



**GRANULASI ABU LAYANG BATUBARA
MENGUNAKAN KARAGENAN DAN APLIKASINYA
SEBAGAI ADSORBEN Pb(II)**

TUGAS AKHIR
disajikan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Ahli Madya Program Studi Teknik Kimia

oleh
Indah Nurul Izzati
5511312023

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2014**

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama mahasiswa : Indah Nurul Izzati

NIM : 5511312023

Tugas Akhir

Judul : Granulasi Abu Layang Batubara Menggunakan Karagenan dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Pb (II)

telah disetujui oleh Pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian Tugas Akhir

Pembimbing



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

PENGESAHAN KELULUSAN

Tugas Akhir

Judul : Granulasi Abu Layang Batubara Menggunakan Karagenan dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Pb (II).

Oleh : Indah Nurul Izzati

NIM : 5511312023

telah dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada :

Hari :

Tanggal :



Dekan Fakultas Teknik

Dr. Muhammad Harlanu, M. Pd.

NIP. 196602151991021001

Ketua Prodi Teknik Kimia

Dr. Ratna Dewi K., S.T., M.T.

NIP. 197603112000122001

Penguji

Dr. Ratna Dewi K., S.T., M.T.

NIP. 197603112000122001

Pembimbing

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

NIP. 197310172000032001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Tuhan telah merancang kesuksesan setiap insan, jangan ragu untuk mendekatinya agar mendapatkan limpahan kesuksesan yang besar dari-Nya”.

PERSEMBAHAN

1. Allah SWT.
2. Ayah dan ibuku, siapa
3. Adik-adikku.
4. Dosen-dosenku.
5. Sahabat-sahabatku.
6. Almamaterku.

INTISARI

Izzati, I. N., 2015. Granulasi Abu Layang Batubara Menggunakan Karagenan dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Pb (II). Tugas Akhir, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dr. Widi Astuti., S.T., M.T.

Salah satu sumber energi yang banyak digunakan sekarang ini adalah batubara karena relatif lebih murah dibanding minyak bumi. Namun demikian, penggunaan batubara ini menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan diantaranya pelepasan polutan gas seperti CO₂, NO_x, CO, SO₂, hidrokarbon dan limbah padat yang relatif besar. Limbah padat ini meliputi abu layang (80%) dan abu dasar (20%) (Supriatna, 2003). SiO₂ dan Al₂O₃ yang mengandung situs aktif serta karbon tak terbakar yang merupakan material berpori memungkinkan abu layang dapat digunakan sebagai adsorben. Adsorben berupa serbuk memiliki beberapa kekurangan seperti mudah terbang dan mempersulit proses separasi, untuk itu dilakukan modifikasi granular adsorben. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui perubahan karakteristik abu layang batubara dan kemampuan adsorpsi terhadap ion Pb (II) akibat penambahan karagenan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah refluk. Aktivasi dilakukan dengan mencampur abu layang yang belum teraktivasi ke dalam larutan NaOH, 3M pada 60⁰C selama 6jam. Proses aktivasi dilakukan untuk menurunkan tingkat kristalinitas abu layang sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsi. Proses granulasi dilakukan dengan menambahkan karagenan sebagai binder dengan konsentrasi optimal sebesar 20%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur morfologi abu layang aktivasi memiliki permukaan yang kasar dan banyak lubang pori akibat terjadinya distorsi yang diikuti dengan pemutusan ikatan SiO₂, sedangkan abu layang hasil granulasi memiliki permukaan yang lebih halus serta lubang pori yang sedikit akibat penambahan karagenan. Model persamaan Langmuir dan Freundlich telah diaplikasikan untuk mendeskripsikan keseimbangan isothermal baik serbuk maupun granular. Namun, berdasarkan nilai R² dari masing-masing kurva, adsorpsi monolayer dari persamaan Langmuir lebih baik (Nilai R² persamaan Langmuir sebesar 0,987 untuk serbuk adsorben dan 0,973 untuk granular adsorben). Hasil analisis FTIR menunjukkan peningkatan intensitas yang sangat tajam setelah proses granulasi, oleh bertambahnya gugus OH dari karagenan. Penurunan luas permukaan setelah proses granulasi tidak menurunkan tingkat kemampuan adsorpsi karena adanya peranan situs dari karagenan yang ikut mengadsorpsi.

Kata kunci: Aktivasi Abu Layang, NaOH, Adsorpsi isotherm, adsorben.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, penulis bersyukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Granulasi Abu Layang Batubara Menggunakan Karagenan dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Pb (II)”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Diploma III untuk mendapatkan gelar Ahli Madya Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ratna Dewi Kusumaningtyas S.T., M.T., Ketua Prodi Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
2. Ibu Dr. Widi Astuti., S.T., M.T., Dosen Pembimbing yang selalu memberi bimbingan, motivasi dan pengarahan yang membangun dalam penyusunan Tugas Akhir.
3. Ibu Dr., S.T., M.T., Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan Tugas Akhir.
4. Bapak Danang, S.T., M.T. yang telah memberikan arahan dalam praktikum penelitian Tugas Akhir.
5. Abah sholeh dan Ibu maemunah selaku orang tua penulis yang telah memberikan dukungan baik secara moral maupun material.
6. Fifi, Thorik, Alwi, dan Riski selaku saudara sedarah yang selalu menghibur hari-hari penulis dengan canda tawa dan kejailan yang mereka berikan.
7. Imam Novrizal Aji yang tak pernah lelah menemani, menegur, membantu, memberi semangat, serta mendoakan penulis.
8. Shofia, Masni, dan Syara selaku saudara seperantauan yang selalu mengisi hari-hari penulis.
9. Bayu kurniawan selaku partner tugas akhir yang selalu berbagi imajinasi dan canda tawanya selama keberlangsungan tugas akhir.

10. Okta, ria, riris, asti, aji, nia, ratih, johan, vicky, pipit, wildan, wongso, elda, hasan, boya, wiwit, iis, dwi, arman, sela, nabila, ismi, dea, zeny, desy, loli selaku sahabat seperjuangan teknik kimia,
11. Tia, adhimah, ayyu, norma, ervi, muna, arin, irma, tina, zulfa, selaku sahabat kecil penulis.
12. Keluarga besar bani muthoyib dan bani khusen yang tak pernah putus membimbing dan mendoakan penulis.
13. Adek-adeku angkatan 2013 yang tak henti merepotkan dan menyemangati penulis
14. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, Mei 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN KELULUSAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
INTISARI.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Abu Layang Batubara.....	4
2.2 Karagenan	5
2.3. Adsorpsi	7
2.3.1 Klasifikasi isoterm adsorpsi	8
2.4 Adsorben	9
2.4.1 Jenis adsorben	10
2.4.2 Karakteristik adsorben	12
2.5 Logam Pb	16
2.6 Uji Kandungan Pb	18
BAB III PROSEDUR KERJA	18
3.1 Alat.....	19
3.2 Bahan	20

3.4 Rangkaian Alat.....	20
3.5 Cara Kerja	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Komposisi Kimia Abu Layang Tanjung Jati.....	25
4.2 Modifikasi Abu Layang Sebagai Adsorben	26
4.3 Granulasi Abu Layang Termodifikasi	28
4.3.1 Uji Kelarutan Adsorben	29
4.3.1 Karakteristik Adsorben Granular	30
4.4 Uji Kemampuan Adsorpsi	33
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Simpulan	36
5.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur Karagenan Kappa	5
Gambar 2.2. Struktur Karagenan Iota	6
Gambar 2.3. Struktur Karagenan Lamda	6
Gambar 2.4. Karbon Aktif	10
Gambar 2.5. Silika Gel.....	11
Gambar 2.6. Zeolit	11
Gambar 2.7. Alumina Aktif	12
Gambar 2.8. Diagram Logaritma Untuk 1×10^{-4} M Pb	17
Gambar 3.1. Rangkaian Alat Refluk	20
Gambar 3.2. Rangkaian Alat Shaker.....	21
Gambar 3.3. Skema Kerja Pembuatan Granular Adsorben.....	22
Gambar 4.1. Difaktogram Abu Layang Teraktifasi	26
Gambar 4.2. Struktur Silika Fase Kristalin dan Amorf.....	27
Gambar 4.3. Morfologi Abu Layang.....	28
Gambar 4.4. Hasil Uji Kelarutan.....	26
Gambar 4.5. Pengaruh Daya Larut Abu Layang Granulasi	30
Gambar 4.6. FTIR Abu Layang Aktifasi dan Granulasi	31
Gambar 4.7. Morfologi Adsorben	32
Gambar 4.8. Hubungan % efisiensi Adsorpsi dengan Konsentrasi Awal.....	33
Gambar 4.9. Kurva Isoterm Langmuir	34
Gambar 4.10. Kurva Isoterm Freundlich	35

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi dan Klasifikasi Abu Layang	4
Tabel 2.2. Perbedaan Adsorpsi Fisika dengan Adsorpsi Kimia.....	7
Tabel 2.2. Komposisi Kimia Abu Layang Tanjung Jati.....	25

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu sumber energi yang banyak digunakan sekarang ini adalah batubara karena relatif lebih murah dibanding minyak bumi. Selain itu, di Indonesia batubara juga terdapat dalam jumlah yang banyak. Menurut data penggunaan energi nasional, pada tahun 2003 pemanfaatan batubara sebanyak 14,1% dari total energi lainnya. Pada tahun 2025 penggunaan batubara diperkirakan meningkat hingga 34,6% (Fatakh, 2008). Batubara banyak digunakan sebagai bahan bakar dalam kegiatan industri terutama produksi energi listrik. Namun demikian, penggunaan batubara ini menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan diantaranya pelepasan polutan gas seperti CO₂, NO_x, CO, SO₂, hidrokarbon dan limbah padat yang relatif besar. Limbah padat ini meliputi abu layang (80%) dan abu dasar (20%) (Supriatna, 2003). Produksi abu layang batubara di dunia mencapai lebih dari 500 juta ton per tahun pada tahun 1990 dan diperkirakan selalu bertambah. Namun, hanya 15 % dari produksi abu layang yang sudah dimanfaatkan, dan sisanya hanya ditimbun (Tanaka dkk., 2002). Hal ini membahayakan lingkungan dan masyarakat sekitar karena sifatnya yang ringan dan merupakan limbah B3.

Di sisi lain, berkembangnya sektor industri tidak hanya menimbulkan dampak positif bagi masyarakat, namun juga memberikan dampak negatif bagi lingkungan, di antaranya pencemaran badan air yang semakin meningkat. Hal ini diperparah oleh keengganan pihak industri untuk mengolah limbah cair sebelum dibuang ke badan air. Penyerapan Pb oleh tubuh dalam jumlah sedikit sangat membahayakan karena sangat beracun dan tidak terdegradasi (Darmono, 2001). Melihat dampak yang ditimbulkan tersebut, maka limbah yang mengandung Pb(II) harus diolah sedemikian rupa sampai diperoleh limbah yang memenuhi standar kualitas lingkungan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia no 82 Tahun 2001 tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian

Pencemaran Air, batas maksimal keberadaan Pb dalam air yang diperbolehkan adalah 0,01mg/g. Mengingat bahaya yang dapat ditimbulkan oleh logam berat, telah dikembangkan metode-metode untuk menurunkan kadar logam berat di perairan, diantaranya presipitasi, separasi dengan membran, aerasi dan adsorpsi. Presipitasi merupakan metode yang paling ekonomis tetapi kurang efektif untuk larutan dengan konsentrasi rendah. Sementara, pertukaran ion dan separasi dengan membran pada umumnya efektif namun memerlukan peralatan dan biaya operasional yang relatif tinggi. Adsorpsi merupakan salah satu metode alternatif yang menjanjikan karena prosesnya yang relatif sederhana, murah dan dapat bekerja pada konsentrasi rendah (Wang dkk., 2008).

Adsorpsi merupakan proses akumulasi adsorbat (zat yang dijerap) pada permukaan adsorben (padatan penjerap), yang disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik antara molekul padatan dengan material terjerap (fisisorpsi) atau interaksi kimia (kemisorpsi). Beberapa adsorben telah terbukti efektif untuk mengurangi konsentrasi logam dan senyawa organik di perairan, diantaranya abu layang batubara. Abu layang batubara tersusun atas komponen utama SiO_2 dan Al_2O_3 yang mengandung situs aktif dan *unburned carbon* yang merupakan material berpori sehingga, efektif digunakan sebagai adsorben. Beberapa penelitian penggunaan abu layang sebagai adsorben telah dilakukan diantaranya oleh Montak Naro (2009), Wolard (2000), Astuti (2010). Penelitian tersebut masih menggunakan abu layang dalam bentuk serbuk, sementara untuk aplikasi industri adsorben berbentuk serbuk memiliki beberapa kekurangan diantaranya menyulitkan proses penyaringan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan inovasi granulasi abu layang dengan penambahan karagenan sebagai binder.

1.2. Permasalahan

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- a. Apakah penggunaan karagenan sebagai binder abu layang batubara merubah karakteristik abu layang batubara ?
- b. Apakah penggunaan karagenan sebagai binder abu layang batubara tidak merubah kemampuan adsorpsi dari abu layang batubara ?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah :

- a. Mengetahui perubahan karakteristik abu layang batubara akibat penambahan karagenan.
- b. Mengetahui perubahan kemampuan adsorpsi abu layang batubara terhadap ion Pb (II) akibat penambahan karagenan.

