



**SINTESIS SILIKA GEL TERAKTIVASI DARI PASIR
KUARSA UNTUK MENURUNKAN KADAR ION Cu^{2+}
DALAM AIR**

Skripsi

**Disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia**

Oleh:

Susanti

NIM 4311411006

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2015

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas dari plagiat, dan apabila dikemudian hari terbukti ada plagiat pada skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan perundangan-undangan. Rujukan dalam skripsi ini dikutip berdasarkan kode etik ilmiah.



Susanti

4311411006

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul :

Sintesis Silika Gel Teraktivasi Dari Pasir Kuarsa Untuk Menurunkan Kadar Ion Cu^{2+} Dalam Air

disusun oleh:

Susanti

4311411006

Telah dipertahankan dihadapan sidang panitia Ujian Skripsi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam pada tanggal 21 September 2015

Panitia:

Ketua



Prof. Dr. Wiyanto, M.Si
NIP.196310121988031001

Sekretaris

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Woro Sumarni', written over a faint background.

Dra. Woro Sumarni, M.Si
NIP. 196507231993032001

Ketua Penguji

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. Widhi Mahatmanti', written over a faint background.

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

Anggota Penguji/
Pembimbing Utama

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Nuni Widiarti', written over a faint background.

Nuni Widiarti, S.Pd, M.Si
NIP. 197810282006042001

Anggota Penguji/
Pembimbing Pendamping

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Agung Tri Prasetya', written over a faint background.

Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si
NIP. 196904041994021001

PERSETUJUAN PEMBIMBING

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

Semarang, 29 September 2015

Pembimbing I



Nuni Widiarti, S.Pd, M.Si
NIP. 197810282006042001

Pembimbing II



Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si
NIP. 196904041994021001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto

Sesungguhnya didunia ini tidak ada yang mutlak kecuali ilmu dan amal dari diri kita sendiri. Jadikanlah ilmu dan amal yang kamu miliki sebagai pedoman hidup dan penentu prinsip hidup kamu.

Ilmu yang kamu miliki tidak akan bernilai ketika kamu tidak bisa menjadi pribadi yang bermanfaat untuk dirimu dan untuk orang lain, gunakan waktumu untuk meraih setiap mimpi yang ingin kamu capai.

Persembahan:

1. Teruntuk Bapak, Ibu, dan seluruh keluargaku tercinta, terimakasih atas segala doa dan kasih sayangnyanya yang telah mengiringiku sampai saat ini dan seterusnya
2. Teman-teman penghuni kost Az-Zahra terimakasih untuk persaudaraan dan kebersamaan kita yang sederhana.. You are my little family.
3. Teman-teman Kimia 2011 “Yeay, kita lulus!”.
4. Almamater konservasiku
5. Keempat keponakanku yang selalu menghiburku serta sahabat-sahabatku yang selalu mensupportku dalam suka dan dukaku
6. Sahabat AMUNISI saya, terima kasih selalu support saya

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrobbil'alamin, segala puji bagi Allah SWT atas segala Kebesaran dan Kemurahan-Nya. Untaian syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan taufiq, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini diajukan dalam rangka menyelesaikan Strata 1 (S1) pada Prodi Kimia FMIPA UNNES. Dalam penulisan skripsi ini penulis mengambil judul "*Sintesis Silika Gel Teraktivasi Dari Pasir Kuarsa Untuk Menurunkan Kadar Ion Cu^{2+} Dalam Air*".

Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari kesulitan dan juga hambatan, namun berkat bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimakasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
3. Dra. Woro Sumarni, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
4. Nuni Widiarti, S.Pd, M.Si., Dosen Pembimbing I atas bantuan, saran, dan bimbingannya kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
5. Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si., Dosen Pembimbing II atas bantuan, saran, dan bimbingannya kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.

6. Dr. F.Widhi Mahatmanti. M.Si sebagai penguji utama yang telah memberikan motivasi, bimbingan dan pengarahannya dalam penyusunan Skripsi ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen beserta staff laboratorium Jurusan Kimia FMIPA UNNES yang memberikan bekal ilmu kepada penulis selama menjalani studi.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi penulis sendiri pada khususnya dan para pembaca pada umumnya.

Semarang, 29 September 2015

Penulis

ABSTRAK

Susanti. 2015. *Sintesis Silika Gel Teraktivasi Dari Pasir Kuarsa Untuk Menurunkan Kadar Ion Cu^{2+} Dalam Air*. Skripsi. Jurusan Kimia, Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing I: Nuni Widiarti, S.Pd, M.Si, Pembimbing II : Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si

Kata Kunci: pasir kuarsa, silika gel kering, ion Cu^{2+} .

Penelitian ini mempelajari penurunan kadar ion Cu^{2+} dalam air menggunakan silika gel teraktivasi. Silika gel teraktivasi dibuat dari pasir kuarsa melalui proses sol-gel. Karakterisasi silika gel teraktivasi menggunakan XRD dan metode BET. Hasil penelitian dengan XRD menunjukkan puncak pada $(2\theta)=21,64^\circ$ dengan bentuk *tridymite* dan fasa *monoclinic*. Analisis dengan metode BET menunjukkan bahwa silika gel kering teraktivasi memiliki luas permukaan, dan pori-pori yang besar dengan luas permukaan 222,068 m^2/g . Pada proses penurunan kadar ion Cu^{2+} digunakan variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi awal larutan Cu^{2+} . Penurunan kadar ion Cu^{2+} oleh silika gel teraktivasi maksimal pada pH 6 dengan waktu kontak 80 menit dan konsentrasi 30 ppm dengan adsorpsi 0,797 mg/gram.

ABSTRACT

Susanti. 2012. *The Decrease of Cu Levels in The Waste Water by Dried Silica Gel from quartz* . Final Project. Department of Chemistry, Chemistry Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, State University of Semarang. Lecture I: Nuni Widiarti, S.Pd,M.Si, Lecture II: Agung Tri Prasetya, S.Si, M.Si

Keywords: quartz, dry silica gel, metal ions Cu^{2+} .

This research studied about reduction of Cu^{2+} levels in the waste liquid of copper processing industry as household furniture using dry silica gel. Dry silica gel made of sand which through the sol-gel process. XRD analysis showed the peaks at $(2\theta) = 21.64^\circ$. These results inform that the sample formed in tridymite phase by monoclinic phase. BET analysis showed the dry silica gel activated has a surface area, and large pores with a surface area of $222.068 \text{ m}^2/\text{g}$. Variations of pH, contact time and concentration will be investigated in the reduction processing of Cu^{2+} ion level maximum reduction of dry silica gel activated at pH 6 with contact time of 80 minutes and concentration of 30 ppm with capacity adsorption $0,797 \text{ mg/gram}$.

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
MOTTO DAN PERSETUJUAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	Vi
DAFTAR ISI	Vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pasir Kuarsa	6
2.2 Silika (SiO ₂)	8
2.3 Silika Gel Kering	12
2.4. Pencemaran Air Limbah Logam Berat	13
2.5 Ion Cu ²⁺	15
2.6 Adsorpsi	17
2.7 Metode Analisis Spektroskopi Serapan Atom	19
2.8 Metode Analisis Sinar-X (XRD)	23
2.9 Metode Analisis BET	24
BAB 3 METODE PENELITIAN	24
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	24
3.2 Populasi dan Sampel	24

3.3 Variabel Penelitian	24
3.3.1 Variabel Bebas	24
3.3.2 Variabel Terikat	24
3.3.3 Variabel Terkendali	24
3.4 Prosedur Penelitian	25
3.4.1 Alat dan Bahan	25
3.4.2 Cara Kerja	25
3.5 Karakterisasi	28
3.6.1 Metode Analisis Spektroskopi Serapan Atom	28
3.6.2 Metode Analisis Sinar-x (XRD)	28
3.6.3 BET	28
3.6.4 Pengukuran Kadar Air Silika Gel Kering.....	28
BAB 4 HASIL ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Pembuatan Natrium Silikat Dari Pasir Kuarsa	32
4.2 Sintesis Silika Gel Kering Dari Pasir Kuarsa	33
4.3 Sintesis Silika Gel Kering Teraktivasi	33
4.4 Pengukuran Kadar Air Dalam Silika Gel Kering	34
4.5 Metode Analisis Sinar-X (XRD)	36
4.6 Metode Analisis BET	37
4.7 Kemampuan Silika Gel Menurunkan Kadar Cu ²⁺	41
4.8 Penentuan Kapasitas Adsorpsi	41
BAB 5 PENUTUP	44
5.1 Simpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi dan Kegunaan Sodium Silikat	7
2.2 Komposisi kimia pasir kuarsa	8
2.3 Hasil Analisa Baku Mutu Air Limbah Industri Electroplating..	15
2.4 Pengamatan Sifat Kimia	17

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bangun Kristal dan amorf dari silika	9
2.3 Diffaktogram silika gel G-60	9
2.4 Reaksi pembentukan natrium silikat	11
2.5 Proses pembiasan sinar oleh XRD	21
4.3 Diffaktogram silika gel	33
4.4 Kurva kadar ion Cu^{2+} vs pH	37
4.5 Kurva kadar ion Cu^{2+} vs waktu kontak	38
4.6 Kurva kadar ion Cu^{2+} vs konsentrasi	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir penelitian	46
Lampiran 2. Perhitungan kadar air dan kadar SiO ₂	52
Lampiran 3. Analisis XRD	58
Lampiran 4. Analisis BET	59
Lampiran 5. Perhitungan kadar air.....	62
Lampiran 6. Penurunan kadar ion Cu ²⁺	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Sungai memiliki peranan penting dalam kehidupan setiap makhluk hidup. Dengan perannya, air akan mempengaruhi dan dipengaruhi oleh kondisi/komponen lainnya. Fungsi sungai bagi sektor pertanian adalah sebagai sarana irigasi bagi lahan pertanian seperti sawah, kebun dan sektor pertanian lainnya. Sungai mempunyai kapasitas tertentu dan ini dapat berubah karena aktivitas alami maupun antropogenik sehingga dibutuhkan pelestarian agar sungai dapat berjalan sesuai dengan fungsinya (Agustira, 2013).

Limbah logam berat merupakan salah satu bentuk pencemaran yang secara umum banyak dihasilkan dari hasil pabrik maupun industri rumahan. *Electroplating* atau penyepuhan merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik searah melalui suatu larutan elektrolit. Penggantian larutan dalam proses elektroplating menyebabkan biaya produksi tinggi dan limbah *electroplating* yang dihasilkan semakin banyak. Larutan yang digunakan tersebut berupa bahan-bahan kimia yang merupakan bahan beracun dan berbahaya sehingga limbah yang dihasilkan berbahaya bagi kesehatan manusia baik yang terlibat langsung dengan kegiatan industri maupun lingkungan sekitarnya. Limbah cair *electroplating* di sentra industri kerajinan perak Kotagede mengandung anion klorida, bromida, iodida, sianida, tiosianat, oksalat, karbonat, nitrit, nitrat, dan fosfat serta kation Ag^+ , Hg^{2+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , Bi^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , dan Zn^{2+} (Marwati *et al*, 2007).

