base2
8	3799.02	100.22	-1.15	-0.12	3802.67	3780.1	3802.67	3780.1
9	3749	99.73	-8.45	-0.52	3780.1	3734.89	3780.1	3734.89
10	3726.36	99.95	-2.29	-0.26	3734.89	3719.27	3734.89	3719.27
11	3712.05	100.03	-1.75	-0.19	3719.27	3702	3719.27	3702
12	3694.97	100.12	-1.93	-0.12	3702	3676.02	3702	3676.02
13	3671.89	100.05	-1.13	-0.19	3676.02	3663.05	3676.02	3663.05
14	3649.84	100	-1.94	-0.21	3663.05	3638.19	3663.05	3638.19
15	3629.7	99.92	-1.94	-0.24	3638.19	3619.89	3638.19	3619.89
16	3610.68	99.89	-1.39	-0.22	3619.89	3605.89	3619.89	3605.89
17	3588.43	99.99	-1.96	-0.13	3605.89	3569.57	3605.89	3569.57
18	3563.14	100	-0.79	-0.12	3569.57	3557.66	3569.57	3557.66
19	3546.13	99.9	-1.17	-0.18	3557.66	3540.73	3557.66	3540.73
20	3525.63	99.81	-2.14	-0.25	3540.73	3516.11	3540.73	3516.11
21	3503.05	99.83	-1.84	-0.23	3516.11	3493.17	3516.11	3493.17
22	3421.88	99.88	-33.1	-0.18	3493.17	3145.56	3493.17	3145.56
23	2970.59	99.56	-42.91	-0.5	3145.56	2758.23	3145.56	2758.23
24	2383.13	99.83	-18.6	-0.24	2758.23	2376.58	2758.23	2376.58
25	2368.02	99.87	-1.39	-0.15	2376.58	2361.17	2376.58	2361.17
26	2347.94	99.84	-1.32	-0.13	2361.17	2337.91	2361.17	2337.91
27	2300.15	99.76	-5.65	-0.17	2337.91	2273.55	2337.91	2273.55
28	1869.34	99.54	-1.9	-0.11	2273.55	1854	2273.55	1854
29	1844.96	99.4	-2.13	-0.26	1854	1827.04	1854	1827.04
30	1735.28	98.5	-19.91	-0.6	1827.04	1719.1	1827.04	1719.1
31	1716.45	98.73	-1.23	-0.31	1719.1	1706.78	1719.1	1706.78
32	1700.74	98.89	-3.66	-0.39	1706.78	1684.64	1706.78	1684.64
33	1675.41	99.14	-2.88	-0.28	1684.64	1667.37	1684.64	1667.37
34	1662.79	99.16	-0.94	-0.13	1667.37	1654.21	1667.37	1654.21
35	1651.84	99.13	-0.32	-0.13	1654.21	1648.91	1654.21	1648.91

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Height (%T)	Start	End	Base1	Base2
36	1642.1	99.14	-0.89	-0.12	1648.91	1628.77	1648.91	1628.77
37	1623.36	99.13	-14.01	-0.17	1628.77	1559.66	1628.77	1559.66
38	1555.88	99.04	-2.62	-0.52	1559.66	1550.12	1559.66	1550.12
39	1542.61	98.72	-3.55	-0.71	1550.12	1539.17	1550.12	1539.17
40	1535.21	99.07	-1.3	-0.29	1539.17	1530.72	1539.17	1530.72
41	1524.67	98.99	-1.61	-0.3	1530.72	1519.27	1530.72	1519.27
42	1508.22	99.01	-2.96	-0.44	1519.27	1506.07	1519.27	1506.07
43	1499.97	99.02	-6.92	-0.41	1506.07	1477.27	1506.07	1477.27
44	1473.46	98.94	-0.74	-0.25	1477.27	1470.85	1477.27	1470.85
45	1464.45	99.02	-0.92	-0.14	1470.85	1459.64	1470.85	1459.64
46	1456.87	98.79	-1.58	-0.37	1459.64	1447.93	1459.64	1447.93
47	1435.89	98.96	-1.96	-0.19	1447.93	1424.8	1447.93	1424.8
48	1411.4	99.05	-1.2	-0.15	1424.8	1405.73	1424.8	1405.73
49	1370.86	98.7	-13.36	-0.42	1405.73	1342.39	1405.73	1342.39
50	1339.66	98.92	-0.22	-0.15	1342.39	1328.94	1342.39	1328.94
51	1319.09	99.05	-2.16	-0.15	1328.94	1276.85	1328.94	1276.85
52	1227.67	98.76	-0.57	-0.16	1276.85	1222.05	1276.85	1222.05
53	1217.38	98.72	-3.39	-0.2	1222.05	1182.23	1222.05	1182.23
54	1035.04	98.44	-53.2	-0.54	1182.23	977.55	1182.23	977.55
55	966.74	98.78	-0.82	-0.14	977.55	941.68	977.55	941.68
56	930.94	98.82	-2.29	-0.17	941.68	896.97	941.68	896.97
57	851.85	98.59	-10.69	-0.35	896.97	828.99	896.97	828.99
58	814.79	98.63	-2.23	-0.22	828.99	806.06	828.99	806.06
59	795.41	98.59	-1.39	-0.16	806.06	792.52	806.06	792.52
60	771.12	98.51	-3.65	-0.22	792.52	761.66	792.52	761.66
61	758.82	98.56	-1.59	-0.16	761.66	741.93	761.66	741.93
62	739.26	98.61	-0.56	-0.13	741.93	732.78	741.93	732.78
63	727.06	98.54	-0.71	-0.18	732.78	721.01	732.78	721.01