1.4. Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dari penyusunan tugas akhir ini antara lain :

- a. Mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh abu layang terhadap lingkungan.
- b. Meningkatkan nilai tambah abu layang batubara dengan memanfaatkannya sebagai adsorben.
- c. Memberikan kontribusi di bidang IPTEK terutama di bidang granulasi abu layang batubara.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Abu Layang Batubara

Abu layang batubara merupakan material yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara pada alat pembangkit listrik sehingga semua sifat-sifatnya juga ditentukan oleh komposisi dan sifat-sifat mineral pengotor dalam batubara serta proses pembakarannya. Dalam proses pembakaran batubara ini titik leleh abu batubara lebih tinggi dari temperatur pembakarannya. Dan kondisi ini menghasilkan abu yang memiliki tekstur butiran yang sangat halus. Abu layang terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Adapun sifat-sifat fisiknya antara lain warnanya abu-abu keputihan dan ukurannya sangat halus yaitu sekitar 88%.

Sifat kimia dari abu layang dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar dan teknik penyimpanan serta penanganannya. Pembakaran batubara lignit dan sob/bituminous menghasilkan abu layang dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada bituminus. Namun memiliki kandungan silika, alumina, dan karbon yang lebih sedikit dari pada bituminous. Abu layang terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat berongga. Ukuran partikel abu layang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075 mm. Kerapatan abu layang berkisar antara 2100-3000 kg/m³ dan luas area spesifiknya antara 170-1000 m²/kg (Firdaushanif, 2007). Pada umumnya, komponen utama dari abu layang yang berasal dari pembangkit listrik adalah silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), dan besi oksida (Fe₂O₃), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang., sebagaimana tersaji pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi dan Klasifikasi Abu layang

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)

Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan abu layang sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. Saat ini umumnya abu layang digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. Selain itu sebenarnya abu layang memiliki berbagai kegunaan antara lain: sebagai penyusun beton untuk jalan dan bendungan, penimbun lahan bekas pertambangan, recovery magnetik, cenosphere, dan karbon, sebagai bahan baku keramik, gelas, batubata, dan refraktori, sebagai bahan penggosok (polisher), sebagai filer aspal, plastik, dan kertas, sebagai pengganti dan bahan baku semen, sebagai aditif dalam pengolahan limbah (waste stabilization), dan sebagai adsorben dan konversi menjadi zeolit (Koesnadi, 2008).

Abu layang yang dikonversi menjadi adsorben merupakan contoh pemanfaatan efektif dari abu layang. Keuntungan adsorben berbahan baku abu layang adalah biayanya yang murah. Selain itu, adsorben ini dapat digunakan baik untuk pengolahan limbah gas maupun limbah cair. Adsorben ini dapat digunakan dalam penyisihan logam berat, limbah zat warna berbahaya, dan senyawa organik pada pengolahan limbah. Abu layang dapat dipakai secara langsung sebagai adsorben atau dapat juga melalui perlakuan kimia dan fisik tertentu sebelum menjadi adsorben (Sunardi, 2006).

2.2. Adsorben

Adsorben merupakan padatan berpori yang dapat menjerap komponen tertentu (adsorbat) dari suatu fase fluida (Saragih, 2008). Adsorpsi berlangsung pada dinding pori-pori di dalam partikel tersebut melalui interaksi fisis maupun kimia.

2.4.1. Jenis Adsorben

Berdasarkan jenisnya, adsorben terbagi terbagi menjadi:

a. Karbon aktif

Karbon aktif merupakan bahan padat berpori tinggi dimana karena sifat permukaan yang non polar menyebabkan karbon aktif dapat menjerap 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 banyak digunakan dalam pengolahan air limbah. Gambar karbon aktif ditunjukkan pada Gambar 2.4.karbon aktif



Gambar 2.4. Karbon Aktif

b. Silika Gel

Silika gel bersifat amorf, inert, tidak beracun, polar. Silika gel merupakan hasil reaksi dari sodium silikat dan asam asetat, yang mengalami proses *aging*, *pickling*, dan lain-lain. Silika gel umumnya digunakan sebagai adsorben untuk senyawa polar termasuk ion-ion logam. Kemampuan adsorpsi silika gel sangat tergantung pada keberadaan struktur grup Si-OH pada permukaan. Kelebihan dari

silika gel adalah tidak terbakar, kekuatan mekanik yang baik, dan regenerasi pada suhu rendah 100-200°C. Adapun gambar silika gel ditunjukkan pada Gambar 2.5. silika gel



Gambar 2.5. Silika Gel

c. Zeolit

Unit pembentuk utama yang membangun struktur mineral zeolit adalah SiO_2 dan Al_2O_3 yang membentuk tertrahedral dimana setiap atom oksigen berada pada keempat sudutnya. Struktur rangka utama zeolit ditempati oleh atom silikon atau aluminium dengan empat atom oksigen di setiap sudutnya. Struktur seperti ini merupakan sisi aktif zeolit yang menyebabkan zeolit memiliki kemampuan sebagai adsorben (Kundari, 2008).

Zeolit merupakan material yang memiliki bentuk kristal sangat teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah dan menjadikan luas permukaan zeolit sangat besar sehingga sangat baik digunakan sebagai adsorben (Suardana, 2008). Zeolit terdapat secara alami di permukaan tanah. Meskipun zeolit sintetis juga telah banyak diproduksi, namun zeolit alam tetap mempunyai peranan penting karena ketersediaannya yang melimpah di alam, khususnya di Indonesia (Senda dkk, 2006). Adapun gambar zeolit ditunjukkan pada Gambar 2.6 zeolit.



Gambar 2.6. Zeolit

d. Alumina Aktif

Alumina aktif merupakan suatu bentuk alumina berpori yang memiliki daya serap yang relatif besar terhadap air, gas, dan uap. Bahan ini berwarna putih, transparan, dan berkapur dan pada umumnya digunakan untuk menghilangkan uap air dari gas serta menghilangkan limbah logam berat seperti As (V), Cl⁻, F⁻, PO₄³⁻ dari air. Jika telah jenuh, dapat diaktifkan kembali dengan cara memanaskannya pada suhu 175° – 325°C. Adapun gambar alumina aktif ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Alumina Aktif

2.4.2. Karakteristik Adsorben

a. Gugus fungsi

Analisis gugus fungsi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada suatu molekul (Supratman, 2010). Hal ini penting terutama pada adsorpsi kimia, dimana pada adsorpsi ini akan terjadi interaksi antara gugus fungsi yang terdapat pada adsorbat dengan gugus fungsi yang terdapat pada adsorben sehingga membentuk suatu

ikatan kimia. Analisis gugus fungsi yang terdapat dalam abu layang batubara dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infrared (FTIR) spectrometer*, suatu metode analisis yang didasarkan pada absorpsi energi pada suatu molekul cuplikan yang dilewatkan radiasi inframerah.

Proses penyerapan energi pada berbagai frekuensi dapat dideteksi oleh spektrofotometer inframerah yang diteruskan melalui cuplikan sebagai fungsi frekuensi (panjang gelombang) radiasi, pada daerah $200-4000\text{ cm}^{-1}$ (Skoog, 1984). Preparasi sampel yang berupa padatan dilakukan menggunakan teknik pelet KBr, yang dibuat dengan cara menekan dan menumbuk campuran cuplikan sampel dan kristal KBr dalam jumlah kecil hingga terbentuk pelet transparan. Tablet cuplikan tipis tersebut kemudian diletakkan di tempat sel spektrofotometer IR dengan lubang mengarah ke sumber radiasi (Sastrohamidjojo, 1992). Sementara untuk sampel yang berupa zat cair, sampel bebas air dioleskan pada *window* NaCl atau *window* KBr, kemudian dipasang pada sel spektrofotometer. Selanjutnya dilakukan pengukuran serapan sehingga diperoleh puncak-puncak gugus fungsi sebagai petunjuk struktur molekul sampel (Sastrohamidjojo, 1992).

b. Luas Permukaan

Salah satu sifat padatan berpori adalah luas permukaan dan porositas. Pengukuran kedua faktor ini merupakan bagian sangat penting pada setiap karakterisasi padatan, baik sebagai katalis maupun adsorben. Jika adsorben yang berupa padatan berpori mengadsorpsi adsorbat, maka fenomena ini tidak hanya terjadi di permukaan luar saja tetapi juga di dalam pori (Lowell dan Sheild, 1984). Perilaku adsorpsi gas ke dalam pori-pori dapat dimanfaatkan untuk menggambarkan porositas dari padatan berpori tersebut. Teknik karakterisasi dengan metode adsorpsi gas ini dapat memberikan informasi mengenai luas permukaan spesifik, distribusi ukuran pori dan isotherm adsorpsi (Do, 1998).

Metode yang digunakan untuk menentukan luas permukaan material padatan didasarkan pada fenomena lapis tunggal atau monolayer yang berlangsung pada suhu tetap. Brunauer, Emmet dan Teller (BET) dalam Do (1998) mengusulkan suatu persamaan adsorpsi isotermis dengan mengambil asumsi bahwa permukaan zat padat tidak akan tertutup secara sempurna selama tekanan uap jenuh belum tercapai. Persamaan BET ini dituliskan sebagai :

$$\frac{P}{V(P_0-P)} = \left(\frac{1}{V_m \cdot C} \right) \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (3)$$

(dengan V adalah volume gas yang teradsorpsi pada kesetimbangan (cm^3), V_m adalah volume gas yang teradsorpsi satu layer pada permukaan adsorben (cm^3), C adalah konstanta BET, P_0 adalah tekanan uap jenuh adsorpsi (mmHg) dan P adalah tekanan gas pada kesetimbangan (mmHg). Lowell dan Sheild (1984), menuliskan Persamaan (II-10) sebagai :

$$\frac{P}{W(P_0-P)} = \frac{1}{W_m \cdot C} + \left(\frac{C-1}{W_m \cdot C} \right) \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (4)$$

dengan W adalah berat gas yang diadsorpsi pada tekanan relatif $\frac{P}{P_0}$ (g) dan W_m adalah berat gas yang diadsorpsi pada lapis tunggal (g). Sebagai adsorbat untuk analisis ini digunakan gas N_2 murni dan adsorpsi berlangsung pada 77 K, dimana pada adsorpsi isotermal ini tekanan relatif $\frac{P}{P_0}$ yang berlaku menurut BET dibatasi pada rentang 0,05-0,3. Jika adsorpsi gas N_2 murni oleh padatan adsorben mengikuti teori BET, maka kurva hubungan $\frac{P}{W(P_0-P)}$ versus $\frac{P}{P_0}$ akan menghasilkan garis lurus dengan :

$$\text{slope (Sl)} = \left(\frac{C-1}{W_m \cdot C} \right) \quad (5)$$

$$\text{intersep (I)} = \frac{1}{W_m \cdot C} \quad (6)$$

Gabungan persamaan (5) dan (6) menghasilkan :

$$W_m = \frac{1}{Sl+I} \quad (7)$$

dan

$$C = \frac{Sl}{I+1} \quad (8)$$

Luas permukaan spesifik (S) dinyatakan sebagai :

$$S = \frac{S_t}{W_s} \quad (9)$$

dengan

$$S_t = W_m \cdot N \cdot \sigma \quad (10)$$

S_t adalah luas permukaan total adsorben (m^2), N adalah bilangan avogadro ($6,023 \times 10^{23}$ molekul/mol), σ merupakan luas penampang lintang adsorbat, dalam hal ini N_2 , yaitu $16,2 \text{ \AA}^2/\text{molekul}$, M adalah berat molekul adsorbat (g/mol) dan W_s adalah berat sampel (g).

c. Kristalinitas

Analisis kristalinitas dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kristalinitas abu layang batubara menggunakan metode difraksi sinar X. Metode ini lazim digunakan untuk menentukan struktur kristal tunggal berdasarkan pada pola difraksi dari interaksi antara analit dengan radiasi elektromagnetik sinar X pada panjang gelombang $0,5\text{-}2,5 \text{ \AA}$ dan energi $+ 107 \text{ eV}$. Dasar metode ini adalah adanya kekhasan jarak antar bidang kristal (d) pada setiap kristal yang berbeda. Jenis kristal dapat ditentukan dengan cara membandingkan puncak-puncak yang terbentuk pada pola difraksi dengan data JCPDS (*Joint Commitee of Powder Diffraction Standar*). Metode difraksi sinar X juga dapat diaplikasikan untuk penentuan bentuk geometri dan ukuran kristal tunggal, penentuan kemurnian hasil sintetis, identifikasi kristal, pengindeksan bidang kristal, penentuan jumlah atom per sel satuan, deteksi senyawa baru, penentuan kemurnian hasil sintetis dan sebagainya (Skoog, 1984).

d. Morfologi

Karakterisasi SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan, porositas, dan ketebalan dari adsorben. Prinsip dasar proses ini adalah dengan menembakan elektron kepermukaan spesimen yang ingin dianalisis. Penembakan elektron tersebut menghasilkan sinyal berupa transmisi elektron yang akan memberikan kondisi gambar dari daerah

spesimen yang ditembakkan. Afrozi, (2010) menyebutkan bentuk transmisi elektron tersebut ada yang menyebar, sehingga mampu menampilkan gambar yang terang. Ada juga transmisi elektron yang penyebarannya tidak elastis (elektron difraksi) sehingga menghasilkan elektron yang gelap.