Tembaga (Cu) termasuk kedalam kelompok logam esensial, dalam kadar yang rendah dibutuhkan oleh organisme sebagai koenzim dalam proses metabolisme tubuh, sifat racunnya baru muncul dalam kadar yang tinggi mengakibatkan gangguan sistem syaraf, kelumpuhan, dan kematian dini serta penurunan tingkat kecerdasan anak-anak (Widaningrum, 2007). Menurut hasil observasi, ditemukan limbah ion Cu^{2+} hasil sisa industri pembuatan perabot rumah tangga berbahan dasar tembaga yang dibuang disekitar sungai industri sehingga sungai di area industri tidak memiliki fungsi sebagaimana mestinya. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk mengurangi kadar Cu^{2+} yang terkandung dalam air sungai agar sungai tersebut dapat dimanfaatkan sebagai sarana pemenuhan kehidupan setiap makhluk hidup.

Upaya pengurangan kadar logam dalam air salah satunya menggunakan metode adsorpsi. Adapun bahan-bahan yang selama ini dikembangkan sebagai adsorben antara lain: abu sekam padi, arang aktif, biomassa algae coklat dan pasir kuarsa.

Purwaningsih (2007) memanfaatkan abu sekam padi sebagai prekursor pada sintesis silika gel dan hibrida etilendiamino-silika (HDS). Pada penelitian ini membuat silika gel dari abu sekam padi dengan menggunakan natrium hidroksida (NaOH). Penelitian ini mempelajari selektivitas adsorpsi ion-ion multi logam Ag(I), Pb(II), Cr(III), Cu(II), dan Ni(II) pada SG dan HDS. Pada penelitian ini terjadi penurunan kapasitas adsorpsi untuk Cu (II) dan Pb (II). Hal ini dapat dimungkinkan karena Cu(II) dan Pb(II) dalam larutan membentuk ion terhidrat dengan molekul air menjadi $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ dan $[\text{Pb}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ sehingga pada

permukaan HDS yang mempunyai situs aktif (gugus $-NH_2$) akan berinteraksi secara tidak langsung membentuk ikatan hidrogen, ikatannya relatif lemah maka Cu(II) dan Pb(II) teradsorpsi lebih sedikit dibandingkan dengan Ni(II), Cr(III) dan Ag(I).

Silika gel merupakan salah satu material berbasis silika yang mempunyai kegunaan secara luas seperti pada industri farmasi, keramik, cat, dan aplikasi khusus pada bidang kimia. Karakteristik dari silika gel pada penelitian Nuryanto (2004) bergantung pada pH atau konsentrasi proton dalam larutan bukan bergantung dari jenis asam. Pada penambahan asam menyebabkan semakin tinggi konsentrasi proton (H^+) dalam larutan natrium silikat dan sebagian gugus siloksi ($Si-O-$) membentuk gugus silanol ($Si-OH$). Namun dalam proses adsorpsi gugus aktif pada silika gel tidak reaktif.

Selama ini penelitian pembuatan silika gel teraktivasi telah banyak dilakukan, diantaranya adalah dengan memanfaatkan limbah sekam padi, limbah kaca, dan lain-lain. Pembuatan silika gel teraktivasi dengan bahan-bahan tersebut sudah banyak dilakukan, oleh karena itu peneliti melakukan penelitian pembuatan silika gel teraktivasi dengan bahan dasar lain, yaitu pasir kuarsa.

Pasir kuarsa merupakan hasil alam yang melimpah di Indonesia. Berdasarkan data dari berbagai sumber, menjelaskan bahwa pasir kuarsa memiliki kandungan silika sekitar 55,3- 99,7% (Fairus *et al*, 2009) oleh karena itu silika dari pasir kuarsa dapat dimanfaatkan sebagai sumber utama bahan pembuat silika gel

teraktivasi, yang selanjutnya diaplikasikan untuk menurunkan kadar air yang mengandung ion Cu^{2+} dalam air.

Berdasarkan dari berbagai alasan seperti yang telah dijelaskan di atas, maka dalam penelitian ini dilakukan sintesis silika gel teraktivasi dari silika pasir kuarsa yang menghasilkan silika gel teraktivasi dengan karakteristik yang lebih baik, serta aplikasinya dalam proses penurunan kadar ion Cu^{2+} dalam air. Silika gel teraktivasi dapat berfungsi sebagai adsorben yang baik, sehingga air yang mengandung ion Cu^{2+} dapat diturunkan kadarnya menggunakan silika gel teraktivasi dari silika pasir kuarsa. Pasir kuarsa mempunyai atom-atom silika yang mirip dengan zeolit namun struktur senyawanya sangat berbeda. Berdasarkan analisis kimia pasir kuarsa digunakan sebagai adsorben terutama ditujukan untuk mengikat logam-logam berat terutama logam-logam transisi dalam rangka mengatasi masalah pencemaran lingkungan.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang akan dibahas adalah :

1. Bagaimanakah karakteristik silika gel teraktivasi hasil sintesis dari pasir kuarsa?
2. Bagaimanakah efektifitas adsorpsi silika gel teraktivasi dari pasir kuarsa teraktivasi pada penurunan kadar ion Cu^{2+} dalam air?

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini yang hendak dicapai adalah :

1. Mengetahui karakteristik silika gel teraktivasi hasil sintesis dari pasir kuarsa.
2. Mengetahui efektifitas adsorpsi silika gel dari pasir kuarsa teraktivasi pada penurunan kadar ion Cu^{2+} dalam air.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi tentang karakteristik silika gel teraktivasi sebagai adsorben dari silika pasir kuarsa hasil sintesis.
2. Memberikan informasi mengenai aktivitas adsorpsi silika gel dari pasir kuarsa teraktivasi terhadap hasil penurunan kadar ion Cu^{2+} dalam air.
3. Memberikan informasi tentang manfaat pasir kuarsa dan kandungan kimia yang terdapat dalam pasir kuarsa
4. Memberikan informasi tentang pengertian silika gel dan manfaat silika gel dari pasir kuarsa sebagai adsorben.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pasir kuarsa

Indonesia memiliki potensial sumberdaya alam bahan baku pembuatan silika murni yaitu pasir kuarsa yang melimpah dan tersebar di Indonesia. Pasir kuarsa yang ada di Indonesia tersebar merata dengan kualitas dan ciri khas yang berbeda tergantung kondisi daerah tersebut. Salah satu jenis pasir kuarsa yaitu pasir kuarsa silika dengan kadar SiO_2 diatas 97% dengan pengotor alumina dan besi yang rendah. Pasir kuarsa jenis ini sangat cocok untuk dikembangkan sebagai bahan baku gelas, presipitat dan pembuatan silikon (Sulistiyono, 2004).

Pasir kuarsa yang juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan *feldspar*. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang diendapkan di tepi-tepi sungai, danau atau laut. Silika tidak reaktif terhadap hidrogen, khlor, brom, kebanyakan asam dan senyawa-senyawa besi pada temperatur kamar. Silika direduksi oleh karbon dan sejumlah logam yang bereaksi dengan oksida dasar, karbonat dan sebagainya pada temperatur tinggi untuk menghasilkan silika. Pada umumnya, senyawa pengotor tersebut terdiri atas oksida besi, oksida kalsium, oksida alkali, oksida magnesium, lempung dan zat organik hasil pelapukan sisa-sisa hewan serta tumbuhan. (Fairus *et al*, 2009)

Silika amorf non-kristalin dihasilkan dengan cara pendinginan lelehan silika atau pemanasan silika sampai titik pelunakannya di bawah temperatur fusi. Sedangkan kristal silika, terutama kuarsa dibuat dengan metode kristalisasi larutan

silika dalam natrium silikat atau natrium karbonat pada temperatur yang lebih tinggi untuk menghasilkan kristal kuarsa. Secara alami silika berbentuk amorf dan akan tetap bentuknya apabila dibakar pada suhu 500-600 °C. Di atas suhu 600-720 °C silika berbentuk kristal dan bila terbakar pada suhu 800-900 °C akan berbentuk kuarsa. (Fairus *et al*, 2009).

Pada Tabel 1 disajikan komposisi dan kegunaan serta grade dari sodium silikat.

Tabel 1. Komposisi dan kegunaan berbagai grade sodium silikat

Grade	Komposisi (%-berat)			Gravitasi	Penggunaan
	SiO ₂	Na ₂ O	Solid		
A-60	37-38	18-19	55	1,711	Pelindung atau pelapis kabel listrik
A-58	35-36	17-18	54	1,672	Detergen campuran pembersih kertas
A-50	31-32	11-13	46	1,530	Peroksida bleaching pada tekstil batik pencegah karat pada pipa air dan tempat penyimpan gas
A-42	23-25	15-17	37	1,420	Detergen
B-58	37-38	16-17	53	1,672	Sabun dan detergen
B-45	28-29	12-13	40	1,453	Pelapis las pembersih logam dan elektrolisis
C-42	28-30	9-10	36	1,410	Semen keras semen tahan panas tahan asam semen bangunan
Cullet	75,5	24	99,5	2,5	Pelarut adhesive agent pada plywood pelapis dinding box lantai pelapisan logam bahan mentah pembuatan whete carbon dan silika gel

Sumber : Fairus *et al*, 2009

Sifat kimia dari pasir kuarsa (SiO_2) dapat diketahui menggunakan XRD dengan sinar X dapat menentukan struktur dan pengenalan bahan berhablur seperti pasir kuarsa (Iriansyah, 2011)

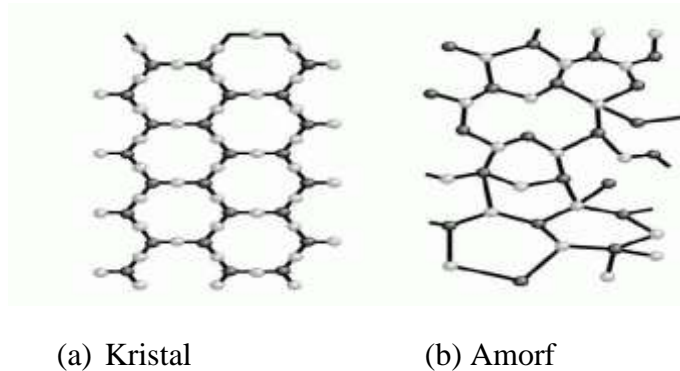
Pasir kuarsa digunakan sebagai adsorben terutama untuk mengikat logam-logam berat terutama mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Pada penelitian ini akan dikaji studi adsorpsi vanadium dan nikel yang merupakan logam-logam transisi melalui interaksi dengan pasir kuarsa sebagai adsorben. Selanjutnya proses interaksi logam vanadium dan nikel dipelajari melalui studi desorpsi setelah proses adsorpsi. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam rangka alternatif mencari sumber adsorben alam untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan oleh logam-logam berat (Lesbani, 2011). Secara umum, pasir silika Indonesia mempunyai komposisi kimia dilihat pada tabel 2 (Fairus *et al*, 2009)

Komposisi	Kadar (%)
SiO_2	55 – 99,8
Fe_2O_3	0,01-9,14
Al_2O_3	0,01-18
TiO_2	0,01-0,49
CaO	0,01-3,24
MgO	0,01-0,26
K_2O	0,01-17

2.2 Silika (SiO_2) dan Senyawa Turunannya

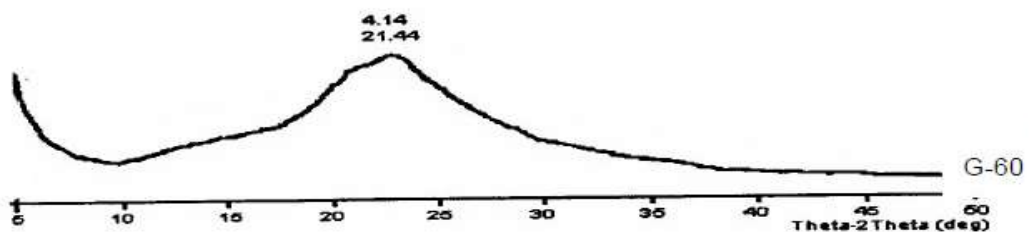
Silika adalah material yang menarik tetapi tidak baik jika langsung diaplikasikan, walaupun memiliki kekuatan mekanik dan stabilitas termal yang tinggi. Silika-gel mengandung silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) yang sangat responsip terhadap proses adsorpsi (Ngatijo, 2013).

