



**SINTESIS SILIKA-KITOSAN *BEAD* UNTUK MENURUNKAN
KADAR ION Cd(II) DAN Ni(II) DALAM LARUTAN**

SKRIPSI

disusun dalam rangka penyelesaian studi strata 1
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia

oleh

Seta Kahardian Ardana

4311409014

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2013

PERNYATAAN

Penulis menyatakan bahwa Skripsi ini bebas plagiat, dan apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka penulis bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 13 September 2013
Penulis



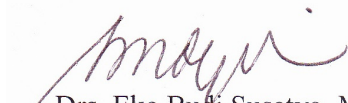
METERAI
TEMPEL
PAJAK MEMBANGUN BANGSA
TGL. 20
B5F69ABF595865826
ENAM RIBU RUPIAH
6000
DJP

Seta Kahardian Ardana
NIM 4311409014

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

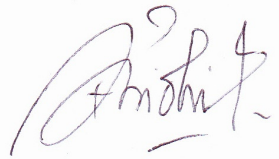
Pembimbing Utama



Drs. Eko Budi Susatyo, M.Si
NIP. 196511111990031003

Semarang, 13 September 2013

Pembimbing Pendamping



F. Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si
NIP. 196912171997022001

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Sintesis Silika-Kitosan *Bead* Untuk Menurunkan Kadar Ion Cd(II) Dan
Ni(II) dalam Larutan

disusun oleh

Nama : Seta Kahardian Ardana

NIM : 4311409014

telah dipertahankan di hadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA Universitas
Negeri Semarang pada tanggal 18 September 2013

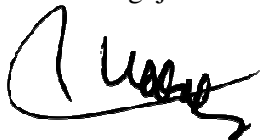


Sekretaris



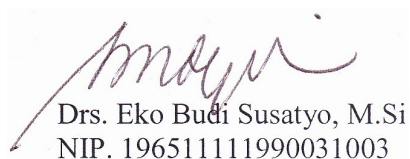
Dra. Woro Sumarni, M.Si
NIP. 196507231993032001

Ketua Penguji



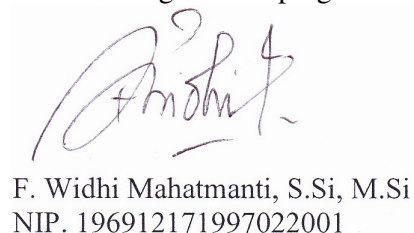
Dra, Woro Sumarni, M.Si
NIP. 196507231993032001

Anggota Penguji/
Pembimbing Utama



Drs. Eko Budi Susatyo, M.Si
NIP. 196511111990031003

Anggota Penguji/
Pembimbing Pendamping



F. Widhi Mahatmanti, S.Si, M.Si
NIP. 196912171997022001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

**“TETAP SEMANGAT DAN TERUS BERUSAHA MESKI TERHADANG
OLEH HALANGAN DAN RINTANGAN YANG BERAT SEKALIPUN”**

PERSEMBAHAN

Aku persembahkan karyaku ini kepada:

1. Ayah, ibu, dan adikku tersayang
yang selalu memberikan doa,
dukungan, serta kasih sayang
mereka.
2. Afriani yang senantiasa memberikan
kasih sayang yang melimpah.
3. Teman Kos Molorbolo Ulil, Rudi,
Alan, Fajar, Firdaus yang selalu
memberikan dukungan semangat.
4. Teman-teman KIMIA 2009 yang
selalu mengingatkan dan
memberikan dukungan semangat.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul *SINTESIS SILIKA-KITOSAN BEAD UNTUK MENURUNKAN KADAR ION Cd(II) DAN Ni(II) DALAM LARUTAN*.

Selama penyusunan Skripsi ini, penulis telah banyak menerima bantuan, kerjasama, dan sumbangan dalam bentuk apapun dari berbagai pihak. Maka dari itu penulis sampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dekan FMIPA Universitas Negeri Semarang.
2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
3. Ketua Prodi Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
4. Drs. Eko Budi Susatyo, M.Si., selaku Pembimbing I yang telah memberikan ilmu, petunjuk, dan bimbingan dengan penuh kesabaran sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
5. F. Widhi Mahatmanti, S.Si., M.Si., selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan arahan dengan penuh kesabaran dalam penyusunan Skripsi ini menjadi lebih baik.
6. Dra. Woro Sumarni, M.Si., selaku Penguji Utama yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan dalam menyusun Skripsi ini menjadi lebih baik.
7. Seluruh pihak yang telah membantu penyelesaian Skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang membutuhkan serta dapat memberikan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan dalam dunia penelitian.

Penulis

ABSTRAK

Ardana, Seta Kahardian. 2013. *Sintesis Silika-Kitosan Bead Untuk Menurunkan Kadar Ion Cd(II) dan Ni(II) Dalam Larutan*. Skripsi. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Drs. Eko Budi Susatyo, M.Si. dan Pembimbing Pendamping F. Widhi Mahatmanti S.Si., M.Si.

Telah dilakukan sintesis silika-kitosan *bead* yang digunakan sebagai adsorben untuk mengurangi kadar ion logam Cd(II) dan Ni(II) dalam larutan. Kajian yang dilakukan meliputi optimasi adsorben pada variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi logam. Silika-kitosan *bead* dibuat dengan variasi komposisi silika dan kitosan 2:0; 2:1; 2:2; 1:2; dan 0:2. Metode yang digunakan dalam interaksi adsorben dengan larutan yaitu metode *batch*. Pada penentuan pH optimum diperoleh pH 5 sebagai pH optimum untuk kedua larutan logam. Waktu kontak optimum untuk larutan logam Cd(II) yaitu 60 menit dan untuk larutan logam Ni(II) yaitu 50 menit. Kapasitas adsorpsi untuk logam Cd(II) sebesar $7,31797 \times 10^{-5}$ mol/g pada adsorben dengan komposisi silika-kitosan 1:2 dan logam Ni(II) sebesar $7,61441 \times 10^{-5}$ mol/g pada adsorben dengan komposisi silika-kitosan 1:2. Selanjutnya dilakukan karakterisasi silika-kitosan *bead* 2:0; 1:2; dan 0:2 dengan menggunakan FT-IR dan XRD.

Kata kunci: silika-kitosan bead, ion logam Cd(II), ion logam Ni(II), kapasitas adsorpsi.

ABSTRACT

Ardana, Seta Kahardian. 2013. *Synthesis Silica-Chitosan Bead For Decrease Cd(II) and Ni(II) Ion from Aqueous Solution*. Skripsi. Chemistry. Department Faculty of Mathematics and Science. Semarang State University. Advisor Drs. Eko Budi Susatyo, M.Si., and Co-Advisor F. Widhi Mahatmanti S.Si., M.Si.

Have performed the synthesis of silica-chitosan beads were used as an adsorbent to reduce the levels of metal ions Cd(II) and Ni(II) in solution. The study was conducted on the optimization of the adsorbent on the variation of pH, contact time, and the concentration of the metal. Silica-chitosan beads made with silica and chitosan composition variations 2:0; 2:1; 2:2, 1:2, and 0:2. The method used in the solution of the interaction with the adsorbent batch method. In the determination of the optimum pH obtained pH 5 as pH optimum solution for both metal. The optimum contact time for the solution of metals Cd(II) is 60 minutes and for a solution of Ni(II) is 50 minutes. Adsorption capacity for Cd(II) of 7.31797×10^{-5} mol/g of the adsorbent with silica-chitosan composition 1:2 and Ni(II) of 7.61441×10^{-5} mol/g of the adsorbent with the composition of silica-chitosan 1:2. Then silica-chitosan bead with variation 2:0; 1:2; and 0:2 are tested using FT-IR and XRD.

Keywords: silica-chitosan beads, metal ions Cd(II), metal ions Ni(II), the adsorption capacity.

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN.....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
PENGESAHAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Abu Sekam Padi.....	6
2.2 Silika.....	7
2.3 Kitosan.....	9
2.4 Silika-Kitosan <i>Bead</i>	10
2.5 Ion Logam Cd(II).....	11
2.6 Ion Logam Ni(II).....	12
2.7 Metode Karakterisasi.....	13
BAB 3. METODE PENELITIAN	15
3.1 Variabel Penelitian.....	15
3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.3 Prosedur Penelitian.....	16
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Penentuan Silika Pada Larutan Natrium Silikat	21

4.2 Sintesis Silika-Kitosan Bead	23
4.3 Penentuan pH Optimum	25
4.4 Penentuan Waktu Kontak Optimum	28
4.5 Penentuan Konsentrasi Optimum	31
4.6 Karakterisasi FT-IR.....	37
4.7 Karakterisasi XRD	39
BAB 5. PENUTUP	42
5.1 Simpulan	42
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Komposisi abu sekam padi	7
3.1 Komposisi (b/b) pembuatan silika-kitosan <i>bead</i>	17
4.1 Data konsentrasi Si dalam larutan Na_2SiO_3	23
4.2 Komposisi (b/b) pembuatan silika-kitosan <i>bead</i>	23
4.3 Data penyerapan logam Cd(II) pada pH optimum.....	27
4.4 Data penyerapan logam Ni(II) pada pH optimum	28
4.5 Data penyerapan logam Cd(II) pada waktu kontak optimum.....	30
4.6 Data penyerapan logam Ni(II) pada waktu kontak optimum	31
4.7 Data penyerapan logam Cd(II) pada konsentrasi optimum.....	33
4.8 Data kapasitas adsorpsi logam Cd(II) untuk masing-masing variasi komposisi adsorben	33
4.9 Data penyerapan logam Ni(II) pada konsentrasi optimum	36
4.10 Data kapasitas adsorpsi logam Ni(II) untuk masing-masing variasi komposisi adsorben	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Struktur kitosan.....	9
2.2 Hasil karakterisasi FT-IR kitosan murni	13
2.3 Hasil XRD silika bentuk amorf	14
4.1 Kurva penentuan pH optimum logam Cd(II)	26
4.2 Kurva penentuan pH optimum logam Ni(II).....	27
4.3 Kurva penentuan waktu kontak optimum logam Cd(II)	29
4.4 Kurva penentuan waktu kontak optimum logam Ni(II).....	30
4.5 Kurva penentuan konsentrasi optimum logam Cd(II)	32
4.6 Kurva penentuan konsentrasi optimum logam Ni(II)	35
4.7 Spektras FT-IR silika-kitosan bead 2:0; 1:2; dan 0:2	38
4.8 Difraktogram silika-kitosan bead 0:2; 1:2; dan 2:0	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pembuatan Abu Sekam Padi	48
2. Pembuatan Larutan Natrium Silikat.....	49
3. Pembuatan Larutan Kitosan	50
4. Pembuatan Silika-Kitosan <i>Bead</i>	51
5. Penentuan pH Optimum	52
6. Penentuan Waktu Kontak Optimum	53
7. Penentuan Konsentrasi Optimum	54
8. Karakterisasi Adsorben Silika-Kitosan <i>Bead</i>	55
9. Penentuan Silika Pada Larutan Natrium Silikat	56
10. Pembuatan Kurva Kalibrasi.....	58
11. Penentuan pH Optimum	62
12. Penentuan Waktu Kontak Optimum	65
13. Penentuan Konsentrasi Optimum	68
14. Karakterisasi FT-IR Silika-Kitosan <i>Bead</i> 2:0.....	77
15. Karakterisasi FT-IR Silika-Kitosan <i>Bead</i> 1:2.....	78
16. Karakterisasi FT-IR Silika-Kitosan <i>Bead</i> 0:2.....	79
17. Karakterisasi XRD Silika-Kitosan <i>Bead</i> 2:0	80
18. Karakterisasi XRD Silika-Kitosan <i>Bead</i> 2:0	84
19. Karakterisasi XRD Silika-Kitosan <i>Bead</i> 1:2	88

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Padi merupakan salah satu hasil utama pertanian, disamping mampu mencukupi kebutuhan pangan, produksi padi juga menghasilkan limbah berupa sekam padi. Pemanfaatan sekam padi masih terbatas sebagai bahan bakar pembuatan batu bata. Pembakaran sekam padi akan menghasilkan abu sekam padi. Berdasarkan penelitian Kalapathy dkk. (2000) abu sekam padi mengandung kadar silika cukup tinggi (87-97%). Mengingat tingginya kandungan silika dalam abu sekam padi maka dilakukan suatu upaya untuk memanfaatkan abu sekam padi sebagai bahan dasar pembuatan material berbasis silika (Mujiyanti, dkk., 2010)

Silika merupakan bahan kimia yang pemanfaatan dan aplikasinya sangat luas mulai dari bidang elektronik, mekanik, medis, seni hingga bidang-bidang lainnya. Salah satu pemanfaatan serbuk silika yang cukup luas adalah sebagai penyerap kadar air di udara sehingga memperpanjang masa simpan bahan dan sebagai bahan campuran untuk keramik seni (Harsono, 2002).

Salah satu bahan berbasis silika adalah silika gel. Silika gel merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan dalam proses adsorpsi. Hal ini disebabkan oleh mudahnya silika diproduksi dan sifat permukaannya (struktur geometri pori dan sifat kimia pada permukaan) yang dapat dengan

mudah dimodifikasi (Fahmiati dkk., 2006). Kelemahan penggunaan silika gel adalah rendahnya kemampuan permukaannya dalam berinteraksi dengan ion logam berat sehingga silika gel tidak mampu berfungsi sebagai adsorben yang efektif untuk ion logam berat (Astuti dkk., 2012).

Kitosan merupakan salah satu produk alam yang merupakan turunan kitin. Kitosan merupakan biopolimer yang didapatkan melalui proses deasetilasi kitin yang mengandung lebih dari 500 unit glukosamin (Rabea dkk., 2003). Menurut Cahyaningrum, dkk. (2008) kitosan mempunyai kemampuan untuk mengikat ion-ion logam, terutama logam transisi melalui pembentukan ikatan koordinasi. Kemampuan adsorpsi kitosan dihubungkan dengan adanya gugus hidroksi (-OH) dan amina (-NH₂), serta adanya gugus amida (-NHCOCH₃) pada kitin yang masing-masing dapat bertindak sebagai ligan jika berinteraksi dengan logam (Cahyaningrum dkk., 2008).

Menurut Sriyanti (2005), amino-silika dapat mengadsorpsi ion logam Ni(II) sebesar 0,106 mol/g adsorben. Purwaningsih (2009) melaporkan bahwa modifikasi pada permukaan silika gel dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi ion logam Ni(II). Berdasarkan penelitian Meriatna (2008), membran kitosan mampu menurunkan kadar logam Ni sebesar 99,13% pada waktu kontak 30 menit dan pada konsentrasi kitosan 2%. Farda dan Maharani (2013) menentukan pH optimum dan kapasitas adsorpsi ion logam Ni(II) oleh komposit kitosan-alumina, nilai pH optimum adsorpsi dihasilkan pada pH 5 dengan daya adsorpsi sebesar 30,275%.

Penambahan silika yang berlebih mampu meningkatkan ukuran pori adsorben sehingga dapat lebih banyak mengadsorpsi ion logam Cd(II) (Indrawati dan Cahyaningrum, 2013). Azmiyawati dkk. (2005) melakukan modifikasi silika gel untuk mengadsorpsi ion logam Cd(II), didapatkan silika yang mengalami modifikasi lebih cepat dan lebih tinggi dalam mengadsorpsi ion logam Cd(II) daripada silika tanpa modifikasi dengan kapasitas adsorpsi 0,0208 mol/g untuk silika termodifikasi dan 0,0156 mol/g untuk silika tanpa modifikasi. Mahmudah dan Cahyaningrum (2013) melaporkan adsorpsi ion logam Cd(II) oleh kitosan *bead* dan kitosan-silika *bead* mencapai kesetimbangan pada waktu interaksi 75 menit dengan konstanta laju adsorpsi untuk kitosan *bead* sebesar 10801,447 g/mol.min dan kitosan-silika *bead* pada waktu interaksi 45 menit sebesar 3625,625 g/mol.min. Lestari dan Sanova (2011) melaporkan penyerapan logam kadmium dengan menggunakan kitosan didapatkan efisiensi serapan 57,07%.

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan bahan penyerap logam berbasis silika dengan penambahan bahan yang memiliki situs aktif berupa kitosan ke dalam bahan tersebut. Penambahan kitosan diharapkan dapat meningkatkan kemampuan silika dalam menjerap ion logam berat dalam larutan. Logam berat yang akan dijerap yaitu ion logam Cd(II) dan Ni(II), karena kedua logam tersebut bersifat toksik dan menurut *HSAB* oleh Pearson tergolong dalam asam lunak dan asam madya/menengah yang dapat melakukan ikatan kovalen

koordinasi dengan gugus organik aktif pada kitosan yaitu gugus amina ($-NH_2$) yang bersifat basa keras menurut *HSAB*. Bahan yang dibuat berbentuk *bead* yang berupa butiran-butiran kecil dengan jari-jari pori besar. Pembuatan adsorben menjadi bentuk *bead* didasarkan pada penelitian Cahyaningrum dkk. (2008), dimana Cahyaningrum, dkk. (2008) telah membandingkan antara kitosan bentuk serbuk dan bentuk *bead*, pada bentuk *bead* terjadi perubahan pada sifat fisik dari kitosan serbuk yaitu jari-jari pori *bead* jauh lebih besar dibanding jari-jari pori kitosan. Hasil tersebut memberi peluang *bead* untuk dapat mengadsorpsi ion logam lebih banyak.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh komposisi silika dan kitosan pada sintesis silika-kitosan *bead* terhadap karakterisasinya?
2. Berapa pH optimum adsorpsi ion logam Cd(II) dan Ni(II) oleh silika-kitosan *bead*?
3. Berapa waktu kontak optimum adsorpsi ion logam Cd(II) dan Ni(II) oleh silika-kitosan *bead*?
4. Berapa konsentrasi optimum ion logam Cd(II) dan Ni(II) yang dapat terjerap oleh silika-kitosan *bead*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh komposisi silika dan kitosan pada sintesis silika-kitosan *bead* terhadap karakterisasinya.

2. Mengetahui pH optimum adsorpsi ion logam Cd(II) dan Ni(II) oleh silika-kitosan *bead*.
3. Mengetahui waktu kontak optimum adsorpsi ion logam Cd(II) dan Ni(II) oleh silika-kitosan *bead*.
4. Mengetahui konsentrasi optimum ion logam Cd(II) dan Ni(II) yang dapat terjerap oleh silika-kitosan *bead*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi mengenai komposisi silika dan kitosan yang paling sesuai untuk sintesis silika-kitosan *bead*.
2. Memberikan informasi tentang adsorben berbasis silika.
3. Memberikan informasi tentang adsorben bentuk *bead*.
4. Memberikan informasi mengenai pH optimum adsorpsi ion logam Cd(II) dan Ni(II) oleh silika-kitosan *bead*.
5. Memberikan informasi mengenai waktu kontak optimum adsorpsi ion logam Cd(II) dan Ni(II) oleh silika-kitosan *bead*.
6. Memberikan informasi mengenai konsentrasi optimum ion logam Cd(II) dan Ni(II) yang dapat terjerap oleh silika-kitosan *bead*.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Abu Sekam Padi

Sekam merupakan bagian terluar dari butir padi. Sekam juga merupakan hasil sampingan yang terbesar dalam proses penggilingan padi. Pada umumnya sekam tersebut dibakar atau terbuang begitu saja. Usaha untuk memanfaatkan sekam padi masih sangat terbatas, bahkan sekam dianggap polusi jika dibakar, karena menimbulkan asap yang tidak diinginkan. Menurut Iswari (2005) hampir semua sekam berwarna kuning, tetapi ada beberapa yang berwarna coklat atau kemerahan. Sekam tahan terhadap kelembaban dan lebih sulit menyerap air. Hal ini disebabkan oleh tingginya kandungan silika pada bagian luar sekam. Lapisan silika ini juga menyebabkan kekerasan yang tinggi pada sekam.

Sekam padi merupakan lapisan keras, kasar, dan berwarna coklat keemasan yang membungkus butir beras. Pada proses penggilingan gabah, sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Menurut Harsono (2002) sekitar 20% dari bobot padi adalah sekam padi dan sekitar 15% dari bobot sekam padi adalah abu sekam yang dihasilkan setiap kali sekam dibakar.

Menurut Houston (1972), sekam padi yang telah mengalami pembakaran akan berubah menjadi abu sekam padi. Abu yang dihasilkan berwarna keputih-putihan sebanyak 13,16-29,04% dari berat sekam yang

dibakar dan mengandung silika sebagai komponen utama. Pada umumnya kadar silika dalam abu sekam padi berkisar antara 86,9-97,80% (Iswari, 2005). Berikut ini merupakan komposisi abu sekam padi dari pembakaran sekam padi :

Tabel 2.1 Komposisi abu sekam padi (Houston, 1972 dalam Iswari, 2005)

Komponen	% berat kering
SiO ₂	86,9 – 97,80
K ₂ O	0,58 – 2,50
Na ₂ O	0 – 1,75
CaO	0,20 – 1,50
MgO	0,12 – 1,96
Fe ₂ O ₃	0 – 0,54
P ₂ O ₅	0,20 – 2,84
SO ₃	0,10 – 1,13
Cl	0 – 0,42

Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pembuatan sol silika merupakan solusi yang efisien dan tepat untuk pengolahan limbah hasil penggilingan padi, karena abu sekam padi memiliki kandungan silika yang banyak dan memadai untuk pembuatan bahan berbasis silika.

2.2. Silika

Bentuk umum silika, SiO₂ adalah *quartz* (kuarsa) yang terdapat pada sebagian besar batu-batuan sedimen alam dari batuan metamorfik, pasir juga merupakan bentuk lain dari silika (Arifiani, 2012). Silika berupa padatan yang meleleh pada kira-kira 1600°C dan mendidih pada 2230°C. Semua modifikasi kristalin silika berupa senyawa polimerik tiga dimensi dengan jaringan ikatan kovalen Si-O membentuk suatu molekul raksasa, jaringan ini

mengandung spesies “penghubung” tetrahedral SiO_4 , dengan tiap atom Si diikat oleh empat atom O dan tiap atom O diikat oleh dua atom Si (Rapierna, 2012). Dikenal dua macam silika, yaitu amorf dan kristal. Silika amorf bervariasi dalam derajat hidrasinya, sedang silika kristal terdiri dari bermacam jenis kwarsa, tridmit, dan kristobalit yang merupakan akibat dari modifikasi temperatur dari rendah ke tinggi yang merubah simetri kristal dan kerapatannya (Handoyo, 1996)

Silika mempunyai kelebihan tersendiri dibanding bahan yang lain, karena secara kimia bersifat inert hidrofobik dan transparan. Selain itu juga menunjukkan kekuatan mekanik dan stabilitas termal yang tinggi dan tidak mengembang dalam pelarut organik (Bhatia, 2000). Silika biasanya dimanfaatkan untuk berbagai keperluan dengan berbagai ukuran tergantung aplikasi yang dibutuhkan seperti dalam industri ban, karet, gelas, semen, beton, keramik, tekstil, kertas, kosmetik, elektronik, cat, film, pasta gigi, dan lain-lain. Selain pemanfaatan diatas, silika juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan penjerap logam berat berupa silika gel, membran, dan *bead*.

Silika memiliki sifat fisik dan sifat kimia, yaitu :

1. Sifat fisik

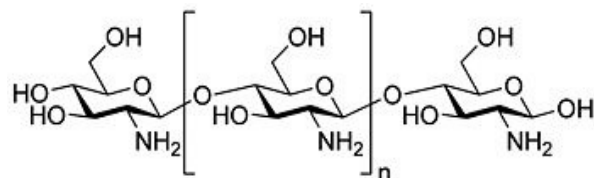
Silika mempunyai rumus molekul SiO_2 dan berwarna putih. Titik leleh silika adalah 1610°C , sedangkan titik didihnya 2320°C , silika tidak larut dalam air dingin, air panas maupun alkohol tetapi dapat larut dalam HF (Handoyo, 1996)

2. Sifat kimia

- a. Silika bersifat stabil terhadap hidrogen kecuali fluorin dan juga inert terhadap semua asam kecuali HF, reaksi dengan HF akan menghasilkan asam silikon heksafluorid.
- b. Basa pekat misalnya NaOH dalam kondisi panas secara perlahan dapat mengubah silika menjadi silikat yang larut dalam air (Handoyo, 1996).

2.3. Kitosan

Kitosan merupakan biopolimer yang didapatkan melalui proses deasetilasi kitin yang mengandung lebih dari 500 unit glukosamin (Rabea dkk, 2003). Kitosan mempunyai derajat deasetilasi 80-90%, akan tetapi kebanyakan publikasi menggunakan istilah kitosan apabila derajat deasetilasi lebih besar 70% (Kaban, 2009).