Untuk transmisi elektron yang penyebarannya tidak elastis masih dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan gambar dengan menggunakan alat tambahan berupa *electron spectrometer* yang digunakan untuk membuat gambaran energi dan spektra elektron. Prinsip kerja dari TEM/SEM hingga menghasilkan gambar dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Elektron ditembakkan dengan kecepatan dibawah 100kV difokuskan pada spesimen dengan menggunakan dua lensa kondensasi dan lensa objektif.
2. Hasil tembakan tersebut kemudian dipindai dengan menggunakan dua kawat scanning dan transmisi elektron, lalu kemudian direkam dengan menggunakan dua recorder yang terpisah dengan masing-masing recorder memiliki fungsi :
 - Recorder utama mengumpulkan transmisi yang menyebar dan transmitan yang penyebarannya tidak elastis pada sudut rendah
 - Recorder kedua merupakan recorder annular untuk melewatkan elektron yang tidak menyebar dan mengumpulkan elektron difraksi.
3. Gambar secara simultan akan terbentuk dari masing-masing posisi penembakan dari spesimen berdasarkan transmitan elektron yang direkam masing-masing recorder sesuai dengan kawat scanning pada kolom. Gambar tersebut selanjutnya ditampilkan pada dua tabung perekam *cathode-ray*
4. Setelah gambar terbentuk, penjelasan gambar akan diberikan oleh CRT screen area terhadap area yang dipindai jika terdapat

5. spesimen didalamnya.

Karakterisasi adsorben penting dilakukan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi, sehingga pemanfaatan adsorben akan lebih optimal. Proses adsorpsi dengan menggunakan adsorben masih seringkali menjadi masalah pada proses pemisahan. Adsorben dalam bentuk serbuk masih memiliki banyak kekurangan seperti mudah terbang, menyulitkan proses separasi serta biayanya yang mahal. Untuk itu diperlukan inovasi dalam penggunaan adsorben. Modifikasi adsorben abu layang menjadi granular merupakan salah satu alternatif pemanfaatan yang tepat untuk mempermudah proses separasi. Pemilihan binder yang digunakan dalam pembuatan granular adsorben salah satunya dengan karagenan. Daya rekat dan kemampuan yang baik dari karagenan dalam membentuk gel memungkinkan karagenan digunakan sebagai binder dalam proses granulasi.

2.3. Karagenan

Karagenan merupakan senyawa hidrokoloid mengandung ester kalium, natrium, magnesium dan kalium sulfat dengan galaktosa 3,6 anhidrogalaktosa kopolimer (Chapman, 1980). Karagenan terdapat dalam dinding sel rumput laut dan merupakan bagian penyusun terbesar rumput laut dibandingkan dengan komponen yang lain. Karagenan dapat diekstraksi dari rumput laut melalui proses alkali pada suhu tinggi. Polimer alam ini memiliki kemampuan untuk membentuk gel secara larutan kental jika ditambahkan ke dalam larutan garam sehingga banyak dimanfaatkan sebagai pembentuk gel, pengental, dan bahan penstabil di berbagai industri seperti pangan, farmasi, kosmetik, percetakan, dan tekstil (Van de Velde dkk, 2002; Campo dkk, 2009). Selain itu, karagenan juga dapat dimanfaatkan sebagai binder dalam berbagai produk. Kandungan gugus sulfat yang bermuatan negatif disepanjang rantai polimernya serta sifatnya yang hidrofilik memungkinkan karagenan dapat dijadikan sebagai binder.

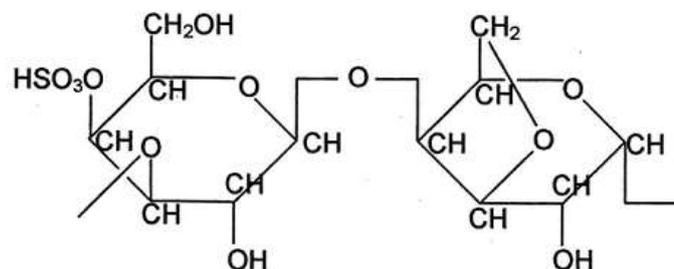
Viskositas dan kekuatan gel karagenan merupakan sifat utama yang diperlukan untuk diterapkan di industri pangan dan farmasi. Menurut Campo et al. (2009) pembentukan gel merupakan hasil *crosslinking* antara rantai heliks yang berdekatan, dengan grup sulfat menghadap ke bagian luar. Kelarutan dalam air

sangat dipengaruhi kadar grup sulfat (bersifat hidrofilik) dan kation dalam karagenan. Kation yang terionisasi yang dijumpai dalam karagenan adalah sodium (Na), potasium (K), calcium (Ca), dan magnesium (Mg). Banyaknya fraksi sulfat dan keseimbangan kation dalam air menentukan kekentalan atau kekuatan gel yang dibentuk karagenan (Campo et al., 2009).

Doty (1987), membedakan karagenin berdasarkan kandungan sulfatnya menjadi dua fraksi yaitu kappa karagenin yang mengandung sulfat kurang dari 28 % dan iota karagenin jika lebih dari 30 %. Winarno (1996) menyatakan bahwa kappa karagenin dihasilkan dari rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*, iota karagenin dihasilkan dari *Eucheuma spinosum*, sedangkan lambda karagenin dari *Chondrus crispus*, selanjutnya membagi karagenin menjadi 3 fraksi berdasarkan unit penyusunnya yaitu kappa, iota dan lambda karagenin.

2.2.1. Karagenan Kappa

Kappa karagenan dihasilkan dari rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*, mengandung kadar sulfat kurang dari 28%. Kappa-karagenan tersusun dari α (1,3)-D-galaktosa-4-sulfat dan β (1,4)-3,6-anhidro-D-galaktosa. Kappa-karagenan juga mengandung D-galaktosa-6-sulfat ester dan 3,6-anhidro-D-galaktosa-2-sulfat ester. Adanya gugusan 6-sulfat, dapat menurunkan daya gelasi dari kappa-karagenan, tetapi dengan pemberian alkali mampu menyebabkan terjadinya transesterifikasi gugusan 6-sulfat, yang menghasilkan 3,6-anhidro-D-galaktosa (Winarno, 1996). Berikut gambar 2.1. Struktur karagenan kappa



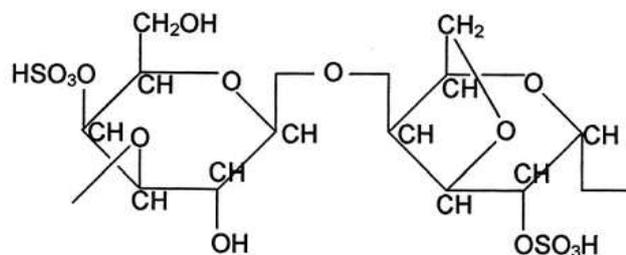
Gambar 2.1. Struktur Karagenan Kappa

Adapun sifat fisik yang dimiliki karagenan tipe kappa ini adalah:

- Larut dalam air panas.
- Penambahan ion Kalium menyebabkan pembentukan gel yang tahan lama, namun rapuh, serta manambah temperatur pembnetukan gel dan pelelehan.
- Kuat, gel padat, beberapa ikatan dengan ion K^+ dan Ca^{++} menyebabkan bentuk helik terkumpul, dan gel menjadi rapuh.
- Gel berwarna transparan,
- Diperkirakan terdapat 25% ester sulfat dan 34% 3,6-anhidrogalaktosa.
- Sesuai dengan pelarut yang dapat bercampur dengan air.
- Tidak dapat larut dalam sebagian besar pelarut organik.

2.2.2. Karagenan Iota

Karagenan tipe iota mengandung gugus 4-sulfate ester dalam semua gugus D-galaktose dan gugus 2-sulfat ester dalam 3,6anhydro-D-galaktose. Ketidakberaturan gugus 6-sulfat ester menggantikan gugus ester 4-sulfat dalam D-galaktose. Gugus ini dapat digantikan dengan pengolahan dalam kondisi basa untuk meningkatkan kekuatan gel. Karaginan jenis iota bersifat lebih hidrofilik karena adanya gugus 2-sulfat dapat menetralkan 3,6-anhidro-Dgalaktosa yang kurang hidrofilik. Karagenan iota dapat juga berikatan dengan air, namun membentuk gel yang relative lebih elastis dan lembut, khususnya jika ada garam kalsium. Iota Karagenan dihasilkan dari *Euchema spinosum*. Berikut Gambar 2.2. Struktur karagenan iota



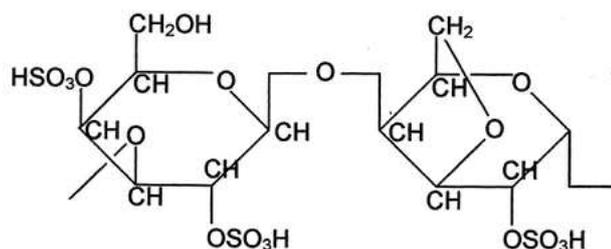
Gambar 2.2. Struktur Karagenan Iota

Adapun sifat fisik yang dimiliki karagenan tipe iota ini adalah:

- Larutan memperlihatkan karakteristik tiksotropik.
- Larut dalam air panas, karagenan iota larut dalam air dingin dan air panas.
- Penambahan ion kalsium akan menyebabkan pembentukan gel tahan lama, elastik, dan meningkatkan temperatur pembentukan gel dan pelelehan.
- Gel bersifat elastik, membentuk heliks dengan ion Kalsium.
- Gel bening.
- Stabil dalam keadaan dingin.
- Tidak dapat larut dalam sebagian besar pelarut organik.
- Diperkirakan mengandung 32% ester sulfat dan 30% 3,6-anhidrogalaktosa.

2.2.3. Karagenan Lamda

Lambda karagenan dihasilkan dari rumput laut jenis *Chondrus crispus*. Karagenan tipe lambda berbeda dengan kappa dan iota karagenan, karena mengandung residu disulfat-D-galaktosa, sedangkan kappa dan iota karagenan selalu memiliki gugus 4-fosfat ester (Winarno 1996). Diperkirakan mengandung 35% ester sulfat dan sedikit atau bahkan tidak mengandung 30% 3,6-anhidrogalaktosa sama sekali. Berikut gambar 2.3. Struktur karagenan iota



Gambar 2.3. Struktur Karagenan Lamda

Adapun sifat fisik yang dimiliki karagenan tipe lambda ini adalah:

- Aliran bebas, larutan pseudo-plastik non-gel dalam air.
- Larut sebagian dalam air dingin, dan larut dengan baik dalam air panas.

- c. Tidak terbentuk gel, rantai polimer terdistribusi acak.
- d. Kekentalan bervariasi dari kekenatalan rendah hingga tinggi.
- e. Penambahan kation memberikan efek yang kecil terhadap viskositas.
- f. Sesuai untuk pelarut yang dapat bercampur dengan air.
- g. Tidak dapat larut dalam sebagian besar pelarut organik.
- h. Stabil dalam berbagai variasi temperatur, termasuk temperatur pembekuan.
- i. Larut dalam larutan garam 5%, baik dingin maupun panas.
- j. Diperkirakan mengandung 35% ester sulfat dan sedikit atau bahkan tidak mengandung 30% 3,6-anhidrogalaktosa sama sekali.

karagenan dari berbagai jenis tersebut baik digunakan sebagai binder dalam proses granulasi, namun akan lebih baik jika pemakaian karagenan dipilih pada jenis kappa. Karagenan jenis ini memiliki bentuk garam dari gugus ester sulfatnya, yaitu garam potasium lebih sulit larut dalam air, sehingga memungkinkan karagenan dapat digunakan sebagai binder karena memiliki daya larut yang rendah terhadap air. Penambahan karagenan sebagai binder pada proses granulasi akan memudahkan proses adsorpsi terutama pada saat penyaringan, sehingga proses adsorpsi akan lebih efektif dan efisien.

2.4. Adsorpsi

Menurut Oscik dan Cooper (1982), adsorpsi merupakan proses akumulasi adsorbat (zat yang diserap) pada permukaan adsorben (padatan penyerap), yang disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik antara molekul padatan dengan material terjerap (fisorpsi) atau interaksi kimia (kimisorpsi). Metode adsorpsi dipilih karena prosesnya yang mudah, murah, dan dapat bekerja pada konsentrasi rendah. Adsorpsi kimia melibatkan suatu ikatan kimia antara adsorbat dan adsorben. Karakter ikatan ini dapat terletak antara ionik hingga kovalen dan panas adsorpsi yang dihasilkan tinggi, mendekati nilai ikatan kimia. Adsorpsi kimia bersifat ireversibel, berlangsung pada temperatur tinggi dan tergantung pada energi aktivasi. Karena terjadi pemutusan ikatan, maka panas adsorpsinya mempunyai kisaran yang sama seperti reaksi kimia, yaitu di atas 20,92 kJ/mol.

Penerapannya antara lain pada proses korosi dan katalisis heterogen (Adamson, 1990).