Silika amorf memiliki unit bangun yang sama dengan kristalin [Gambar 2.(a) dan 2.(b)], tetapi silika amorf memiliki susunan unit yang acak, sedangkan silika kristalin memiliki keteraturan yang sempurna. Pada temperatur tinggi dan waktu yang lama silika amorf dengan sendirinya akan menjadi padatan kristalin.



Gambar 2.2. Struktur bangun kristal dan amorf dari silika (Handoyo, 1996)

Berdasarkan analisis kimia pasir kuarsa yang telah dilakukan oleh banyak peneliti dengan menggunakan difraksi sinar-X diketahui bahwa pasir kuarsa mempunyai komponen utama SiO_2 dimana atom-atom silika tersusun atas satuan-satuan tetrahedron dengan atom silika sebagai pusat dengan empat atom oksigen terikat pada sudut tetrahedron (Clark, 1960). Gambar 2.3 merupakan hasil difraktogram silika gel tidak teraktivasi kieselgel G-60 yang menunjukkan puncak d pada $2\theta = 21,44^\circ$. (Nuryono, 2005)



Gambar 2.3 Diffraktogram silika gel G-60 (Nuryono, 2005)

Sifat Fisika dan kimia SiO₂ adalah

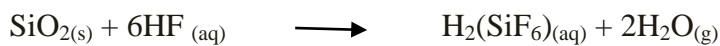
1. Sifat fisik

Silika mempunyai rumus molekul SiO₂ dan berwarna putih. Silika tidak larut dalam air dingin, air panas maupun alkohol, tetapi larut dalam HF. Titik leleh silika adalah 1610°C, sedangkan titik didihnya 2230°C (Handoyo, 1996).

2. Sifat kimia

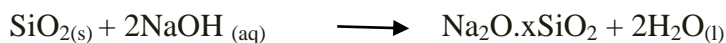
Silika bersifat inert terhadap halogen kecuali Flourin dan juga inert terhadap semua asam kecuali HF, reaksi dengan HF akan menghasilkan asam silikon heksaflorid.

Reaksi :



Basa pekat misalnya NaOH dalam kondisi panas secara perlahan dapat mengubah silika menjadi natrium silikat yang larut dalam air (Bokau, 2014).

Reaksi :

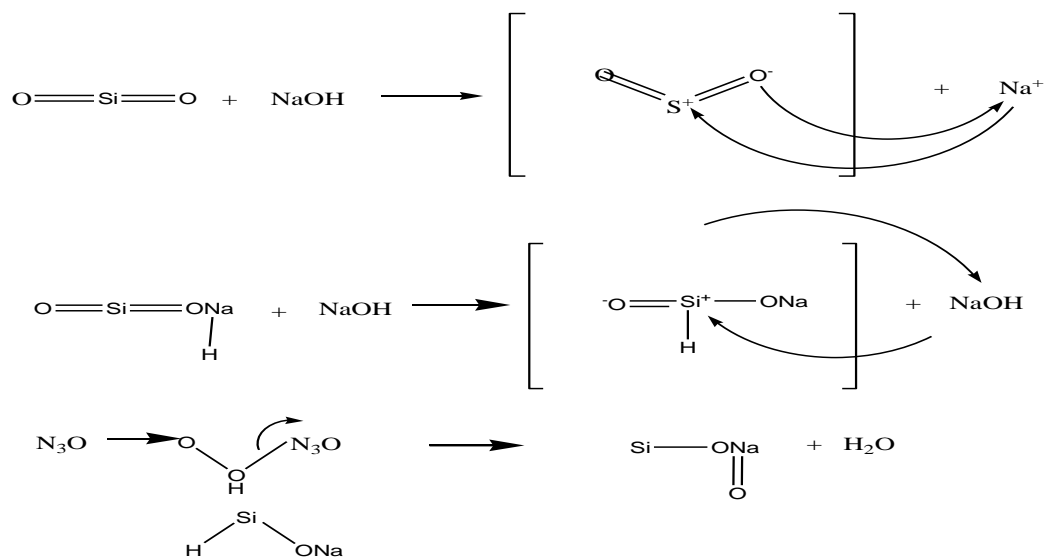


Basa pekat misalnya NaOH dalam kondisi panas secara perlahan dapat mengubah silika menjadi silikat yang larut dalam air.

Silika telah banyak digunakan dalam pemurnian minyak sayur, produk farmasi, deterjen, perekat kromatograf pembungkus kolom, dan keramik (Kalaphaty *et al*, 2002). Silika adalah material yang menarik tetapi tidak baik jika langsung diaplikasikan, walaupun memiliki kekuatan mekanik dan stabilitas

termal yang tinggi. Silika-gel mengandung silanol (Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) yang sangat responsif terhadap proses adsorpsi (Ngatijo, 2013). Silika gel telah banyak digunakan sebagai adsorben, umumnya digunakan sebagai adsorben untuk senyawa-senyawa polar. Silika gel dapat juga dapat juga digunakan untuk menyerap ion-ion logam dengan prinsip pertukaran ion, namun kemampuannya untuk menyerap logam terbatas. Atom O sebagai situs aktif permukaan silika gel, dalam hal ini sebagai donor pasangan elektron, merupakan spesies yang mempunyai ukuran relatif kecil dan mempunyai polarisabilitas rendah atau bersifat basa keras (*Hard*), sehingga kecenderungannya untuk berinteraksi dengan logam berat yang pada umumnya memiliki ukuran yang besar dan mempunyai polarisabilitas tinggi atau asam lunak (*Soft*) (Mujiyanti, 2010). Reaksi pembentukan natrium silikat ditunjukkan pada Gambar 2.4

Reaksi :



Gambar 2.4. Reaksi pembentukan natrium silikat (Scott 1993).

2.3 Silika gel teraktivasi Pasir Kuarsa

Silika gel adalah bentuk hidrat silikon oksida, $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ yang digunakan sebagai agen pengering terhadap kelembaban udara, baik dalam laboratorium maupun dalam penyimpanan obat-obatan maupun alat-alat elektronik. Silika gel mempunyai kemampuan menyerap yang sangat besar terhadap molekul-molekul air, tetapi molekul-molekul air ini dapat dilepaskan kembali pada pemanasan hingga diperoleh silika gel yang dapat dipakai ulang sebagai agen pengering .

Luas permukaan silika gel yang besar (lebih dari 800 m^2) adalah akibat dari banyaknya pori yang dimiliki. Sifat yang paling penting dari silika gel adalah sebagai adsorben yang dapat diregenerasi (dapat dipakai ulang sebagai agen pengering). Silika mempunyai kelebihan tersendiri dibanding bahan lain, karena secara kimia silika bersifat inert hidrofobik dan transparan. Silika juga memiliki kekuatan mekanik dan stabilitas termal yang tinggi, dan silika tidak mengembang dalam pelarut organik (Bhatia, 2000).

Pada dasarnya silika gel teraktivasi sama dengan silika gel biasa, yaitu salah satu material berbasis silika yang mempunyai kegunaan secara luas seperti pada industri farmasi, keramik, cat, dan aplikasi khusus pada bidang kimia. Silika gel merupakan polimer asam silikat dengan berat molekul besar dan banyak menyerap air sehingga berbentuk padat kenyal. Definisi lain dari silika gel adalah silika amorf yang terdiri atas globula-globula SiO_4 tetrahedral yang tidak teratur dan beragregat membentuk kerangka tiga dimensi (Nuryono dan Narsito, 2004).

2.4. Pencemaran Air Limbah Oleh Logam Berat

Air limbah merupakan air yang berasal dari aktivitas hidup manusia, air limbah juga bisa berasal dari pabrik maupun industri-industri. Industri yang bisa mencemari lingkungan jika limbahnya tidak diolah diantaranya adalah industri berbasis logam, yang mempunyai sifat dan karakteristik berbeda-beda tergantung dengan pelarut itu sendiri dan kebanyakan pelarut akan berdampak bahaya pada jenis proses yang digunakan. Air limbah industri berbasis logam pada umumnya, mempunyai sifat asam atau alkali yang mengandung sianida beracun dan logam (Mukimin, 2006).

Proses industrialisasi tidak dapat melepaskan diri dari efek negatif yang ditimbulkan, adanya bahan sisa industri baik yang terbentuk padat maupun cair berpengaruh terhadap lingkungan sekitarnya. Bilamana sisa-sisa tersebut dilepaskan ke perairan bebas, akan terjadi perubahan nilai dari perairan itu baik kualitas maupun kuantitas sehingga perairan dapat dianggap tercemar. Faktor lingkungan perairan seperti pH, kesadahan, temperatur dan salinitas juga mempengaruhi daya racun logam berat. Penurunan pH air akan menyebabkan daya racun logam berat semakin besar. Kesadahan yang tinggi dapat mempengaruhi daya racun logam berat, karena logam berat dalam air yang berkesadahan tinggi akan membentuk senyawa kompleks yang mengendap dalam dasar perairan (Rochyatun, 2007).

Pengolahan air limbah industri berbasis logam dapat dilakukan secara fisika, kimia, elektrokimia, dan biologi. Jenis pengolahan yang digunakan tergantung dari karakteristik senyawa-senyawa yang ada pada air limbah. Pengolahan secara

fisika didasarkan pada karakteristik fisika dari air limbah, dilakukan dengan cara sedimentasi, filtrasi, adsorpsi, evaporasi, penukaran ion, dan pemisahan menggunakan membran. Partikel-partikel padat dalam bentuk padatan tersuspensi pada air limbah, dapat diendapkan secara langsung berdasarkan gaya berat dan ukuran partikel. Ukuran partikel yang kecil sulit mengendap, sehingga diperlukan penambahan koagulan, seperti tawas (alum), ferisulfat, poli aluminium klorida (PAC = poly aluminium chloride). Penambahan koagulan berupa partikel-partikel akan menempel pada flok koagulan, selanjutnya akan dapat mengendap. Pengaturan pH pada koagulasi ini dilakukan dengan penambahan soda atau kapur (Mukimin, 2006).