Gambar 2.1 Struktur kitosan (Kaban, 2009)

Kitosan memiliki sifat mudah terdegradasi, *biocompatible*, tidak beracun dan memiliki aktivitas anti bakteri serta mudah diperoleh (Kurita, 2006). Kitosan merupakan polimer kationik dengan adanya gugus amina yang dapat berprotonasi dalam air, sehingga bermuatan positif yang memberikan kemampuan dapat mengikat muatan negatif yang berada disekelilingnya seperti lemak, kolesterol, ion logam, protein, dan makromolekul (Handayani, 2009). Kitosan tidak larut dalam suasana basa

dan netral, akan tetapi dapat bereaksi dengan asam organik dalam suasana asam (Rowe dkk., 2009).

Kitosan banyak digunakan dalam berbagai industri antara lain industri farmasi, kesehatan, biokimia, bioteknologi, pangan, pengolahan limbah, kosmetik, agroindustri, industri tekstil, industri perkayuan, dan industri kertas (Kaban, 2009). Menurut Kaban (2009), aplikasi khusus berdasarkan sifat yang dimiliki kitosan adalah untuk pengolahan limbah cair terutama sebagai bahan bersifat resin penukar ion untuk meminimalisasi logam-logam berat, mengkoagulasi minyak/lemak, mengurangi kekeruhan, penstabil minyak, rasa dan lemak dalam produk industri pangan.

2.4. Silika-Kitosan *Bead*

Silika gel telah banyak digunakan sebagai adsorben pada proses adsorpsi disebabkan oleh adanya gugus aktif silanol ($\equiv\text{Si-OH}$) dan siloksan ($\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$), namun bahan ini belum efektif untuk mengadsorpsi ion logam karena atom O yang merupakan situs aktif pada silika gel berukuran kecil dan memiliki polarisabilitas yang rendah, sehingga interaksi dengan logam berat yang pada umumnya berukuran besar dan memiliki polarisabilitas yang tinggi secara teoritis relatif kurang kuat (Wogo dkk., 2011). Berdasarkan kelemahan dari silika, perlu adanya modifikasi permukaan silika gel.

Modifikasi silika dilakukan dengan penambahan suatu bahan yang memiliki gugus aktif seperti kitosan. Kitosan adalah poli 2-Amino-2-Deoksi- β -D-Glukosa. Rantai kitosan mempunyai gugus fungsi yang dapat

digunakan untuk berikatan dengan logam yaitu amina (-NH) dan hidroksil (-OH). Adanya gugus fungsi menyebabkan kitosan menjadi reaktif terhadap senyawa lain (Rahmi dan Julinawati, 2009).

Bead adalah mikrokapsul berbentuk sferis yang dibuat sebagai substrat padat (Khazaeli, 2008). Pada proses pembuatan bead kitosan terjadi re-polimerisasi kitosan, kitosan dibuat bentuk gel kemudian dibentuk padat lagi dengan disemprotkan dalam larutan NaOH yang mengandung etanol, pada proses ini diharapkan polimer kitosan lebih tertata sehingga strukturnya lebih teratur dan apabila diaplikasikan sebagai adsorben akan menghasilkan interaksi yang lebih efektif dibanding kitosan serbuk (Cahyaningrum dkk., 2008).

Penggabungan silika dan kitosan bertujuan untuk mendapatkan adsorben yang memiliki pori-pori besar dari silika dan gugus aktif yang reaktif terhadap ion-ion logam berat dari kitosan.

2.5. Ion Logam Cd(II)

Kadmium merupakan salah satu logam berat berbahaya yang sering dijumpai dalam air limbah industri cat, pelapisan logam. Di dalam tubuh, kadmium merupakan elemen mikro tak esensial yang tidak mempunyai fungsi biologis sama sekali. Toksisitas kadmium terjadi jika terakumulasi dalam jangka waktu yang panjang.

Masuknya Cd ke dalam tubuh baik melalui makanan atau minuman dalam jumlah yang melebihi batas yang diizinkan sangat berbahaya karena dapat menyebabkan kombinasi sinergistik dengan racun lain. Keracunan Cd

dapat menyebabkan penyakit jantung (cardiovascular), efek lainnya yaitu dapat meracuni pernafasan yang mengakibatkan kerusakan pada paru-paru, usus, hati, ginjal, dan akhirnya dapat menyebabkan kematian (Sukmawati, 2006).

Ditinjau dari kekuatan asam, dalam teori *HSAB (Hard Soft Acid Base)* oleh Pearson, ion Cd(II) digolongkan kedalam asam lunak. Amri dkk. (2004) melaporkan bahwa asam lunak Cd(II) akan lebih mudah berinteraksi dengan basa lunak seperti gugus aktif tiolat (-SH) seperti pada 2-merkaptobenzotiazol daripada asam keras Cr(III) (Amri dkk., 2004).

2.6. Ion Logam Ni(II)

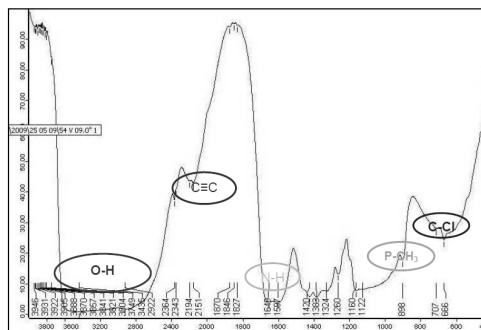
Nikel adalah logam berwarna putih keperak-perakan yang mengkilat, keras, dan mulur (dapat ditarik). Menurut Yudo dan Nusa (2005), nikel tergolong dalam logam peralihan, karena sifatnya fleksibel dan mempunyai karakteristik-karakteristik yang unik, seperti tidak berubah sifatnya bila terkena udara, ketahanannya terhadap oksidasi dan kemampuannya untuk mempertahankan sifat-sifat aslinya di bawah suhu yang ekstrim, maka nikel lazim digunakan dalam berbagai aplikasi komersial dan industri. Dalam keadaan logam, nikel tidak beracun namun dalam keadaan cairan dapat menyebabkan kanker, korosif, dan iritasi (Yudo dan Nusa, 2005)

Ditinjau dari kekuatan asam, dalam teori *HSAB (Hard Soft Acid Base)* oleh Pearson, ion Ni(II) digolongkan kedalam asam madya/menengah. Ni(II) akan lebih mudah berinteraksi dengan golongan basa keras salah

satunya gugus aktif amina ($-\text{NH}_2$) dalam kitosan daripada $\text{Cd}(\text{II})$ yang bersifat asam lunak (Amri dkk., 2004).

2.7. Metode Karakterisasi

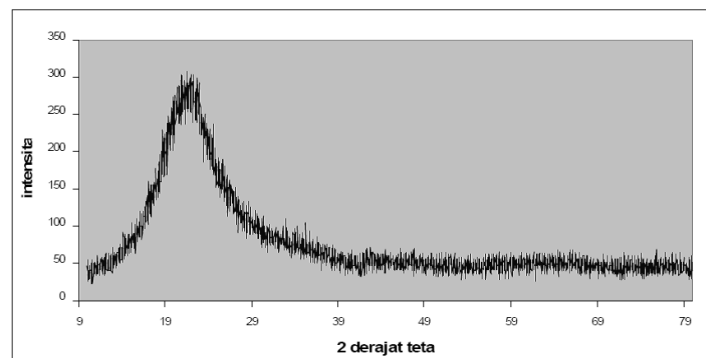
Metode karakterisasi yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu karakterisasi menggunakan Fourier Transform Infra Red (FT-IR) dan Difraktometer Sinar-X (XRD). Karakterisasi menggunakan FT-IR merupakan suatu metode untuk mengetahui gugus fungsi dari silika-kitosan *bead*. Menurut Colthup dkk. dalam Handayani (2009), prinsip analisa menggunakan spektroskopi infra merah adalah vibrasi ikatan yang mempunyai frekuensi yang spesifik. Setiap ikatan kimia mempunyai frekuensi vibrasi yang khas sehingga dapat dibedakan dengan analisa puncak serapan infra merah. Data yang didapatkan merupakan suatu spektrogram dengan beberapa vibrasi ulur yang digambarkan dengan puncak serapan pada bilangan gelombang tertentu. Di bawah ini contoh spektrogram FT-IR kitosan murni hasil penelitian Handayani (2009) :



Gambar 2.2 Hasil karakterisasi FT-IR kitosan murni (Handayani, 2009)

Dari gambar spektrogram dapat dilihat puncak-puncak serapan infra merah yang terdeteksi dan menunjukkan gugus fungsi dari kitosan murni.

Karakterisasi menggunakan Difraktometer Sinar-X merupakan metode analisa untuk mengidentifikasi struktur kristalinitas dalam sampel dengan cara menentukan parameter sruktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Data yang didapatkan berupa difraktogram dengan grafik hubungan antara antara sudut difraksi sinar-x pada sampel (2θ) dengan intensitas sinar yang dipantulkan oleh sampel. Di bawah ini difraktogram silika hasil penelitian Handayani (2009) :



Gambar 2.3 Hasil XRD silika bentuk amorf (Handayani, 2009)

Dari difraktogram yang didapatkan selanjutnya dibandingkan dengan data pada data base JCPDF (Handayani, 2009).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Variabel Penelitian

3.1.1 Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu

Sintesis : komposisi silika dan kitosan.

Aplikasi : pH medium, waktu kontak, dan konsentrasi larutan.

3.1.2 Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu penurunan kadar logam Cd(II) dan Ni(II) dalam larutan karena proses kontak dengan silika-kitosan *bead*.

3.1.3 Variabel terkendali

Variabel terkendali dalam penelitian ini yaitu:

Sintesis : ukuran *bead* dan konsentrasi pelarut

Aplikasi : massa *bead* dan volume larutan.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam sintesis yaitu cawan porselin, pipet volume, pipet tetes, gelas ukur, labu takar, kertas saring, corong, neraca analitik, gelas arloji, gelas kimia, *furnace*, dan *hot plate stirrer*. Alat untuk karakterisasi yaitu Difraktometer Sinar-X (XRD), Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), dan FT-IR.

3.2.2 Bahan

Sekam padi, kitosan, akuades, HCl pekat, NaOH E.Merck, CH₃COOH pekat, larutan Ni(II) 1000 ppm, dan larutan Cd(II) 1000 ppm.

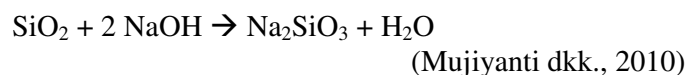
3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Pembuatan abu sekam padi

Sekam padi dibersihkan dari tanah, kerikil dan kotoran lainnya kemudian dicuci dengan air dan dibilas dengan akuades lalu dikeringkan pada 100°C dalam oven. Sekam padi bersih dan kering dibakar dengan nyala api sehingga diperoleh arang sekam yang berwarna hitam dan tidak ada lagi asap. Arang yang diperoleh diabukan pada suhu 700°C selama 4 jam dalam *furnace* (Wogo dkk., 2011)

3.3.2 Pembuatan larutan natrium silikat

Abu sekam padi digerus kemudian diayak dengan ayakan 200 *mesh*. Sebanyak 20 g abu sekam padi dicuci dengan 150 mL HCl 6M dan dinetralkan dengan akuades. Hasil pencucian dikeringkan dalam oven. Abu sekam padi kering kemudian ditambahkan dengan 158 mL NaOH 4M, kemudian dididihkan sambil diaduk dengan pengaduk magnet. Setelah agak kering, larutan dituangkan ke dalam kurs porselin dan dilebur pada temperatur 500°C selama 30 menit. Setelah dingin ditambahkan 200 mL akuades, dibiarkan semalam, dan disaring (Mujiyanti dkk., 2010). Reaksi pembuatan larutan natrium silikat :



Filtrat kemudian dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom untuk mengetahui kadar silika yang terkandung dalam larutan tersebut.

3.3.3 Pembuatan larutan kitosan

Pembuatan larutan kitosan dilakukan dengan menimbang masing-masing 1g dan 2g kitosan serbuk kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing labu Erlenmeyer 250 mL. Sebanyak 100 mL larutan asam asetat 2% (v/v) dimasukkan ke dalam masing-masing labu Erlenmeyer (Jeon dan Holl, 2003). Kemudian diaduk secara konstan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam sampai homogen.

3.3.4 Pembuatan silika-kitosan *bead*

Dalam penelitian ini silika-kitosan *bead* akan dibuat dengan perbandingan komposisi seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi (b/b) pembuatan silika-kitosan *bead*

Nomor	Silika	Kitosan
1	2	0
2	2	1
3	2	2
4	1	2
5	0	2

Larutan natrium silikat dengan kandungan silika seperti pada komposisi diatas dimasukkan kedalam labu Erlenmeyer kemudian ditambahkan larutan kitosan sesuai komposisi sebanyak 100 mL. Kemudian larutan diaduk dengan menggunakan *stirrer* sampai homogen. Selanjutnya larutan diteteskan ke dalam 500 mL NaOH 0,5M dengan menggunakan pipet tetes dan diaduk selama 24 jam dengan menggunakan *stirrer* (Wan Ngah dan

Fatinathan, 2008). Larutan silika-kitosan *bead* yang terbentuk didiamkan selama 30 menit kemudian disaring dan dikeringkan pada suhu kamar selama 24 jam. Silika-kitosan *bead* yang terbentuk kemudian dilakukan uji pH optimum, waktu kontak optimum, dan konsentrasi optimum. Setelah didapatkan silika-kitosan *bead* yang paling banyak menyerap ion logam, selanjutnya dilakukan karakterisasi menggunakan FT-IR dan XRD

3.3.5 Pembuatan larutan induk Cd(II) 1000 ppm dan Ni(II) 1000 ppm

Sebanyak 2,75 gram $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dengan akuades dan ditambahkan 3 tetes HNO_3 dalam labu takar 1000 mL, selanjutnya diencerkan dengan akuades sampai tanda batas.

Sebanyak 4,9536 g $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dengan akuades dan ditambahkan 3 tetes HNO_3 dimasukkan ke dalam labu takar 1000 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas.

3.3.6 Pembuatan kurva kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi larutan standar dimaksudkan untuk mencari hubungan antara adsorbansi dengan konsentrasi larutan standar Cd(II) dan Ni(II).

Kurva kalibrasi Cd(II) dibuat dengan seri larutan Cd(II) mulai dari 0; 1; 2; 3; 4; dan 5 ppm (Lestari dan Sanova, 2011). Kurva kalibrasi Ni(II) dibuat dengan seri larutan Ni(II) mulai dari 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; dan 9 ppm (Kholipuk dkk., 2012).

Setelah didapatkan data absorbansi selanjutnya dibuat grafik hubungan antara konsentrasi vs absorbansi dan diperoleh persamaan regresi.

3.3.7 Penentuan pH optimum

Sebanyak 0,1 g silika-kitosan *bead* masing-masing variasi diinteraksikan dengan masing-masing 25 mL larutan ion Cd(II) 5 ppm dan 25 mL larutan ion Ni(II) 5 ppm dengan waktu 50 menit dan diaduk menggunakan *shaker* pada kecepatan 300 rpm. pH larutan dibuat bervariasi antara pH 4-8 (Azmiyati dkk., 2005). Setelah interaksi kemudian larutan disaring dan filtrat yang diperoleh dianalisis dengan SSA.

3.3.8 Penentuan waktu kontak optimum

Sebanyak 0,1 g silika-kitosan *bead* masing-masing variasi diinteraksikan dengan masing-masing 25 mL larutan ion Cd(II) 5 ppm dan ion Ni(II) 5 ppm pada pH optimum dan diaduk dengan *shaker* pada kecepatan 300 rpm. Waktu interaksi divariasi 30, 40, 50, 60, dan 70 menit (Wan Ngah dkk., 2006). Setelah interaksi larutan kemudian disaring dan filtrat yang diperoleh dianalisis dengan SSA.

3.3.9 Penentuan konsentrasi optimum

Sebanyak masing-masing 0,1 g silika-kitosan *bead* berbagai variasi diinteraksikan dengan masing-masing 25 mL larutan Cd(II) dengan konsentrasi 4, 6, 8, dan 10 ppm dan 25 mL larutan Ni(II) dengan konsentrasi 4, 6, 8, dan 10 ppm selama waktu optimum dan pH optimum yang telah ditentukan kemudian diaduk dengan *shaker* pada kecepatan 300 rpm. Filtrat yang diperoleh diukur dengan SSA untuk menentukan konsentrasi ion logam yang tersisa. Jumlah ion logam yang teradsorpsi dihitung dari selisih

antara kandungan ion logam dalam larutan awal dengan konsentrasi ion logam sisa dalam filtrat yang keduanya diukur menggunakan SSA.

3.3.10 Karakterisasi silika-kitosan *bead* menggunakan FT-IR

Analisa FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi dari silika-kitosan *bead*. Setiap ikatan mempunyai frekuensi vibrasi yang khas sehingga absorpsi infra merah dapat digunakan untuk identifikasi gugus-gugus yang ada dalam suatu senyawa. Data yang diperoleh dibandingkan dengan data pada literatur yang telah ada untuk mengetahui gugus fungsi yang ada pada bahan.

3.3.11 Karakterisasi silika-kitosan *bead* menggunakan XRD

Karakterisasi menggunakan XRD dilakukan untuk mengetahui struktur kristalinitas dari *bead* yang dihasilkan. Data yang diperoleh dari analisis XRD berupa grafik hubungan antara sudut difraksi sinar-x pada sampel dengan intensitas sinar yang dipantulkan oleh sampel. Data yang didapatkan berupa difraktogram yang selanjutnya dibandingkan dengan data PDF atau JCPDS yang sudah ada pada data base.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Silika Pada Larutan Natrium Silikat

Pembuatan larutan natrium silikat dari abu sekam padi diawali dengan pembuatan abu sekam padi. Pembuatan abu sekam padi ini meliputi pencucian sekam, pengarangan, pengabuan, dan pemurnian abu.

Sekam padi dibersihkan dari pengotor seperti jerami dan kerikil, kemudian dicuci dengan air, dibilas dengan akuades dan dikeringkan. Sekam padi yang telah bersih dan kering ini dibakar dengan nyala api sehingga diperoleh arang sekam padi yang berwarna hitam. Pembakaran sekam menjadi arang dimaksudkan untuk menghilangkan kadar air yang ada dalam sekam padi. Pengarangan sekam ini bertujuan untuk mendekomposisi senyawa organik dalam sekam. Warna hitam pada arang sekam mengindikasikan bahwa senyawa-senyawa organik belum teroksidasi sempurna.

Selanjutnya arang sekam ini diabukan dalam *furnace* pada temperatur 700 °C selama 4 jam untuk menghilangkan komponen organik yang masih ada dan mengoksidasi karbon yang ada secara sempurna (Wogo dkk., 2011). Berdasarkan penelitian yang dilakukan hasil pengabuan yang diperoleh adalah abu sekam berwarna putih. Abu sekam yang berwarna putih menunjukkan kandungan silika yang tinggi. Berdasarkan penelitian Nuryono (2004), pengabuan sekam pada temperatur 700 °C akan

menghasilkan abu dengan silika berstruktur amorf daripada pengabuan pada temperatur 800 atau 900 °C yang menghasilkan abu dengan silika berstruktur kristal. Abu dengan struktur amorf lebih mudah dilebur dan lebih mengoptimalkan silika yang dihasilkan.

Abu sekam padi digerus dan diayak dengan ayakan 100 *mesh* untuk menghomogenkan ukuran abu dan memperluas permukaan abu agar pencucian yang dilakukan pada tahap berikutnya lebih efektif. Setelah diayak abu sekam dicuci dengan larutan HCl 6M dan dibilas dengan akuades sampai netral (Mujiyanti dkk., 2010). Penggunaan larutan HCl 6M pada proses pencucian ini bertujuan untuk menurunkan kadar pengotor yang berupa oksida-oksida logam seperti Na₂O, K₂O, dan Ca₂O dalam abu sekam padi. Selanjutnya abu sekam padi yang telah bersih ini dipanaskan dalam oven pada suhu 100 °C untuk menghilangkan kandungan air.

Setelah diperoleh abu sekam padi yang bersih dan kering, selanjutnya abu sekam padi ditimbang sebanyak 20 gram kemudian dilakukan pelarutan menggunakan basa yaitu NaOH 4M sebanyak 158 mL. Pelarutan ini dilakukan diatas pemanas sambil diaduk dengan pengaduk magnet, dan proses pelarutan ini dihentikan ketika larutan sudah mendidih dan mengental berwarna coklat. Selanjutnya larutan yang sudah mengental dituang ke dalam cawan porselin dan dilakukan peleburan di *furnace* pada temperatur 500 °C selama 30 menit. Pelarutan yang diikuti dengan peleburan ini bertujuan agar pada proses perubahan abu sekam menjadi natrium silikat (Na₂SiO₃) menjadi lebih optimal (Mujiyanti dkk., 2010).

Natrium silikat yang terbentuk berwujud padatan berwarna putih, kemudian ditambah 200 mL akuades dan didiamkan selama satu malam agar terbentuk larutan Na_2SiO_3 yang berwarna kuning kecoklatan. Larutan yang terbentuk disaring untuk memisahkan endapan yang tidak larut. Filtrat kemudian dilakukan uji kandungan silika menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom.

Setelah dilakukan uji kandungan silika didapatkan data seperti terdapat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data konsentrasi Si dalam larutan Na_2SiO_3

No.	Parameter	Hasil Pengukuran (ppm)		
		I	II	III
1.	Si	43212,670	43608,597	44004,525

Dari data diatas kita dapat menghitung kadar silika dalam larutan Na_2SiO_3 yaitu sebanyak 8,721719467 gram dalam 200 mL larutan Na_2SiO_3 . Selanjutnya untuk mengambil 1 gram silika diperlukan larutan Na_2SiO_3 sebanyak 22,93125808 mL. Perhitungan lengkap kandungan silika dalam larutan natrium silikat terdapat pada lampiran 9.

4.2 Sintesis Silika-Kitosan *Bead*

Silika-kitosan *bead* dibuat dengan mencampur larutan natrium silikat dan larutan kitosan dengan perbandingan seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Komposisi (b/b) pembuatan silika-kitosan *bead*

Nomor	Silika (gram)	Kitosan (gram)
1	2	0
2	2	1
3	2	2
4	1	2
5	0	2

Pada pembuatan silika-kitosan *bead* 2:0 larutan natrium silikat diambil sebanyak 46 mL yang mengandung silika sebanyak 2 gram, kemudian ditetesi dengan HCl 3 M sambil diaduk sampai mengental dan berwarna putih kemudian disaring (Mujiyanti dkk., 2010). Filtrat kemudian dibilas menggunakan akuades sampai netral kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C dan digerus sampai halus.

Pada pembuatan silika-kitosan *bead* 2:1 larutan natrium silikat diambil sebanyak 46 mL yang mengandung silika 2 gram. Larutan kitosan dibuat dengan melarutkan 1 gram kitosan serbuk ke dalam 100 mL larutan asam asetat 2% (v/v). Kedua larutan dicampur sambil diaduk sampai mengental berwarna putih. Untuk pembuatan silika-kitosan *bead* 2:2 larutan natrium silikat diambil sebanyak 46 mL. larutan kitosan dibuat dengan melarutkan 2 gram kitosan serbuk ke dalam 100 mL larutan asam asetat 2% (v/v). Kedua larutan dicampur sambil diaduk sampai mengental berwarna putih. Pada pembuatan silika-kitosan *bead* 1:2 larutan natrium silikat diambil sebanyak 23 mL. Larutan kitosan dibuat dengan melarutkan 2 gram kitosan serbuk ke dalam 100 mL larutan asam asetat 2% (v/v). Kedua larutan dicampur sambil diaduk sampai mengental berwarna putih. Pada pembuatan silika-kitosan *bead* 0:2 larutan kitosan kitosan dibuat dengan melarutkan 2 gram kitosan serbuk dalam 100 mL larutan asam asetat 2% (v/v).