Adsorpsi fisika terjadi karena adanya interaksi van der Waals antara adsorbat dan substrat dengan jarak jauh, lemah, dan energi yang dilepaskan jika partikel teradsorpsi secara fisik mempunyai orde besaran yang sama dengan entalpi kondensasi. Entalpi yang kecil ini tidak cukup untuk menghasilkan pemutusan ikatan, sehingga molekul yang terfisisorpsi tetap mempertahankan identitasnya walaupun molekul itu dapat terdistorsi dengan adanya permukaan. Adsorpsi fisika bersifat reversibel, umumnya terjadi pada temperatur rendah dan dengan bertambahnya temperatur jumlah adsorpsi berkurang dengan mencolok. Penerapannya antara lain pada penentuan luas permukaan, analisis kromatografi, pemurnian gas dan pertukaran ion. Panas adsorpsi yang menyertai adsorpsi fisika yaitu kurang dari 20,92 kJ/mol (Adamson, 1990). Perbedaan antara adsorpsi fisika dengan adsorpsi kimia dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Perbedaan Adsorpsi Fisika dengan Adsorpsi Kimia

No	Parameter	Adsorpsi fisika	Adsorpsi kimia
1.	Adsorben	semua jenis	Terbatas
2.	Adsorbat	semua gas	kecuali gas mulia
3.	Jenis ikatan	Fisika	Kimia
4.	Panas adsorpsi	5-10 kkal/gr mol gas	10-100 kkal/gr-mol gas
5.	Temperatur operasi	di bawah temperatur kritis	di atas temperature kritis
6.	Reversibilitas	<i>Reversible</i>	Tidak selamanya <i>Reversible</i>
7.	Tebal lapisan	Banyak (multilayer)	Satu (monolayer)
8.	Kecepatan adsorpsi	Besar	Kecil
9.	Jumlah zat Teradsorpsi	Sebanding dengan kenaikan tekanan	Sebanding dengan banyaknya inti aktif adsorben yang dapat bereaksi dengan adsorbat
10.	Energi aktivasi	kurang dari 1 kkal/gr mol	10-60 kkal/gr-mol

(Sumber: noll,et al 1992)

2.3.1. Klasifikasi Isoterm Adsorpsi

Kesetimbangan adsorpsi pada umumnya dipelajari dengan pendekatan isoterm adsorpsi, yang menggambarkan hubungan

kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat dalam larutan dengan jumlah adsorbat yang teradsorpsi pada permukaan adsorben pada temperatur konstan (Do, 1998). Model isoterm adsorpsi yang banyak digunakan pada adsorpsi cairan diantaranya Langmuir dan Freundlich (Mall dkk., 2006). Langmuir mengasumsikan bahwa pada permukaan adsorben terdapat situs aktif yang proporsional dengan luas permukaan. Masing-masing situs aktif ini hanya dapat mengadsorpsi satu molekul, sehingga adsorpsi hanya terbatas pada pembentukan lapis tunggal (*monolayer*). Sementara, pada persamaan Freundlich dimungkinkan terdapat permukaan heterogen, yang memang lebih sering dijumpai pada sistem sesungguhnya (Do, 1998). Model isoterm Langmuir diungkapkan sebagai berikut :

$$C_{\mu} = C_{\mu m} \cdot \frac{K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (1)$$

Keterangan :

C_{μ} = Konsentrasi adsorbat di permukaan adsorben pada keadaan setimbang (mol/gr)

K_L = Konstanta langmuir terkait dengan kapasitas adsorpsi

$C_{\mu m}$ = Konsentrasi adsorbat maksimal di permukaan adsorben pada keadaan setimbang (mol/gr)

C_e = Konsentrasi adsorbat dalam larutan pada keadaan setimbang (mol/liter)

Jika nilai K_L lebih besar maka adsorben mampu menjerap lebih banyak adsorbat karena afinitasnya lebih kuat (Do,1998). Sementara, model isoterm Freundlich diungkapkan sebagai :

$$C_{\mu} = k_f \cdot (C_e)^{\frac{1}{n}} \quad (2)$$

Keterangan :

C_{μ} = Konsentrasi adsorbat di permukaan adsorben pada keadaan setimbang (mol/gr)

K_f = Konstanta freundlich terkait dengan kapasitas adsorpsi

$1/n$ = Konstanta freundlich terkait dengan faktor heterogen nilai permukaan

C_e = Konsentrasi adsorbat dalam larutan pada keadaan setimbang (mol/liter)

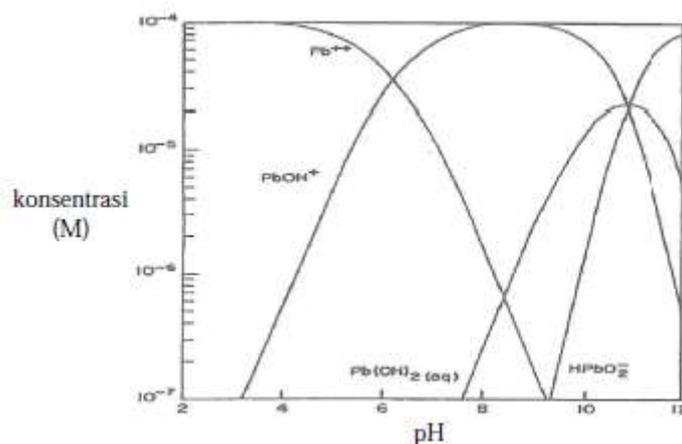
Model isoterm Langmuir dan Freundlich telah banyak digunakan untuk menggambarkan kesetimbangan adsorpsi berbagai zat warna dan ion logam oleh abu layang batubara. Ricou dkk, (1999) mempelajari adsorpsi ion Ni(II), Zn(II), Pb(II) dan Cu(II) oleh abu layang batubara pada pH konstan 5. Adsorpsi Pb(II) oleh abu layang merupakan salah satu metode yang tepat digunakan dalam mengurangi penyebaran logam timbal dibadan air. Hal ini dilihat dari dampak negatif keberadaan Pb di badan air yang bersifat toksik dan karsinogenik, karena Pb dikategorikan sebagai logam yang berbahaya setelah merkuri dan kromium.

2.5. Logam Pb(II)

Timbal merupakan bahan alami yang terdapat dalam kerak bumi. Timbal sering kali digunakan dalam industri kimia seperti pembuatan baterai, industri pembuatan kabel listrik dan industri pewarnaan pada cat. 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).

Timbal merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup karena bersifat karsinogenik, dapat menyebabkan mutasi, terurai dalam jangka waktu lama dan toksisitasnya tidak berubah (Brass & Strauss, 1981). Pb dapat mencemari udara, air, tanah, tumbuhan, hewan, bahkan manusia. Masuknya Pb ke tubuh manusia dapat melalui makanan dari tumbuhan yang biasa dikonsumsi manusia seperti padi, teh dan sayur-sayuran. Logam Pb terdapat di perairan baik secara alamiah maupun sebagai dampak dari aktivitas manusia. Logam ini masuk ke perairan melalui pengkristalan Pb di udara dengan bantuan air hujan. Selain itu, proses korofikasi dari batuan mineral juga merupakan salah satu jalur masuknya sumber Pb ke perairan (Palar, 1994).

Adsorpsi timbal, terutama ion Pb(II) telah banyak dipelajari, diantaranya oleh Yehia dkk. (2008), yang menyatakan adanya penurunan kemampuan adsorpsi *unburned carbon* terhadap ion Pb(II) pada pH >5 karena adanya perubahan Pb^{2+} menjadi $PbOH^+$ dalam larutan, sebagaimana terlihat pada diagram konsentrasi yang tersaji pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Diagram konsentrasi logaritma untuk 1×10^{-4} M Pb (II)
(Yehia dkk., 2008)

Keberadaan timbal dibadan air memberikan dampak negatif bagi kesehatan. Batas keberadaan Pb diperairan sudah ditetapkan melalui peraturan pemerintah yaitu 0,001mg/g. Namun dengan batas yang telah ditentukan penyerapan Pb dalam jumlah yang sedikit tetap membahayakan kesehatan. Untuk itu perlu dilakukan uji kandungan logam timbal dalam badan air agar pencemaran logam Pb dalam badan air tetap pada batas minimum.

2.6. Uji Adsorpsi

Analisis kandungan Pb (II) ini dilakukan menggunakan AAS. Dimana prinsip kerja dari SSA itu sendiri ialah apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang

berada pada sel. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari *Hukum Lambert*, yaitu bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi dan *Hukum Beer* yaitu intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut. berdasarkan kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan:

$$A = -\log \frac{I_o}{I_t} = \epsilon bc \quad (15)$$

Dimana:

I_o = intensitas sumber sinar

I_t = intensitas sinar yang diteruskan

ϵ = absorptivitas molar

b = panjang medium

c = konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar

A = absorbansi

dengan

$$A = -\log \frac{I_o}{I_t} = -\log T \quad (16)$$

T = transmitansi

BAB III

PROSEDUR KERJA

3.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

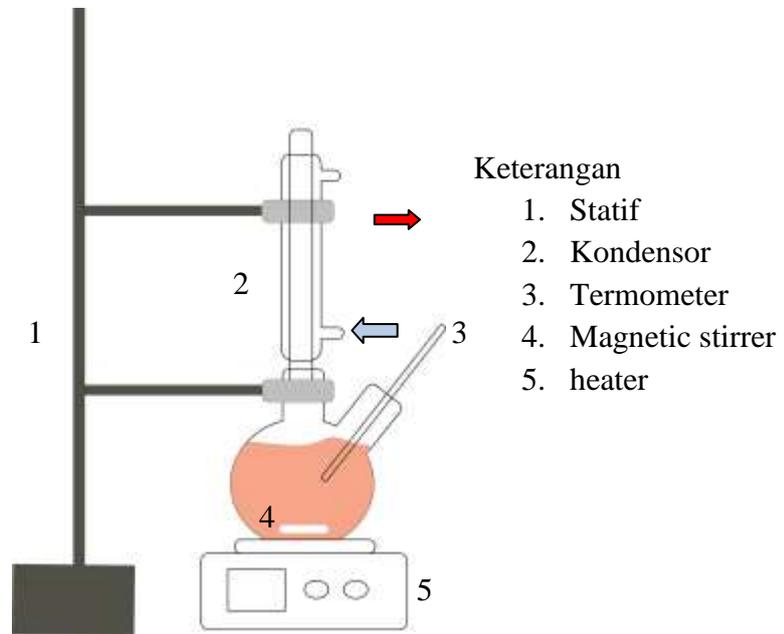
- a. Labu leher 3
- b. *Magnetic stirrer*
- c. *Hot plate*
- d. Kondensor
- e. Termometer
- f. Corong kaca
- g. *Shaker*
- h. Selang
- i. Pompa
- j. Beaker glass
- k. Gelas ukur
- l. Glass arloji
- m. Pipet ukur
- n. Ball filler
- o. Botol sampel
- p. Piknometer
- q. Neraca analitik
- r. Spatula
- s. Corong Buchner
- t. Pompa vacuum
- u. Oven

3.2. Bahan

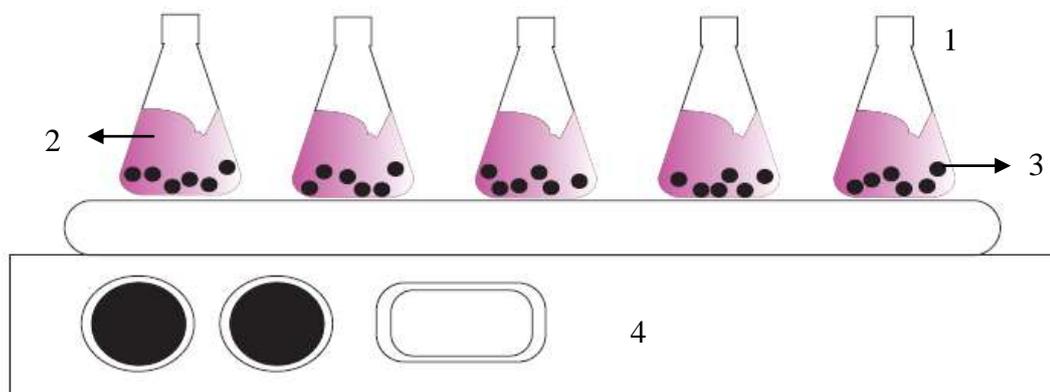
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

- a. Larutan Pb(II) diperoleh dari Laboratorium Terpadu Teknik Kimia
 - Bentuk : Serbuk
 - Berat molekul : 82 gr/grmol
 - Warna : Putih
 - Massa jenis : 11,34 g/cm³
- b. NaOH didapatkan dari Toko Indrasari, Semarang, Jawa Tengah dengan spesifikasi :
 - Kadar : 99%
 - Berat Molekul : 40 gr/gmol
 - Bentuk : Pallet
 - Warna : Putih
- c. Karagenan didapatkan dari Laboratorium Analisa CV. Chem-Mix Pratama, Yogyakarta, Jawa Tengah dengan spesifikasi :
 - Bentuk : Serbuk
 - Warna : Putih
 - Jenis : Teknis
 - Titik beku : 37°C
- d. Abu layang diperoleh dari PLTU Tanjung Jati, Jepara, Jawa Tengah
 - Warna : Abu-abu kehitaman
 - Bentuk : Serbuk
 - Massa Jenis : 2,5 gr/cm³