Bioakumulasi sering diartikan sebagai akumulasi suatu bahan kimia dalam suatu makhluk hidup sampai suatu kepekatan yang lebih tinggi dari pada yang ada dalam suatu sumber dari luar. Hal ini berkaitan dengan salah satu sifat bahan kimia yang terpenting dalam situasi-situasi yang mencakup suatu pengaruh biologis atau pemakaian adalah seberapa jauh bahan kimia itu diserap atau terbioakumulasi. Setelah masuk kedalam air, logam dapat teradsorpsi pada permukaan padat (sedimen), tetap larut atau tersuspensi dalam air atau diambil oleh fauna. Hal yang sangat penting dari logam adalah terkait dengan kekayaan hayati, karena kecenderungan mereka untuk mengalami bioakumulasi (Shukla *et al*, 2007). Tabel 3 adalah daftar analisa identifikasi pada salah satu industri berbasis logam, diperoleh data baku mutu air limbah berdasarkan Peraturan daerah No. 10 tahun 2004

Tabel 3. Hasil analisa baku mutu air limbah Industri *electroplating*

No.	Parameter	Kadar maksimum (mg/L)
1.	TSS	20
2.	Sianida (CN)	0,2
3.	Khrom Total	0,5
4.	Khrom (Cr ⁶⁺)	0,1
5.	Tembaga (Cu)	0,6
6.	Seng (Zn)	1,0
7.	Nikel (Ni)	1,0
8.	Kadmium(Cd)	0,05
9.	Timbal	0,1
10.	pH	6,0-9,0

2.4 Ion Cu²⁺

Tembaga termasuk kedalam kelompok logam esensial, di mana dalam kadar yang rendah dibutuhkan oleh organisme sebagai koenzim dalam proses metabolisme tubuh, sifat racunnya baru muncul dalam kadar yang tinggi apabila terakumulasi secara terus menerus dan dalam jangka waktu lama dapat mengakibatkan gangguan sistem syaraf, kelumpuhan, dan kematian dini serta penurunan tingkat kecerdasan anak-anak (Widaningrum, 2007).

Limbah cair ini memiliki nilai pH ekstrem rendah (~1,4) dan kadar logam berat terlarut sangat tinggi. Limbah cair hingga saat ini belum mendapat perhatian yang memadai. Dari sisi jumlah, limbah cair yang dihasilkan oleh suatu laboratorium umumnya memang relatif sedikit, akan tetapi limbah cair ini tercemar berat oleh berbagai jenis bahan kimia. Secara kolektif dan dalam kurun waktu yang lama dapat berdampak nyata pada lingkungan apabila tidak dikelola secara memadai. Pengolahan limbah cair yang diteliti pada prinsipnya terdiri atas

dua tahap, yaitu tahap presipitasi dan adsorpsi karbon aktif pada skala laboratorium (Suprihatin, 2010). Gugus fungsi inilah yang nantinya akan berperan dalam proses adsorpsi logam berat, salah satunya melalui proses pertukaran ion dan pembentukan senyawa kompleks(-COOH) dan hidroksil (-OH). Pada proses adsorpsi mencakup dua (2) hal penting yaitu kinetika adsorpsi dan termodinamika adsorpsi. Kinetika adsorpsi meninjau proses adsorpsi berdasarkan laju adsorpsi sedangkan pada termodinamika adsorpsi ditinjau tentang kapasitas adsorpsi dan energi adsorpsi yang terlibat dalam proses adsorpsi (Purwaningsih, 2007).

Dalam rangka penentuan Status Mutu Air pada Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 dalam Pasal 14 butir 2 telah ditetapkan Pedoman Penentuan Status Mutu Air antara lain dengan menggunakan metode STORET (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 tahun 2003). Pada prinsipnya metode STORET digunakan untuk menentukan status mutu air dengan cara membandingkan data kualitas air (mutu air) dengan baku mutu air sesuai peruntukannya, sehingga dapat dilakukan upaya perbaikan kualitas air yang tercemar agar memenuhi peruntukannya. Hasil pengamatan sifat kimia air tanah sebanyak 17 parameter meliputi parameter: Mg, Fe, kesadahan CaCO_3 , Cl, Cd, Cu, Mn, Nitrat, Nitrit, pH, PO_4 , Zn, Sulfat, Pb, N- NH_3 , keasaman dan kebasahan.

Metode STORET ini menetapkan 'kondisi cemar', bila mutu air tidak memenuhi baku mutu air dan 'kondisi baik', apabila mutu air memenuhi baku mutu air yang disajikan pada Tabel 4

Tabel 4. Pengamatan sifat kimia

No.	Parameter	Satuan	Baku mutu	Hasil			Metode Analisis
				Satelit	Batu kencana	Kolor	
1	Mg	mg/L	-	19,19	88,38	118,34	SSA
2	Besi (Fe)	mg/L	1	31,843	13,662	24,968	SSA
3	Kesadahan sebagai CaCO ₃	mg/L	500	392,80	265,60	282,00	Kompleksometri
4	Cl	mg/L	600	7,60	45,68	15,59	Argentometri
5	Cd	mg/L	0,005	Tt	Tt	Tt	SSA
6	Cu	mg/L	0,02	0,04	Tt	Tt	SSA
7	Mn	mg/L	0,5	0,05	0,05	0,01	Spektrofotometri
8	Nitrat (NO ₃ ⁻)	mg/L	10	Tt	0,0006	0,032	Spektrofotometri
9	Nitrit(NO ₂ ⁻)	mg/L	1,0	0,0019	0,00196	1,6667	Spektrofotometri
10	pH	-	9-6	7,52	7,665	7,295	pHmetri
11	Total Fosfat (PO ₄ ⁻)	mg/L	0,2	Tt	Tt	13,38	Spektrofotometri
12	Seng(Zn)	mg/L	15	0,46	3,22	8,80	SSA
13	Sulfat	mg/L	400	Tt	0,9409	84,678	Spektrofotometri
14	Timbal (Pb)	mg/L	0,05	Tt	0,152	0,0184	
15	N-NH ₃	mg/L	0,5	0,19	0,12	0,27	Spektrofotometri
16	Keasaman	ppm	-	1,20	0,55	0,55	Titration asam basa
17	Kebasaan	ppm	-	39,59	20,25	20,38	Titration asam basa

Sumber : (Rahadi *et al*, 2012)

2.5 . Adsorpsi

Proses penyerapan atau adsorpsi oleh suatu adsorben dipengaruhi banyak faktor dan juga memiliki pola isotherm adsorpsi tertentu yang spesifik. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam proses adsorpsi antara lain yaitu jenis adsorben, jenis zat yang diserap, luas permukaan adsorben, konsentrasi zat yang diadsorpsi dan suhu (Sulistiyono, 2009).

2.7. Metode Analisis Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) adalah suatu metode analisis untuk menentukan unsur-unsur logam dan metaloid yang berdasarkan pada penyerapan (adsorpsi) radiasi oleh atom bebas unsur tersebut. Dalam Spektrofotomete Serapan Atom, atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi termal, energi elektromagnetik, energi kimia, dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas tersebut, yang hasilnya berupa emisi (pancaran) radiasi, panas dan sebagainya.

Radiasi yang ditimbulkan dari interaksi ini sangat khas, karena mempunyai panjang gelombang yang karakteristik untuk atom bebas yang bersangkutan. Adanya absorpsi atau emisi radiasi disebabkan karena adanya transisi elektronik, yaitu perpindahan electron dalam atom tersebut, dari tingkat energi yang satu ke tingkat energi yang lain. Besarnya energi yang diabsorpsi oleh atom bebas untuk melakukan transisi elektronik $h\nu$ dengan λ adalah panjang gelombang karakteristik oleh atom tertentu (Gumilarras, 2009).

Dasar analisis alat ini adalah pengukuran besaran sifat-sifat fisika yang timbul atau berubah sebagai akibat adanya interaksi antara materi dengan berbagai bentuk energi. Spektrofotometer Serapan Atom terdiri dari komponen dasar, yaitu sumber air, sistem pengatoman, monokromator, detektor, dan sistem pembacaan. Bagian – bagian dari Spektrofotometer Serapan Atom antara lain:

a. Sumber sinar

Berfungsi sebagai penyedia radiasi dengan energi tertentu, biasanya berupa lampu katode berongga berbentuk silinder yang terdiri dari dua jenis elektroda berisi gas mulia bertekanan rendah.

b. Monokromator

Berfungsi sebagai agen pengubah cahaya tampak dari keadaan polikromatik menjadi monokromatik yang sesuai dengan panjang gelombang tertentu yang dikehendaki.

c. Detektor

Berfungsi untuk mengukur intensitas cahaya dan memperkuat sinyal.

d. Layar Pembacaan

Berfungsi untuk menunjukkan data absorbansi atau konsentrasi setelah proses.

Prinsip kerja Spektrofotometer Serapan Atom adalah mengacu pada absorpsi atom terhadap cahaya. Atom-atom menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung sifat unsurnya. Dengan absorpsi energi, atom akan memperoleh lebih banyak energi, sehingga akan naik tingkat energinya dari keadaan dasar (*ground state*) ke tingkat energi tereksitasi (*excited state*). Energi ini akan dipancarkan kembali ketika atom tereksitasi turun kembali ke keadaan dasarnya. Energi inilah yang akan terdeteksi oleh detektor.

Cuplikan yang diukur dalam Spektrofotometer Serapan Atom adalah berupa larutan, biasanya air sebagai pelarutnya. Larutan cuplikan tersebut mengalir ke dalam ruang pengkabutan, karena terisap oleh aliran gas bahan bakar dan oksigen yang cepat (Gumilarras, 2009).

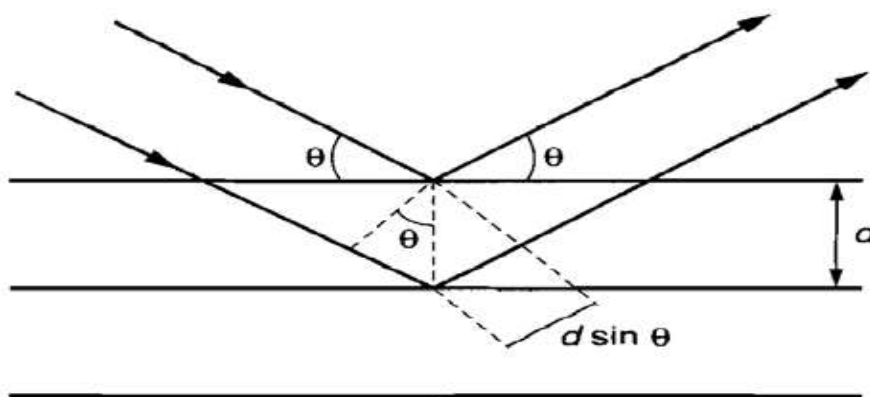
Metode Spektrofotometer Serapan Atom mempunyai kelebihan-kelebihan antara lain : lebih spesifik, mempunyai limit deteksi yang rendah, analisis dapat dilakukan dengan cepat, ekonomis, batas kadar yang dapat ditentukan sangat luas (ppm hingga %), output data dapat langsung dibaca, beberapa unsur yang berbeda dapat dianalisis dari larutan yang sama, dan preparasi sampel sebelum analisis sederhana.