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Height (%T)	Start	End	Base1	Base2
64	707.12	98.44	-2.34	-0.2	721.01	701.15	721.01	701.15
65	695.24	98.41	-1.65	-0.23	701.15	685.49	701.15	685.49
66	683.03	98.42	-1.91	-0.34	685.49	676.9	685.49	676.9
67	671.46	98.68	-1.71	-0.43	676.9	669.06	676.9	669.06
68	667.09	98.76	-0.74	-0.37	669.06	665.06	669.06	665.06
69	662.86	98.76	-3.1	-0.48	665.06	656.93	665.06	656.93
70	655.16	99.39	-0.37	-0.22	656.93	653.63	656.93	653.63
71	651.54	99.14	-1.33	-0.62	653.63	649.25	653.63	649.25
72	646.99	98.93	-1.8	-0.83	649.25	644.95	649.25	644.95
73	639.8	98.59	-3.67	-0.95	644.95	637.2	644.95	637.2
74	634.88	98.7	-0.7	-0.37	637.2	633.6	637.2	633.6
75	631.6	98.48	-0.81	-0.4	633.6	629.43	633.6	629.43
76	627.58	98.56	-1.2	-0.55	629.43	625.05	629.43	625.05
77	623.02	98.89	-0.75	-0.37	625.05	621.1	625.05	621.1
78	619.12	98.9	-0.59	-0.29	621.1	617.05	621.1	617.05
79	615.36	99.03	-0.32	-0.18	617.05	613.71	617.05	613.71
80	610.84	98.48	-0.84	-0.38	613.71	609.04	613.71	609.04
81	607.24	98.5	-0.29	-0.16	609.04	605.56	609.04	605.56
82	603.06	98.21	-0.74	-0.35	605.56	601.17	605.56	601.17
83	599.25	98.17	-0.83	-0.4	601.17	597.09	601.17	597.09
84	594.92	98.09	-0.62	-0.34	597.09	593.45	597.09	593.45
85	591.23	97.44	-1.72	-0.87	593.45	589.37	593.45	589.37
86	586.74	94.94	-3.67	-1.75	589.37	585.1	589.37	585.1
87	583.21	94.11	-3.25	-1.85	585.1	581.53	585.1	581.53
88	579.08	85.67	-33	-13.76	581.53	576.48	581.53	576.48
89	572	72.08	-759.09	-170.42	576.48	568.71	576.48	568.71

4. Hasil Analisa AAS Konsentrasi Efluen Pb(II) Pada Kolom diameter 2 cm

Jam ke-	2 mL/menit (mg/L)	3 mL/menit (mg/L)
1 jam	0	0
2 jam	0	0
3 jam	0	0
4 jam	0	0
5 jam	0	0
6 jam	0	0
7 jam	0	0
8 jam	0	1,156
9 jam	0	2,144
10 jam	0	5,039
11 jam	2,961	7,108
12 jam	5,568	10,57
13 jam	9,49	13,43
14 jam	14,07	15,22
15 jam	15,5	17,171
16 jam	17,38	19,227
17 jam	18,87	23,032
18 jam	20,43	25.028
19 jam	22,26	27,29
20 jam	23,09	29,89
21 jam	24,1	
22 jam	26,97	