3.3. Rangkaian Alat



Gambar 3.1. Rangkaian Alat refluk

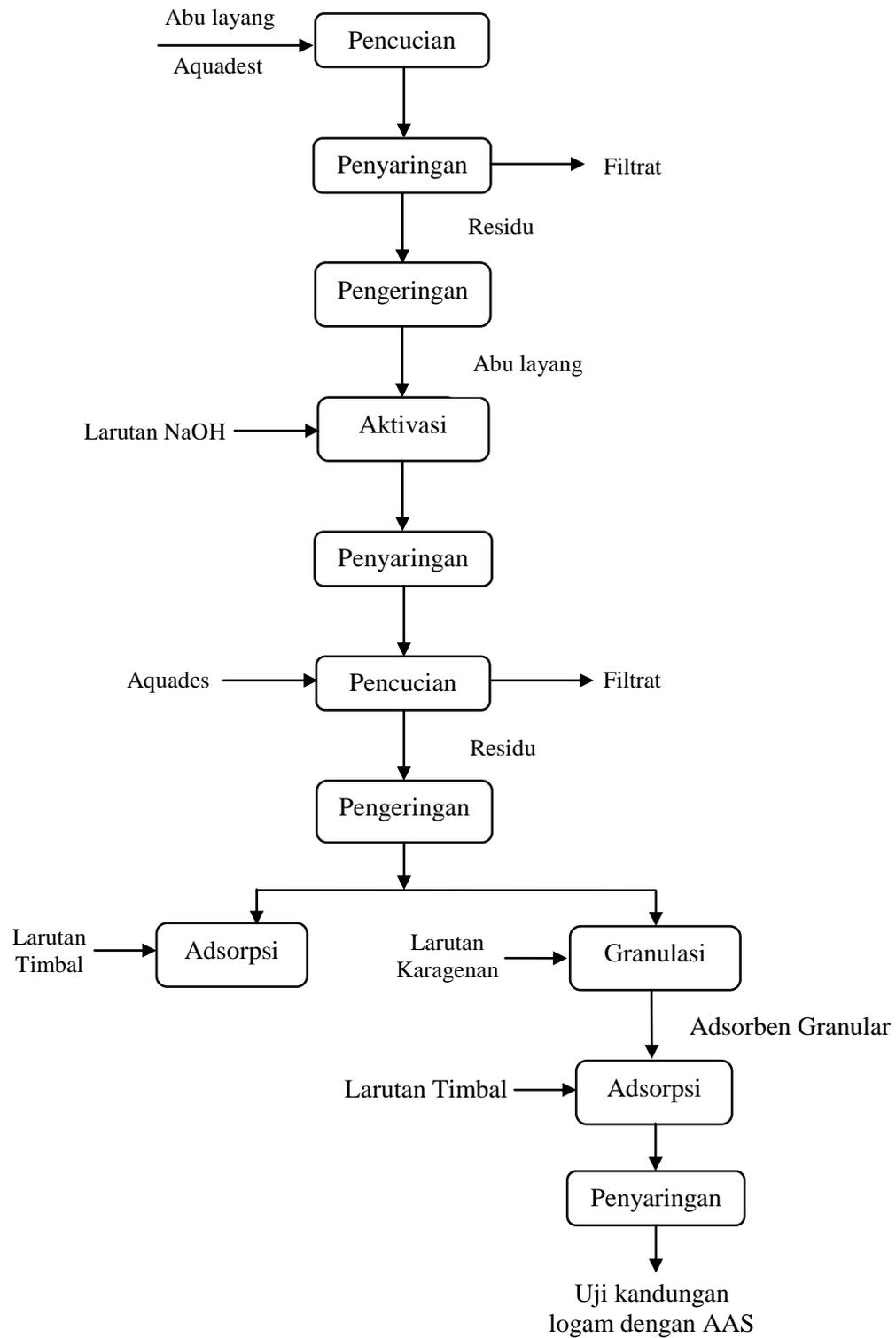


Gambar 3.2. Rangkaian Alat Shaker

Keterangan

6. Erlenmeyer
7. Larutan Pb
8. Adsorben
9. Shaker

3.4. Cara Kerja



Gambar 3.3 Skema kerja pembuatan granular adsorben

A. Aktifasi abu layang dengan NaOH

Abu layang sebanyak 250 gr dicuci dengan aquades 2 hingga 3 kali untuk menghilangkan kotoran yang terikut seperti tanah liat maupun pasir, kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 115°C untuk menghilangkan kandungan air hingga diperoleh berat konstan. Padatan yang dihasilkan selanjutnya dihaluskan menggunakan mortar dan diayak hingga lolos ayakan 150 mikro. Abu kemudian masukan ke dalam labu alas bulat yang telah berisi larutan NaOH 3M sebanyak 300 ml dan direfluk pada suhu 60°C selama 6 jam. Selanjutnya, abu layang disaring dan dicuci dengan aquades hingga netral. Abu hasil perlakuan ini kemudian dianalisis ukuran pori, luas permukaan pori, gugus fungsi dan morfologi.

B. Adsorpsi larutan Pb(II) dengan abu layang batubara

Abu layang hasil aktivasi sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 50 mL larutan Pb(II) dengan konsentrasi bervariasi (20, 40, 60, 80, dan 100 mg/L) pada pH 5. Campuran tersebut selanjutnya dishaker selama 180 menit pada kecepatan 120rpm. Adsorben lalu dipisahkan dari larutannya, dan larutan tersebut kemudian dianalisis menggunakan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS).

C. Pembuatan granular abu layang

Abu layang hasil aktivasi dicampur dengan larutan karagenan dengan perbandingan abu layang : larutan karagenan bervariasi (10,15,dan 20%), adonan yang terbentuk selanjutnya dicetak dengan diameter 0,5 cm dan dioven pada suhu 110°C .

D. Adsorpsi larutan Pb (II) Granular abu layang

Adsorpsi larutan Pb(II) menggunakan granular abu layang dilakukan dengan cara mengontakkan 1 gr adsorben granular dengan 50ml larutan Pb (II) pada konsentrasi tertentu (20,40,60,80,100mg/g) dalam erlemenyer 100ml. campuran tersebut selanjutnya dishaker dengan kecepatan 120rpm selama 180 menit.

Adsorpsi ini dilakukan pada pH 5. Larutan hasil adsorpsi selanjutnya dipisahkan dari adsorbennya dan dianalisis kandungan ion Pb (II) menggunakan AAS.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dan analisis yang dilakukan dapat disimpulkan dibawah ini :

1. Penambahan karagenan sebagai binder dalam proses granulasi mengubah karakteristik abu layang.
2. Kemampuan adsorpsi abu layang terhadap Pb(II) setelah proses granulasi semakin menurun, namun penurunan kemampuan adsorpsi tersebut tidak terlalu signifikan.

5.2. Saran

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan tinjauan secara kinetik dan pengembangan model kinetika adsorpsinya.
2. Perlu pemilihan jenis binder selain karagenan pada proses granulasi, untuk menghasilkan granular dengan kualitas yang baik dengan kebutuhan dan daya larut yang relatif kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R. 2004, *Kimia Lingkungan*, Edisi I Yogyakarta: ANDI; Jakarta : Universitas Negeri Jakarta.
- Ahmaruzzaman, M. 2010. A Review on The Utilization of *Abu layang*. *Progress in energy and Combustion Science*. 36 : 327-363.
- Apiratikul, R., Pavasant, P. 2008. Sorption of Cu²⁺, Cd²⁺ and Pb²⁺ Using Modified Zeolite from Coal *Abu layang*. *Chemical Engineering Journal*. 144 : 245-258.
- Astuti, W., Wahyudi E.T., Prasetya,A., Bendiyasa, IM. 2010. The effect to Coli *Abu layang* crystalinity forward Methil violet adsorption capacity ajche 10 (1);8-14
- Cao, X., Ma, L.Q., Rhue, D.R., Appel, C.S. 2004. Mechanism of Lead, Copper and Zink Retention by Phospat Rock. *Environmental Pollution*. 131 : 435-445
- Campo, V.L., Kawano,D.F., Silva Júnior, D.B., Ivone Carvalho, I., 2009, “Carrageenans: Biological Properties, Chemical Modifications and Structural Analysis”, *Carbohydrate Polymers*, 77, 167-180.
- Do, D.D. 1998. *Adsorption Analysis : Equilibria and Kinetics*. Imperial College Press. London, England.
- Fardiaz, S., 1987. Fisiologi Fermentasi, Lembaga Sumber Daya Informasi-IPB.
- Firdaushanif. 2007. *Pembakaran Batubara*. ([http:// firdaushanif. multiply.com /journal /item /2/ Pembakaran _ Batubara](http://firdaushanif.multiply.com/journal/item/2/Pembakaran_Batubara)) diunduh pada tanggal 14 Oktober 2011.
- Gatima, E., dkk. 2005. *Assessment of Pulverised Abu layang (PFA) as an Ameliorant of Lead Contaminated Soils*. Journal School of Biological Sciences, Plant and Soil Science, University of Aberdeen.[http://www.scipub.org/fullt ext/ajes/ajes13230-238.pdf](http://www.scipub.org/fulltext/ajes/ajes13230-238.pdf). Akses: 21 Maret 2009.
- Kundari, Noor Anis, Slamet W, (2008),”Tinjauan kesetimbangan adsorpsi tembaga dalam limbah pencuci PCB dengan zeolit”, Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta.

- Lowell, S., Shields, J.E. 1984. *Powder Surface Area and Porosity*. John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- Mall, I.D., Srivastava, V.C., Agarwal, N.K. 2006. Removal of Orange-G and Senyawa organik Dyes by Adsorption onto Bagase *Abu layang* – Kinetic Study and Equilibrium Isotherm Analyses. *Dyes and Pigments*. 69 : 210-223.
- Montagnaro F. Santoro. L 2009. Reuse of coal comustion ashes as dyes and heavy. Metal adsorbents effect of setving and demineralition an waste properties and adsorbtion capacity chemical engineering jurnal 150. 174-180.
- Miller, J. C., dan Miller, J. N. 1991. *Statistika Untuk Kimia Analitik*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Nurhayati dan Maryanti, E.N., 2004. Biosorpsi Timbal (Pb) dari Limbah Electroplating oleh *Saccharomyces Cerevisiae*, Skripsi Jurusan Teknik Kimia UPN “Veteran” Jatim.
- Oscik, J. 1982. Adsorption. John Willey and Sons. New York.
- Ricou, P., Hequet, V., Lecuyer, I., Le Cloirec, P. 1999. Influence of Operating Condition on Heavy Metal Cation Removal by *Abu layang* in Aqueous Solution. International Ash Utilization Symposium. University of Kentucky.
- Rouquerol, F., Rouquerol, J., Sing, K. 1999. *Adsorption by Powders and Porous Solids*. Academic Press. San Diego, CA, USA.
- Suardana, I.N., (2008), Optimalisasi Daya Adsorpsi Zeolit Terhadap Ion Kromium(III), *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Sains & Humaniora*, Lembaga Penelitian Undiksha, 2(1), pp. 17-33.
- Skoog, D.A. 1984. *Principles of Instrumental Analysis*. Saunders College Publishing. Florida, USA.
- Sukandarrumidi. 2006. *Batubara dan Pemanfaatannya*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta, Indonesia.
- Sastrohamidjojo, H. 1992. *Spektroskopi Inframerah*. Liberty. Yogyakarta, Indonesia.
- Senda, S.P., Saputra, H., Sholeh, A., Rosjidi, M., and Mustafa, A., (2006), Prospek Aplikasi Produk Berbasis Zeolit untuk Slow Release Substances

- (SRS) dan Membran, *Artikel Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Indonesia*, ISSN 1410-9891.
- Somerville, R. 2007. *Low-Cost Adsorption Materials For Removal Of Metals From Contaminated Water*. TRITA-LWR Master Thesis. KTH Architecture and the Built Environment. ISSN 1651- 064X. LWR-EX-07-02.
- Schneider, H., Komarneni, S. 2005. *Mullit*. Wiley-VCH. 244-253.
- Towle GA. 1973. *Carrageenan*. Di dalam: Whistler RL (editor). *Industrial Gums*. Second Edition. New York: Academic Press. hlm 83 – 114.
- Van de Velde, F., Knutsen, S.H., Usov, A.I., Romella, H.S., and Cerezo, A.S., 2002, "1H and 13 C High Resolution NMR Spectroscopy of Carrageenans: Application in Research and Industry", *Trend in Food Science and Technology*, 13, 73-92.
- Wang, X.S. Li, Z.Z. Tao, S.R. (2009), "Removal of chromium (VI) from aqueous solution using walnut hull", *J. Environ. Manage.* Vol. 90, hal. 721–729.
- Winarno, FG., 1996. *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Woolard CD Petrus K Hors M.V.D 2000 The use of modified *abu layang* as an adsorbent of lead water S.A. vol.26 No.4:531-536

LAMPIRAN

A. Pembuatan larutan NaOH 3M

$$V = 300\text{ml}$$

$$\text{BM} = 40 \text{ gr/mol}$$

$$3\text{M} = \frac{m}{\text{BM}} \times \frac{1000}{V}$$

$$3\text{M} = \frac{m}{40} \times \frac{1000}{300}$$

$$m = 36,36 \text{ gram}$$

B. Pembuatan larutan Pb induk 2000ppm

$$\text{Ppm} = \frac{M}{V} \times 10^{-6}$$

$$2000\text{ppm} = \frac{M}{1000\text{ml}} \times 10^{-6}$$

$$M = 2\text{gr}$$

Membuat larutan Pb pada variabel konsentrasi 20,40,60,80,100ppm dengan rumus pengenceran.