2.8. Metode Analisis Difraksi XRD (*X-Ray Diffraction*)

Spektroskopi difraksi sinar-X (*X-ray diffraction/XRD*) merupakan salah satu metoda karakterisasi material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Sinar-X terdiri dari slit dan film serta monokromator.

Difraktometer sinar-X merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi cuplikan berupa kristal dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar-X. Hasil yang diperoleh dari percobaan adalah intensitas relatif (I/I_1) dan sudut hamburan (2θ). Hamburan sinar-X berasal dari atom-atom yang membentuk bidang kisi kristal dari cuplikan yang diamati. Difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi

periodik. Hamburan monokromatis sinar-X dalam fasa tersebut memberikan interferensi yang konstruktif. Dasar dari penggunaan difraksi sinar-X untuk mempelajari kisi kristal berdasarkan persamaan Bragg : $n \cdot \lambda = 2 \cdot d \cdot \sin \theta$; $n = 1, 2, \dots$. Dengan λ adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan, d adalah jarak antara dua bidang kisi, θ adalah sudut antara sinar datang dengan bidang normal, dan n adalah bilangan bulat yang disebut sebagai orde pembiasan.



Gambar 2.5 Proses pembiasan sinar oleh XRD

Berdasarkan persamaan Bragg, jika seberkas sinar-X dijatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Makin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, makin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkannya. Tiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran ini

kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X untuk hampir semua jenis material (Yahya, 2012).

2.9 BET (*Brunauer-Emmet-Teller*)

Untuk mengkararakteristik luas permukaan, ukuran pori digunakan metode *Brunauer-Emmet-Teller* (BET). Prinsip kerja BET didasarkan pada proses adsorpsi gas N₂ pada padatan permukaan berpori (Yahya, 2012).

Luas permukaan spesifik katalis ditentukan berdasarkan jumlah gas nitrogen yang diperlukan untuk membentuk “*monolayer*” pada permukaan dan pori katalis pada tekanan relatif (P/P_0) 0,05-0,35. Jumlah gas yang teradsorpsi pada tekanan tertentu didefinisikan sebagai isotherm adsorpsi. Diantara isotherm adsorpsi yang dikenal, salah satunya adalah Brunauer-Emmet-Teller(BET). Merupakan metode yang sering digunakan terutama untuk analisa luas permukaan (Adamson, 1976).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik dan Kimia Anorganik Jurusan Kimia FMIPA UNNES untuk mensistesis silika gel dan untuk adsorpsi

3.2 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah pasir kuarsa bahan baku pembuatan bata ringan. Sampel dalam penelitian ini adalah pasir kuarsa yang kemudian dibuat menjadi silika gel teraktivasi dan limbah ion Cu^{2+} sebagai sampel untuk mengetahui aktivitas silika gel hasil sintesis.

3.3 Variabel Penelitian

a. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pada proses adsorpsi yang meliputi pengaruh pH, waktu kontak dan konsentrasi

b. Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kapasitas adsorpsi ion Cu^{2+} yang teradsorpsi oleh silika gel pasir kuarsa.

c. Variabel terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang dijaga atau dikendalikan agar selalu konstan. Variabel terkontrol dalam pembuatan silika gel teraktivasi

adalah ukuran ayakan 100 mesh dan pH 7 (netral) dan suhu kamar saat proses adsorpsi

3.4 Prosedur Penelitian

a. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan antara lain :

1. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Perkin – Elmer Analyst 900 Tekkim Unnes
2. XRD Shimadzu XD-6000, *NOVA 1000 Gas Sorption Analyzer*.
3. *Surface Area Analyzer (SAA) Quantachrome NOVA- 1000*
4. Neraca analitik *AND GR-2000*
5. Corong bucher
6. Mortar dan alu
7. Labu Erlenmeyer
8. Gelas kimia
9. Pipet
10. Ayakan 100 *mesh*
11. Oven
12. Furnace *Barnstead Thermolyne*
13. Magnetic stirrer
14. Orbital shaker *Yellow line OS 10 basic*

b. Bahan yang akan digunakan :

1. Pasir kuarsa dari Rembang

2. HCl p.a (37% rapatan 1,19 g/mol berat molekul 36,453 g/mol)
Merck
3. Aquades
4. Kristal NaOH p.a.(99% berat molekul 39,99717 g/mol rapatan 2,1 g/cm³) Merck
5. Aquabides
6. Kristal CuSO₄.5H₂O Merck dengan kadar kemurnian 98%.

3.5 Cara Kerja

1. Proses pemurnian pasir silika

Pada proses pemurnian pasir silika mengikuti prosedur Ramadhan (2014) yang dimodifikasi. Pasir kuarsa diayak sehingga diperoleh serbuk homogen dengan ukuran 100 mesh. Sebanyak 50 g pasir kuarsa ditambahkan dengan HCl 3N sampai pasir silika terendam oleh HCl. Campuran kemudian dipanaskan sampai pasir silika larut yang ditandai dengan perubahan warna coklat agak kehijauan. Setelah itu, pH dinetralkan dengan aquades sampai pH 7. Padatan yang masih basah dikeringkan dengan oven dengan suhu 105 °C selama 5 menit. Pasir silika kering ditimbang untuk menentukan kadar silika murni. Dengan perhitungan

$$\% \text{SiO}_2 = \frac{\text{massa pasir akhir} - \text{massa kertas saring}}{\text{massa pasir awal}} \times 100\% \quad \dots\dots (3.1)$$

2. Pembuatan larutan natrium silikat (Na₂SiO₃)

Pada proses pembuatan larutan natrium silikat mengikuti prosedur Mujiyanti (2010) yang dimodifikasi. Pasir kuarsa hasil pemurnian ditambahkan 250 mL

NaOH 4M kemudian dididihkan sambil diaduk dengan pengaduk magnet dengan kecepatan 150 *rpm*. Setelah campuran agak kering, larutan dituangkan ke dalam cawan porselin dan dilebur pada temperatur 500 °C selama 8 jam. Setelah dingin hasil leburan ditambahkan 200 mL akuades, dibiarkan semalam, dan disaring dengan kertas saring Whatman 42. Filtrat yang dihasilkan merupakan larutan natrium silikat (Na_2SiO_3).

3. Pembuatan silika gel

Pada proses pembuatan silika gel mengikuti prosedur Sriyanti (2005) yang dimodifikasi. Larutan natrium silikat yang diperoleh kemudian ditambah dengan HCl 3 N bertetes-tetes, sambil diaduk hingga terbentuk gel berwarna putih. Gel yang terbentuk disaring dengan aquades sampai pH 7, kemudian dipanaskan dengan oven 100°C selama 18 jam. Setelah dingin silika gel teraktivasi dicuci dengan air hingga air bekas pencucinya bersifat netral. Selanjutnya silika gel teraktivasi digerus dan diayak hingga lolos ayakan 100 mesh.

4. Preparasi silika gel teraktivasi

Pada proses preparasi silika gel teraktivasi mengikuti prosedur penelitian Kartika (2009) yang dimodifikasi. Pembuatan silika gel teraktivasi dilakukan dengan cara memasukkan 30 g silika gel teraktivasi ke dalam larutan 100 mL HCl 1 M. Larutan tersebut dipanaskan dan diaduk menggunakan pengaduk magnet 150 *rpm* selama 60 menit, kemudian disaring. Residu yang

dihasilkan, dicuci berulang-ulang hingga pH mencapai 7 (netral). Residu dioven pada suhu 120°C selama 3 (tiga) jam, dan dikarakterisasi dengan XRD

5. Uji kadar air pada silika gel teraktivasi

Pada proses uji kadar air pada silika gel teraktivasi mengikuti prosedur penelitian Azizah (2011). Silika gel teraktivasi diuji kadar airnya guna untuk mengetahui apakah sudah memenuhi standar pembuatan atau belum. Pengujian kadar air dilakukan dengan cara penimbangan 1 gram silika gel, kemudian dioven pada suhu 105 °C selama 3 jam kemudian didinginkan dengan desikator. Setelah itu timbang lagi, dan panaskan lagi selama 30 menit. Pemanasan dan penimbangan dilakukan berulang-ulang hingga mencapai berat konstan.

Dengan rumus perhitungan kadar air :

$$\text{Uji kadar air} = \frac{\text{kadar silika basah} - \text{kadar silika kering}}{\text{kadar silika basah}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

5. Kemampuan silika gel dalam menurunkan kadar ion Cu^{2+}

a. Pengaruh pH pada adsorpsi ion Cu^{2+} dengan silika gel mengikuti prosedur penelitian Lelifajri (2010) yang dimodifikasi. 50 mL larutan Cu^{2+} 10 ppm diatur keasamannya pada pH 3; 4; 6 dan 9 dengan menambahkan larutan HCl 0,01M atau NaOH 0,01M untuk menstabilkan pH. Keedalam larutan dimasukan 0,5 gram silika gel teraktivasi dan digojok selama 60 menit pada suhu kamar kemudian disaring.

Konsentrasi ion logam yang tersisa dalam larutan ditentukan dengan Spektrofotometer Serapan Atom.

- b. Pengaruh waktu kontak pada adsorpsi ion Cu^{2+} dengan silika gel mengikuti prosedur penelitian Lelifajri (2010) yang dimodifikasi. Pengaruh waktu kontak larutan terhadap adsorpsi, dilakukan variasi waktu kontak antara ion Cu^{2+} dengan silika gel. 50 mL larutan ion Cu^{2+} 10 ppm pada pH optimum diinteraksikan dengan 0,5 gram silika gel teraktivasi pada variasi waktu kontak selama 20; 80; 100 dan 150 menit dan digojok pada suhu kamar kemudian disaring. Konsentrasi ion yang tersisa dalam larutan ditentukan dengan Spektrofotometer Serapan Atom.
- c. Pengaruh konsentrasi pada adsorpsi ion Cu^{2+} dengan silika gel mengikuti prosedur penelitian Lelifajri (2010) yang dimodifikasi. Penentuan kapasitas adsorpsi terhadap ion Cu^{2+} dilakukan dengan cara menginteraksikan 0,5 gram silika gel teraktivasi dengan 50 mL larutan Cu^{2+} pada berbagai konsentrasi, yaitu; 10, 30, 90, 120 dan 150 ppm. Campuran digojok selama waktu kontak hasil percobaan kemudian disaring. Konsentrasi ion yang tersisa dalam larutan ditentukan dengan Spektrofotometer Serapan Atom, dan jumlah ion yang teradsorpsi dihitung dari selisih jumlah logam sebelum dan sesudah adsorpsi.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Silika gel teraktivasi teraktivasi hasil sintesis dari pasir kuarsa memiliki karakteristik sebagai berikut pada karakterisasi dengan metode BET memiliki luas permukaan 222,068 m²/g, volume pori 71,2425 cc/g, dan ukuran pori 16,200 Å. Pada karakterisasi dengan XRD, silika gel teraktivasi bersifat amorf
2. Silika gel teraktivasi teraktivasi dari pasir kuarsa dapat menurunkan kadar ion Cu²⁺ dalam air pada pH 6, waktu kontak ke-80 menit dan konsentrasi awal 30 ppm dengan kapasitas adsorpsi 0,797 mg/gram