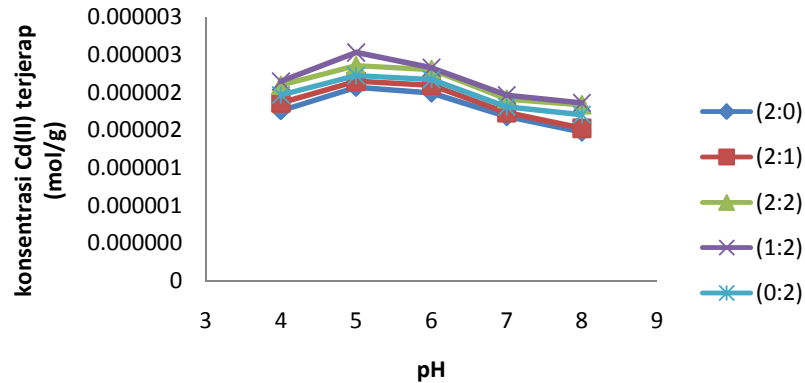
Semua campuran kental kemudian ditetaskan kedalam 4 gelas kimia 1000 mL yang berisi 500 mL NaOH 0,5 M menggunakan pipet tetes sambil diaduk. Larutan didiamkan semalam sebelum disaring. Filtrat kemudian

dinetralkan menggunakan akuades lalu dikeringkan pada suhu kamar (Wan ngah dan Fatinathan, 2008). Semua silika-kitosan *bead* yang telah kering kemudian digerus dan diayak dengan ayakan 100 *mesh* untuk menyamakan besar *bead*. Penggerusan dan pengayakan ini juga bertujuan untuk memperlebar luas permukaan *bead* sehingga penyerapan logam akan lebih optimal. Silika-kitosan *bead* yang telah halus selanjutnya digunakan untuk penentuan pH, waktu kontak, dan konsentrasi optimum penyerapan ion logam Cd(II) dan Ni(II) dalam larutan.

4.3 Penentuan pH Optimum

Tujuan dari penentuan pH optimum yaitu untuk mengetahui harga pH yang paling sesuai dimana penyerapan logam Cd(II) dan Ni(II) oleh silika-kitosan *bead* mencapai kondisi optimal. Variasi pH yang digunakan dalam penentuan ini dimulai dari pH 3 sampai dengan pH 8 yang diinteraksikan dengan 25 mL larutan logam dengan konsentrasi 5 ppm selama 50 menit dan massa adsorben 0,1 gram.

Sebelum melakukan penentuan pH optimum dibuat dulu kurva kalibrasi dengan mengukur absorbansi larutan Cd(II) 0; 1; 2; 3; 4; dan 5 ppm. Kurva kalibrasi yang diperoleh memiliki persamaan regresi $Y = 0,086X - 0,001$ dengan $R^2 = 0,999$. Persamaan regresi ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam Cd(II) sisa yang terdapat dalam larutan setelah diinteraksikan dengan silika-kitosan *bead*. Data yang diperoleh setelah melakukan optimasi pH pada logam Cd(II) disajikan pada Gambar 4.1.



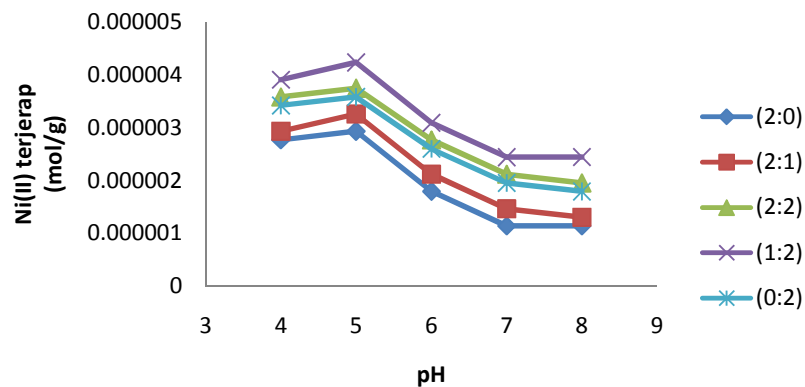
Gambar 4.1 Kurva penentuan pH optimum logam Cd(II)

Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa adsorpsi silika-kitosan *bead* mengalami peningkatan dari pH 4-5 kemudian menurun pada pH 5-8 sehingga adsorpsi paling optimal terjadi pada pH 5. Menurut Sriyanti dkk. (2005) pada pH rendah kemungkinan gugus aktif dalam keadaan terprotonasi (ada kompetisi dengan H^+) sehingga pada pH 4 terjadi persaingan antara ion logam Cd(II) dengan ion H^+ dalam berikatan dengan gugus aktif yang ada pada silika-kitosan *bead*. Logam Cd(II) memiliki harga K_{sp} sebesar $5,9 \times 10^{-15}$ dan akan mengendap sempurna menjadi $Cd(OH)_2$ pada pH 9 (Sriyanti dkk., 2005), sehingga pada pH 6-8 adsorpsi cenderung menurun dikarenakan logam Cd(II) sudah mulai mengalami pengendapan. Logam Cd(II) yang terjerap pada pH optimum untuk masing-masing variasi komposisi silika-kitosan *bead* disajikan dalam Tabel 4.3 dan perhitungan lengkap dapat dilihat pada Lampiran 11.

Tabel 4.3 Data penyerapan logam Cd(II) pada pH optimum

Silika-Kitosan <i>Bead</i>	Logam Cd(II) terjerap (mol/g)
2 : 0	$2,5694 \times 10^{-6}$
2 : 1	$2,6473 \times 10^{-6}$
2 : 2	$2,8549 \times 10^{-6}$
1 : 2	$3,0294 \times 10^{-6}$
0 : 2	$2,7252 \times 10^{-6}$

Pada penentuan pH optimum untuk logam Ni(II) sebelum dilakukan optimasi pH dibuat kurva kalibrasi dengan mengukur absorbansi larutan Ni(II) 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; dan 9 ppm. Kurva kalibrasi yang diperoleh memiliki persamaan regresi $Y = 0,026X$ dengan $R^2 = 0,999$. Persamaan regresi ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam Ni(II) sisa yang terdapat dalam larutan setelah diinteraksikan dengan silika-kitosan *bead*. Data optimasi pH pada penyerapan logam Ni(II) disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kurva penentuan pH optimum logam Ni(II)

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa adsorpsi silika-kitosan *bead* mengalami peningkatan dari pH 4-5 kemudian menurun pada pH 5-8 sehingga adsorpsi paling optimal terjadi pada pH 5. Menurut Sriyanti dkk. (2005) pada pH rendah kemungkinan gugus aktif dalam keadaan

terprotonasi (ada kompetisi dengan H^+) sehingga pada pH 4 terjadi persaingan antara ion logam Ni(II) dengan ion H^+ dalam berikatan dengan gugus aktif yang ada pada silika-kitosan *bead*. Logam Ni(II) memiliki harga K_{sp} sebesar $5,48 \times 10^{-16}$ dan akan mengendap sempurna menjadi $Ni(OH)_2$ pada pH 9 sehingga pada pH 6-8 adsorpsi cenderung menurun dikarenakan logam Ni(II) sudah mulai mengalami pengendapan. Logam Ni(II) yang terjerap pada pH optimum untuk masing-masing variasi komposisi silika-kitosan *bead* disajikan dalam Tabel 4.4 dan perhitungan lengkap disajikan pada Lampiran 11.

Tabel 4.4 Data penyerapan logam Ni(II) pada pH optimum

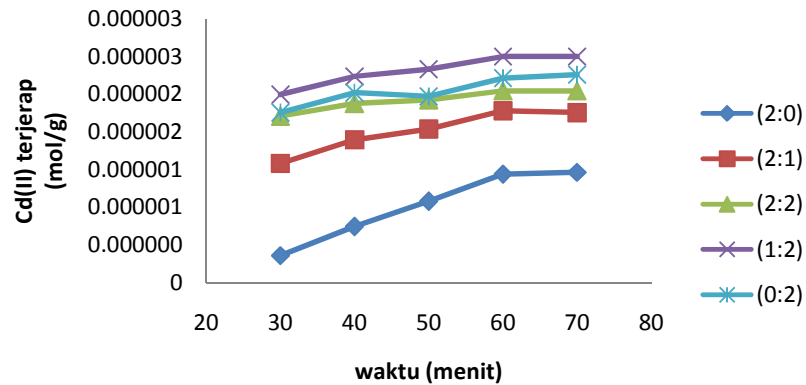
Silika-Kitosan <i>Bead</i>	Logam Ni(II) terjerap (mol/g)
2 : 0	$2,9330 \times 10^{-6}$
2 : 1	$3,2593 \times 10^{-6}$
2 : 2	$3,7483 \times 10^{-6}$
1 : 2	$4,2372 \times 10^{-6}$
0 : 2	$3,5844 \times 10^{-6}$

4.4 Penentuan Waktu Kontak Optimum

Tujuan penentuan waktu kontak optimum yaitu untuk mengetahui berapa lama waktu yang digunakan untuk penyerapan logam secara optimal oleh adsorben. Waktu kontak yang digunakan divariasikan pada waktu 30, 40, 50, 60, dan 70 menit yang diinteraksikan dengan 25 mL larutan logam pada pH optimum dengan massa adsorben yang digunakan sebanyak 0,1 gram.

Sebelum melakukan penentuan waktu kontak optimum dibuat dulu kurva kalibrasi dengan mengukur absorbansi larutan Cd(II) 0; 1; 2; 3; 4; dan 5 ppm. Kurva kalibrasi yang diperoleh memiliki persamaan regresi $Y =$

$0,093X - 0,002$ dengan $R^2 = 0,999$. Persamaan regresi ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam Cd(II) sisa yang terdapat dalam larutan setelah diinteraksikan dengan silika-kitosan *bead*. Data yang diperoleh setelah melakukan optimasi pH pada logam Cd(II) seperti pada Gambar 4.3.



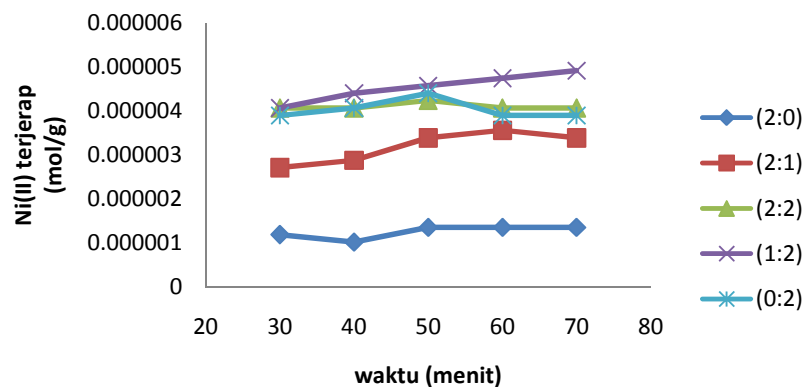
Gambar 4.3 Kurva penentuan waktu kontak optimum logam Cd(II)

Pada Gambar 4.3 terlihat bahwa adsorpsi mengalami peningkatan pada waktu 30-60 menit dan menjadi konstan mulai 60-70 menit. Hal ini menunjukkan bahwa waktu kontak optimum adsorpsi logam Cd(II) oleh silika-kitosan *bead* selama 60 menit. Setelah 60 menit adsorpsi akan konstan karena silika-kitosan *bead* telah jenuh oleh ion logam Cd(II) dalam larutan. Berdasarkan penelitian Mahmudah dan Cahyaningrum (2013), saat mencapai kondisi kesetimbangan situs aktif kitosan *bead* dan kitosan-silika *bead* diperkirakan sudah jenuh oleh ion logam Cd(II). Logam Cd(II) yang terjerap pada waktu kontak optimum untuk masing-masing variasi komposisi silika-kitosan *bead* disajikan dalam Tabel 4.5 dan perhitungan lengkap disajikan pada Lampiran 12.

Tabel 4.5 Data penyerapan logam Cd(II) pada waktu kontak optimum

Silika-Kitosan <i>Bead</i>	Logam Cd(II) terjerap (mol/g)
2 : 0	$1,4640 \times 10^{-6}$
2 : 1	$2,2801 \times 10^{-6}$
2 : 2	$2,5442 \times 10^{-6}$
1 : 2	$3,0002 \times 10^{-6}$
0 : 2	$2,7600 \times 10^{-6}$

Pada penentuan waktu kontak optimum untuk logam Ni(II) sebelum dilakukan optimasi waktu kontak dibuat kurva kalibrasi dengan mengukur absorbansi larutan Ni(II) 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; dan 9 ppm. Kurva kalibrasi yang diperoleh memiliki persamaan regresi $Y = 0,025X + 0,001$ dengan $R^2 = 0,999$. Persamaan regresi ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam Ni(II) sisa yang terdapat dalam larutan setelah diinteraksikan dengan silika-kitosan *bead*. Data optimasi pH pada penyerapan logam Ni(II) disajikan pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Kurva penentuan waktu kontak optimum logam Ni(II)

Pada Gambar 4.4 terlihat bahwa adsorpsi mengalami peningkatan pada waktu kontak 30-50 menit dan menjadi konstan pada waktu kontak 50-70 menit sehingga waktu kontak optimum adsorpsi logam Ni(II) oleh silika-

kitosan *bead* terjadi pada waktu 50 menit. Setelah 50 menit, adsorpsi menjadi konstan dikarenakan silika-kitosan *bead* telah jenuh dengan logam Ni(II). Berdasarkan penelitian Pupitasari (2007), penambahan waktu tidak mempengaruhi hasil adsorpsi karena saat kesetimbangan reaksi telah tercapai waktu kontak tidak lagi mempengaruhi reaksi. Akan tetapi pada silika-kitosan *bead* dengan perbandingan komposisi 1:2 adsorpsi logam Ni(II) masih mengalami peningkatan sampai 70 menit karena silika-kitosan *bead* dengan komposisi 1:2 belum jenuh oleh logam Ni(II) dan masih memiliki gugus aktif yang dapat mengadsorpsi logam Ni(II). Logam Ni(II) yang terjerap pada waktu kontak optimum disajikan dalam Tabel 4.6 dan perhitungan lengkap pada Lampiran 12

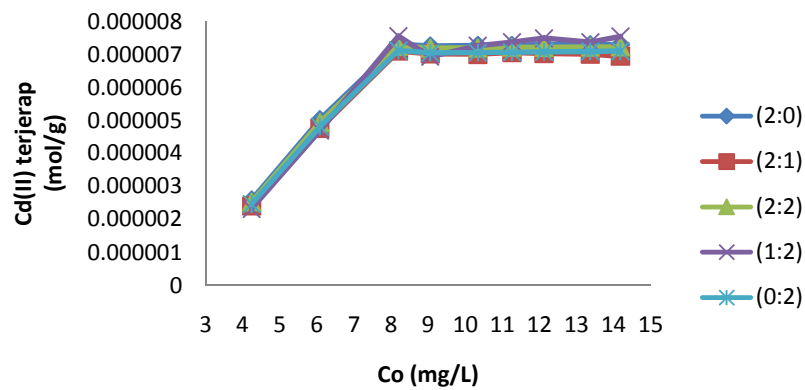
Tabel 4.6 Data penyerapan logam Ni(II) pada waktu kontak optimum

Silika-Kitosan <i>Bead</i>	Logam Ni(II) terjerap (mol/g)
2 : 0	$1,3559 \times 10^{-6}$
2 : 1	$3,3898 \times 10^{-6}$
2 : 2	$4,2372 \times 10^{-6}$
1 : 2	$4,9152 \times 10^{-6}$
0 : 2	$4,4067 \times 10^{-6}$

4.5 Penentuan Konsentrasi Optimum

Tujuan penentuan konsentrasi optimum yaitu untuk mengetahui kemampuan optimal silika-kitosan *bead* dalam menyerap ion logam Cd(II) dan Ni(II). Konsentrasi larutan Cd(II) dan Ni(II) yang digunakan divariasi pada konsentrasi 4; 6; 8; 9; 10; 11; 12; 13; dan 14 ppm serta pada pH dan waktu kontak optimum dengan volume masing-masing larutan 25 mL dan massa adsorben 0,1 gram.

Sebelum melakukan pengukuran konsentrasi optimum, dibuat dulu kurva kalibrasi dengan mengukur absorbansi larutan loga Cd(II) pada konsentrasi 0; 1; 2; 3; 4; dan 5 ppm. Kurva kalibrasi yang diperoleh memiliki persamaan regresi $Y = 0,076X + 0,001$ dengan harga $R^2 = 0,999$. Persamaan regresi ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam sisa larutan Cd(II) setelah diinteraksikan dengan silika-kitosan *bead*. Data penentuan konsentrasi optimum larutan logam Cd(II) disajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Kurva penentuan konsentrasi optimum logam Cd(II)

Pada Gambar 4.5 terlihat bahwa adsorpsi mengalami peningkatan pada konsentrasi awal larutan 4-8 ppm dan menjadi agak konstan mulai konsentrasi awal 8-14 ppm sehingga konsentrasi optimum adsorpsi logam Cd(II) terjadi pada konsentrasi awal larutan 8 ppm. Pada saat konsentrasi awal larutan dibawah 8 ppm, kandungan ion logam Cd(II) yang ada dalam larutan kurang bila dibandingkan kandungan gugus pengikat pada silika-kitosan *bead* sehingga adsorpsi masih mengalami peningkatan. Sedangkan pada konsentrasi awal larutan diatas 8 ppm, kandungan ion logam Cd(II)

yang ada dalam larutan lebih banyak dibandingkan dengan kandungan gugus pengikat pada silika-kitosan *bead* sehingga silika-kitosan *bead* sudah mengalami kejenuhan dalam menjerap logam Cd(II) dan mengakibatkan adsorpsi berhenti. Menurut penelitian Darjito dkk. (2006), kitosan-alumina dapat menjerap Cd(II) pada konsentrasi optimum 75 ppm, pada konsentrasi di atas 75 ppm adsorpsi Cd(II) konstan karena sudah terpenuhinya gugus aktif pada permukaan adsorben sehingga pekuang terjadinya ikatan menjadi kecil. Logam Cd(II) yang terjerap disajikan pada Tabel 4.7 dan perhitungan lengkap pada Lampiran 13.

Tabel 4.7 Data penyerapan logam Cd(II) pada konsentrasi optimum

Silika-Kitosan <i>Bead</i>	Logam Cd(II) terjerap (mol/g)
2 : 0	$7,3145 \times 10^{-6}$
2 : 1	$7,1026 \times 10^{-6}$
2 : 2	$7,2524 \times 10^{-6}$
1 : 2	$7,5558 \times 10^{-6}$
0 : 2	$7,1212 \times 10^{-6}$

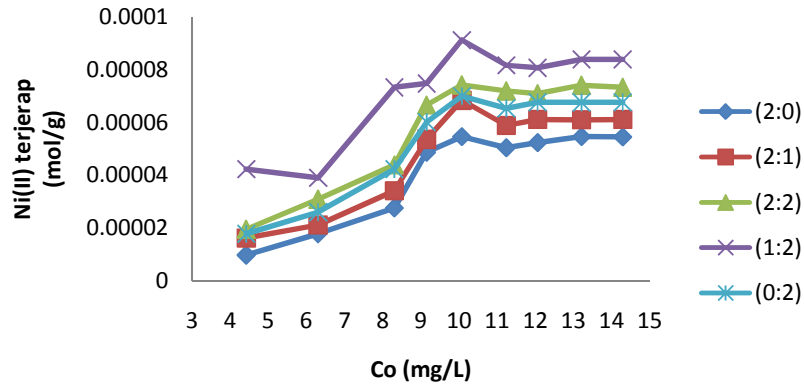
Setelah diperoleh data konsentrasi optimum untuk tiap adsorben, bisa ditentukan kapasitas adsorpsi silika-kitosan *bead* untuk menurunkan logam Cd(II). Data kapasitas adsorpsi untuk logam Cd(II) disajikan pada Tabel 4.8 dan perhitungan lengkap pada Lampiran 13.

Tabel 4.8 Data kapasitas adsorpsi logam Cd(II) untuk masing-masing variasi komposisi adsorben

Silika-Kitosan <i>Bead</i>	Kapasitas adsorpsi (mol/g)
2 : 0	$7,3179 \times 10^{-5}$
2 : 1	$6,9008 \times 10^{-5}$
2 : 2	$7,2358 \times 10^{-5}$
1 : 2	$7,7405 \times 10^{-5}$
0 : 2	$7,1204 \times 10^{-5}$

Berdasarkan Tabel 4.8 diketahui kapasitas adsorpsi untuk masing-masing adsorben. Kapasitas adsorpsi paling tinggi dimiliki silika-kitosan *bead* dengan perbandingan komposisi 1:2. Berdasarkan hal ini dapat diketahui bahwa yang berperan dalam proses adsorpsi ion logam Cd(II) yaitu gugus aktif amina yang ada pada kitosan. Pada adsorben dengan komposisi silika yang lebih banyak, harga kapasitas adsorpsi lebih kecil dibandingkan 1:2 karena gugus aktif amina yang ada lebih sedikit. Penyerapan ion logam hanya terjadi secara fisik dimana ion logam Cd(II) hanya terperangkap dalam pori-pori silika sehingga ada kemungkinan ion logam Cd(II) akan lepas lagi. Akan tetapi pada adsorben dengan komposisi kitosan yang lebih banyak terjadi ikatan koordinasi antara gugus amina dengan ion logam Cd(II). Berdasarkan penelitian Yuniarti dan Maharani (2012), membran kitosan-silika yang paling baik untuk menjerap logam Pb(II) yaitu membran yang memiliki konsentrasi kitosan 3% dengan konsentrasi silika yang sama untuk tiap membran.

Pada penentuan konsentrasi optimum logam Ni(II) sebelum dilakukan optimasi dibuat kurva kalibrasi terlebih dahulu dengan menghitung absorbansi larutan Ni(II) pada konsentrasi 0; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8 dan 9 ppm. Kurva kalibrasi yang diperoleh memiliki persamaan regresi $Y = 0,026X - 0,002$ dengan harga $R^2 = 0,996$. Kurva kalibrasi ini digunakan untuk mengukur konsentrasi logam Ni(II) sisa yang ada pada larutan setelah diinteraksikan dengan silika-kitosan *bead*. Data penentuan konsentrasi optimum logam Ni(II) disajikan pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Kurva penentuan konsentrasi optimum logam Ni(II)

Pada Gambar 4.6 terlihat bahwa adsorpsi mengalami peningkatan dari konsentrasi awal 4-10 ppm dan mengalami penurunan atau hampir konstan pada konsentrasi awal 10-14 ppm sehingga konsentrasi optimum logam Ni(II) terjadi pada konsentrasi awal 10 ppm. Pada saat konsentrasi awal larutan dibawah 10 ppm kandungan ion logam Ni(II) dalam larutan kurang bila dibandingkan kandungan gugus pengikat dalam silika-kitosan *bead* sehingga adsorpsi masih mengalami peningkatan. Sedangkan pada konsentrasi awal diatas 10 ppm kandungan ion logam Ni(II) dalam larutan lebih banyak bila dibandingkan kandungan gugus pengikat dalam silika-kitosan *bead* sehingga proses adsorpsi berhenti pada konsentrasi optimum. Menurut Lestari dan Sanova (2011) pada kondisi kesetimbangan, permukaan adsorben telah jenuh oleh ion-ion logam sehingga penambahan konsentrasi tidak akan berpengaruh pada proses adsorpsi. Logam Ni(II) yang terjerap pada konsentrasi optimum disajikan pada Tabel 4.9 dan perhitungan lengkap pada Lampiran 13.

Tabel 4.9 Data penyerapan logam Ni(II) pada konsentrasi optimum

Silika-Kitosan <i>Bead</i>	Logam Ni(II) terjerap (mol/g)
2 : 0	$5,4703 \times 10^{-6}$
2 : 1	$6,8449 \times 10^{-6}$
2 : 2	$7,4263 \times 10^{-6}$
1 : 2	$9,1263 \times 10^{-6}$
0 : 2	$7,0081 \times 10^{-6}$

Setelah diperoleh data konsentrasi optimum untuk tiap adsorben, bisa ditentukan kapasitas adsorpsi silika-kitosan *bead* untuk menurunkan logam Ni(II). Data kapasitas adsorpsi untuk logam Ni(II) disajikan pada Tabel 4.10 dan perhitungan lengkap pada Lampiran 13.