Rumus pengenceran :

$$V_1.M_1 = V_2.M_2$$

Keterangan :

V_1 = volume larutan induk yang diambil

M_2 = konsentrasi larutan induk yang diencerkan

V_2 = volume larutan pengenceran

M_2 = konsentrasi larutan pengenceran

Untuk membuat larutan 20ppm sebanyak 50 ml diencerkan dari larutan 2000ppm, maka :

$$V_1.M_1 = V_2.M_2$$

$$V_1 \cdot 2000 \text{ mg/L} = 50 \text{ ml} \cdot 20 \text{ mg/L}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ ml} \cdot 20 \text{ mg/L}}{2000 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ ml}$$

Sehingga untuk membuat larutan Pb 20 mg/L sebanyak 50 ml dari larutan 2000 mg/L diambil sebanyak 0,5 ml. Kemudian 0,5 ml larutan Pb 2000 mg/L diencerkan labu takar 50 ml hingga tanda batas.

C. Perhitungan isoterm adsorpsi

Q_e = Banyaknya zat yang terjerap persatuan berat adsorben (mg/g)

C_i = Konsentrasi awal larutan

C_e = Konsentrasi akhir larutan

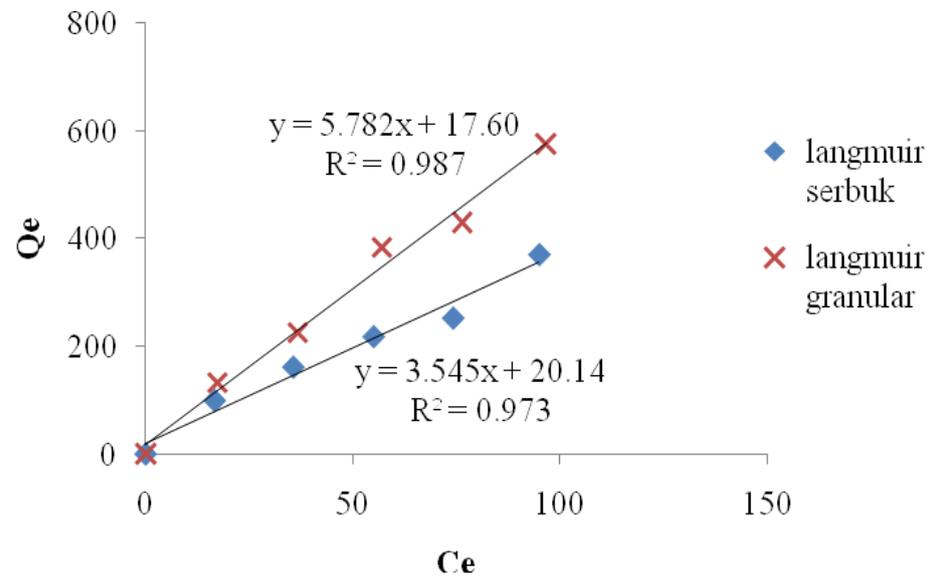
V = Volume larutan

M = Massa adsorben

C_i	C_e	V	M	Q_e	C_μ	$\log c_e$	$\log q_e$
0	0	0	0	0	0	0	0
20	16.64	0.05	1	0.168	99.04762	1.221153	-0.77469
40	35.585	0.05	1	0.22075	161.2005	1.551267	-0.6561
60	54.95	0.05	1	0.2525	217.6238	1.739968	-0.59774
80	74.12	0.05	1	0.294	252.1088	1.869935	-0.53165
100	94.87	0.05	1	0.2565	369.8635	1.977129	-0.59091

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{M}$$

$$C_\mu = \frac{C_e}{Q_e}$$



Persamaan Langmuir

$$y = 5.782x + 17.60$$

$$\text{Intersept} = \frac{1}{qm}$$

$$5.782 = \frac{1}{qm}$$

$$qm = 0.17295$$

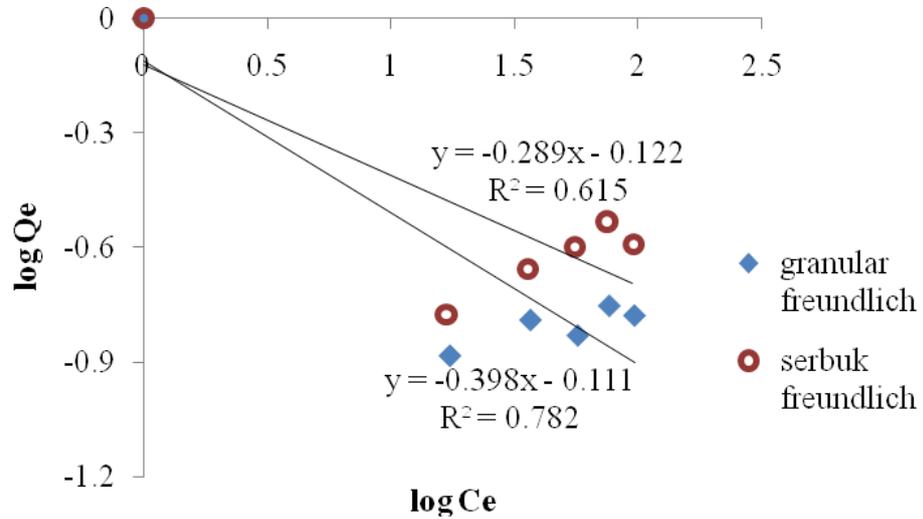
$$\text{Slope} = \frac{1}{b \cdot qm}$$

$$17.60 = \frac{1}{b \cdot 0.17295}$$

$$b = 0.3285$$

$$\frac{Ce}{Qe_{\text{model}}} = \frac{1}{b \cdot qm} + \frac{1}{qm} \times Ce$$

$$\text{Ralat rerata} = \frac{Qe_{\text{data}} - Qe_{\text{model}}}{Qe_{\text{data}}} \times 100$$



Persamaan Freundlich

$$Y = -0.398 - 0.111$$

$$\text{Log } Q_e = 1/n \text{ log } C_e + \text{log } K_f$$

$$\text{Slope} = 1/n$$

$$n = -2.51256$$

$$\text{intersept} = \text{Log } K_f$$

$$\text{log } K_f = -0.111$$

$$K_f = 10^{-0.111}$$

$$K_f = 0.77446$$

D. Perhitungan presentase teradsorpsi

untuk menentukan % adsorpsi dapat menggunakan rumus:

$$\% \text{ adsorpsi} = 100 (C_i - C_e) / C_i$$

Dimana :

C_i = konsentrasi awal

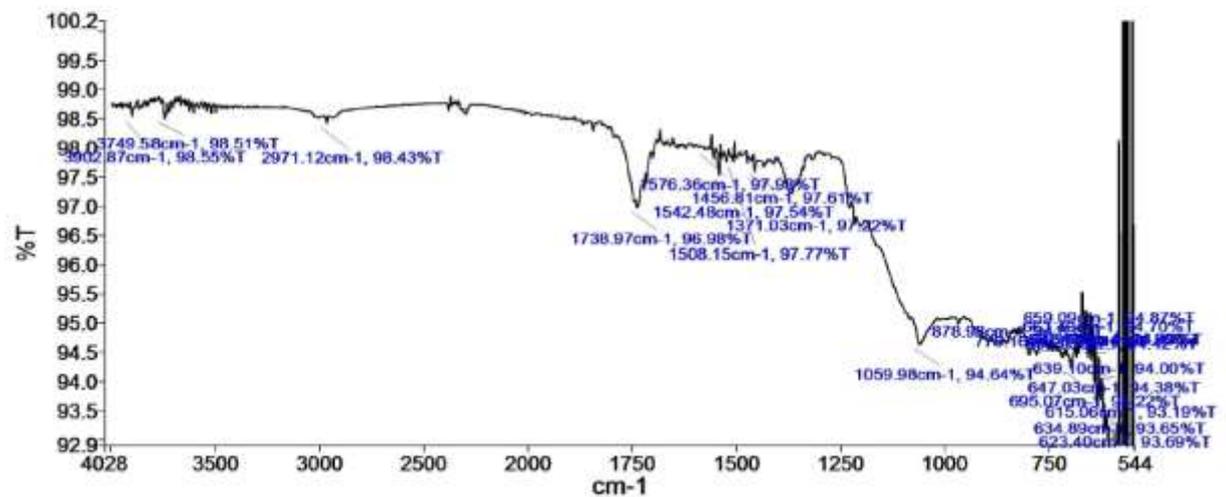
C_e = konsentrasi akhir / sisa

Hasil Analisis FTIR abu Layang Aktifasi

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



Peak Area/Height Results

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Start	End	Base1	Base2
1	3902.87	98.55	-16.97	4000	3779.28	4000	3779.28
2	3749.58	98.51	-13.57	3779.28	3675.99	3779.28	3675.99
3	2971.12	98.43	-251.3	3675.99	2375.97	3675.99	2375.97
4	1738.97	96.98	-87.15	2375.97	1684.78	2375.97	1684.78
5	1576.36	97.98	-27.4	1684.78	1559.91	1684.78	1559.91
6	1542.48	97.54	-5.56	1559.91	1539.05	1559.91	1539.05
7	1508.15	97.77	-6.79	1539.05	1505.98	1539.05	1505.98

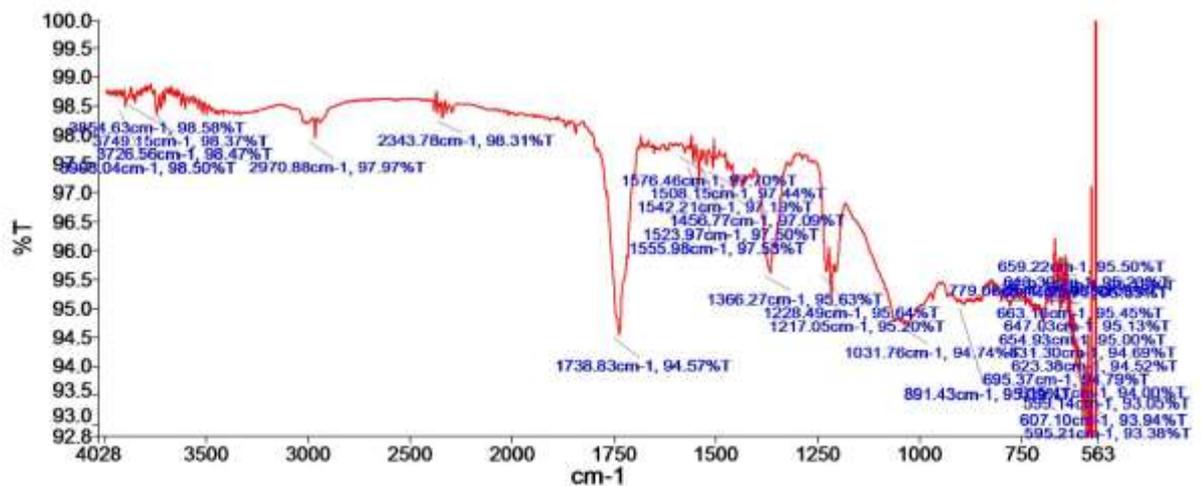
Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Start	End	Base1	Base2
8	1456.81	97.61	-17.1	1505.98	1406.02	1505.98	1406.02
9	1371.03	97.22	-28.11	1406.02	1301.76	1406.02	1301.76
10	1059.98	94.64	-169.5	1301.76	953.13	1301.76	953.13
11	878.98	94.63	-24.15	953.13	833.08	953.13	833.08
12	779.16	94.46	-12.47	833.08	760.95	833.08	760.95
13	695.07	94.22	-57.62	760.95	668.85	760.95	668.85
14	663.4	94.7	-2.49	668.85	661.05	668.85	661.05
15	659.09	94.87	-0.62	661.05	657.31	661.05	657.31
16	654.95	94.42	-1.1	657.31	653.07	657.31	653.07
17	651.47	94.5	-0.87	653.07	649.22	653.07	649.22
18	647.03	94.38	-1.34	649.22	645.09	649.22	645.09
19	643.3	94.49	-0.79	645.09	641.5	645.09	641.5
20	639.1	94	-1.59	641.5	637.19	641.5	637.19
21	634.89	93.65	-4.39	637.19	629.13	637.19	629.13
22	623.4	93.69	-2.36	629.13	621.34	629.13	621.34
23	615.06	93.19	-1.87	621.34	613.11	621.34	613.11
24	598.94	92.14	-0.72	613.11	597.1	613.11	597.1
25	595.35	92.1	-1.36	597.1	592.94	597.1	592.94
26	590.99	92.59	-0.57	592.94	589.87	592.94	589.87
27	587.16	90.83	-5.16	589.87	585	589.87	585
28	583.49	92.13	-6.41	585	581.12	585	581.12
29	578.91	89.51	-11.35	581.12	577.29	581.12	577.29
30	574.97	65.25	-58.76	577.29	572.93	577.29	572.93