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka penulis dapat memberi saran antara lain:

1. Pada penelitian ini, silika gel teraktivasi belum dapat bekerja secara maksimal dalam proses adsorpsi terhadap ion Cu²⁺ dalam air oleh karena itu diperlukan biomassa lain untuk ditempel dipermukaan silika gel teraktivasi
2. Dalam penelitian ini belum ada pembanding untuk mengetahui seberapa efektifitas dari silika gel teraktivasi, maka diperlukan variasi silika gel sebagai pembanding

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A. 1976. *Physical Chemistry of Surface*. Canada : John Wiley and Sons
- Agustira, R., Lubis, K.S, & Jamilah. 2013. Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air Dan Debit Sungai Pada Kawasan DAS Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 1(3) : 2337-6597.
- Azizah, N. 2012. *Sintesis Silika gel teraktivasi Abu Ampas Tebu untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Pb dan Cr dalam Air*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Ayubi, M.C., Himmatul, B& Diana, C.D. 2010. Studi Kestimbangan Adsorpsi Merkuri (II) Pada Biomassa Daun Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*). *Alchemy*, 1(2): 53-105
- Bernard, E & Jimoh, A. 2013. Adsorption of Pb, Fe, Cu, and Zn From Industrial Electroplating Waste Water By Orange Peel Activated Carbon. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*. 4(2): 95-103
- Bhatia, R.B & Jeffrey, B. 2000. *Aqueous Sol-Gel Process For Protein Encapsulation*. Chem. Mater 12 (8) : 2434-2441
- Bokau, N.S., Eko, B.S., Muhammad, A. 2014. Sintesis Membran Kitosan termodifikasi Silika Abu Sekam Padi Untuk Proses Dekolorisasi. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 3(1): 42- 49
- Chandra, A., Arry, m., Livia, B, W., Andika, P. 2012. Isolasi Dan Karakterisasi Silika Dari Sekam Padi. *Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*. Universitas Katholik Parahyangan
- Clark, G.L., 1960. *Encyclopedia of Chemistry*. Reinhold Publishing Corporation. New York
- Dian, M. 2013. Pengaruh Konsentrasi HCl Dan Waktu Aging (Pematangan Gel) Terhadap Sintesis Silika Xerogel Berbahan Dasar Pasir Kuarsa Bangka. *Kimia Student Journal*. 2(2): 524-531
- Enymia, Suhandha & Sulistiharini, N. 1998. *Pembuatan Silika gel teraktivasi Dari Sekam Padi Untuk Bahan Pengisi Karet Ban*. Jurnal Keramik dan Gelas Indonesia. 7(182) 1-8
- Fairus, S., Haryono., M.H Sugito & Agus, S. 2009. Proses Pembuatan Waterglass Dari Pasir Silika Dengan Pelebur Natrium Hidroksida. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia* 8(2) : 56-62

- Fatimah, N. Agung, T.P., Woro, S. 2014. Penggunaan Silika Gel Terimobilisasi Biomassa *Aspergillus Niger* Untuk Adsorpsi Ion logam Fe (III). *Indonesian Journal of Chemistry Science*. 3(3):184-187
- Fauzan, A., Doty, D. R., Lizda, J. M. 2013. Sintesis Natrium Silikat Dari Lumur Lapindo Sebagai Inhibitor Korosi. *Jurnal Teknik Pomits*. 2(2):2301-9271
- Gumilaras, A. 2009. Pengaruh Suhu Reaksi pada Sintesis Zeolit dari Abu Sekam Padi Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Cu^{2+} . *Skripsi*. Semarang. Jurusan kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Handayani, M&Sulistiyono, E. 2009. Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Limbah Crom (IV) Oleh Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*. Bandung : BATAN
- Handoyo, K. 1996. *Kimia Anorganik*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Ibrahim, D.M., Agung, T.P., Sri, H. 2015. 2015. Optimasi adsorpsi Pb (II) Oleh Biomassa *Aspergillus Niger* Yang Diimobilisasi Silika Gel. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 4(2): 81-83
- Iriansyah, AS. 2011. *Kajian Aplikasi Pasir Kuarsa Sebagai Campuran Lapis Pondasi Pasir Aspal Emulsi*. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan
- Hemania, E. M. W., Juliana, O. S. 2011. Sintesis Silika Gel terimobilisasi Melalui Proses Sol-Gel. *Sains dan Terapan Kimia*. 5(1) :4-95
- Kalapathy,U., A Proctor., J Shultz. 2002. *An Improved Method For Production Of Silica From Rice Hull Ash*. *Bioresource Technology* 85 : 285-289
- Kartika, E. 2009. *Memperbaiki Kualitas Air Pengisi Broiler Di Pabrik Gula Sragi Dengan Cara Adsorpsi Ion Kesadahan Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2003. Keputusan Menteri NegaraLingkungan Hidup, No. 115 tahun 2003, tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air, Jakarta
- Kristianingrum, S., Endang, D.S., Annisa, F. 2011. *Pengaruh Jenis Asam Pada Sintesis Silika Gel Dari sbu Bagasse Dan Uji Sifat Adsorptifnya Terhadap Ion Logam Tembaga (II)*. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Universitas Negeri Yogyakarta*: 291-292
- Lelifajri. 2010. Adsorpsi Logam Cu (II) Menggunakan Lignin Dari Limbah Serbuk Kayu. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan* 7(3) :126-129

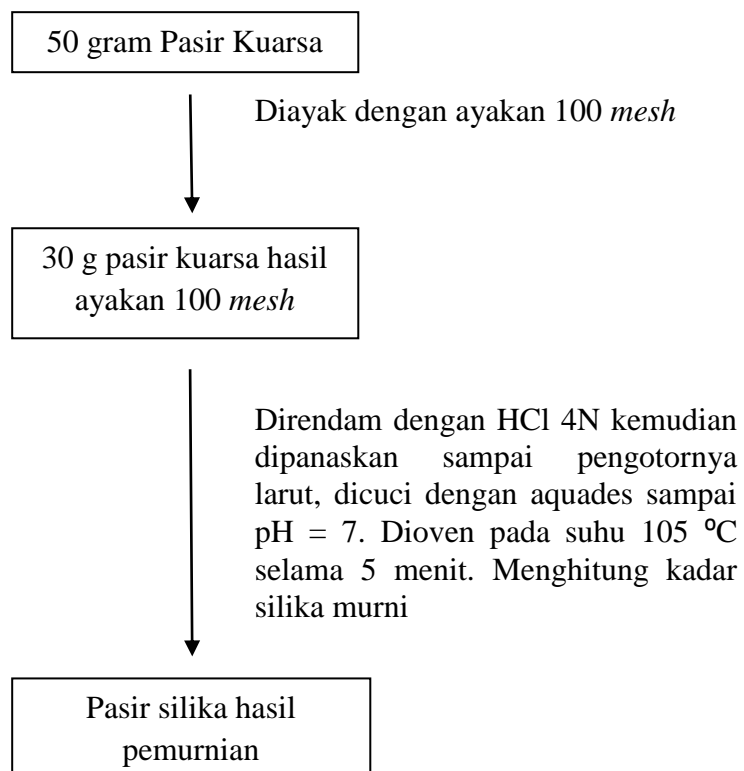
- Lesbani, A. 2011. Studi Interaksi Vanadium Dan Pasir Kuarsa. *Jurnal Penelitian Sains* 4(4C) : (14410)
- Lestari & Edward. 2004. *Dampak Pencemaran Logam Berat Terhadap Kualitas Air Laut Dan Sumber Daya Perikanan*. Makara,Sains 8(2):52-58
- Marwati, S., Regina, T.P & Marfuatun. 2009. Pemanfaatan Ion Logam Berat Tembaga (II), Kromium (II), Timbal (II),Seng (II) Dalam Limbah Cair Electroplating Untuk Pelapisan Logam Besi. *Jurnal Penelitian Saintek* 14(1): 17-40
- Mujiyanti, D.R., Nuryanto & Eko, S.K. 2010. Sintesis Dan Karakterisasi Silika Gel Dari Abu Sekam Padi Yang Dimobilisasi Dengan 3-(Trimetoksisilil)-Propantiol. *Sains Dan Terapan Kimia* 4 (2): 150-167
- Mukimin, A. 2006. *Pengolahan Limbah Industri Berbasis Logam Dengan Teknologi Elektrokoagulasi Flotasi*. Tesis. Semarang :Universitas Diponegoro Semarang
- Ngatijo. 2013. Sintesis Silika Termodifikasi Amin Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Ion Tembaga (II). *Prosiding Semirata*.Lampung : Universitas Lampung
- Nuryanto & Narsito. 2005. Effect Of Acid Concentration On Character Of Silika Gel Synthesized From Sodium Silicate. *Indo.J.Chem* 5(1) : 23-30
- Nurhasni., Hendrawati,. & Nubzah, S. 2014. *Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Limbah*. Fakultas Sains dan Teknologi UIN. Jakarta 4(1) :36-44
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 1 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air
- Purwaningsih,D. 2007. Adsorpsi Multi Logam Ag(I),Pb (II), Cr(III), Cu(II), Dan Ni (II) Pada Hibrida Etilendiamino - Silika Dari Abu Sekam Padi. *Jurnal Penelitian Saintek* 14(1) : 59-76
- Rahadi,B., Novia L. 2012. Penentuan Kualitas Air Dangkal Dan Arahana Pengelolaan. *Jurnal Teknologi Pertanian* 13(2) : 97-104
- Ramadhan, N.I., Munasir & Trikiwantoro. 2014. Sintesis Dan Karakterisasi Serbuk SiO₂ Dengan Variasi pH Dan Molaritas Berbahan Dasar Bancar Tuban. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits* 3(1) :2337-3520
- Rochayatun,E& Abdul, R. 2007. *Pemantauan Kadar Logam Berat Dalam Sedimen Di Perairan teluk Jakarta*. Makara,Sains 11(1) :28-36

- Sembiring, Z., Buhani, Suharso, dan Sumadi. 2009. *The Isothermic Adsorption Of Pb(II), Cu(II) and Cd(II) Ions on Nannochloropsis sp Encapsulated by Silica Aqua-Gel*. Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Lampung University. 9(1): 1-5
- Scott, R.P.W. 1993. *Silica Gel and Bonded Phases* “, Willey & Sons Ltd., Chichester.
- Shukla, V., Monika, D., Jay, P & K.V.Sastry. 2007. Bioaccumulation Of Zn, Cu And Cd In Channa Punctatus. *Journal of environmental Biology* (28)2 :395-397
- Sriyanti., Taslimah., Choiril, A. 2005. Sintesis Kadmium (II) Pada Bahan Hibrida Amino-Silika Dari Abu Dekam Padi Melalui Proses Sol Gel. *JKSA*. 8(1):1-12
- Sulistiyono, E., Sumantri, S & Djusman, S. 2004. *Kajian Proses Pembentukan Silika Dan Pengendapan Silika*. Pusat Penelitian Metalurgi. 7 September 2004:397-402
- Suprihatin., Nastiti, S.I. 2010. *Penyisihan Logam Berat Dari Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode Presipitasi Dan Adsorpsi*. Makara, Sains 14 (1) :44-50
- Vogel, 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*, a.s.: Setiono dkk, *Edisi kelima*. Jakarta. PT. Kalman Media Pustaka.
- Widaningrum., Miskiyah & Suismono. 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat Dalam Sayuran Dan Alternatif Pencegahan Pencemarannya. *Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Pascapanen Pertanian* 3(1): 17-27
- Yahya, N.F. 2012. *Penurunan Kadar Cr dan Pb dalam Air Sumur Gali di Wilayah Industri Elektroplating menggunakan Silika gel teraktivasi Sekam Padi*. Skripsi. Semarang: FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Yulianto RT. 2011. *Sintesis zeolit dari abu sekam padi dan aplikasinya untuk menurunkan kadar ion logam Cr pada limbah elektroplating*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang.