Tabel 4.10 Data kapasitas adsorpsi logam Ni(II) untuk masing-masing variasi komposisi adsorben

Silika-Kitosan <i>Bead</i>	Kapasitas adsorpsi (mol/g)
2 : 0	$5,8606 \times 10^{-5}$
2 : 1	$5,3347 \times 10^{-5}$
2 : 2	$7,3997 \times 10^{-5}$
1 : 2	$7,6144 \times 10^{-5}$
0 : 2	$6,5811 \times 10^{-5}$

Berdasarkan Tabel 4.10 diketahui kapasitas adsorpsi untuk masing-masing adsorben. Kapasitas adsorpsi paling tinggi dimiliki silika-kitosan *bead* dengan perbandingan komposisi 1:2. Berdasarkan hal ini dapat diketahui bahwa yang berperan dalam proses adsorpsi ion logam Ni(II) yaitu gugus aktif amina yang ada pada kitosan. Berdasarkan penelitian Yunianti dan Maharani (2012), membran kitosan-silika yang paling baik untuk menjerap logam Pb(II) yaitu membran yang memiliki konsentrasi kitosan 3% dengan konsentrasi silika yang sama untuk tiap membran. Pada adsorben dengan komposisi silika yang lebih banyak, harga kapasitas adsorpsi lebih kecil

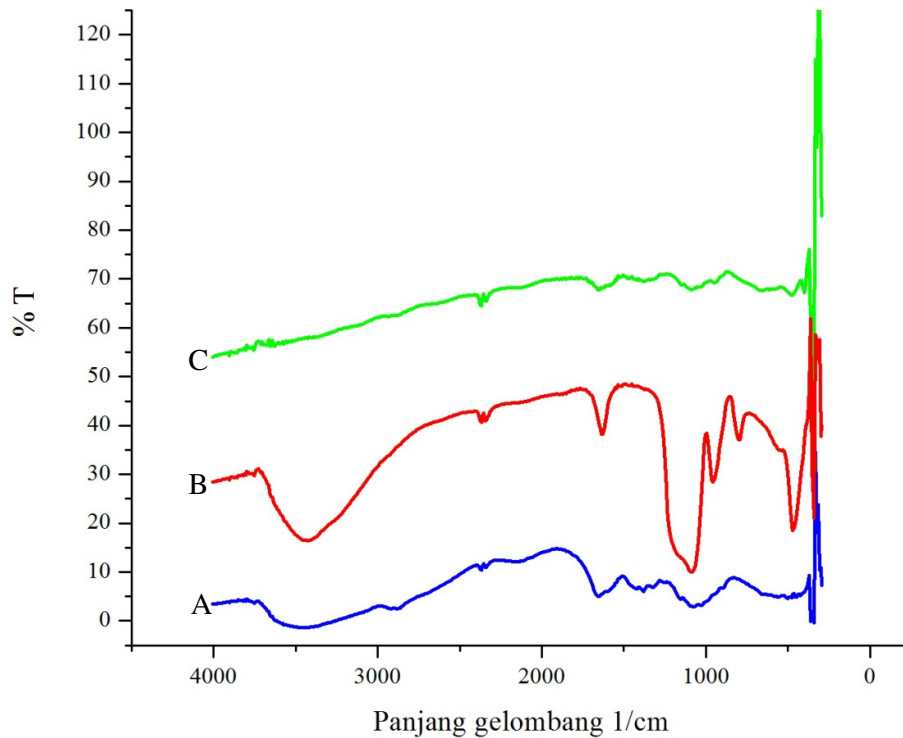
dibandingkan 1:2 karena gugus aktif amina yang ada lebih sedikit. Penyerapan ion logam hanya terjadi secara fisik dimana ion logam Ni(II) hanya terperangkap dalam pori-pori silika sehingga ada kemungkinan ion logam Ni(II) akan lepas lagi. Akan tetapi pada adsorben dengan komposisi kitosan yang lebih banyak terjadi ikatan koordinasi antara gugus amina dengan ion logam Ni(II).

4.6 Karakterisasi FT-IR

Untuk mengetahui gugus fungsi dari silika-kitosan *bead* yang dibuat, maka dilakukan analisa dengan menggunakan FT-IR. Setiap ikatan mempunyai frekuensi vibrasi yang khas sehingga absorpsi infra merah dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus-gugus yang ada dalam suatu senyawa.

Dari Gambar 4.7 dapat dilihat puncak-puncak serapan infra merah yang terdeteksi dalam silika-kitosan *bead* 2:0. Serapan dengan pita lebar pada daerah bilangan gelombang $3425,58 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita serapan dari gugus hidroksi (-OH) pada gugus silanol (Si-OH). Serapan yang kuat dan tajam pada bilangan gelombang $1087,85 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita serapan dari vibrasi ulur asimetri dari gugus Si-O pada gugus siloksan (Si-O-Si). Serapan pada $956,69 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi ulur dari gugus Si-O pada silanol (Si-OH). Vibrasi tekuk gugus -OH pada silanol ditunjukkan pada bilangan gelombang $1635,64 \text{ cm}^{-1}$ dan vibrasi tekuk dari gugus siloksan (Si-O-Si) ditunjukkan dengan pita serapan pada bilangan gelombang $470,63 \text{ cm}^{-1}$. Secara umum pita serapan yang muncul pada spektra silika-kitosan *bead*

2:0 menunjukkan bahwa gugus-gugus fungsional adalah silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) (Mujiyanti dkk., 2010).



Gambar 4.7 Spektra FT-IR silika-kitosan *bead* A(0:2), B(2:0), C(1:2).

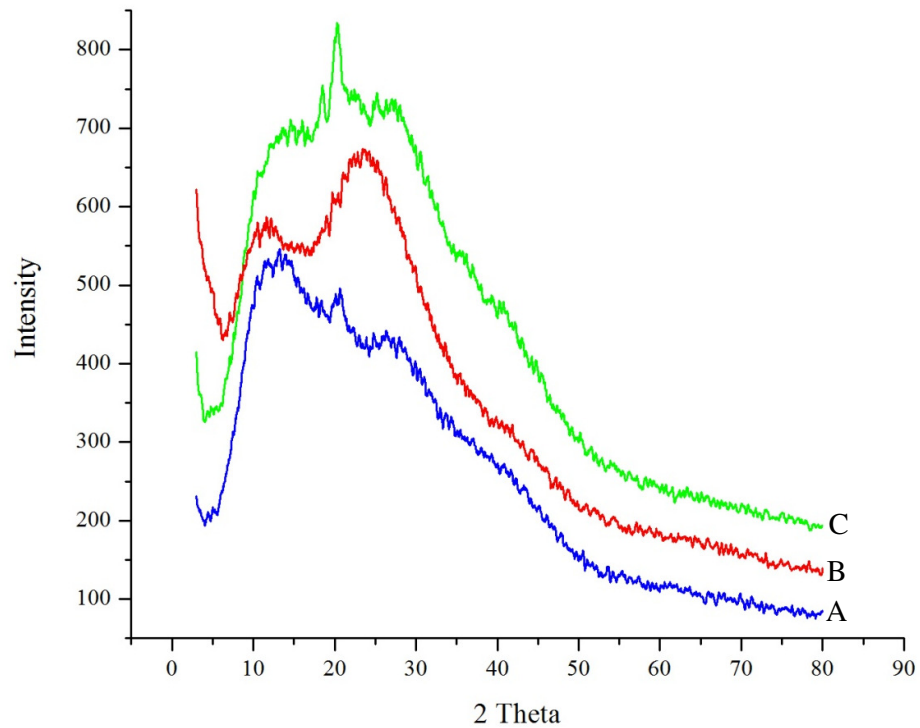
Dari Gambar 4.7 dapat dilihat juga pita-pita serapan yang terdeteksi pada silika-kitosan *bead* 0:2. Terdapat pita serapan pada bilangan gelombang $3425,58 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi ulur dari gugus -OH . Terdapat juga pita serapan pada bilangan gelombang $1651,07 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan vibrasi ulur dari gugus -NH dan diperkuat oleh pita serapan pada bilangan gelombang $3749,62 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan vibrasi ulur dari gugus -NH .

Dari Gambar 4.7 juga dapat dilihat pita serapan yang terdeteksi pada silika-kitosan *bead* 1:2. Terdapat pita serapan pada bilangan gelombang

1087,85 cm^{-1} yang merupakan pita serapan dari vibrasi ulur asimetri dari gugus Si-O pada gugus siloksan (Si-O-Si). Serapan pada 948,98 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur dari gugus Si-O pada silanol (Si-OH) dan vibrasi tekuk dari gugus siloksan (Si-O-Si) ditunjukkan dengan pita serapan pada bilangan gelombang 478,35 cm^{-1} . Akan tetapi pita-pita serapan tersebut tidak setajam pada silika-kitosan *bead* 2:0. Hal ini dikarenakan komposisi silika yang digunakan lebih sedikit. Terdapat pita serapan pada bilangan gelombang 1648,98 cm^{-1} yang menunjukkan pita serapan gugus fungsional -NH dari kitosan. Akan tetapi tidak ditemukan munculnya gugus fungsional -NH pada bilangan gelombang 3749,62 cm^{-1} yang bisa diakibatkan karena gugus tersebut telah terselubungi oleh gugus fungsional -OH dari silika.

4.7 Karakterisasi XRD

Pada penelitian ini juga dilakukan analisa menggunakan teknik difraksi sinar-X untuk melihat sifat kristal dan amorf dari adsorben yang dibuat. Puncak yang muncul membantu untuk menafsirkan sifat dari polimer tersebut. Silika-kitosan *bead* yang telah terbentuk kemudian dianalisis menggunakan difraktometri sinar-X. Hasil analisa XRD untuk silika-kitosan *bead* 2:0, 1:2, dan 0:2 disajikan pada Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.8 Difraktogram silika-kitosan *bead* A(0:2), B(2:0), dan C(1:2)

Dari Gambar 4.8 dapat dilihat pola difraksi sinar-X dari silika-kitosan *bead* 0:2, 1:2, dan 2:0. Pada silika-kitosan *bead* 0:2 muncul puncak pada $2\theta = 10,5000$; $2\theta = 11,3600$; dan $2\theta = 11,8200$. Terdapat puncak melebar pada kisaran $2\theta = 10-11^\circ$ yang menunjukkan keadaan amorf atau polikristalin sesuai penelitian Sudaryanto, dkk. (2012) bahwa kitosan yang puncak difraksi melebar menunjukkan keadaan amorf atau polikristalin.

Sedangkan pada silika-kitosan *bead* 1:2 muncul puncak pada $2\theta = 20,2714^\circ$; $2\theta = 10,5200^\circ$; dan $2\theta = 9,9400^\circ$. Pola difraksi yang melebar menunjukkan keadaan amorf atau polikristalin dengan pusat puncak pada $2\theta = 20,2714^\circ$. Puncak yang melebar ini merupakan puncak gabungan dari silika dan kitosan yang ada pada *bead*.

Untuk silika-kitosan *bead* 2:0 muncul puncak pada $2\theta = 10,5500^\circ$; $2\theta = 23,4400^\circ$; $2\theta = 22,8400^\circ$. Terdapat puncak melebar pada kisaran $2\theta = 21-23^\circ$ dengan puncak tertinggi pada $2\theta = 23,4400^\circ$. Menurut Kalapathy dkk. (2000) silika dengan puncak melebar di sekitar $2\theta = 20-22^\circ$ menunjukkan struktur amorf. Dengan demikian, silika-kitosan *bead* 2:0 yang dibuat juga memiliki struktur amorf pada permukaannya karena pembakaran sekam padi pada 700°C akan menghasilkan silika dengan bentuk amorf bukan kristal.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil karakterisasi menggunakan FT-IR menunjukkan bahwa pada silika-kitosan *bead* 2:0 terdapat gugus fungsi –OH dari Si-OH; Si-O dari Si-O-Si; Si-O dari Si-OH. Pada silika-kitosan *bead* 0:2 terdapat gugus –OH dan –NH₂. Pada silika-kitosan *bead* 1:2 terdapat gugus Si-O dari Si-O-Si; Si-O dari Si-OH; dan –NH₂ dari kitosan. Untuk hasil karakterisasi menggunakan XRD diketahui bahwa ketiga adsorben memiliki struktur amorf pada permukaannya.
2. pH optimum adsorpsi ion logam Cd(II) oleh silika-kitosan *bead* yaitu pada pH 5 untuk masing-masing variasi komposisi silika-kitosan *bead* dengan besar penyerapan $2,5694 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:0; $2,6473 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:1; $2,8549 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:2; $3,0294 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 1:2; dan $2,7252 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 0:2. Sedangkan pH optimum adsorpsi ion logam Ni(II) oleh silika-kitosan *bead* yaitu pada pH 5 untuk semua variasi silika-kitosan *bead* dengan besar penyerapan $2,9330 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:0; $3,2593 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:1; $3,7483 \times 10^{-6}$ mol/g

untuk silika-kitosan *bead* 2:2; $4,2372 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 1:2; dan $3,5844 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 0:2.

3. Waktu kontak optimum adsorpsi ion logam Cd(II) oleh silika-kitosan *bead* yaitu pada 60 menit untuk masing-masing variasi komposisi silika-kitosan *bead* dengan besar penyerapan $1,4640 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:0; $2,2801 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:1; $2,5442 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:2; $3,0002 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 1:2; dan $2,7600 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 0:2. Sedangkan waktu kontak optimum adsorpsi ion logam Ni(II) oleh silika-kitosan *bead* yaitu pada 50 menit untuk semua variasi silika-kitosan *bead* dengan besar penyerapan $1,3559 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:0; $3,3898 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:1; $4,2372 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:2; $4,9152 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 1:2; dan $4,4067 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 0:2.
4. Konsentrasi optimum adsorpsi ion logam Cd(II) oleh silika-kitosan *bead* yaitu pada konsentrasi awal 8 ppm untuk masing-masing variasi komposisi silika-kitosan *bead* dengan besar penyerapan $7,3145 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:0; $7,1026 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:1; $7,2524 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:2; $7,5558 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 1:2; dan $7,1212 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 0:2. Sedangkan konsentrasi optimum adsorpsi ion logam Ni(II) oleh silika-kitosan *bead* yaitu pada

konsentrasi awal 10 ppm untuk semua variasi silika-kitosan *bead* dengan besar penyerapan $5,4703 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:0; $6,8449 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:1; $7,4263 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:2; $9,1263 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 1:2; dan $7,0081 \times 10^{-6}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 0:2.

5. Kapasitas adsorpsi ion logam Cd(II) untuk silika-kitosan *bead* 2:0 sebesar $7,3179 \times 10^{-5}$ mol/g; $6,9008 \times 10^{-5}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:1; $7,2358 \times 10^{-5}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:2; $7,7405 \times 10^{-5}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 1:2; dan $7,1204 \times 10^{-5}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 0:2. Sedangkan Kapasitas adsorpsi ion logam Ni(II) untuk silika-kitosan *bead* 2:0 sebesar $5,8606 \times 10^{-5}$ mol/g; $5,3347 \times 10^{-5}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:1; $7,3997 \times 10^{-5}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 2:2; $7,6144 \times 10^{-5}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 1:2; dan $6,5811 \times 10^{-5}$ mol/g untuk silika-kitosan *bead* 0:2.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan silika-kitosan *bead* untuk penyerapan logam lain.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakterisasi menggunakan SAA untuk mengetahui luas pori dari silika-kitosan *bead*.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakterisasi menggunakan SEM untuk mengetahui gambaran bentuk permukaan silika-kitosan *bead*.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, A., Supranto, dan Fahrurozi, M. 2004. Kesetimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd(II) dan Cr(III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-Merkaptobenzotiazol. *Jurnal Natur Indonesia*. Vol. 6, No. 2: 111-117.
- Arifiani, N. 2012. Sintesis Membran Kitosan-Silika Serta Aplikasinya Dalam Proses Filtrasi Air Sadah. *Skripsi S-1*. Semarang : Jurusan Kimia, FMIPA, UNNES.
- Astuti, M.,D., Nurmasari, R., dan Mujiyanti, D.,R. 2012. Imobilisasi 1,8-Dihidroxyanthraquinon Pada Silika Gel Melalui Proses Sol-Gel. *Sains dan Terapan Kimia*. Vol. 6, No. 1 : 25-34.
- Azmiyawati, C., Sriyanti, dan Taslimah. 2005. Adsorpsi Ion Logam Berat Cd(II) pada Silika Gel Terenkapsulasi 3-Merkaptopropiltrimetoksisilan. *Tesis*. Semarang : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro.
- Bhatia, R.B., and C.J. Brinker. 2000. Aqueous Sol Gel Process For Protein Encapsulation. *Chem.Mater.* 12 : 2434-2441.
- Cahyaningrum, S.E., Narsito, Santoso, S.J., dan Agustini, R. 2008. Adsorption of Zn(II) Metal Ion on Chitosan *Bead* From Shell Shrimp (*Penaeus monodon*). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Vol. 15, No. 2 : 90-99.
- Darjito, Purwonugroho D., dan Nisa S.N. 2006. Study On Adsorption Of Cd(II) By Chitosan-Alumina. *Indo. J. Chem.* Vol. 6 (3): 238-244.
- Fahmiati, Nuryono, dan Narsito. 2006. Termodinamika Adsorpsi Cd(II), Ni(II), dan Mg(II) pada Silika Gel Termodifikasi 3-Merkapto-1,2,4-Triazol. *Indonesian Journal of Chemistry*. 6(1): 52-55.
- Farda, E. dan Maharani, D.K. 2013. Penentuan pH Optimum dan Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Ni(II) oleh Komposit Kitosan-Alumina. *Journal of Chemistry*. Vol. 2, No. 1: 19-23.
- Handayani, Euis. 2009. Sintesa Membran Nanokomposit Berbasis Nanopartikel Biosilika dari Sekam Padi dan Kitosan sebagai Matriks Biopolimer. *Tesis*. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Handoyo, Kristian. 1996. *Kimia Anorganik*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Harsono, H. 2002. Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi. *Jurnal Ilmu Dasar*. Vol. 3 No 2.2002: 98-103.
- Houston, D.F. 1972. *Rice, Chemistry, and Technology, Vol. IV*. American Association of Cereal Chemist, Inc., St.Paul, Minnesota.

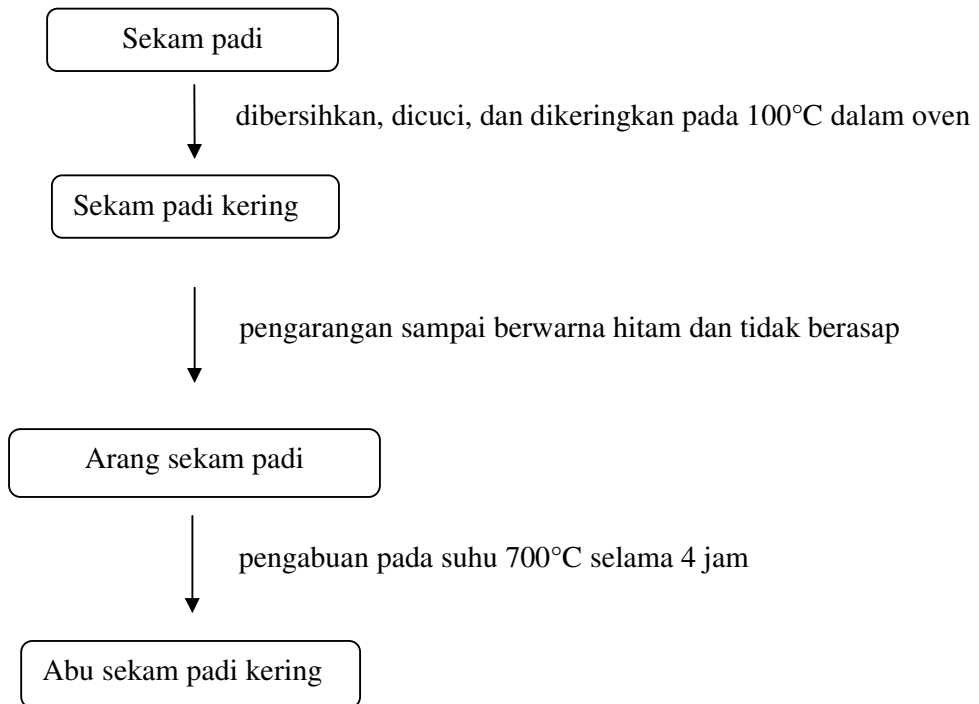
- Indrawati, D. dan Cahyaningrum, S.E. 2013. Pengaruh Perbandingan Komposisi Kitosan dan Silika terhadap Karakterisasi Adsorben Kitosan-Silika *Bead*. *Journal of Chemistry*. Vol. 2, No. 1: 8-13.
- Iswari, A.R. 2005. Sintesis Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan Asam Klorida. *Skripsi*. Semarang : Jurusan Kimia, FMIPA, UNDIP.
- Jeon, C., dan Holl, W.H. 2003. Chemical Modification of Chitosan and Equilibrium Study for Mercury Ion Removal. *Water Research*. Vol. 37: 4770-4780.
- Kaban, J. 2009. *Modifikasi Kimia dari Kitosan dan Aplikasi Produk yang Dihadirkan*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Kalapathy, U., Proctor, A., dan Shultz, J. 2000. A Simple Method for Production of Pure Silica From Rice Hull Ash. *Bioresource Technology*. 73: 257-262.
- Khazaeli, Payam, Abbas Pardakhty, dan Fershtes Hassanzadech. (2008). Formulation of Ibuprofen *Beads* by Iontropic Gelation. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*. Vol. 7(3): 163-170.
- Kholipuk, S. 2012. Perbedaan Penurunan Kandungan Ion Nikel(II) Pada Proses Koagulasi Menggunakan FeSO₄ Dengan Limbah Besi Pada Limbah Elektroplating. *Tugas Akhir II*. Semarang : Jurusan Kimia, FMIPA, UNNES.
- Kurita, K. 2006. Chitin and Chitosan: Functional Biopolymers from Marine Crustacean. *Marine Biotechnology*. 8: 203-226
- Lestari, I., dan Sanova, A. Penyerapan Logam Berat Kadmium (Cd) menggunakan Kitosan Hasil Transformasi Kitin dari Kulit Udang (*Penaeus sp*). *ISSN 0852-8349*. Vol. 13, No. 1: 09-14.
- Mahmudah, R.A., dan Cahyaningrum, S.E. 2013. Penentuan Konstanta Laju Adsorpsi Ion Logam Cd(II) pada Kitosan *Bead* dan Kitosan-Silika *Bead*. *Journal of Chemistry*. Vol. 2, No. 1: 94-99
- Meriatna. 2008. Penggunaan Membran Kitosan untuk Menurunkan Kadar Logam Krom (Cr) dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. *Tesis*. Medan: Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara.
- Mujiyanti, D.R., Nuryono, dan Kunarti, E.,S. 2010. Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi yang Diimobilisasi dengan 3-(Trimetoksisilil)-1-Propantiol. *Sains dan Terapan Kimia*. Vol. 4, No. 2, 150-167.
- Puspitasari, A. 2007. Pembuatan Dan Pemanfaatan Kitosan Sulfat Dari Cangkang Bekicot (*Achatina fullica*) Sebagai Adsorben Zat Warna Remazol Yellow

FG 6. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.

- Rabea, E.I., dkk. 2003. Chitosan as Antimicrobial Agent: Applications And Mode Of Action. *Biomacromolecules*. 2003. No (6) 1457-1465.
- Rahmi dan Julinawati. 2009. Application of Modified Khitosan for Adsorben Ionic Cu^{2+} Metal in Diesel Oil. *Journal Natural*. Vol 9(2).
- Rapierna, A. 2012. Sintesis Dan Pemanfaatan Membran Kitosan-Silika Sebagai Membran Pemisah Ion Logam Zn^{2+} dan Fe^{2+} . *Tugas Akhir II*. Semarang : Jurusan Kimia, FMIPA, UNNES.
- Rowe, R.C., dkk. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipient 6th ed*. London: The Pharmaceutical Press. 159-161
- Sriyanti, Azmiyawati C., dan Taslimah. 2005. Adsorpsi Kadmium(II) Pada Bahan Hibrida Tiol-Silika Dari Abu Sekam Padi. *JSKA*. Vol. VIII, No. 2: 1-12.
- Sriyanti, Taslimah, Nuryono, dan Narsito. 2005. Sintesis bahan hibrida Amino Silika dari Abu Sekam Padi Melalui Proses Sol-Gel. *JKSA*. Vol. VII, No.1: 1-10.
- Sudaryanto., Evi Y., Arbi D & Heri J. 2012. Pengembangan Elektrolit Padat Berbasis Kitosan untuk Baterai Kendaraan Listrik. *Prossiding insiNas 2012*. Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir. BATAN
- Sukmawati. 2006. Penggunaan Kitosan Manik Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Pb(II) dan Cr(II) dalam Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. *Tesis*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Wan Ngah, W.S., dan Fatinathan, S. 2008. Adsorption of Cu(II) Ions in Aqueous Solution Using Chitosan *Beads*, Chitosan-GLA *Beads*, and Chitosan-Alginate *Beads*. *Chemical Engineering Journal*. Vol. 143: 62-72
- Wan Ngah, W.S., Kamari, A., dan Fatinathan, S. 2006. Adsorption of Chromium from Aqueous Solution Using Chitosan *Beads*. *Adsorption*. Vol. 12: 249-257.
- Wogo, H.E., Segu, J.O., dan Ola, P.D. 2011. Sintesis Silika Gel Terimobilisasi Dithizon melalui Proses Sol-Gel. *Sains dan Terapan Kimia*. Vol. 5, No. 1: 84-95.
- Yudo, S. dan Nusa, I.S. 2005. Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Pelapisan Logam. *Jurnal Pengolahan Air Limbah*. Vol 1(1). Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan. BPPT.
- Yunianti S. dan Maharani D.K. 2012. Pemanfaatan Membran Kitosan-Silika Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Pb(II) Dalam Larutan. *Journal of Chemistry*. Vol. 1, No. 1: 108-115.