Hasil Analisis FTIR abu Layang Granulasi

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



Peak Area/Height Results

Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Start	End	Base1	Base2
1	3903.04	98.5	-11.01	4000	3875.11	4000	3875.11
2	3854.63	98.58	-10.79	3875.11	3779.68	3875.11	3779.68
3	3749.15	98.37	-6.11	3779.68	3735.02	3779.68	3735.02
4	3726.56	98.47	-4.48	3735.02	3675.93	3735.02	3675.93
5	2970.88	97.97	-371.49	3675.93	2376.76	3675.93	2376.76
6	2343.78	98.31	-7.66	2376.76	2334.96	2376.76	2334.96
7	1738.83	94.57	-139.71	2334.96	1684.41	2334.96	1684.41

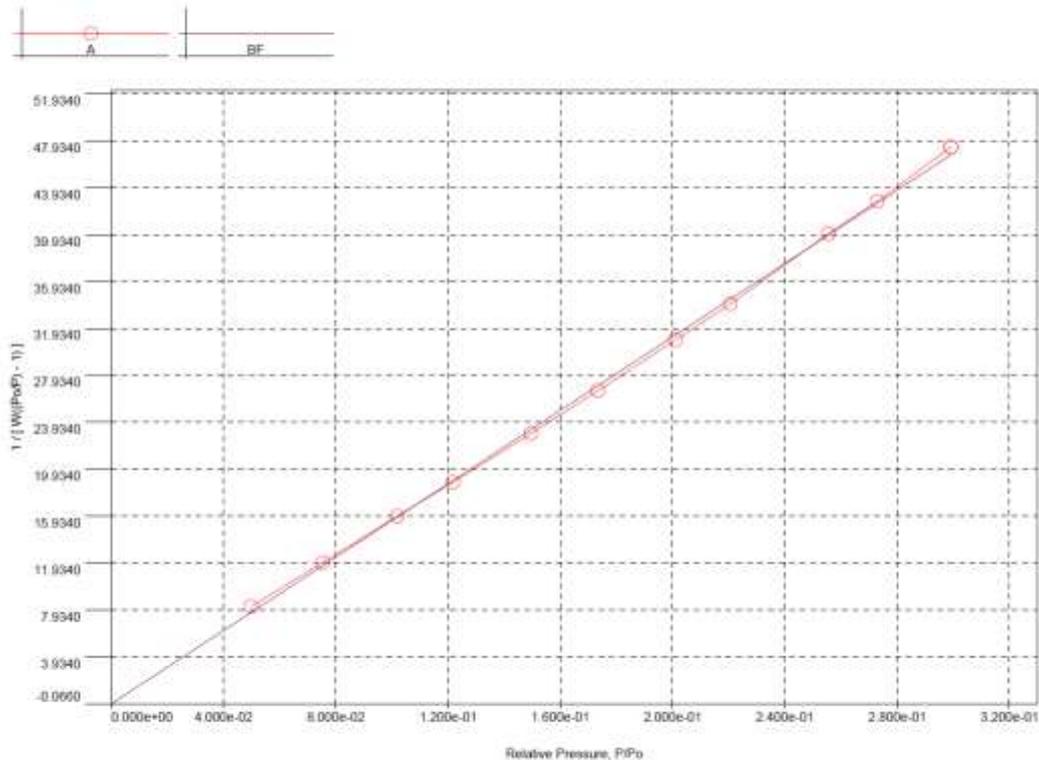
Peak	X (cm-1)	Y (%T)	Area (%T)	Start	End	Base1	Base2
8	1576.46	97.7	-22.07	1684.41	1559.89	1684.41	1559.89
9	1555.98	97.53	-2.07	1559.89	1550.01	1559.89	1550.01
10	1542.21	97.19	-2.66	1550.01	1538.98	1550.01	1538.98
11	1523.97	97.5	-2.31	1538.98	1518.88	1538.98	1518.88
12	1508.15	97.44	-2.39	1518.88	1505.99	1518.88	1505.99
13	1456.77	97.09	-27.07	1505.99	1405.78	1505.99	1405.78
14	1366.27	95.63	-74.18	1405.78	1301.46	1405.78	1301.46
15	1228.49	95.64	26.75	1301.46	1222.31	1301.46	1222.31
16	1217.05	95.2	-16.92	1222.31	1181.68	1222.31	1181.68
17	1031.76	94.74	-152.18	1181.68	944.98	1181.68	944.98
18	891.43	95.09	-30.9	944.98	825	944.98	825
19	779.07	95.08	-9.13	825	761.15	825	761.15
20	695.37	94.79	-19.96	761.15	681.09	761.15	681.09
21	675.42	95.09	-5.18	681.09	668.58	681.09	668.58
22	663.16	95.45	-1.41	668.58	661.11	668.58	661.11
23	659.22	95.5	-0.68	661.11	657.33	661.11	657.33
24	654.93	95	-1.21	657.33	653.08	657.33	653.08
25	651.48	95.05	-1.04	653.08	649.14	653.08	649.14
26	647.03	95.13	-1.25	649.14	645.11	649.14	645.11
27	643.39	95.23	-1.03	645.11	641.25	645.11	641.25
28	639.14	95.18	-1.42	641.25	637.16	641.25	637.16
29	631.3	94.69	-3.69	637.16	629.12	637.16	629.12
30	623.38	94.52	-2.07	629.12	621.34	629.12	621.34
31	615.11	94	-2.42	621.34	612.99	621.34	612.99
32	607.1	93.94	-0.98	612.99	605.19	612.99	605.19
33	599.14	93.05	-2.86	605.19	596.97	605.19	596.97
34	595.21	93.38	-0.86	596.97	593.23	596.97	593.23
35	587.5	91.31	-13.3	593.23	585.12	593.23	585.12

Hasil analisis BET abu layang setelah proses aktivasi

Analysis		Date: 2015/04/08	Report		Date: 2015/04/09
Operator:	UNDIP	Filename:	Operator:	UNDIP	
Sample ID:	00089	Comment:	iq_phisy_sl1_2015_04_08_12_12_59 fly ash.qps		
Sample Desc:		Instrument:	Autosorb iQ Station 1		
Sample Weight:	0.432 g	Final Outgas Temp.:	300 °C	Extended info:	Available
Approx. Outgas Time:	25.0 hrs	Non-ideality:	6.58e-05 1/Torr	CellType:	9mm
Analysis gas:	Nitrogen	Bath temp.:	77.35 K	VoidVol Remeasure:	off
Analysis Time:	0.37 hr min	Cold Zone V:	1.40052 cc	Warm Zone V:	11.2049 cc
Analysis Mode:	Standard				
VoidVol. Mode:	He Measure				

Multi-Point BET Plot

Data Reduction Parameters		
Adsorbate	Thermal Transpiration: on	Eff. mol. diameter (D): 3.54 Å
	Nitrogen	Temperature: 77.350K
	Molec. WL: 28.013	Cross Section: 16.200 Å²
		Eff. cell stem diam. (d): 4.0000 mm
		Liquid Density: 0.808 g/cc



BET summary	
Slope =	156.383
Intercept =	-5.008e-02
Correlation coefficient, r =	0.999558
C constant =	-2606.128
Surface Area =	22.278 m ² /g

Quantachrome® ASiQwin™ - Automated Gas Sorption Data
Acquisition and Reduction
© 1994-2013, Quantachrome Instruments
version 3.01



Analysis		Date: 2015/04/08	Report	Date: 2015/04/08
Operator:	UNDIP	Filename:	Operator:	UNDIP
Sample ID:	00089	Comment:	iq_phisy_st1_2015_04_08_12_12_59 fly ash.qps	
Sample Desc:		Instrument:	ujicoba	
Sample Weight:	0.432 g	Final Outgas Temp.:	Autosorb iQ Station 1	
Approx. Outgas Time:	25.0 hrs	Non-ideality:	300 °C	Extended info:
Analysis gas:	Nitrogen	Bath temp.:	6.58e-05 1/Torr	Available
Analysis Time:	0.37 hr min	Cold Zone V:	77.35 K	CellType:
Analysis Mode:	Standard			9mm
VoidVol. Mode:	He Measure			VoidVol Remeasure:
				off
				Warm Zone V:
				11.2049 cc

Multi-Point BET

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Thermal Transpiration: on	Eff. mol. diameter (D): 3.54 Å	Eff. cell stem diam. (d): 4.0000 mm
	Nitrogen	Temperature: 77.350K	
	Molec. Wt.: 28.013	Cross Section: 16.200 Å ²	Liquid Density: 0.808 g/cc

Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/P ₀]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((P ₀ /P) - 1)]	Relative Pressure [P/P ₀]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W((P ₀ /P) - 1)]
4.98580e-02	5.0993	8.2335e+00	2.01027e-01	6.5021	3.0902e+01
7.53488e-02	5.4362	1.1994e+01	2.20599e-01	6.6572	3.4018e+01
1.01951e-01	5.8944	1.5951e+01	2.55468e-01	6.8632	4.0001e+01
1.21803e-01	5.8904	1.8840e+01	2.72968e-01	7.0228	4.2776e+01
1.49559e-01	6.1225	2.2982e+01	2.99151e-01	7.2062	4.7393e+01
1.73424e-01	6.3043	2.6628e+01			

BET summary

Slope = 156.383
Intercept = -5.998e-02
Correlation coefficient, r = 0.999558
C constant = -2006.128
Surface Area = 22.278 m²/g

Hasil analisis BET abu layang setelah proses granulasi

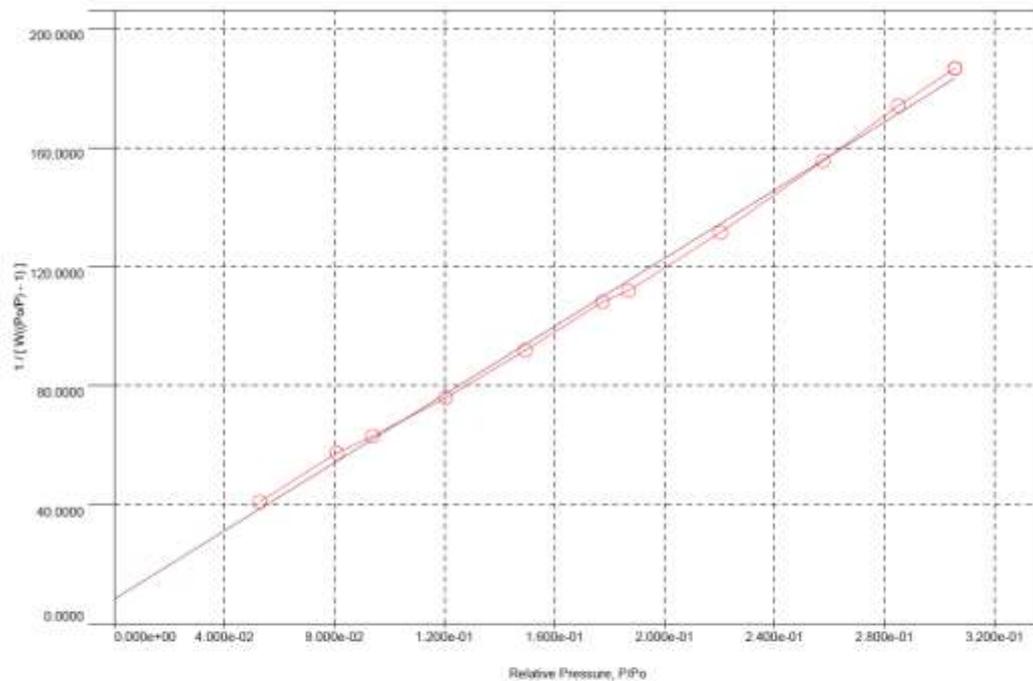
Quantachrome® ASiQwin™ - Automated Gas Sorption Data
Acquisition and Reduction
© 1994-2013, Quantachrome Instruments
version 3.01



Analysis		Report	
Operator: UNDIP	Date: 2015/04/23	Operator: UNDIP	Date: 2015/04/23
Sample ID: 00092	Filename: iq_phisy_sfl_2015_04_23_14_14_39 karangenan 20%.qps		
Sample Desc: uicoba	Comment:		
Sample Weight: 0.2537 g	Instrument: Autosorb IQ Station 1	Extended info: Available	
Approx. Outgas Time: 25.0 hrs	Final Outgas Temp.: 300 °C	CellType: 9mm	
Analysis gas: Nitrogen	Non-ideality: 6.58e-05 1/Torr	VoidVol Remeasure: off	
Analysis Time: 0.33 hr:min	Bath temp.: 77.35 K	Warm Zone V: 11.2541 cc	
Analysis Mode: Standard			
VoidVol. Mode: He Measure	Cold Zone V: 1.42003 cc		

Multi-Point BET Plot

Data Reduction Parameters			
Adsorbate	Thermal Transpiration: on	Eff. mol. diameter (D): 3.54 Å	Eff. cell stem diam. (d): 4.0000 mm
	Nitrogen	Temperature: 77.350K	Liquid Density: 0.808 g/cc
	Molec. Wt.: 28.013	Cross Section: 16.200 Å ²	



BET summary	
Slope =	572.237
Intercept =	8.352e+00
Correlation coefficient, r =	0.998697
C constant =	69.518
Surface Area =	5.998 m ² /g

Quantachrome® ASiQwin™ - Automated Gas Sorption Data
Acquisition and Reduction
© 1994-2013, Quantachrome Instruments
version 3.01