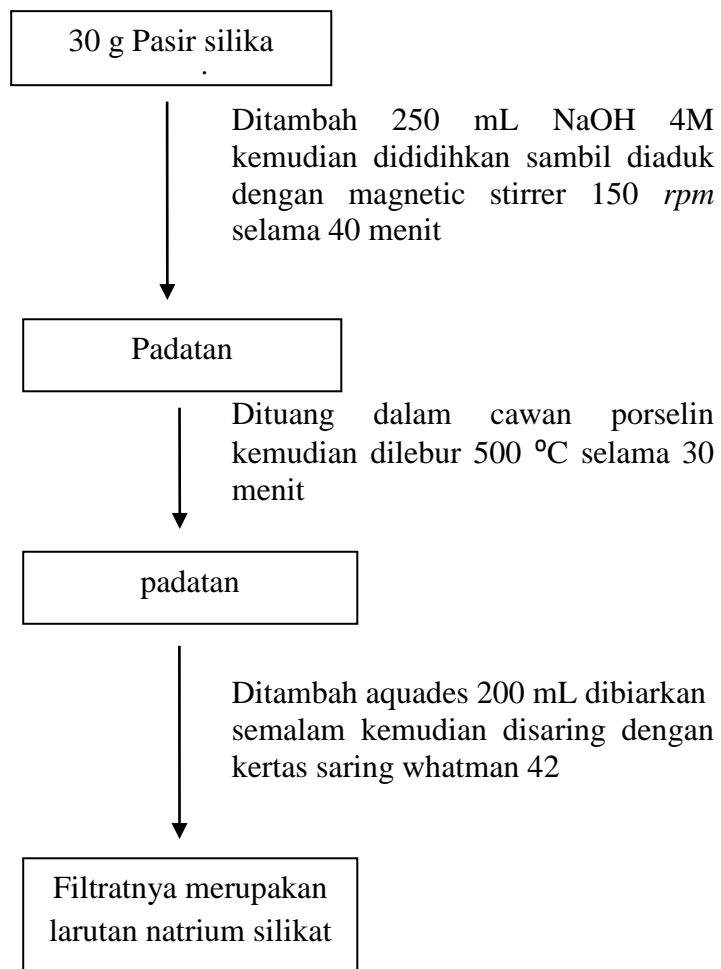
Lampiran 1

A. Skema Kerja

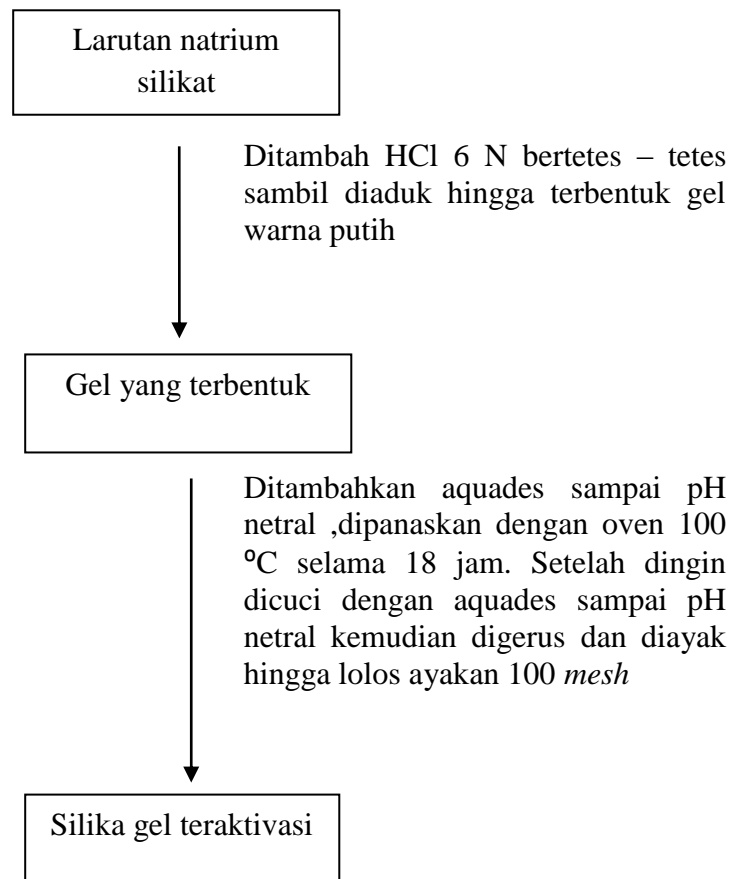
1. Proses pemurnian pasir silika



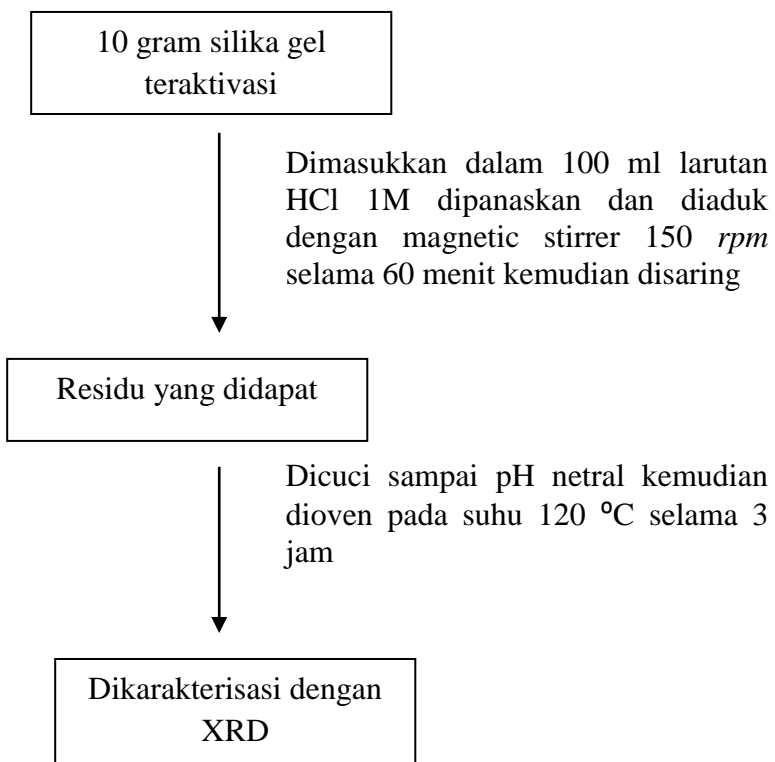
2. Pembuatan Larutan Natrium Silikat



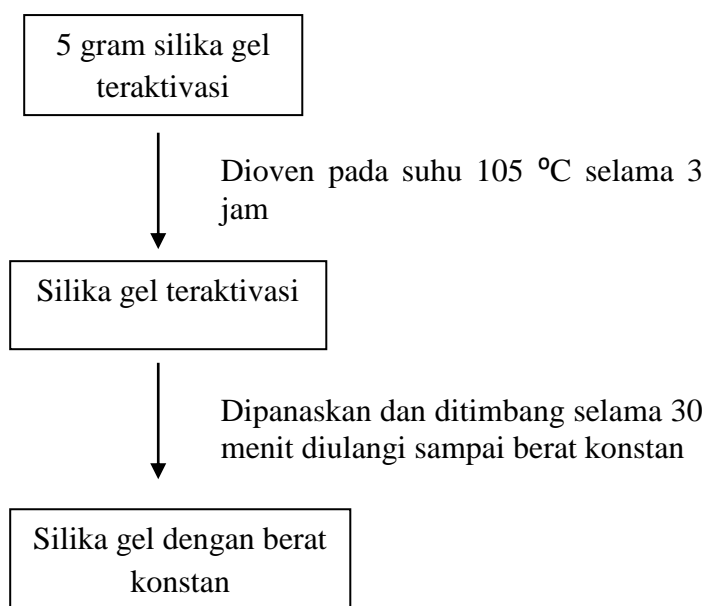
3. Pembuatan Silika Gel



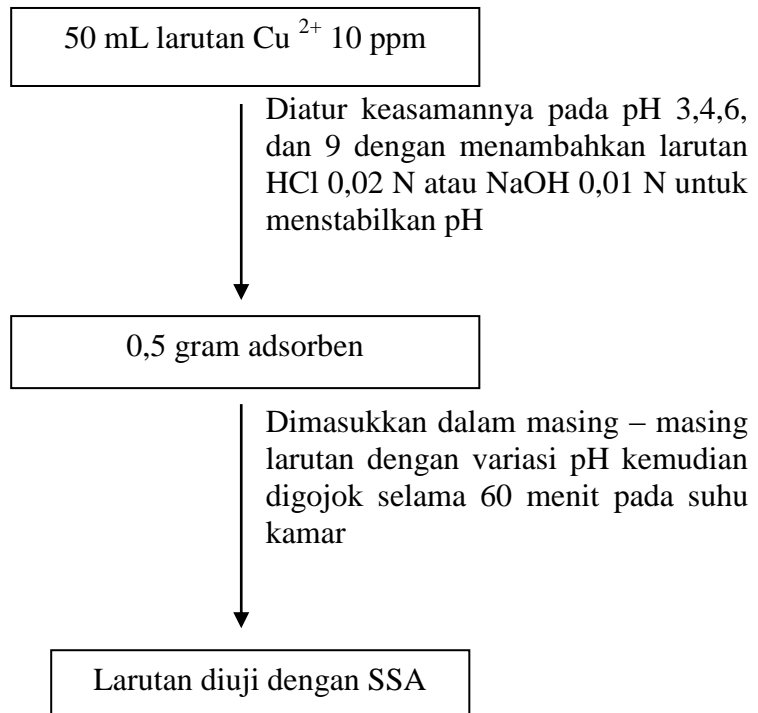
4. Preparasi Silika Gel Teraktivasi



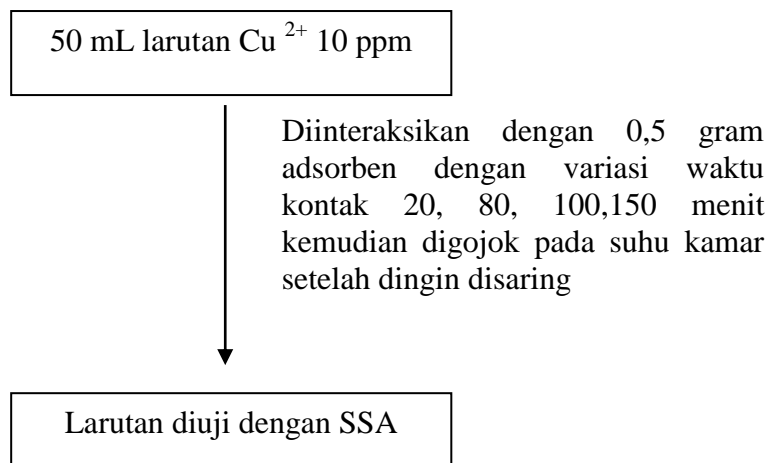
5. Uji Kadar Air Silika Gel



6. Kemampuan Silika gel teraktivasi Pasir Kuarsa Untuk Menurunkan Kadar Ion Cu^{2+} Dalam Air Dengan Variasi pH



7. Kemampuan Silika gel teraktivasi Pasir Kuarsa Untuk Menurunkan Kadar Ion Cu^{2+} Dalam Air Dengan Variasi Waktu Kontak