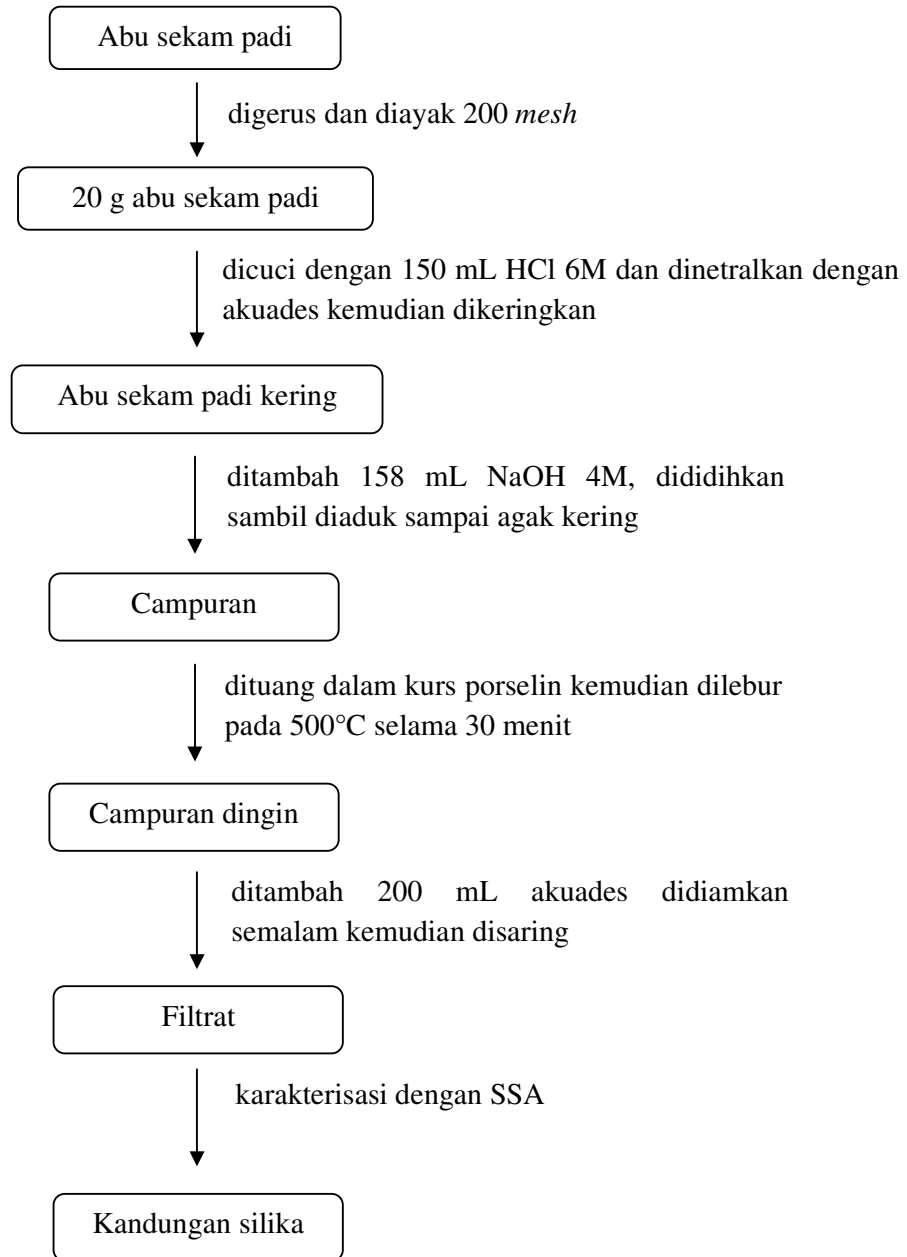
Lampiran 1

Pembuatan Abu Sekam Padi



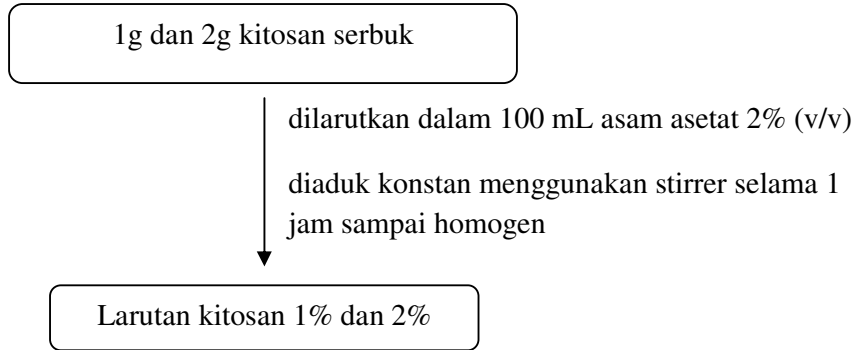
Lampiran 2

Pembuatan Larutan Natrium Silikat

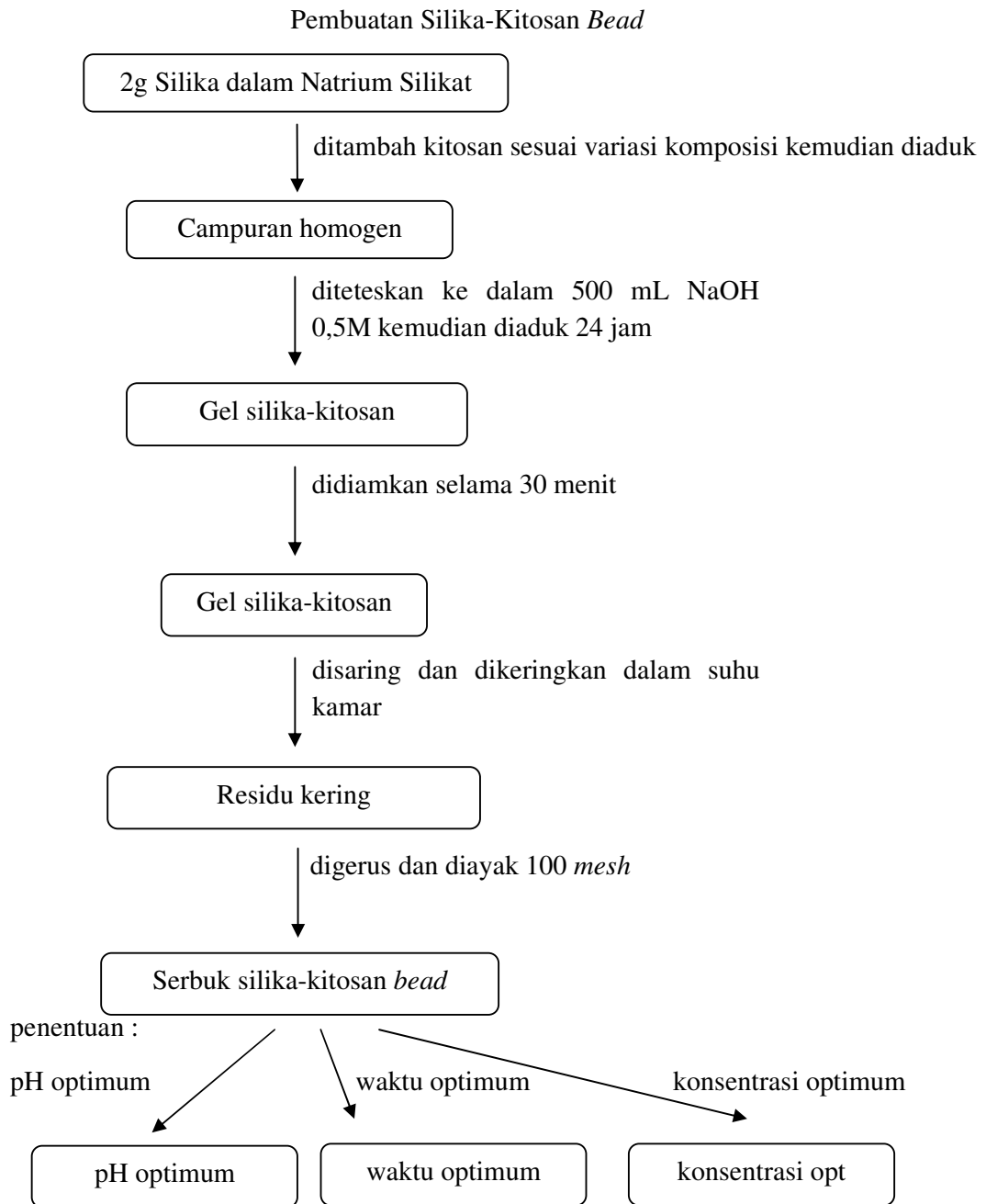


Lampiran 3

Pembuatan Larutan Kitosan

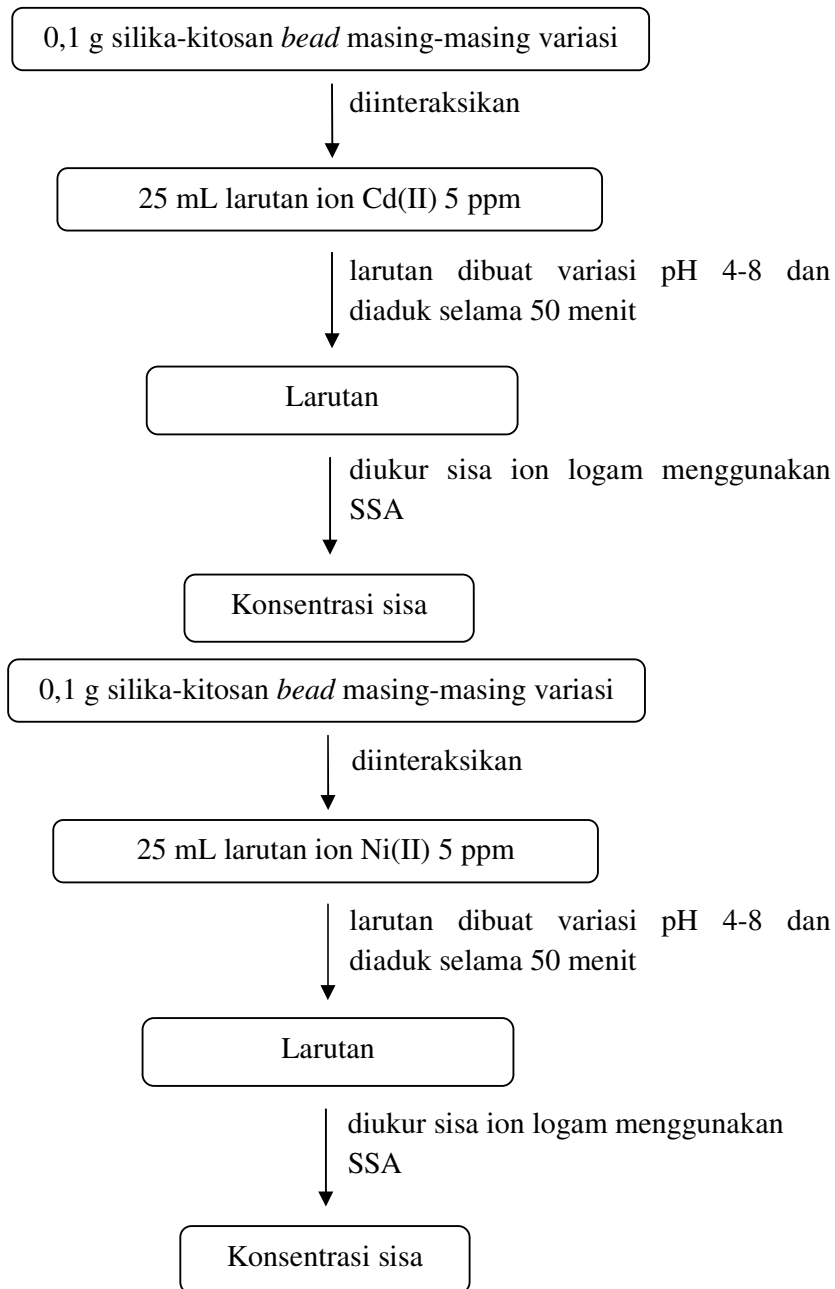


Lampiran 4



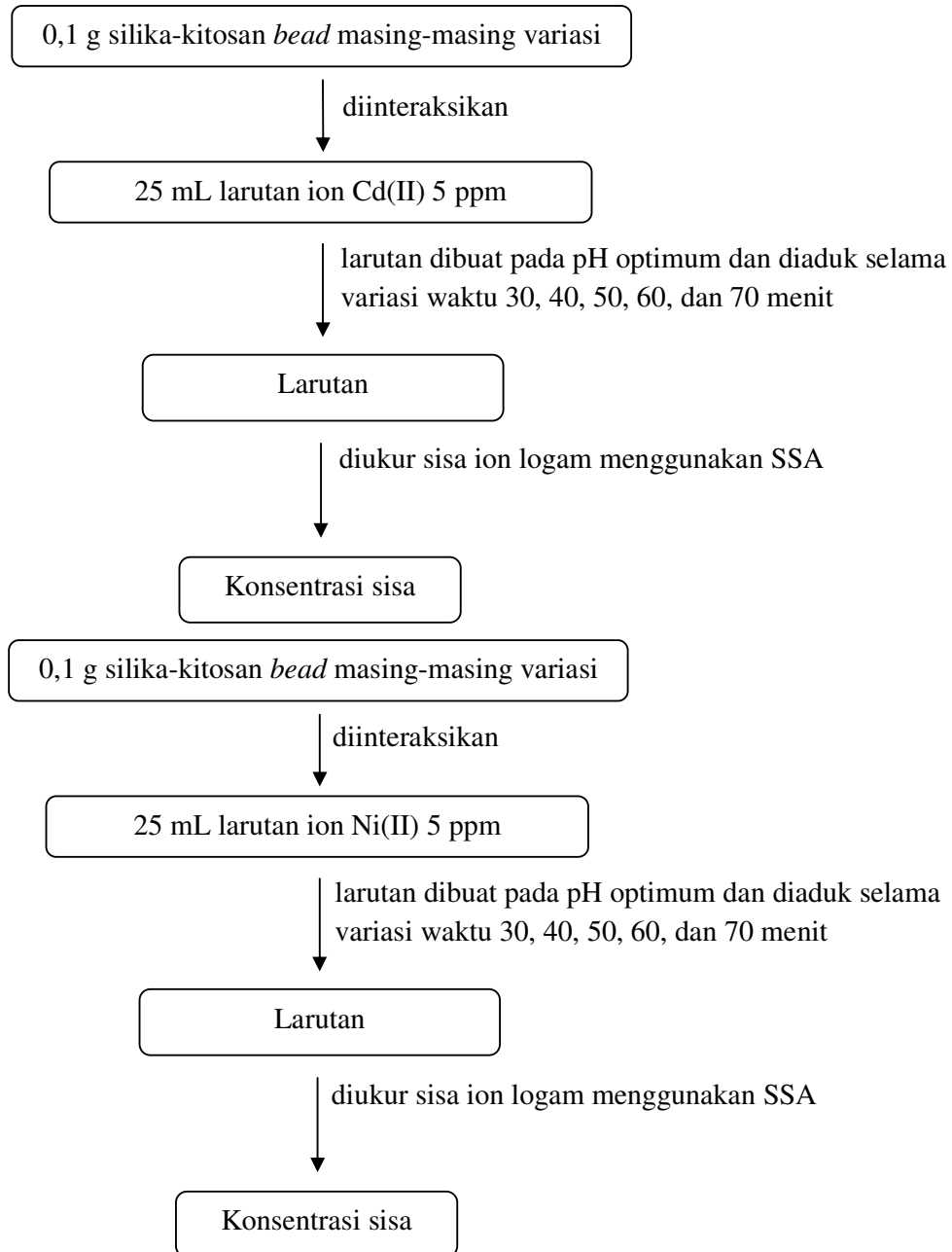
Lampiran 5

Penentuan pH Optimum



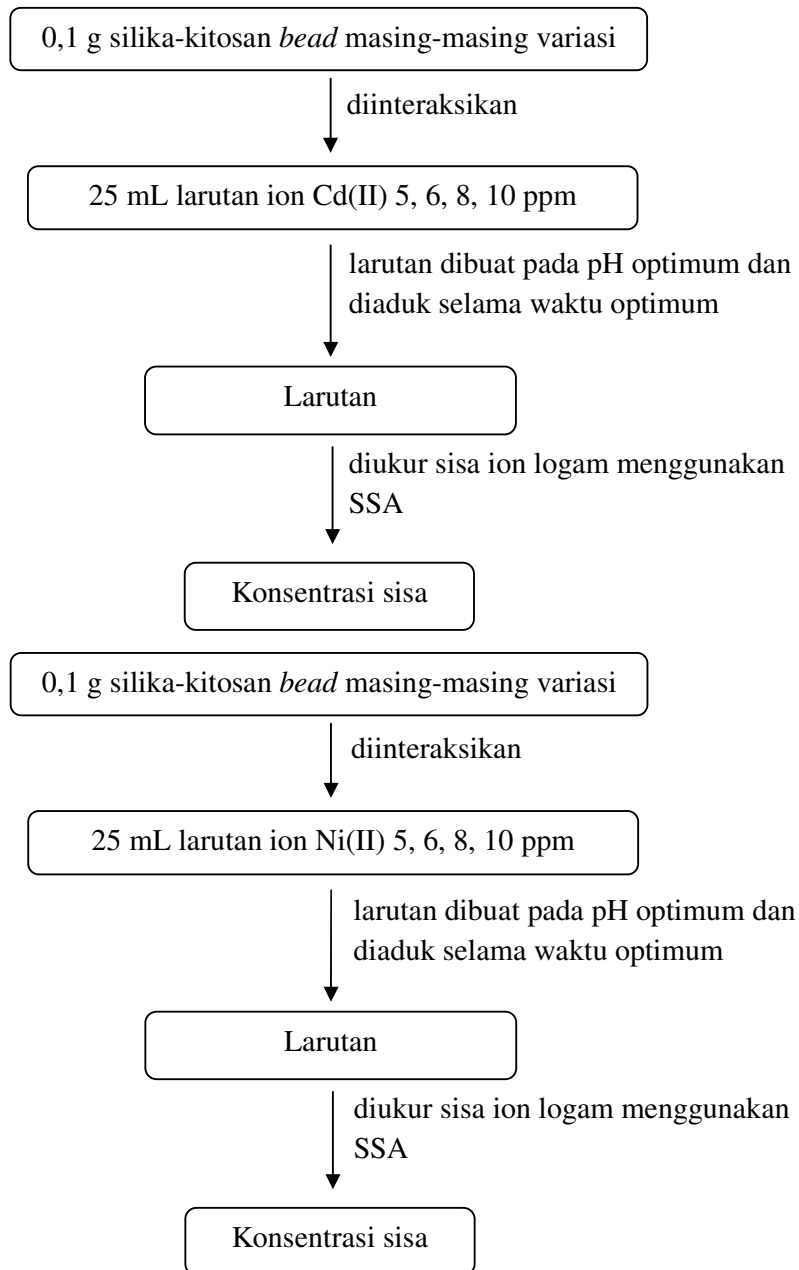
Lampiran 6

Penentuan Waktu Kontak Optimum

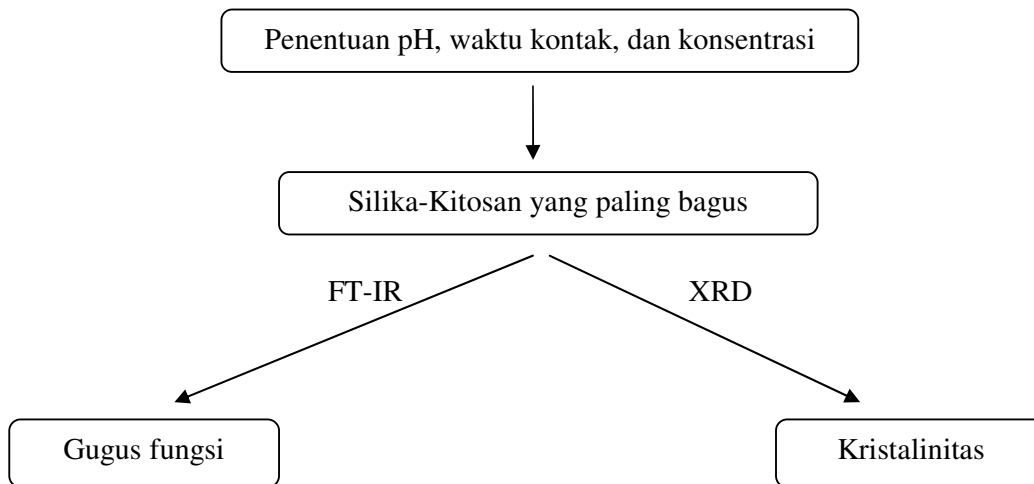


Lampiran 7

Penentuan Konsentrasi Optimum



Lampiran 8

Karakterisasi Adsorben Silika-Kitosan *Bead*

Lampiran 9

Penentuan Silika Pada Larutan Natrium Silikat



LABORATORIUM KIMIA ANALITIK
 JURUSAN KIMIA FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
 UNIVERSITAS GADJAH MADA

HASIL ANALISIS

No. : 4584/HA-KA/05/13
 Pengirim : **SETA KAHARDIAN**
 Alamat : UNNES Semarang
 Jenis sampel : Cair (larutan ekstrak abu sekam padi)
 Jumlah sampel : 2 bh
 Penentuan : Kadar Si
 Tgl. Analisis : 08 Mei 2013

NO	KODE SAMPEL	PARA METER	HASIL PENGUKURAN (ppm)			METODE
			I	II	III	
1.	A	Si	43212,670	43608,597	44004,525	Atomic Absorption Spect.
2.	B	Si	39649,321	40441,176	40045,249	-

$$\begin{aligned}
 \text{kadar Si rata - rata} &= \frac{43212,670 + 43608,597 + 44004,525}{3} \text{ ppm} \\
 &= \frac{130825,792}{3} \text{ ppm} \\
 &= 43608,59733 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

$$43608,59733 \text{ ppm} = 43608,59733 \text{ mg/L (dijadikan g/mL)}$$

$$= 43608,59733 \frac{1}{1000} \text{ g} / 1000 \text{ mL}$$

$$= 0,04360859733 \text{ g/mL (dikalikan } 200/200)$$

$$\text{kadar Si} = 8,721719467 \text{ g} / 200 \text{ mL}$$

$$\text{tiap 1 gram Si} = 200 \text{ mL} / 8,721719467 \text{ g}$$

$$= 22,93125808 \text{ mL/g}$$

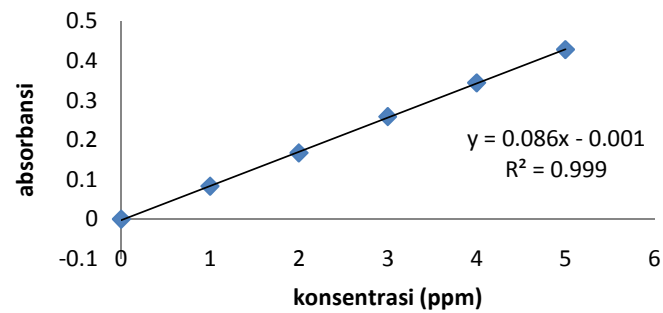
Lampiran 10

Pembuatan Kurva Kalibrasi

1. Kurva kalibrasi penentuan pH optimum

1.1 Data absorbansi kurva kalibrasi logam Cd(II)

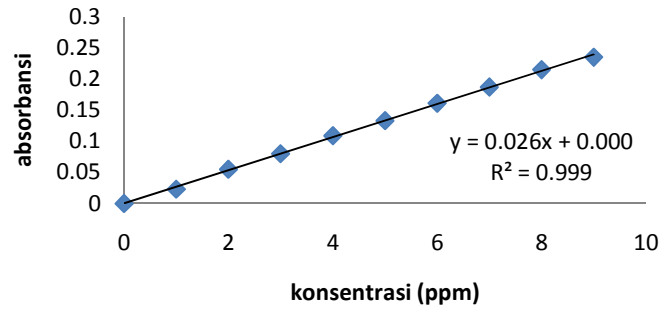
Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,000
1	0,083
2	0,167
3	0,259
4	0,344
5	0,428

Kurva Kalibrasi Cd(II)

1.2 Data absorbansi kurva kalibrasi logam Ni(II)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,000
1	0,023
2	0,055
3	0,080
4	0,109
5	0,133
6	0,161
7	0,187
8	0,215
9	0,235

Kurva Kalibrasi Ni(II)