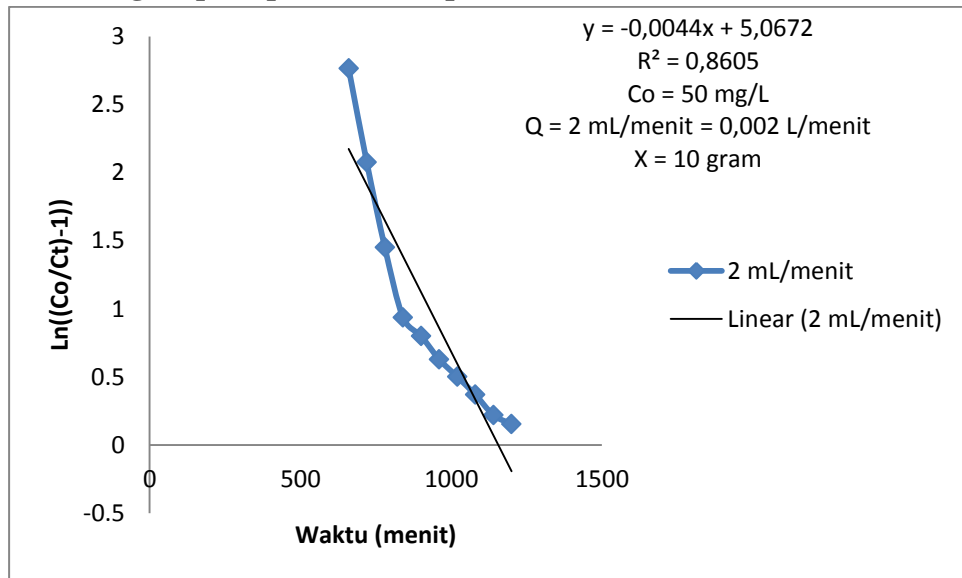
Uji AAS dilakukan dengan menggunakan AAS PerkinElmer di Laboratorium Instrumentasi Teknik Kimia-Unnes

5. Hasil Analisa AAS Konsentrasi Efluen Pb(II) Pada Kolom diameter 7 cm

Jam Ke-	2 mL/menit	4 mL/menit	6 mL/menit	6 mL/Menit Granul
1 jam	80,9066	83,1203	85,334	89,9066
2 jam	64,0675	67,1455	70,2235	68,245
3 jam	46,3566	52,1903	58,024	58,78
4 jam	29,2865	37,662	46,0375	45,925
5 jam	20,357	32,356	44,355	45,08
6 jam	15,5272	29,3325	43,1378	44,566
7 jam	12,1566	27,1229	42,0892	44,12

Uji AAS dilakukan dengan menggunakan AAS PerkinElmer di Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Dipenogoro

6. Perhitungan q_0 (kapasitas adsorpsi) dan K_{th} (Konstanta Thomas)



$$\ln \left[\left(\frac{C_o}{C_t} \right) - 1 \right] = \left(\frac{K_{th} \cdot q_o \cdot X}{Q} \right) - K_{th} \cdot C_o \cdot t$$

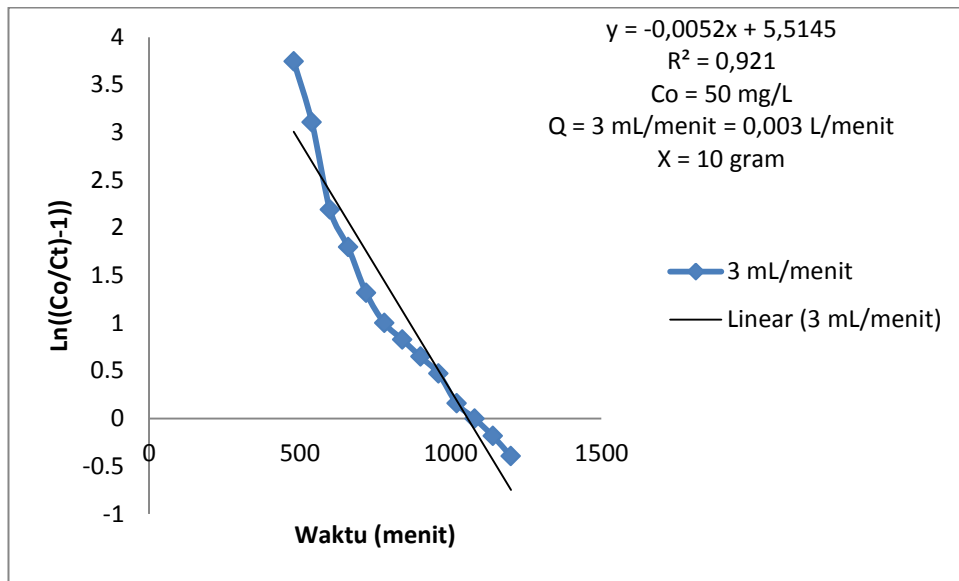
$$-0,0044 = K_{th} \cdot C_o$$

$$K_{th} = 0,00008 \frac{L}{mg} / \text{menit}$$

$$5,0672 = \frac{K_{th} \cdot q_o \cdot X}{Q}$$

$$q_o = \frac{5,0672 \cdot 0,002}{0,00008 \cdot 10}$$

$$q_o = 11,51 \frac{mg}{g}$$



$$\ln \left[\left(\frac{C_o}{C_t} \right) - 1 \right] = \left(\frac{K_{th} \cdot q_o \cdot X}{Q} \right) - K_{th} \cdot C_o \cdot t$$