Analysis		Report	
Operator: UNDIP	Date: 2015/04/23	Operator: UNDIP	Date: 2015/04/23
Sample ID: 00092	Filename: iq_phisy_st1_2015_04_23_14_14_39 karagenan 20%.qps	Comment: ujicoba	
Sample Desc:	Instrument: Autosorb IQ Station 1	Final Outgas Temp.: 300 °C	Extended info: Available
Sample Weight: 0.2537 g	Non-ideality: 6.58e-05 1/Torr	Bath temp.: 77.35 K	CellType: 9mm
Approx. Outgas Time: 25.0 hrs	Cold Zone V: 1.42003 cc		VoidVol Remeasure: off
Analysis gas: Nitrogen			Warm Zone V: 11.2541 cc
Analysis Time: 0.33 hr:min			
Analysis Mode: Standard			
VoidVol. Mode: He Measure			

Multi-Point BET

Data Reduction Parameters Data

Adsorbate	Thermal Transpiration: on	Eff. mol. diameter (D): 3.54 Å	Eff. cell stem diam. (d): 4.0000 mm
	Nitrogen	Temperature 77.350K	
	Molec. Wt.: 28.013	Cross Section: 16.200 Å ²	Liquid Density: 0.808 g/cc

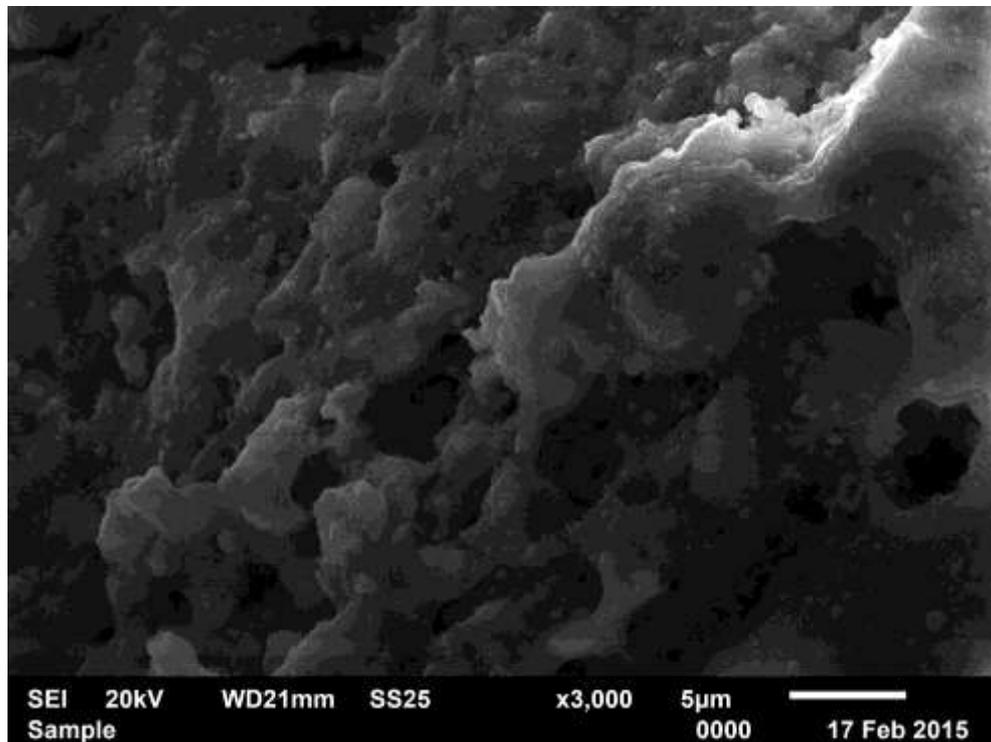
Multi-Point BET Data

Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W(Po/P) - 1]	Relative Pressure [P/Po]	Volume @ STP [cc/g]	1 / [W(Po/P) - 1]
5.28975e-02	1.0896	4.1007e+01	1.86987e-01	1.6442	1.1192e+02
8.08947e-02	1.2263	5.7426e+01	2.20434e-01	1.7203	1.3152e+02
9.38673e-02	1.3147	6.3043e+01	2.57715e-01	1.7865	1.5550e+02
1.20507e-01	1.4453	7.5859e+01	2.85048e-01	1.8327	1.7406e+02
1.49419e-01	1.5302	8.1851e+01	3.05723e-01	1.8867	1.8654e+02
1.77576e-01	1.5970	1.0818e+02			

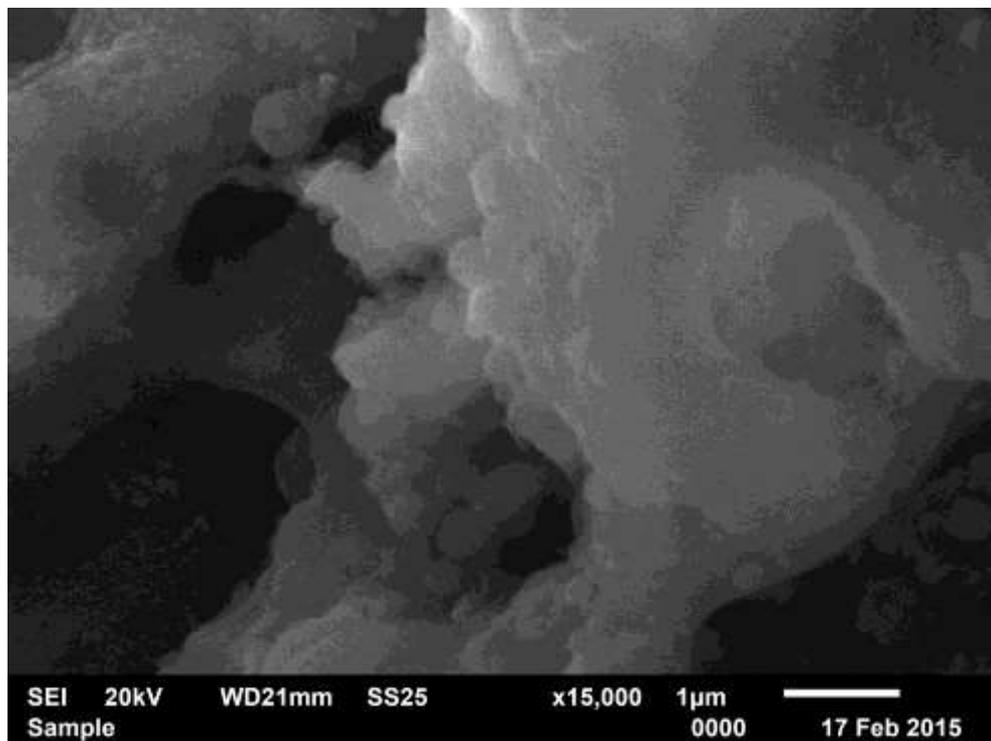
BET summary

Slope = 572.237
Intercept = 8.352e+00
Correlation coefficient, r = 0.998697
C constant = 69.518
Surface Area = 5.908 m²/g

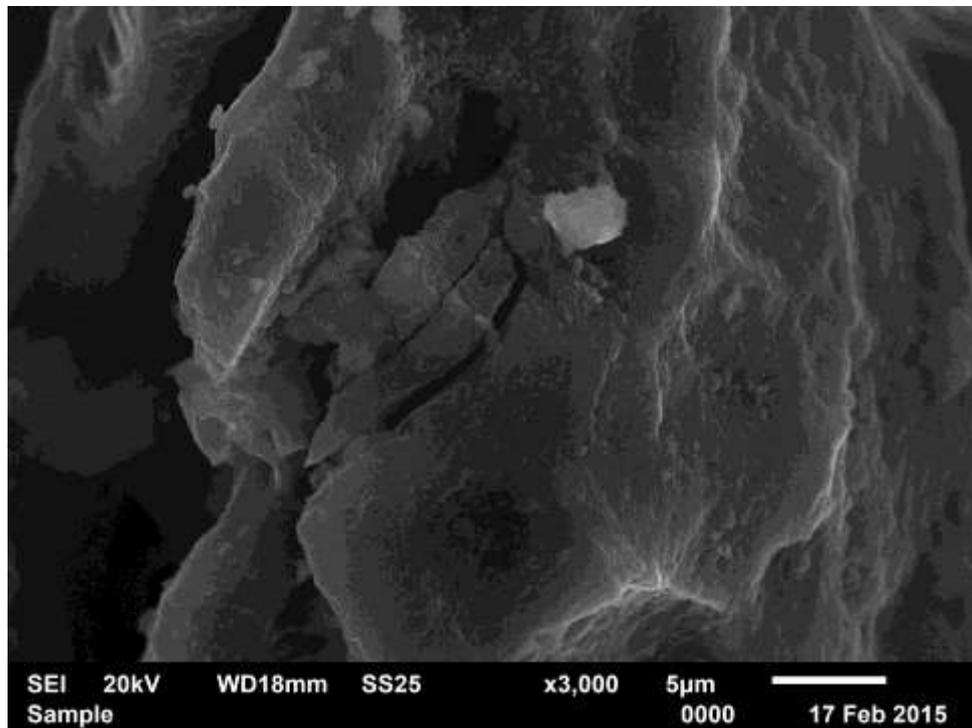
Hasil Analisa Morfologi Abu Layang Aktifasi perbesaran 3000x



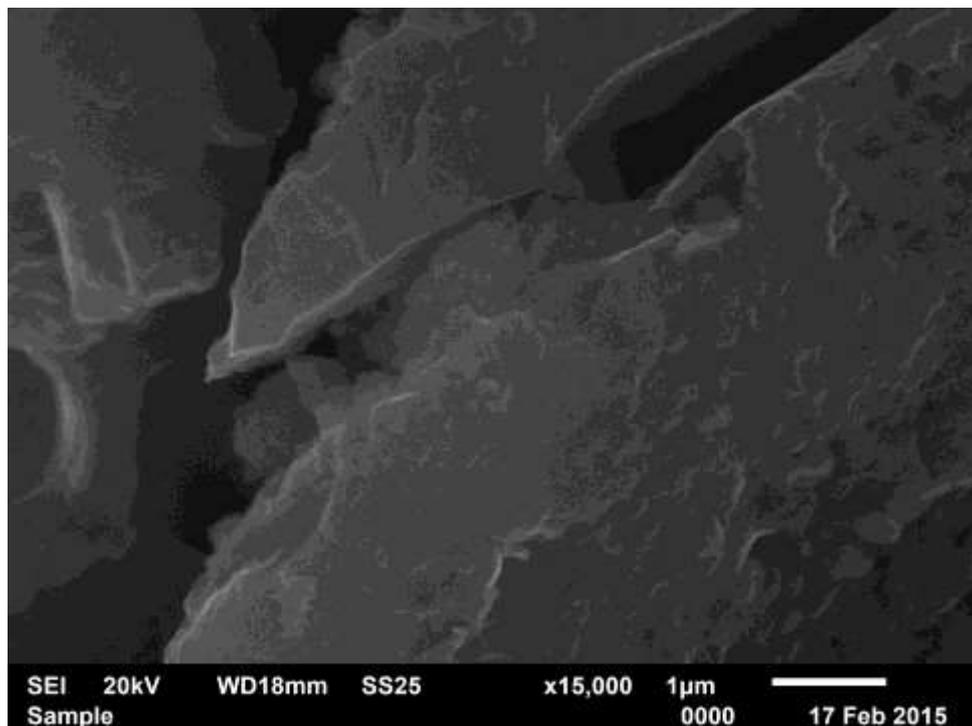
Hasil Analisa Morfologi Abu Layang Aktifasi perbesaran 15000x



Hasil Analisa Morfologi Abu Layang Granulasi perbesaran 3000x



Hasil Analisis Morfologi Abu Layang Aktifasi perbesaran 15000x



Proses aktivasi



Proses pencucian



Proses granulasi

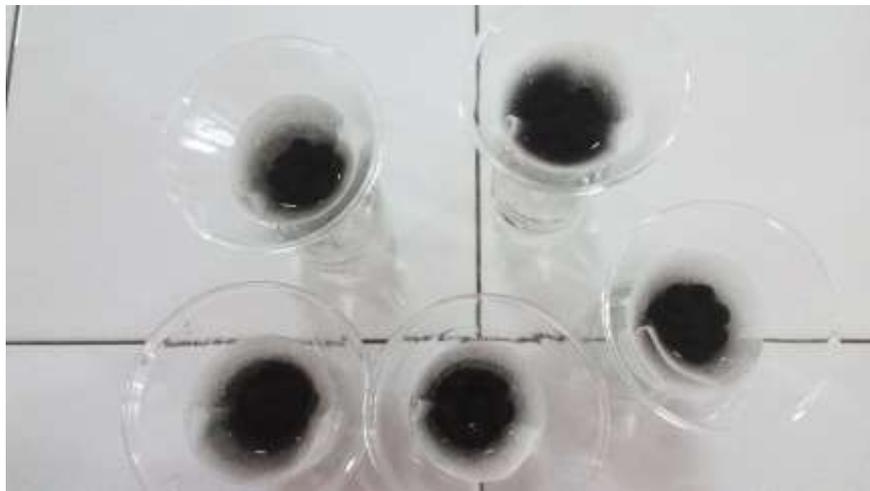


Proses adsorpsi



Proses penyaringan





Sampel hasil adsorpsi