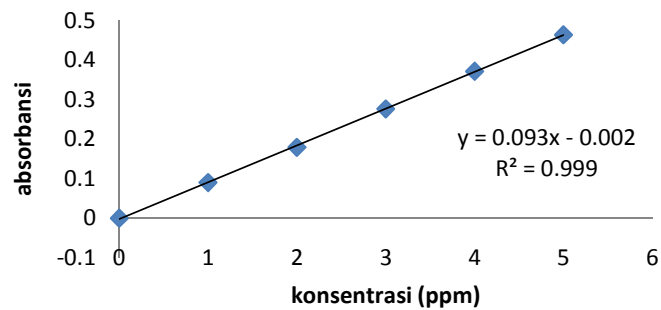


2. Kurva kalibrasi penentuan waktu kontak optimum

2.1 Data absorbansi kurva kalibrasi logam Cd(II)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,000
1	0,090
2	0,179
3	0,276
4	0,371
5	0,463

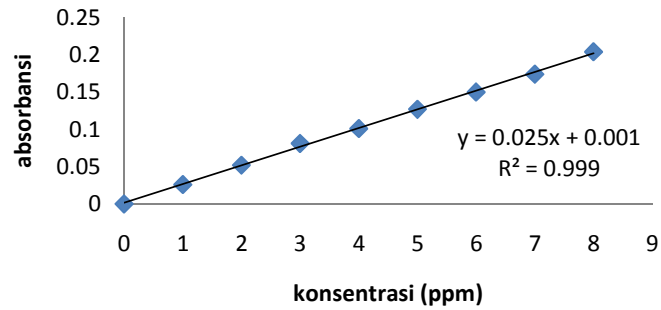
kurva kalibrasi Cd(II)



2.2 Data absorbansi kurva kalibrasi logam Ni(II)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,000
1	0,026
2	0,052
3	0,081
4	0,101
5	0,127
6	0,150
7	0,174
8	0,204

kurva kalibrasi Ni(II)

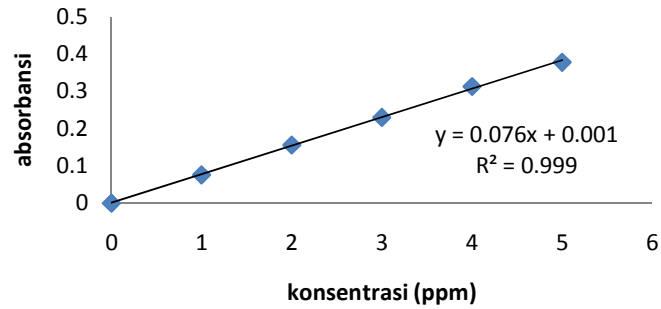


3. Kurva kalibrasi penentuan konsentrasi optimum

3.1 Data absorbansi kurva kalibrasi logam Cd(II)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,000
1	0,076
2	0,156
3	0,230
4	0,313
5	0,378

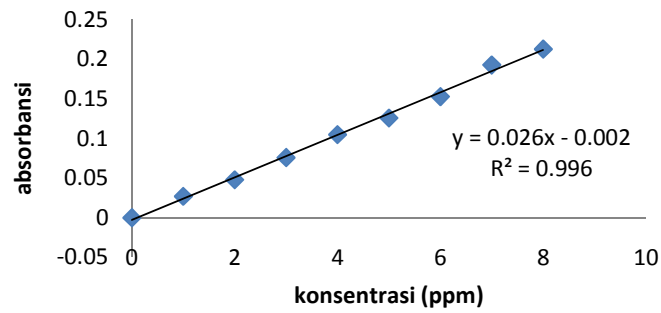
kurva kalibrasi Cd(II)



3.2 Data absorbansi kurva kalibrasi logam Ni(II)

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,000
1	0,027
2	0,048
3	0,076
4	0,105
5	0,126
6	0,153
7	0,193
8	0,213

Kurva kalibrasi Ni(II)



Lampiran 11

Penentuan pH Optimum

1. Perhitungan logam Cd(II)

silika:kitosan	pH	C awal (mg/L)	Abs	C sisa (mg/L)	C terjerap (mg/L)	q (mg/g)
(2:0)	4	3,2209	0,189	2,2093	1,0116	0,2529
	5	3,2441	0,179	2,0930	1,1511	0,2877
	6	3,2441	0,182	2,1279	1,1162	0,2790
	7	3,1744	0,188	2,1976	0,9768	0,2442
	8	3,2209	0,190	2,3372	0,8837	0,2209
(2:1)	4	3,2209	0,186	2,1627	1,0582	0,2645
	5	3,2441	0,176	2,0581	1,1860	0,2965
	6	3,2441	0,178	2,0813	1,1628	0,2907
	7	3,1744	0,186	2,1744	1,0000	0,2500
	8	3,2209	0,187	2,3139	0,9070	0,2267
(2:2)	4	3,2209	0,176	2,0581	1,1628	0,2907
	5	3,2441	0,168	1,9651	1,2790	0,3197
	6	3,2441	0,170	1,9883	1,2558	0,3139
	7	3,1744	0,179	2,0930	1,0814	0,2703
	8	3,2209	0,180	2,1744	1,0465	0,2616
(1:2)	4	3,2209	0,174	2,0348	1,1861	0,2965
	5	3,2441	0,163	1,8869	1,3572	0,3393
	6	3,2441	0,169	1,9767	1,2674	0,3168
	7	3,1744	0,177	2,0697	1,1047	0,2761
	8	3,2209	0,178	2,0000	1,0582	0,2645
(0:2)	4	3,2209	0,181	2,1162	1,1047	0,2761
	5	3,2441	0,173	2,0232	1,2209	0,3052
	6	3,2441	0,175	2,0465	1,1976	0,2994
	7	3,1744	0,183	2,1395	1,0349	0,2587
	8	3,2209	0,184	2,2325	0,9884	0,2471

Contoh perhitungan :

Keadaan yang diambil yaitu **silika : kitosan (2 : 0) pada pH 4** dengan persamaan regresi **$Y = 0,086X - 0,001$** dimana Y = absorbansi dan X = konsentrasi

a. Konsentrasi sisa

$$Y = 0,086X - 0,001$$

$$0,189 = 0,086X - 0,001$$

$$0,086X = 0,189 + 0,001$$

$$X = 0,190/0,086$$

$$X = 2,2093 \text{ ppm}$$

b. Konsentrasi terjerap

$$C \text{ awal} - C \text{ sisa} = 3,2209 - 2,2093 = 1,0116 \text{ ppm}$$

c. Kapasitas adsorpsi (q)

$$q = (C \text{ terjerap} \times \text{volume dlm liter}) / \text{massa dlm gram}$$

$$q = (1,0116 \times 0,025) / 0,1$$

$$q = 0,2529 \text{ mg/g}$$

*Perhitungan diatas diulangi untuk semua data absorbansi.

2. Perhitungan logam Ni(II)

silika:kitosan	pH	C awal (mg/L)	Abs	C sisa (mg/L)	C terjerap (mg/L)	q (mg/g)
(2:0)	4	5,0000	0,113	4,3461	0,6539	0,1634
	5	4,9615	0,111	4,2693	0,6922	0,1730
	6	4,8461	0,115	4,4230	0,4231	0,1057
	7	4,9230	0,121	4,6538	0,2692	0,0673
	8	4,9615	0,122	4,6923	0,2692	0,0673
(2:1)	4	5,0000	0,112	4,3076	0,6924	0,1731
	5	4,9615	0,109	4,1923	0,7692	0,1923
	6	4,8461	0,113	4,3461	0,5000	0,1250
	7	4,9230	0,119	4,5769	0,3461	0,0865
	8	4,9615	0,121	4,6538	0,3077	0,0769
(2:2)	4	5,0000	0,108	4,1538	0,8462	0,2115
	5	4,9615	0,106	4,0769	0,8846	0,2211
	6	4,8461	0,109	4,1923	0,6538	0,1634
	7	4,9230	0,115	4,4230	0,5000	0,1250
	8	4,9615	0,117	4,5000	0,4615	0,1153
(1:2)	4	5,0000	0,106	4,0769	0,9231	0,2307

	5	4,9615	0,103	3,9615	1,0000	0,2500
	6	4,8461	0,107	4,1153	0,7308	0,1827
	7	4,9230	0,113	4,3465	0,5765	0,1441
	8	4,9615	0,114	4,3846	0,5769	0,1442
(0:2)	4	5,0000	0,109	4,1923	0,8077	0,2019
	5	4,9615	0,107	4,1153	0,8462	0,2115
	6	4,8461	0,110	4,2327	0,6134	0,1533
	7	4,9230	0,116	4,4615	0,4615	0,1153
	8	4,9615	0,118	4,5384	0,4231	0,1057

Contoh perhitungan :

Keadaan yang diambil yaitu **silika : kitosan (2 : 0) pada pH 4** dengan persamaan regresi **$Y = 0,026X + 0,000$** dimana Y = absorbansi dan X = konsentrasi

a. Konsentrasi sisa

$$Y = 0,026X + 0,000$$

$$0,113 = 0,026X + 0,000$$

$$0,026X = 0,113 - 0,000$$

$$X = 0,113/0,026$$

$$X = 4,3461 \text{ ppm}$$

b. Konsentrasi terjerap

$$C \text{ awal} - C \text{ sisa} = 5,0000 - 4,3461 = 0,6539 \text{ ppm}$$

c. Kapasitas adsorpsi (q)

$$q = (C \text{ terjerap} \times \text{volume dlm liter}) / \text{massa dlm gram}$$

$$q = (0,6539 \times 0,025) / 0,1$$

$$q = 0,1634 \text{ mg/g}$$

*Perhitungan diatas diulangi untuk semua data absorbansi

Lampiran 12

Penentuan Waktu Kontak Optimum

1. Perhitungan logam Cd(II)

silika:kitosan	waktu (menit)	C awal (mg/L)	Abs	C sisa (mg/L)	C terjerap (mg/L)	q (mg/g)
(2:0)	30	5,7311	0,516	5,5698	0,1613	0,0403
	40	5,7311	0,500	5,3978	0,3333	0,0833
	50	5,7311	0,486	5,2473	0,4838	0,1209
	60	5,7311	0,471	5,0860	0,6451	0,1612
	70	5,7311	0,470	5,0752	0,6559	0,1639
(2:1)	30	5,7311	0,465	5,0215	0,7096	0,1774
	40	5,7311	0,452	4,8817	0,8494	0,2123
	50	5,7311	0,446	4,8172	0,9139	0,2284
	60	5,7311	0,436	4,7096	1,0215	0,2553
	70	5,7311	0,437	4,7204	1,0107	0,2526
(2:2)	30	5,7311	0,439	4,7419	0,9892	0,2473
	40	5,7311	0,432	4,6667	1,0644	0,2661
	50	5,7311	0,430	4,6451	1,0860	0,2715
	60	5,7311	0,425	4,5913	1,1398	0,2849
	70	5,7311	0,425	4,5913	1,1398	0,2849
(1:2)	30	5,7311	0,427	4,6129	1,1182	0,2795
	40	5,7311	0,417	4,5053	1,2258	0,3064
	50	5,7311	0,413	4,4623	1,2688	0,3172
	60	5,7311	0,406	4,3870	1,3441	0,3360
	70	5,7311	0,406	4,3870	1,3441	0,3360
(0:2)	30	5,7311	0,437	4,7204	1,0107	0,2526
	40	5,7311	0,426	4,6021	1,1290	0,2822
	50	5,7311	0,428	4,6236	1,1075	0,2768
	60	5,7311	0,418	4,5161	1,2150	0,3037
	70	5,7311	0,416	4,4946	1,2365	0,3091

Contoh perhitungan :

Keadaan yang diambil yaitu **silika : kitosan (2 : 0) pada waktu 30 menit** dengan persamaan regresi $Y = 0,093X - 0,002$ dimana $Y =$ absorbansi dan $X =$ konsentrasi

a. Konsentrasi sisa

$$Y = 0,093X - 0,002$$

$$0,516 = 0,093X - 0,002$$

$$0,093X = 0,516 + 0,002$$

$$X = 0,517/0,093$$

$$X = 5,5698 \text{ ppm}$$

b. Konsentrasi terjerap

$$C \text{ awal} - C \text{ sisa} = 5,7311 - 5,5698 = 0,1613 \text{ ppm}$$

c. Kapasitas adsorpsi (q)

$$q = (C \text{ terjerap} \times \text{volume dlm liter}) / \text{massa dlm gram}$$

$$q = (0,1613 \times 0,025) / 0,1$$

$$q = 0,0403 \text{ mg/g}$$

*Perhitungan diatas diulangi untuk semua data absorbansi

2. Perhitungan logam Ni(II)

silika:kitosan	waktu (menit)	C awal (mg/L)	Abs	C sisa (mg/L)	C terjerap (mg/L)	q (mg/g)
(2:0)	30	5,72	0,137	5,44	0,28	0,07
	40	5,72	0,138	5,48	0,24	0,06
	50	5,72	0,136	5,40	0,32	0,08
	60	5,72	0,136	5,40	0,32	0,08
	70	5,72	0,136	5,40	0,32	0,08
(2:1)	30	5,72	0,128	5,08	0,64	0,16
	40	5,72	0,127	5,04	0,68	0,17
	50	5,72	0,124	4,92	0,80	0,20
	60	5,72	0,123	4,88	0,84	0,21
	70	5,72	0,124	4,92	0,80	0,20
(2:2)	30	5,72	0,120	4,76	0,96	0,24
	40	5,72	0,120	4,76	0,96	0,24
	50	5,72	0,119	4,72	1,00	0,25
	60	5,72	0,120	4,76	0,96	0,24
	70	5,72	0,120	4,76	0,96	0,24
(1:2)	30	5,72	0,120	4,76	0,96	0,24

	40	5,72	0,118	4,68	1,04	0,26
	50	5,72	0,117	4,64	1,08	0,27
	60	5,72	0,116	4,60	1,12	0,28
	70	5,72	0,115	4,56	1,16	0,29
(0:2)	30	5,72	0,121	4,80	0,92	0,23
	40	5,72	0,120	4,76	0,96	0,24
	50	5,72	0,118	4,68	1,04	0,26
	60	5,72	0,121	4,80	0,92	0,23
	70	5,72	0,121	4,80	0,92	0,23

Contoh perhitungan :

Keadaan yang diambil yaitu **silika : kitosan (2 : 0) pada waktu 30 menit** dengan persamaan regresi **$Y = 0,025X + 0,001$** dimana $Y =$ absorbansi dan $X =$ konsentrasi

a. Konsentrasi sisa

$$Y = 0,025X + 0,001$$

$$0,137 = 0,025X + 0,001$$

$$0,025X = 0,137 - 0,001$$

$$X = 0,136/0,025$$

$$X = 5,44 \text{ ppm}$$

b. Konsentrasi terjerap

$$C \text{ awal} - C \text{ sisa} = 5,72 - 5,44 = 0,28 \text{ ppm}$$

c. Kapasitas adsorpsi (q)

$$q = (C \text{ terjerap} \times \text{volume dlm liter}) / \text{massa dlm gram}$$

$$q = (0,28 \times 0,025) / 0,1$$

$$q = 0,07 \text{ mg/g}$$

*Perhitungan diatas diulangi untuk semua data absorbansi

Lampiran 13

Penentuan Konsentrasi Optimum

1. Perhitungan logam Cd(II)

silika:kitosan	Co (mg/L)	Abs	C sisa (mg/L)	C terjerap (mg/L)	q (mg/g)
(2:0)	4,2368	0,235	3,0789	1,1579	0,2894
	6,0789	0,292	3,8289	2,2500	0,5625
	8,1973	0,187	4,9204	3,2769	0,8192
	9,0571	0,221	5,8071	3,2500	0,8125
	10,3394	0,270	7,0820	3,2574	0,8143
	11,2583	0,304	7,9985	3,2598	0,8149
	12,1196	0,337	8,8499	3,2697	0,8174
	13,3720	0,384	10,1027	3,2693	0,8173
	14,1863	0,415	10,9152	3,2711	0,8177
(2:1)	4,2368	0,241	3,1578	1,0790	0,2697
	6,0789	0,301	3,9473	2,1316	0,5329
	8,1973	0,191	5,0153	3,1820	0,7955
	9,0571	0,225	5,9124	3,1447	0,7861
	10,3394	0,274	7,1994	3,1400	0,7850
	11,2583	0,308	8,0976	3,1607	0,7901
	12,1196	0,341	8,9703	3,1493	0,7873
	13,3720	0,389	10,2297	3,1423	0,7855
	14,1863	0,421	11,0725	3,1138	0,7784
(2:2)	4,2368	0,237	3,1052	1,1316	0,2829
	6,0789	0,235	3,8684	2,2105	0,5526
	8,1973	0,189	4,9482	3,2491	0,8122
	9,0571	0,222	5,8334	3,2237	0,8059
	10,3394	0,271	7,1161	3,2233	0,8058
	11,2583	0,305	8,0230	3,2353	0,8088
	12,1196	0,338	8,8862	3,2334	0,8083
	13,3720	0,386	10,1347	3,2373	0,8093
	14,1863	0,416	10,9468	3,2395	0,8098
(1:2)	4,2368	0,244	3,1973	1,0395	0,2598
	6,0789	0,303	3,9736	2,1053	0,5263
	8,1973	0,183	4,8123	3,3850	0,8462
	9,0571	0,227	5,9519	3,1052	0,7763
	10,3394	0,270	7,0840	3,2554	0,8138
	11,2583	0,303	7,9531	3,3052	0,8263
	12,1196	0,334	8,7636	3,3560	0,8390
	13,3720	0,383	10,0687	3,3033	0,8258

	14,1863	0,411	10,8036	3,3827	0,8456
(0:2)	4,2368	0,239	3,1315	1,1053	0,2763
	6,0789	0,299	3,9210	2,1579	0,5394
	8,1973	0,191	5,0070	3,1903	0,7975
	9,0571	0,225	5,8992	3,1579	0,7894
	10,3394	0,273	7,1775	3,1619	0,7904
	11,2583	0,308	8,0910	3,1673	0,7918
	12,1196	0,340	8,9472	3,1724	0,7931
	13,3720	0,388	10,1938	3,1782	0,7945
	14,1863	0,419	11,0017	3,1846	0,7961

Ket : pada konsentrasi awal 8-14 ppm dilakukan pengenceran 2 kali.

Contoh perhitungan :

Keadaan yang diambil yaitu **silika : kitosan (2 : 0) pada konsentrasi awal 4 ppm** dengan persamaan regresi **$Y = 0,076X + 0,001$** dimana Y = absorbansi dan X = konsentrasi

a. Konsentrasi sisa

$$Y = 0,076X + 0,001$$

$$0,235 = 0,076X + 0,001$$

$$0,076X = 0,235 - 0,001$$

$$X = 0,234/0,076$$

$$X = 3,0789 \text{ ppm}$$

b. Konsentrasi terjerap

$$C \text{ awal} - C \text{ sisa} = 4,2368 - 3,0789 = 1,1579 \text{ ppm}$$

c. Kapasitas adsorpsi (q)

$$q = (C \text{ terjerap} \times \text{volume dlm liter}) / \text{massa dlm gram}$$

$$q = (1,1579 \times 0,025) / 0,1$$

$$q = 0,2894 \text{ mg/g}$$

*Perhitungan diatas diulangi untuk semua data absorbansi

Data optimasi konsentrasi dapat digunakan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dari masing-masing adsorben dengan menggunakan persamaan

Langmuir
$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_0 K C_e} + \frac{1}{Q_0}$$

silika:kitosan	Co (mg/L)	Ceq (mg/L)	q (mol/g)	Ceq (mol)	Ceq/q (g)
(2:0)	4,2368	3,0789	2,5846 E-06	6,8725 E-07	0,2659
	6,0789	3,8289	5,0223 E-06	8,5466 E-07	0,1701
	8,1973	4,9204	7,3145 E-06	1,0983 E-06	0,1501
	9,0571	5,8071	7,2544 E-06	1,2962 E-06	0,1786
	10,3394	7,0820	7,2709 E-06	1,5808 E-06	0,2174
	11,2583	7,9985	7,2763 E-06	1,7853 E-06	0,2453
	12,1196	8,8499	7,2984 E-06	1,9754 E-06	0,2706
	13,3720	10,1027	7,2975 E-06	2,2550 E-06	0,3090
	14,1863	10,9152	7,3015 E-06	2,4364 E-06	0,3336
(2:1)	4,2368	3,1578	2,4084 E-06	7,0486 E-07	0,2926
	6,0789	3,9473	4,7580 E-06	8,8109 E-07	0,1851
	8,1973	5,0153	7,1026 E-06	1,1194 E-06	0,1576
	9,0571	5,9124	7,0194 E-06	1,3197 E-06	0,1880
	10,3394	7,1994	7,0089 E-06	1,6070 E-06	0,2292
	11,2583	8,0976	7,0551 E-06	1,8075 E-06	0,2561
	12,1196	8,9703	7,0296 E-06	2,0023 E-06	0,2848
	13,3720	10,2297	7,0140 E-06	2,2834 E-06	0,3255
	14,1863	11,0725	6,9504 E-06	2,4715 E-06	0,3555
(2:2)	4,2368	3,1052	2,5258 E-06	6,9312 E-07	0,2744
	6,0789	3,8684	4,9341 E-06	8,6348 E-07	0,1750
	8,1973	4,9482	7,2524 E-06	1,1045 E-06	0,1522
	9,0571	5,8334	7,1957 E-06	1,3021 E-06	0,1809
	10,3394	7,1161	7,1948 E-06	1,5884 E-06	0,2207
	11,2583	8,0230	7,2216 E-06	1,7908 E-06	0,2479
	12,1196	8,8862	7,2174 E-06	1,9835 E-06	0,2748
	13,3720	10,1347	7,2261 E-06	2,2622 E-06	0,3130
	14,1863	10,9468	7,2310 E-06	2,4434 E-06	0,3379
(1:2)	4,2368	3,1973	2,3203 E-06	7,1368 E-07	0,3075
	6,0789	3,9736	4,6993 E-06	8,8696 E-07	0,1887
	8,1973	4,8123	7,5558 E-06	1,0741 E-06	0,1421
	9,0571	5,9519	6,9312 E-06	1,3285 E-06	0,1916
	10,3394	7,0840	7,2665 E-06	1,5812 E-06	0,2176
	11,2583	7,9531	7,3776 E-06	1,7752 E-06	0,2406

	12,1196	8,7636	7,4910 E-06	1,9561 E-06	0,2611
	13,3720	10,0687	7,3734 E-06	2,2474 E-06	0,3048
	14,1863	10,8036	7,5506 E-06	2,4115 E-06	0,3193
(0:2)	4,2368	3,1315	2,4671 E-06	6,9899 E-07	0,2833
	6,0789	3,9210	4,8167 E-06	8,7522 E-07	0,1817
	8,1973	5,0070	7,1212 E-06	1,1176 E-06	0,1569
	9,0571	5,8992	7,0488 E-06	1,3167 E-06	0,1868
	10,3394	7,1775	7,0578 E-06	1,6021 E-06	0,2269
	11,2583	8,0910	7,0698 E-06	1,8060 E-06	0,2554
	12,1196	8,9472	7,0812 E-06	1,9971 E-06	0,2820
	13,3720	10,1938	7,0942 E-06	2,2754 E-06	0,3207
	14,1863	11,0017	7,1084 E-06	2,4557 E-06	0,3454

Selanjutnya dibuat grafik hubungan antara C_{eq} (mol) vs C_{eq}/q (g) sehingga diperoleh persamaan regresi dari masing-masing adsorben.