$$-0,0052 = K_{th} \cdot C_o$$

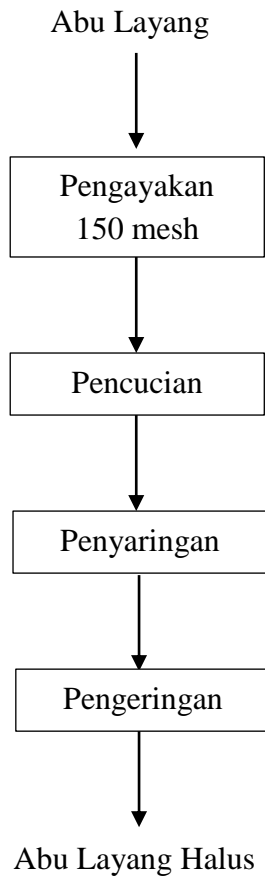
$$K_{th} = 0,000104 \frac{\text{L}}{\text{mg}} / \text{menit}$$

$$5,5145 = \frac{K_{th} \cdot q_o \cdot X}{Q}$$

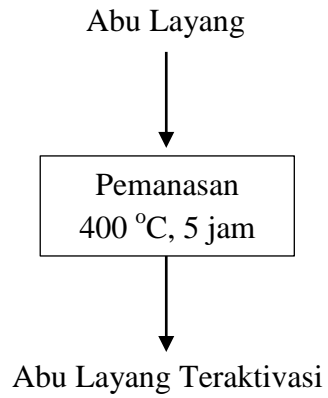
$$q_o = \frac{5,5145 \cdot 0,003}{0,000104 \cdot 10}$$

$$q_o = 15,907 \frac{\text{mg}}{\text{g}}$$

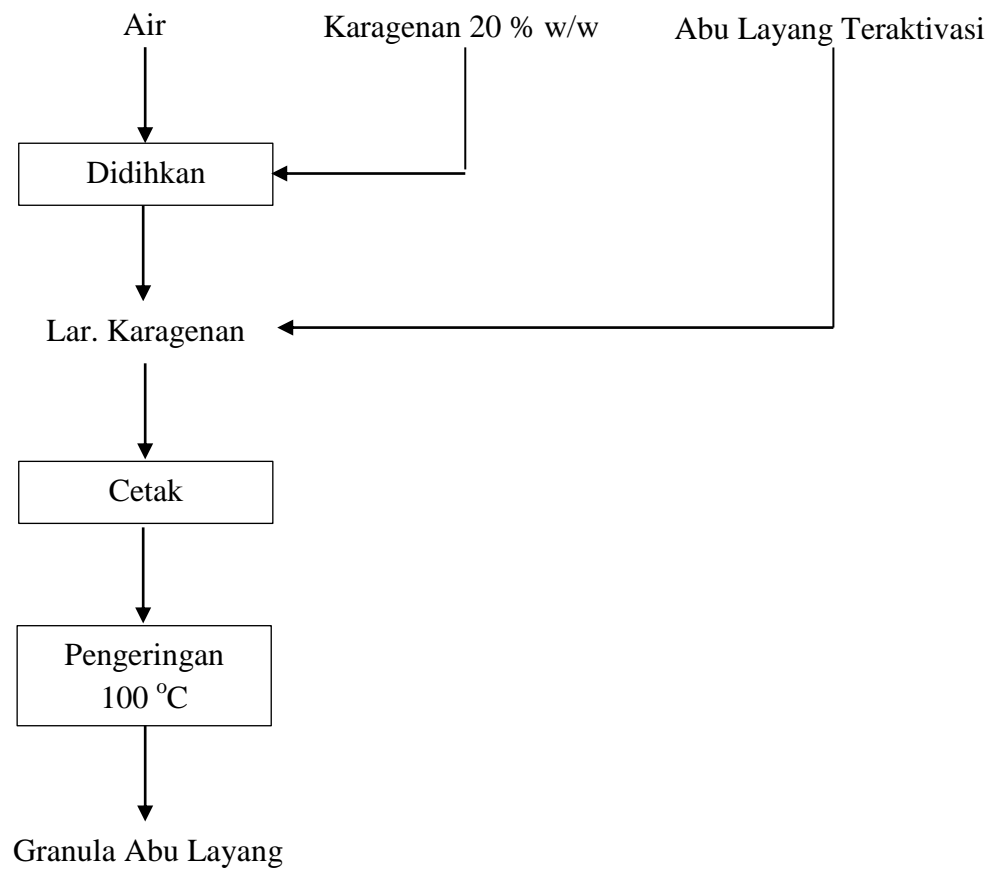
7. Skema Kerja Preparasi Abu Layang Sebagai Adsorben



8. Skema Kerja Aktivasi Abu Layang



9. Skema Kerja Pembuatan Granula Abu Layang



10. Skema Kerja Adsorpsi Kolom Abu Layang