Silika-Kitosan	Persamaan regresi	Kapasitas adsorpsi (mol/g)
2 : 0	$Y = 13665X + 0,001$	$7,3179 \times 10^{-5}$
2 : 1	$Y = 14491X - 0,004$	$6,9008 \times 10^{-5}$
2 : 2	$Y = 13820X + 0,000$	$7,2358 \times 10^{-5}$
1 : 2	$Y = 12919X + 0,011$	$7,7405 \times 10^{-5}$
0 : 2	$Y = 14044X + 0,001$	$7,1204 \times 10^{-5}$

Contoh perhitungan

a. Konsentrasi terjerap dalam mol/g

$$q = 0,2894/112(\text{Ar Cd}) \text{ mmol/g}$$

$$q = 2,5839 \times 10^{-3}/1000 \text{ mol/g}$$

$$q = 2,5839 \times 10^{-6} \text{ mol/g}$$

b. Konsentrasi sisa dalam mol

$$C_{eq} = 3,0789 \text{ mg/L} \times 0,025 \text{ L}$$

$$C_{eq} = 0,0769 \text{ mg} / 112(\text{Ar Cd})$$

$$C_{eq} = 6,8660 \times 10^{-4} \text{ mmol} / 1000$$

$$C_{eq} = 6,8660 \times 10^{-7} \text{ mol}$$

c. Konsentrasi sisa/konsentrasi terjerap

$$C_{eq}/q = 6,8660 \times 10^{-7} \text{ mol} / 2,5839 \times 10^{-6} \text{ mol/g}$$

$$C_{eq}/q = 0,2657 \text{ g}$$

d. Kapasitas adsorpsi

Dari $Y = 13665X + 0,001$ diketahui bahwa slope = 13665 dan intersep = 0,001, maka kapasitas adsorpsi

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

$$13665 = 1/K$$

$$K = 1/13665$$

$$K = 7,3179 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

2. Perhitungan logam Ni(II)

silika:kitosan	Co (mg/L)	Abs	Ceq (mg/L)	q (mg/L)	q (mg/g)
(2:0)	4,4230	0,107	4,1923	0,2307	0,0576
	6,3076	0,151	5,8846	0,4230	0,1057
	8,3076	0,197	7,6538	0,6538	0,1634
	9,1503	0,209	8,0000	1,1503	0,2875
	10,0769	0,229	8,7859	1,2910	0,3227
	11,2370	0,131	10,0447	1,1923	0,2980
	12,0597	0,141	10,8227	1,2370	0,3092
	13,2115	0,156	11,9210	1,2905	0,3226
	14,2910	0,170	13,0025	1,2885	0,3221
	(2:1)	4,4230	0,103	4,0384	0,3846
6,3076		0,149	5,8076	0,5000	0,1250
8,3076		0,193	7,5000	0,8076	0,2019
9,1503		0,206	7,8846	1,2657	0,3164
10,0769		0,215	8,4615	1,6154	0,4038
11,2370		0,129	9,8460	1,3910	0,3477
12,0597		0,139	10,6152	1,4445	0,3611
13,2115		0,154	11,7692	1,4423	0,3605
14,2910		0,168	12,8460	1,4450	0,3612
(2:2)		4,4230	0,101	3,9615	0,4615
	6,3076	0,143	5,5769	0,7307	0,1826

	8,3076	0,187	7,2692	1,0384	0,2596
	9,1503	0,198	7,5769	1,5734	0,3933
	10,0769	0,215	8,3243	1,7526	0,4381
	11,2370	0,125	9,5384	1,6986	0,4246
	12,0597	0,136	10,3846	1,6751	0,4187
	13,2115	0,150	11,4614	1,7501	0,4375
	14,2910	0,164	12,5602	1,7308	0,4327
(1:2)	4,4230	0,087	3,4230	1,0000	0,2500
	6,3076	0,138	5,3846	0,9230	0,2307
	8,3076	0,169	6,5769	1,7307	0,4326
	9,1503	0,193	7,3846	1,7657	0,4414
	10,0769	0,204	7,9231	2,1538	0,5384
	11,2370	0,122	9,3076	1,9294	0,4823
	12,0597	0,133	10,1538	1,9059	0,4764
	13,2115	0,147	11,2306	1,9809	0,4952
	14,2910	0,161	12,3076	1,9834	0,4958
(0:2)	4,4230	0,102	4,0000	0,4230	0,1057
	6,3076	0,146	5,6923	0,6153	0,1538
	8,3076	0,188	7,3076	1,0000	0,2500
	9,1503	0,202	7,7307	1,4196	0,3549
	10,0769	0,217	8,4230	1,6539	0,4134
	11,2370	0,127	9,6922	1,5448	0,3862
	12,0597	0,137	10,4614	1,5983	0,3995
	13,2115	0,152	11,6152	1,5963	0,3990
	14,2910	0,166	12,6922	1,5988	0,3997

Ket : pada konsentrasi awal 11-14 ppm dilakukan pengenceran 2 kali.

Contoh perhitungan :

Keadaan yang diambil yaitu **silika : kitosan (2 : 0) pada konsentrasi awal 4 ppm** dengan persamaan regresi **$Y = 0,026X - 0,002$** dimana Y = absorbansi dan X = konsentrasi

a. Konsentrasi sisa

$$Y = 0,026X - 0,002$$

$$0,107 = 0,026X - 0,002$$

$$0,026X = 0,107 + 0,002$$

$$X = 0,109/0,026$$

$$X = 4,1923 \text{ ppm}$$

b. Konsentrasi terjerap

$$C \text{ awal} - C \text{ sisa} = 4,4230 - 4,1923 = 0,2307 \text{ ppm}$$

c. Kapasitas adsorpsi (q)

$$q = (C \text{ terjerap} \times \text{volume dlm liter}) / \text{massa dlm gram}$$

$$q = (0,2307 \times 0,025) / 0,1$$

$$q = 0,0576 \text{ mg/g}$$

*Perhitungan diatas diulangi untuk semua data absorbansi

Data optimasi konsentrasi dapat digunakan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dari masing-masing adsorben dengan menggunakan persamaan

$$\text{Freundlich } \log m = \log K_f + 1/n \log C_{eq}$$

silika:kitosan	Co (mg/L)	Ceq (mg/L)	q (mg/L)	log Ceq	log q
(2:0)	4,4230	4,1923	0,2307	0,6224	-0,6369
	6,3076	5,8846	0,4230	0,7697	-0,3736
	8,3076	7,6538	0,6538	0,8838	-0,1845
	9,1503	8,0000	1,1503	0,9030	0,0608
	10,0769	8,7859	1,2910	0,9437	0,1109
	11,2370	10,0447	1,1923	1,0019	0,0763
	12,0597	10,8227	1,2370	1,0343	0,0923
	13,2115	11,9210	1,2905	1,0763	0,1107
	14,2910	13,0025	1,2885	1,1140	0,1100
(2:1)	4,4230	4,0384	0,3846	0,6062	-0,4149
	6,3076	5,8076	0,5000	0,7639	-0,3010
	8,3076	7,5000	0,8076	0,8750	-0,0928
	9,1503	7,8846	1,2657	0,8967	0,1023
	10,0769	8,4615	1,6154	0,9274	0,2082
	11,2370	9,8460	1,3910	0,9932	0,1433
	12,0597	10,6152	1,4445	1,0259	0,1597
	13,2115	11,7692	1,4423	1,0707	0,1590
	14,2910	12,8460	1,4450	1,1087	0,1598
(2:2)	4,4230	3,9615	0,4615	0,5978	-0,3358
	6,3076	5,5769	0,7307	0,7463	-0,1362

	8,3076	7,2692	1,0384	0,8614	0,0163
	9,1503	7,5769	1,5734	0,8794	0,1968
	10,0769	8,3243	1,7526	0,9203	0,2436
	11,2370	9,5384	1,6986	0,9794	0,2300
	12,0597	10,3846	1,6751	1,0163	0,2240
	13,2115	11,4614	1,7501	1,0592	0,2430
	14,2910	12,5602	1,7308	1,0989	0,2382
(1:2)	4,4230	3,4230	1,0000	0,5344	0
	6,3076	5,3846	0,9230	0,7311	-0,0348
	8,3076	6,5769	1,7307	0,8180	0,2382
	9,1503	7,3846	1,7657	0,8683	0,2469
	10,0769	7,9231	2,1538	0,8988	0,3332
	11,2370	9,3076	1,9294	0,9688	0,2854
	12,0597	10,1538	1,9059	1,0066	0,2801
	13,2115	11,2306	1,9809	1,0504	0,2968
	14,2910	12,3076	1,9834	1,0901	0,2974
(0:2)	4,4230	4,0000	0,4230	0,6020	-0,3736
	6,3076	5,6923	0,6153	0,7552	-0,2109
	8,3076	7,3076	1,0000	0,8637	0
	9,1503	7,7307	1,4196	0,8882	0,1521
	10,0769	8,4230	1,6539	0,9254	0,2185
	11,2370	9,6922	1,5448	0,9864	0,1888
	12,0597	10,4614	1,5983	1,0195	0,2036
	13,2115	11,6152	1,5963	1,0650	0,2031
	14,2910	12,6922	1,5988	1,1035	0,2037

Selanjutnya dibuat grafik hubungan antara C_{eq} (mol) vs C_{eq}/q (g) sehingga diperoleh persamaan regresi dari masing-masing adsorben.

Silika-Kitosan	Persamaan regresi	Kapasitas adsorpsi (mol/g)
2 : 0	$Y = 17063X + 0,007$	$5,8606 \times 10^{-5}$
2 : 1	$Y = 18745X - 0,011$	$5,3347 \times 10^{-5}$
2 : 2	$Y = 13514X + 0,000$	$7,3997 \times 10^{-5}$
1 : 2	$Y = 13133X - 0,005$	$7,6144 \times 10^{-5}$
0 : 2	$Y = 15195X - 0,001$	$6,5811 \times 10^{-5}$

Contoh perhitungan

a. Log C_{eq}

$$\text{Log } C_{eq} = \log 4,1923$$

$$\text{Log } C_{eq} = 0,6224$$

b. Log q

$$\text{Log } q = \log 4,1923$$

$$\text{Log } q = -0,6369$$

c. Kapasitas adsorpsi

Dari $Y = 17603X + 0,007$ diketahui bahwa slope = 17603 dan intersep = 0,007, maka kapasitas adsorpsi

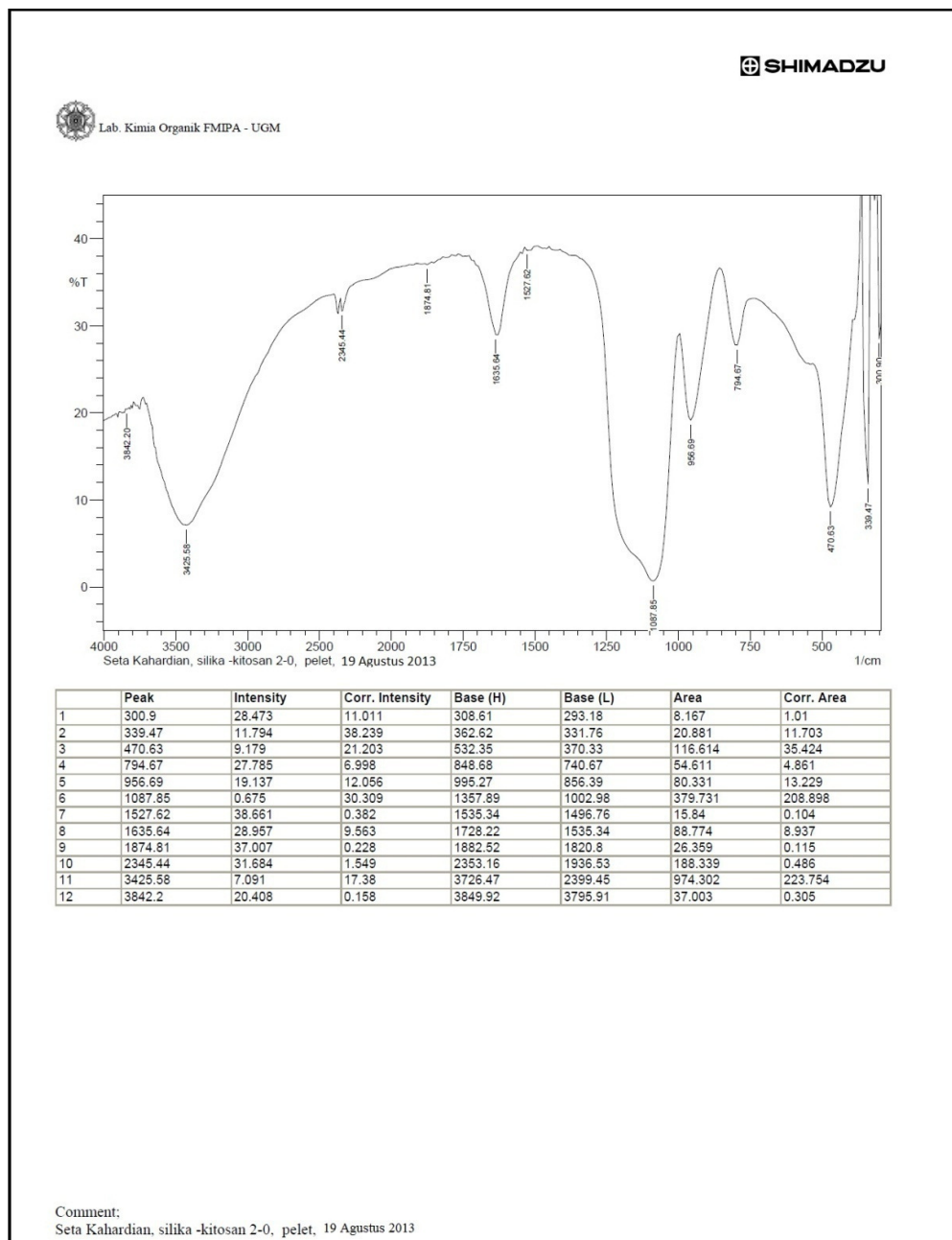
$$\text{Slope} = 1/n$$

$$17603 = 1/n$$

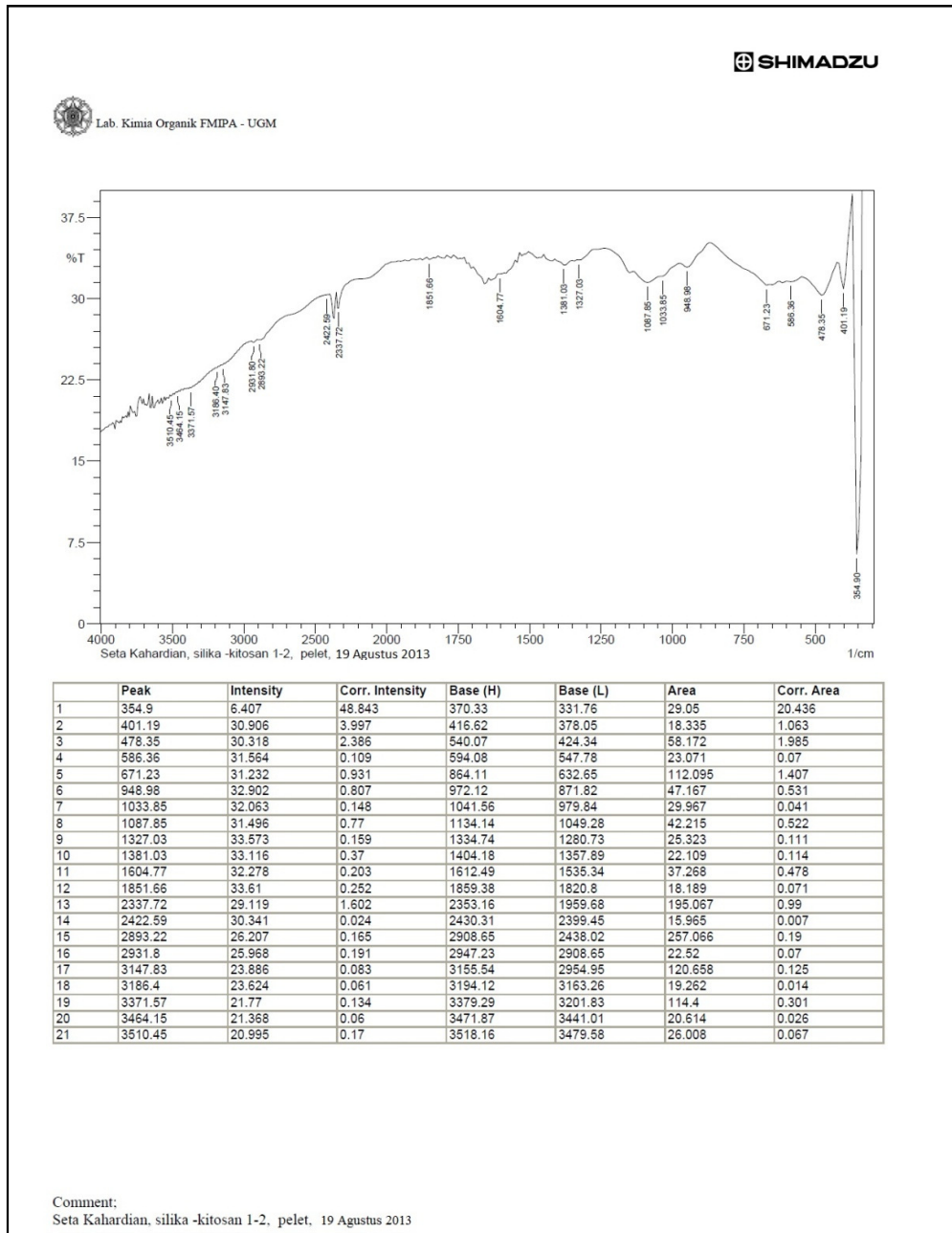
$$n = 1/17603$$

$$n = 5,8606 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$$

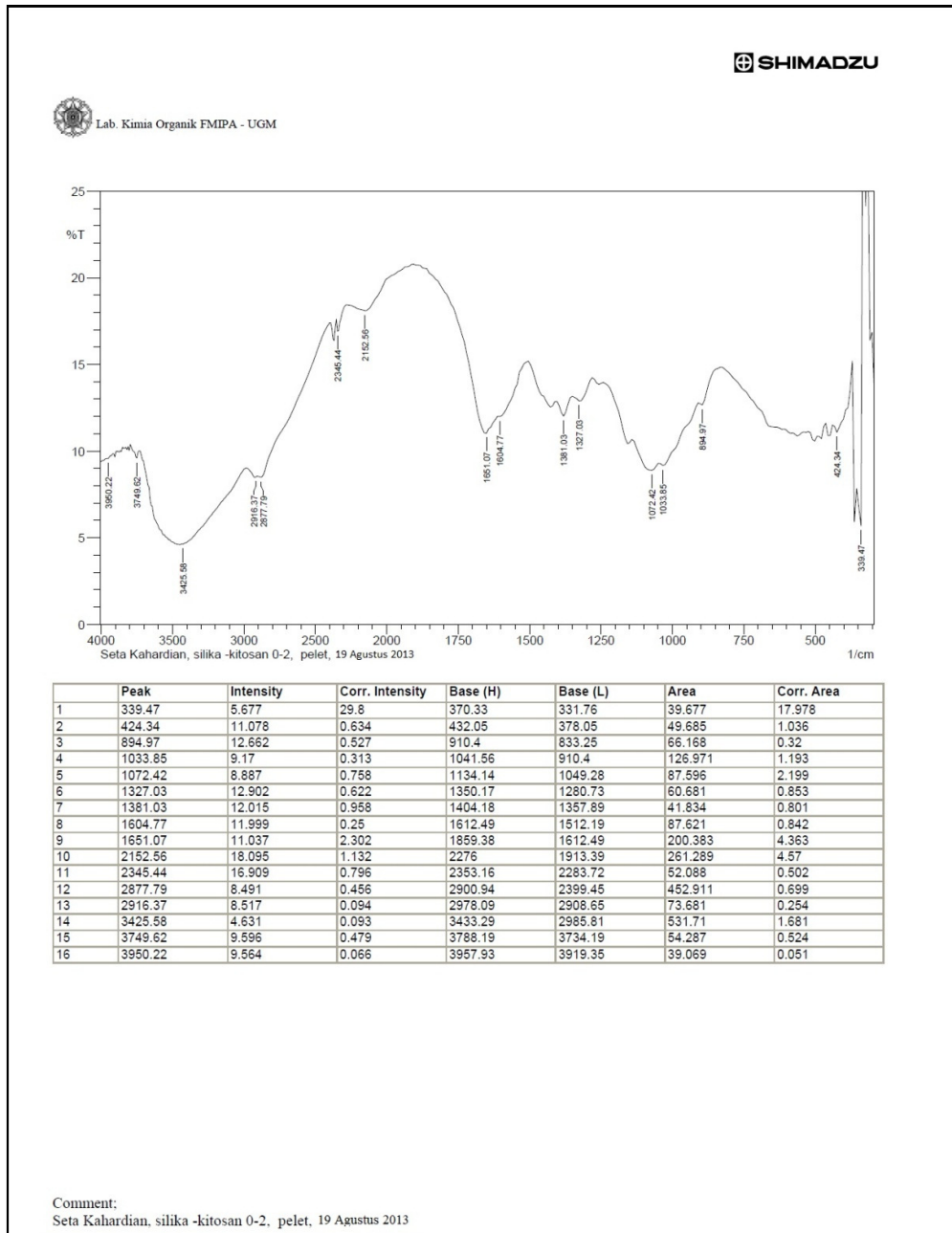
Lampiran 14

Karakterisasi FT-IR Silika-Kitosan *Bead 2:0*

Lampiran 15

Karakterisasi FT-IR Silika-Kitosan *Bead 1:2*

Lampiran 16

Karakterisasi FT-IR Silika-Kitosan *Bead* 0:2

Lampiran 17

Karakterisasi XRD Silika-Kitosan *Bead 2:0*

*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2013
 Data Name : Seta K UNNES-3
 File Name : Seta K UNNES-3.PKR
 Sample Name : Silika Kitosan (2:0)
 Comment : Silika Kitosan (2:0)

#	Strongest peak no.	3 peaks 2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	14	10.5200	8.40247	100	0.46000	44	1416
2	38	23.4400	3.79217	95	0.00000	42	0
3	37	22.8400	3.89041	93	0.00000	41	0

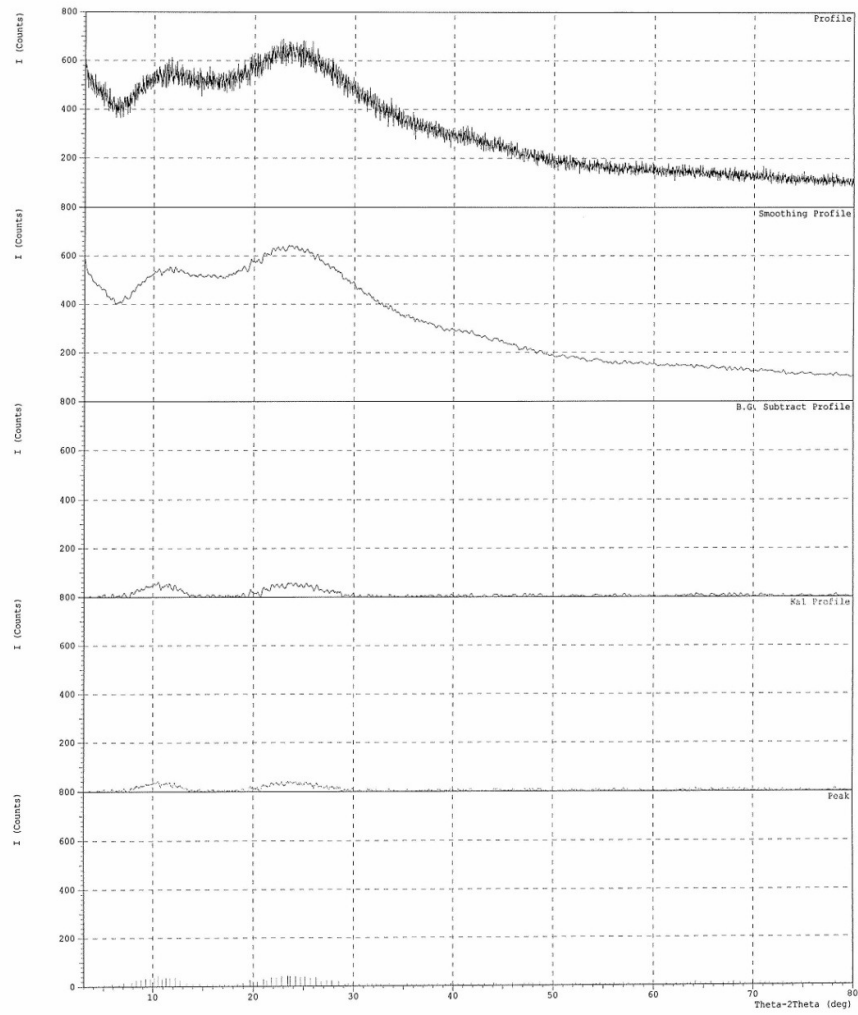
#	Peak Data List peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	3.6850	23.95796	9	0.05000	4	18	
2	4.5000	19.62057	11	0.12000	5	50	
3	5.0825	17.37311	20	0.16500	9	102	
4	5.5250	15.98264	5	0.03000	2	5	
5	5.9183	14.92137	23	0.22330	10	141	
6	6.6033	13.37494	18	0.03330	8	38	
7	7.0900	12.45786	32	0.22000	14	191	
8	7.8980	11.18509	36	0.36400	16	250	
9	8.3600	10.56797	57	0.40000	25	707	
10	8.8400	9.99519	59	0.00000	26	0	
11	9.2800	9.52225	73	0.00000	32	0	
12	9.7400	9.07354	68	0.00000	30	0	
13	10.1200	8.73367	86	0.00000	38	0	
14	10.5200	8.40247	100	0.46000	44	1416	
15	10.9600	8.06611	66	0.00000	29	0	
16	11.3200	7.81039	82	0.00000	36	0	
17	11.7000	7.55756	82	0.48000	36	1039	
18	12.2379	7.22656	82	0.43080	36	598	
19	12.7200	6.95373	59	0.64000	26	766	
20	13.4000	6.60234	34	0.14660	15	190	
21	14.0250	6.30949	18	0.17000	8	149	
22	14.7000	6.02125	23	0.08000	10	95	
23	15.4500	5.73061	16	0.22000	7	112	
24	15.9933	5.53714	20	0.10670	9	101	
25	16.6808	5.31044	20	0.05170	9	72	
26	17.1960	5.15248	16	0.03200	7	25	
27	17.5800	5.04079	9	0.09340	4	73	
28	17.9491	4.93796	11	0.07170	5	26	
29	18.4375	4.80824	18	0.07500	8	60	
30	18.9850	4.67079	30	0.17000	13	149	
31	19.6935	4.50432	57	0.16710	25	382	
32	20.3975	4.35042	41	0.18500	18	317	
33	21.0400	4.21900	68	0.42400	30	723	
34	21.3800	4.15267	55	0.00000	24	0	
35	21.8200	4.06992	82	0.42000	36	1352	
36	22.3200	3.97986	84	0.00000	37	0	
37	22.8400	3.89041	93	0.00000	41	0	
38	23.4400	3.79217	95	0.00000	42	0	
39	23.6800	3.75428	93	0.00000	41	0	
40	24.2400	3.66880	91	0.00000	40	0	
41	24.7200	3.59863	86	0.00000	38	0	
42	25.1600	3.53669	89	0.00000	39	0	
43	25.6800	3.46624	80	0.61340	35	1321	
44	26.2605	3.39092	82	0.43310	36	932	
45	26.7600	3.32875	43	0.00000	19	0	
46	27.3400	3.25943	55	0.36000	24	690	
47	27.8250	3.20371	50	0.43000	22	525	

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
48	28.5300	3.12613	43	0.38000	19	370
49	29.1600	3.06001	18	0.30000	8	120
50	29.4800	3.02751	20	0.08000	9	44
51	29.9100	2.98496	27	0.22000	12	166
52	30.5766	2.92139	18	0.07330	8	51
53	31.4135	2.84544	25	0.08300	11	71
54	31.8425	2.80808	18	0.12500	8	80
55	32.2975	2.76955	18	0.09500	8	42
56	32.7566	2.73177	11	0.03330	5	13
57	33.2400	2.69314	2	0.00000	1	0
58	33.5840	2.66634	25	0.08800	11	85
59	34.0750	2.62903	14	0.07000	6	24
60	34.3800	2.60640	7	0.04000	3	15
61	34.8000	2.57590	2	0.00000	1	0
62	35.4250	2.53188	20	0.11660	9	77
63	35.8600	2.50215	9	0.10000	4	28
64	36.3300	2.47085	11	0.04000	5	22
65	36.7250	2.44518	11	0.09000	5	33
66	37.1150	2.42038	14	0.13000	6	67
67	37.5800	2.39149	16	0.12000	7	85
68	37.9000	2.37203	11	0.04000	5	40
69	38.4550	2.33906	18	0.13000	8	135
70	39.2425	2.29392	14	0.09500	6	55
71	39.7933	2.26343	20	0.17330	9	133
72	40.5200	2.22450	18	0.20000	8	105
73	41.0516	2.19691	16	0.07670	7	62
74	41.3000	2.18427	2	0.00000	1	0
75	41.8500	2.15682	25	0.14000	11	138
76	42.5583	2.12255	7	0.01670	3	4
77	43.1550	2.09458	16	0.17000	7	91
78	44.0950	2.05208	20	0.21000	9	83
79	44.3500	2.04087	20	0.30000	9	146
80	44.8000	2.02141	7	0.00000	3	0
81	45.6250	1.98676	9	0.09000	4	31
82	46.0020	1.97135	20	0.07600	9	95
83	46.6000	1.94744	2	0.00000	1	0
84	47.1700	1.92522	23	0.26000	10	138
85	47.6700	1.90619	20	0.26000	9	122
86	48.0000	1.89385	23	0.16000	10	83
87	48.6900	1.86862	23	0.42000	10	203
88	49.3550	1.84498	7	0.03000	3	7
89	49.8150	1.82902	7	0.03000	3	7
90	50.5600	1.80380	2	0.00000	1	0
91	50.9150	1.79206	14	0.17000	6	79
92	51.9650	1.75829	16	0.11000	7	88
93	52.3150	1.74735	16	0.15000	7	74
94	52.7516	1.73391	11	0.08330	5	54
95	54.0200	1.69615	14	0.20000	6	49
96	54.3200	1.68749	18	0.32000	8	123
97	54.6533	1.67798	18	0.13330	8	70
98	55.2300	1.66182	9	0.14000	4	34
99	55.6600	1.65000	9	0.14660	4	41
100	56.0933	1.63827	20	0.24000	9	119
101	56.6750	1.62283	5	0.07000	2	8
102	57.0500	1.61305	25	0.22000	11	126
103	57.5100	1.60124	18	0.22000	8	86
104	57.9200	1.59088	5	0.04000	2	8
105	58.2300	1.58314	5	0.06000	2	12
106	58.6800	1.57207	16	0.16000	7	81
107	59.0900	1.56214	5	0.10000	2	13
108	59.5700	1.55069	16	0.14000	7	56
109	59.9950	1.54072	14	0.13000	6	51

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
110	60.4400	1.53043	2	0.00000	1	0
111	60.9000	1.51997	5	0.08000	2	9
112	61.3200	1.51056	14	0.18000	6	66
113	61.7350	1.50140	5	0.07000	2	12
114	62.2750	1.48967	18	0.17000	8	63
115	62.7000	1.48059	11	0.06000	5	27
116	63.0000	1.47426	16	0.20000	7	101
117	63.4300	1.46530	16	0.14000	7	68
118	63.7150	1.45943	20	0.23000	9	105
119	64.2033	1.44950	32	0.19330	14	176
120	64.7400	1.43878	20	0.16000	9	128
121	65.2200	1.42935	9	0.08000	4	25
122	65.7766	1.41859	25	0.24670	11	177
123	66.1400	1.41168	5	0.00000	2	0
124	66.9850	1.39591	20	0.21000	9	178
125	67.5350	1.38587	25	0.27000	11	134
126	68.0400	1.37681	27	0.20000	12	151
127	68.6900	1.36536	27	0.28000	12	149
128	69.1700	1.35705	18	0.14000	8	135
129	69.9550	1.34373	9	0.11000	4	32
130	70.1800	1.33997	7	0.08000	3	24
131	70.7300	1.33090	25	0.30000	11	154
132	71.2000	1.32326	20	0.12000	9	74
133	71.6266	1.31642	18	0.21330	8	96
134	71.9283	1.31164	14	0.11670	6	40
135	72.5000	1.30270	7	0.04000	3	13
136	73.0150	1.29478	23	0.17000	10	79
137	73.4300	1.28848	5	0.10000	2	14
138	73.9100	1.28130	9	0.10000	4	28
139	74.4050	1.27399	7	0.03000	3	13
140	74.8850	1.26701	18	0.23000	8	119
141	75.3333	1.26058	11	0.09330	5	43
142	75.6300	1.25637	11	0.10000	5	67
143	76.1000	1.24978	2	0.00000	1	0
144	76.6400	1.24231	2	0.00000	1	0
145	76.9900	1.23754	5	0.06000	2	22
146	77.7000	1.22799	14	0.08000	6	59
147	78.2633	1.22056	30	0.23330	13	158
148	78.8100	1.21346	11	0.06000	5	34
149	79.2950	1.20725	14	0.15000	6	65

*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2013
Data Name : Seta K UNNES-3
File Name : Seta K UNNES-3.PKR
Sample Name : Silika Kitosan (2:0)
Comment : Silika Kitosan (2:0)



Lampiran 18

Karakterisasi XRD Silika-Kitosan *Bead* 0:2

```

*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2013
Data Name  : Seta K UNNES-1
File Name  : Seta K UNNES-1.PKR
Sample Name: Silika Kitosan (0:2)
Comment    : Silika Kitosan (0:2)

# Strongest 3 peaks
no. peak  2Theta      d      I/I1    FWHM      Intensity  Integrated Int
          no.      (deg)      (A)      (deg)      (Counts)   (Counts)
1         10      10.5000     8.41843  100      0.00000     67         0
2         11      11.3600     7.78298   96      0.00000     64         0
3         12      11.8200     7.48110   90      0.00000     60         0

# Peak Data List
peak      2Theta      d      I/I1    FWHM      Intensity  Integrated Int
no.      (deg)      (A)      (deg)      (Counts)   (Counts)
1         4.4100     20.02079  12      0.22000     8         126
2         4.9900     17.69495  12      0.14000     8         92
3         5.9325     14.88568  10      0.04500     7         39
4         6.8583     12.87821   6      0.02330     4         8
5         7.4886     11.79563  15      0.16930    10        125
6         7.8800     11.21059  18      0.38000    12        282
7         8.6200     10.24979  45      0.54000    30       1475
8         9.2600     9.54277   64      0.00000    43         0
9         9.7200     9.09216   82      0.00000    55         0
10        10.5000     8.41843  100      0.00000    67         0
11        11.3600     7.78298   96      0.00000    64         0
12        11.8200     7.48110   90      0.00000    60         0
13        12.1200     7.29659   76      0.00000    51         0
14        12.6800     6.97557   72      0.00000    48         0
15        13.2600     6.67173   79      0.00000    53         0
16        13.8800     6.37508   67      0.00000    45         0
17        14.3600     6.16305   57      0.00000    38         0
18        14.5400     6.08715   55      1.06660    37       1201
19        15.4600     5.72692   36      0.46660    24        517
20        16.0600     5.51429   22      0.56000    15        375
21        16.7300     5.29493   18      0.18000    12        151
22        17.7833     4.98362   21      0.11330    14        154
23        18.3400     4.83358   18      0.24000    12        199
24        18.7000     4.74133   4       0.00000    3         0
25        19.0550     4.65379   3       0.03000    2         5
26        19.7800     4.48482   24      0.40000    16       249
27        20.0633     4.42213   40      0.39330    27       428
28        20.7440     4.27853   49      0.48800    33       834
29        21.2800     4.17196   16      0.12000    11       133
30        21.7350     4.08564   9       0.11000    6         42
31        22.2750     3.98780   12      0.25000    8        123
32        22.9916     3.86510   13      0.07670    9         51
33        23.4300     3.79377   3       0.12000    2         16
34        23.8833     3.72278   16      0.07330    11        53
35        24.7883     3.58887   21      0.14330    14       160
36        25.8100     3.44908   18      0.14000    12       127
37        26.4100     3.37206   24      0.42000    16       326
38        26.7000     3.33609   18      0.32000    12       144
39        27.1675     3.27974   19      0.33500    13       236
40        27.9050     3.19471   30      0.15000    20       254
41        28.2000     3.16196   22      0.08000    15       114
42        28.6200     3.11650   19      0.28000    13       288
43        29.1883     3.05710   15      0.16330    10       133
44        29.9175     2.98423   19      0.24500    13       147
45        30.4425     2.93395   22      0.24500    15       182
46        31.0310     2.87964   19      0.20200    13       165
47        31.6000     2.82907   15      0.25340    10       154

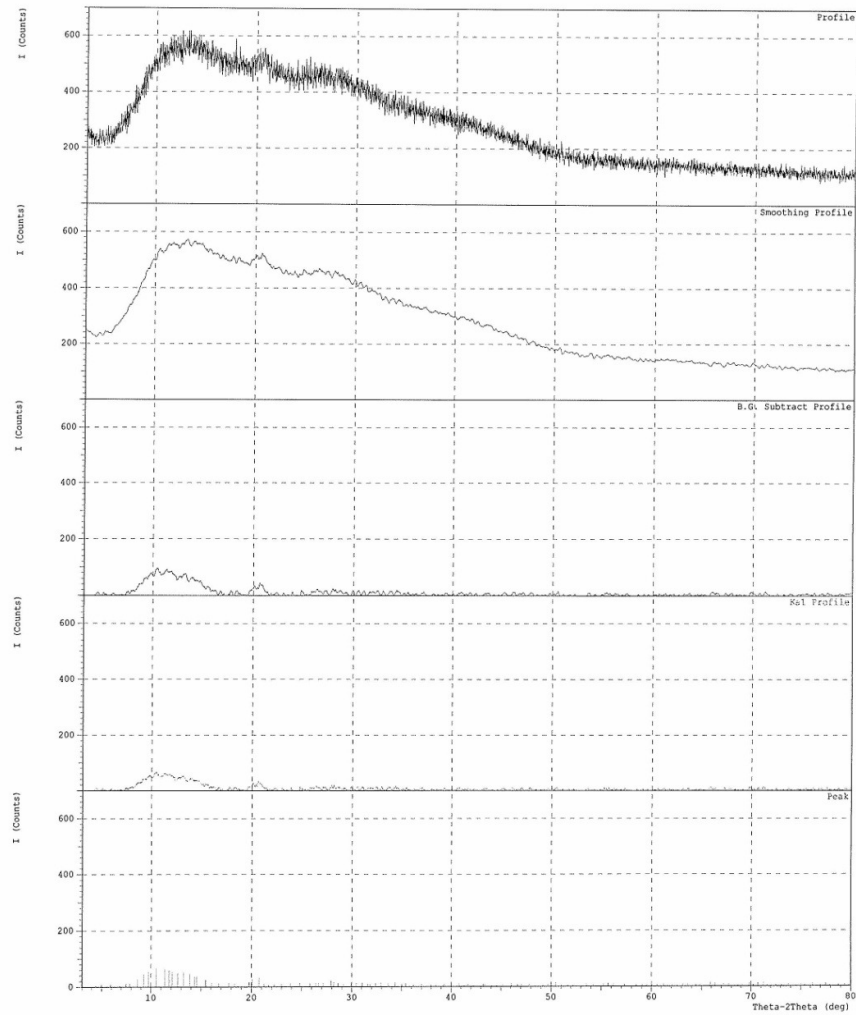
```

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
48	31.8400	2.80829	15	0.00000	10	0
49	32.3825	2.76247	19	0.30500	13	347
50	32.9533	2.71591	22	0.10670	15	120
51	33.6700	2.65972	19	0.18000	13	224
52	34.3340	2.60979	24	0.14800	16	276
53	35.0200	2.56022	12	0.12000	8	69
54	35.4200	2.53222	15	0.20000	10	138
55	36.2000	2.47943	9	0.12000	6	81
56	37.0300	2.42574	16	0.15340	11	163
57	38.0000	2.36602	9	0.14000	6	59
58	38.4766	2.33780	7	0.04670	5	24
59	39.2750	2.29210	12	0.23000	8	128
60	40.0200	2.25113	7	0.04000	5	34
61	40.8333	2.20815	15	0.21330	10	197
62	41.3133	2.18359	9	0.13330	6	48
63	41.6916	2.16465	13	0.16330	9	110
64	42.2500	2.13732	9	0.06000	6	58
65	43.2500	2.09020	12	0.12000	8	66
66	43.4220	2.08231	12	0.11600	8	106
67	44.1100	2.05142	6	0.06000	4	19
68	44.5850	2.03066	4	0.03000	3	7
69	45.1633	2.00599	12	0.28670	8	154
70	46.0375	1.96991	16	0.20500	11	164
71	46.6860	1.94405	10	0.13200	7	70
72	47.0275	1.93073	15	0.22500	10	128
73	47.8250	1.90038	15	0.23000	10	147
74	48.4600	1.87695	6	0.12000	4	31
75	49.2100	1.85008	7	0.06000	5	31
76	49.7025	1.83290	12	0.15500	8	72
77	50.0983	1.81934	12	0.14330	8	62
78	50.4916	1.80609	18	0.24330	12	144
79	51.0500	1.78763	7	0.06000	5	26
80	51.6800	1.76731	7	0.08000	5	36
81	52.1750	1.75170	7	0.09000	5	38
82	53.5400	1.71022	13	0.16000	9	97
83	54.2200	1.69037	7	0.16000	5	51
84	54.8850	1.67145	7	0.09000	5	35
85	55.1933	1.66284	15	0.09330	10	118
86	55.6700	1.64972	15	0.14000	10	91
87	56.1950	1.63555	12	0.17000	8	126
88	56.9150	1.61656	4	0.05000	3	20
89	57.3200	1.60609	10	0.24000	7	96
90	58.4950	1.57660	7	0.09000	5	33
91	59.0550	1.56298	7	0.11000	5	36
92	59.5300	1.55164	7	0.06000	5	29
93	60.1000	1.53828	6	0.08000	4	36
94	60.5716	1.52742	12	0.07670	8	53
95	61.2400	1.51234	10	0.12000	7	89
96	61.6050	1.50426	7	0.07000	5	42
97	62.0550	1.49442	9	0.11000	6	55
98	62.5650	1.48346	4	0.05000	3	13
99	63.1300	1.47154	10	0.10000	7	69
100	63.6300	1.46118	13	0.14000	9	113
101	64.4400	1.44475	9	0.10000	6	50
102	64.8750	1.43611	9	0.15000	6	65
103	65.2000	1.42974	7	0.08000	5	32
104	65.8600	1.41700	19	0.24000	13	175
105	66.3683	1.40737	15	0.20330	10	132
106	67.2333	1.39135	15	0.18670	10	94
107	67.7466	1.38206	13	0.17330	9	120
108	68.3350	1.37158	7	0.07000	5	34
109	68.6850	1.36544	6	0.17000	4	42

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
110	69.1150	1.35800	7	0.05000	5	34
111	69.8266	1.34589	19	0.21330	13	166
112	70.2250	1.33922	9	0.19000	6	57
113	70.6933	1.33150	16	0.14670	11	100
114	71.2250	1.32286	21	0.23000	14	166
115	71.6600	1.31589	7	0.08000	5	28
116	72.0550	1.30965	4	0.05000	3	11
117	72.4950	1.30278	9	0.17000	6	53
118	73.0800	1.29379	7	0.04000	5	25
119	73.7850	1.28316	10	0.13000	7	86
120	74.5700	1.27158	7	0.10000	5	64
121	75.0333	1.26488	9	0.13330	6	70
122	75.4333	1.25916	10	0.24000	7	128
123	76.2150	1.24818	15	0.17000	10	111
124	76.9966	1.23745	10	0.19330	7	117
125	77.4966	1.23071	16	0.19330	11	138
126	77.9400	1.22481	4	0.04000	3	27
127	78.3300	1.21969	7	0.06000	5	31
128	78.7500	1.21423	10	0.14000	7	75
129	79.4100	1.20579	10	0.36000	7	143
130	79.8400	1.20037	12	0.28000	8	122

*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2013
Data Name : Seta K UNNES-1
File Name : Seta K UNNES-1.PKR
Sample Name : Silika Kitosan (0:2)
Comment : Silika Kitosan (0:2)



Lampiran 19

Karakterisasi XRD Silika-Kitosan *Bead* 1:2

```

*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2013
Data Name  : Seta K UNNES-2
File Name  : Seta K UNNES-2.PKR
Sample Name: Silika Kitosan (1:2)
Comment    : Silika Kitosan (1:2)

# Strongest 3 peaks
no. peak  2Theta      d      I/I1  FWHM      Intensity  Integrated Int
   no.    (deg)      (A)    (deg)  (deg)  (Counts)  (Counts)
  1  18    20.2714    4.37720  100    1.02290    80    4094
  2   9    10.5200    8.40247   79    0.00000    63     0
  3   8     9.9400    8.89142   69    0.00000    55     0

# Peak Data List
peak      2Theta      d      I/I1  FWHM      Intensity  Integrated Int
no.      (deg)      (A)    (deg)  (deg)  (Counts)  (Counts)
  1     3.6050    24.48944   3    0.03000     2     8
  2     4.3600    20.25027  10    0.32000     8    201
  3     5.2850    16.70789   8    0.19000     6    133
  4     6.5725    13.43755  13    0.21500    10    299
  5     7.8000    11.32539  10    0.00000     8     0
  6     8.1400    10.85309  18    0.00000    14     0
  7     8.9000    9.92794  54    0.58000    43   3083
  8     9.9400    8.89142  69    0.00000    55     0
  9    10.5200    8.40247  79    0.00000    63     0
 10    11.9600    7.39384  65    0.00000    52     0
 11    12.8200    6.89971  54    0.00000    43     0
 12    13.5000    6.55366  51    1.26000    41   2320
 13    14.6716    6.03285  46    0.87670    37   1601
 14    15.9933    5.53714  31    0.26670    25    457
 15    16.6300    5.32655  18    0.18000    14    197
 16    17.7266    4.99943  14    0.06670    11     79
 17    18.4440    4.80656  44    0.52800    35    950
 18    20.2714    4.37720  100    1.02290    80   4094
 19    21.3600    4.15651  29    0.50000    23    981
 20    22.2600    3.99045  15    0.00000    12     0
 21    22.8786    3.88394  24    0.54930    19    670
 22    23.5600    3.77313  15    0.24000    12    161
 23    25.1510    3.53793  33    0.36200    26    770
 24    26.3200    3.38339  30    0.28000    24    465
 25    27.2100    3.27471  38    0.94000    30   1367
 26    28.0000    3.18409  41    0.42660    33    571
 27    28.7000    3.10800  25    0.86660    20    931
 28    29.2800    3.04774   8    0.00000     6     0
 29    29.8857    2.98733  23    0.25140    18    514
 30    30.5475    2.92410  28    0.32500    22    409
 31    31.4950    2.83826  20    0.11000    16    163
 32    32.6450    2.74086  14    0.15000    11     91
 33    33.2940    2.68890   9    0.05200     7     49
 34    34.5866    2.59131  15    0.09330    12     74
 35    35.3457    2.53737  14    0.14860    11    252
 36    36.1875    2.48026  20    0.13500    16    186
 37    36.9366    2.43166  19    0.12670    15    180
 38    37.9850    2.36692  10    0.11000     8     55
 39    39.3416    2.28837  18    0.14330    14    187
 40    40.1400    2.24467   3    0.02000     2     2
 41    40.4200    2.22977   5    0.14000     4    235
 42    40.9800    2.20058  10    0.08000     8    193
 43    42.1666    2.14136  18    0.21330    14    234
 44    43.0250    2.10060  15    0.19000    12    132
 45    44.1400    2.05009   5    0.12000     4     90
 46    44.7658    2.02288  20    0.23830    16    241
 47    45.5900    1.98820  16    0.18000    13    342

```

peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
48	46.4775	1.95228	11	0.07500	9	54
49	47.4750	1.91357	4	0.05000	3	79
50	48.3600	1.88059	5	0.08000	4	110
51	49.1150	1.85344	14	0.19000	11	152
52	50.1800	1.81657	16	0.16000	13	175
53	51.5333	1.77200	11	0.25330	9	148
54	52.1400	1.75280	9	0.12000	7	58
55	52.8900	1.72970	11	0.06000	9	65
56	53.9133	1.69926	14	0.14670	11	171
57	55.4100	1.65685	10	0.10000	8	61
58	56.1166	1.63765	11	0.16670	9	174
59	57.1225	1.61118	13	0.15500	10	130
60	58.1500	1.58513	13	0.22000	10	164
61	59.3950	1.55484	3	0.03000	2	4
62	60.6000	1.52677	6	0.02000	5	8
63	61.5000	1.50657	16	0.20000	13	202
64	62.3400	1.48828	13	0.20000	10	209
65	62.5600	1.48357	4	0.04000	3	23
66	63.1200	1.47175	6	0.04000	5	61
67	63.5200	1.46344	3	0.02000	2	21
68	63.7500	1.45871	13	0.18000	10	111
69	64.5700	1.44216	10	0.10000	8	66
70	65.1050	1.43159	13	0.17000	10	89
71	65.7600	1.41891	8	0.16000	6	124
72	66.5900	1.40322	8	0.14000	6	78
73	67.9600	1.37823	6	0.12000	5	61
74	68.6450	1.36614	9	0.17000	7	72
75	69.3000	1.35482	8	0.12000	6	54
76	70.0500	1.34214	10	0.22000	8	139
77	70.8300	1.32926	11	0.18000	9	100
78	71.7700	1.31415	9	0.10000	7	54
79	72.8800	1.29684	14	0.20000	11	214
80	75.0566	1.26454	8	0.11330	6	78
81	76.9716	1.23779	9	0.23670	7	144
82	77.8516	1.22598	9	0.11670	7	110
83	78.8000	1.21359	10	0.28000	8	147
84	79.4250	1.20560	9	0.17000	7	115

*** Basic Data Process ***

Group Name : Data 2013
Data Name : Seta K UNNES-2
File Name : Seta K UNNES-2.PKR
Sample Name : Silika Kitosan (1:2)
Comment : Silika Kitosan (1:2)