8. Kemampuan Silika gel teraktivasi Pasir Kuarsa Untuk Menurunkan Kadar Ion Cu^{2+} Dalam Air Dengan Variasi Konsentrasi

0,5 gram adsorben

Dimasukkan dalam 50 mL larutan Cu^{2+} dengan variasi konsentrasi 10, 30, 90, 120 dan 150 ppm kemudian digojok selama waktu kontak hasil percobaan maksimum setelah itu disaring

Diuji dengan SSA

Lampiran 2

A. Perhitungan Kadar SiO₂

Berat pasir 50,0177 gram

Berat kertas saring 19,4246 gram

Berat pasir+kertas saring(oven) 63,0176 gram

Kadar SiO₂

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(\text{massa pasir kering} + \text{kertas saring}) - \text{massa kertas saring}}{\text{massa pasir kuarsa awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{63,0176 - 19,4246}{50,0177} \times 100\% \\
 &= 87,16 \%
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan Larutan

a. Pembuatan Larutan HCl 4 N

HCl pekat (37-38%, 1,19 kg/L)

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

$$1,19 = \frac{\text{massa}}{1}$$

$$\text{massa} = 1,19 \text{ kg}$$

$$\text{massa 1 ml HCl p.a} = 1,19 \text{ kg}$$

$$\text{mol} = \frac{\left(\frac{37}{100}\right) \times (1,19 \times 1000)}{36,5}$$

$$= 12,0630 \text{ mol}$$

$$M = \frac{\text{mol}}{\text{volume}}$$

$$= \frac{12,0630}{1}$$

$$= 12,0630 \text{ M}$$

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 12,0630 = 50 \times 4$$

$$V_1 = 16,5796 \text{ mL}$$

Jadi untuk membuat larutan HCl 4 M yaitu dengan mengencerkan 16,5796 mL HCl 12,0630 M dengan aquademin dalam labu takar 50 mL hingga tanda batas dan dihomogenkan.

b. Pembuatan NaOH 4M

$$M_{\text{NaOH}} = \frac{\text{massa}}{Mr} \times \frac{1000}{ml}$$

$$4 = \frac{\text{massa}}{40} \times \frac{1000}{250}$$

$$\text{massa} = 40 \text{ gram}$$

c. Perhitungan volume NaOH yang dibutuhkan

$$\text{mol SiO}_2 = \frac{\text{gram}}{Mr} = \frac{30}{60} = 0,5$$

$$\text{mol NaOH} = 2 \times n \text{ SiO}_2 = 2 \times 0,5$$

$$\text{volume NaOH yang dibutuhkan : } M = \frac{n}{vol}$$

$$4 = \frac{1}{vol}$$

$$V = 0,25 \text{ L} = 250 \text{ ml}$$

Jadi untuk membuat larutan NaOH 4M harus menimbang Kristal NaOH sebanyak 40 gram, kemudian dilarutkan dengan aquademin dan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL. Setelah itu, diencerkan dengan aquademin sampai tanda batas.

d. Pembuatan larutan HCl 6M

HCl pekat (37-38%, 1,19 kg/L)

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

$$1,19 = \frac{\text{massa}}{1}$$

$$\text{massa} = 1,19 \text{ kg}$$

$$\text{massa 1 ml HCl p.a} = 1,19 \text{ kg}$$

$$\text{mol} = \frac{\left(\frac{37}{100}\right) \times (1,19 \times 1000)}{36,5}$$

$$= 12,0630 \text{ mol}$$

$$M = \frac{\text{mol}}{\text{volume}}$$

$$= \frac{12,0630}{1}$$

$$= 12,0630 \text{ M}$$

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 12,0630 = 25 \times 6$$

$$V_1 = 12,4347 \text{ mL}$$

Jadi untuk membuat larutan HCl 2M yaitu dengan mengencerkan 12,4347 mL HCl 12,0630 M dengan aquademin dalam labu takar 25 mL hingga tanda batas dan dihomogenkan.

e. Pembuatan larutan HCl 1M

HCl pekat (37-38%, 1,19 kg/L)

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

$$1,19 = \frac{\text{massa}}{1}$$

$$\text{massa} = 1,19 \text{ kg}$$

massa 1 mL HCl p.a = 1,19 kg

$$\begin{aligned} \text{mol} &= \frac{\left(\frac{37}{100}\right) \times (1,19 \times 1000)}{36,5} \\ &= 12,0630 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= \frac{\text{mol}}{\text{volume}} \\ &= \frac{12,0630}{1} \\ &= 12,0630 \text{ M} \end{aligned}$$

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 12,0630 = 100 \times 1$$

$$V_1 = 8,2898 \text{ mL}$$

Jadi untuk membuat larutan HCl 1M yaitu dengan mengencerkan 8,2898 mL HCl 12,0630 M dengan aquademin dalam labu takar 100 mL hingga tanda batas dan dihomogenkan.

f. Pembuatan larutan HCl 0,01M

HCl pekat (37-38%, 1,19 kg/L)

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

$$1,19 = \frac{\text{massa}}{1}$$

$$\text{massa} = 1,19 \text{ kg}$$

massa 1 ml HCl p.a = 1,19 kg

$$\begin{aligned} \text{mol} &= \frac{\left(\frac{37}{100}\right) \times (1,19 \times 1000)}{36,5} \\ &= 12,0630 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$M = \frac{\text{mol}}{\text{volume}}$$

$$= \frac{12,0630}{1}$$

$$= 12,0630 \text{ M}$$

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 12,0630 = 200 \times 0,01$$

$$V_1 = 0,1658 \text{ mL}$$

Jadi untuk membuat larutan HCl 0,01M yaitu dengan mengencerkan 0,1658 mL HCl 12,0630 M dengan aquademin dalam labu takar 200 mL hingga tanda batas dan dihomogenkan.

g. Pembuatan larutan NaOH 0,01M

$$0,01 = \frac{\text{gram}}{Mr} \times \frac{1000}{\text{pelarut}}$$

$$0,01 = \frac{\text{gram}}{40} \times \frac{1000}{200}$$

$$\text{Massa} = 0,8 \text{ gram}$$

Jadi untuk membuat larutan NaOH 0,01M yaitu dengan mengencerkan 0,8 gram NaOH dengan aquademin dalam labu takar 200 mL hingga tanda batas dan dihomogenkan.

C. Perhitungan pembuatan larutan induk 1000 ppm

- a. Diketahui : Mr $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ = 249,68
 Kadar $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ = 98 %
 Ar Cu = 63,5
 1000 ppm = 1000 mg/L
 = 1 g/L

$$\text{Massa CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} = \frac{Mr \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{Ar \text{ Cu}} \times 1 \text{ g} \times \frac{100}{98}$$

$$= \frac{249,68}{63,5} \times 1 \times \frac{100}{98}$$

$$= 3,93 \times 1 \times 1,02$$

$$= 4,0102 \text{ gram}$$

Pembuatan larutan induk Cu 1000 ppm. Sebanyak 4,0102 gram serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Kemudian dilarutkan dengan aquademin ke dalam beaker glass 250 mL. Larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan ditambahkan aquademin ke dalamnya sampai tanda batas.

b. Membuat Larutan 100 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \cdot V_1 = 100 \cdot 250$$

$$= 25 \text{ ml}$$

Mengambil larutan induk 1000 ppm sebanyak 25 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL. Kemudian diencerkan dengan aquademin sampai tanda batas.

c. Pembuatan Larutan 10 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

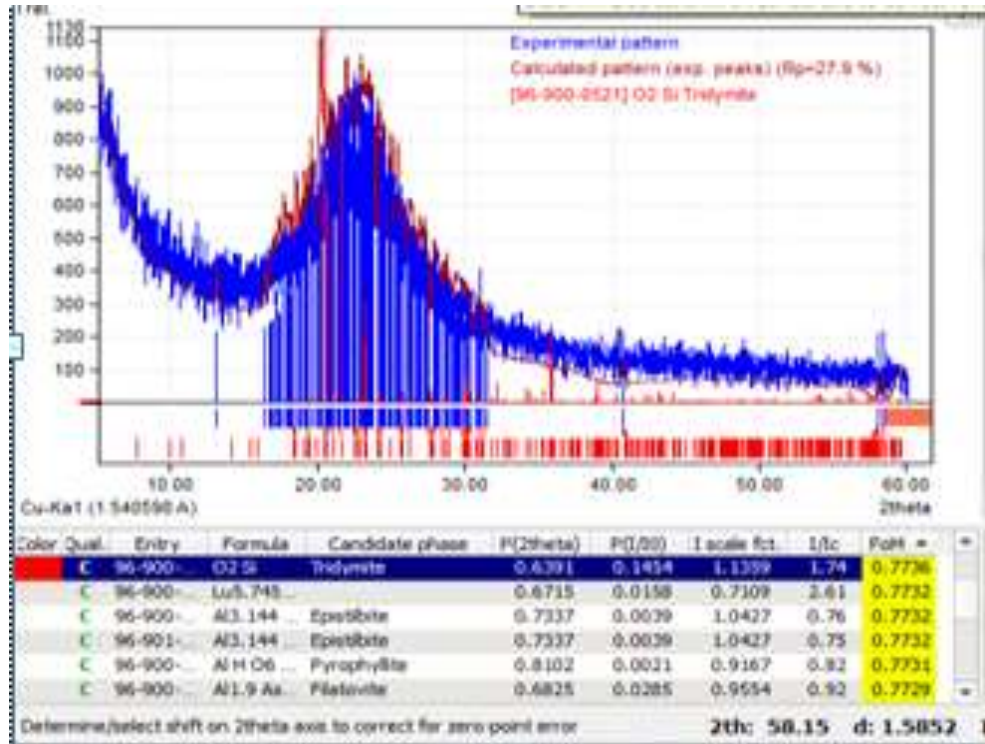
$$100 \cdot V_1 = 10 \cdot 250$$

$$= 25 \text{ ml}$$

Mengambil larutan 100 ppm sebanyak 25 mL dan dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL. Kemudian diencerkan dengan aquademin sampai tanda batas.

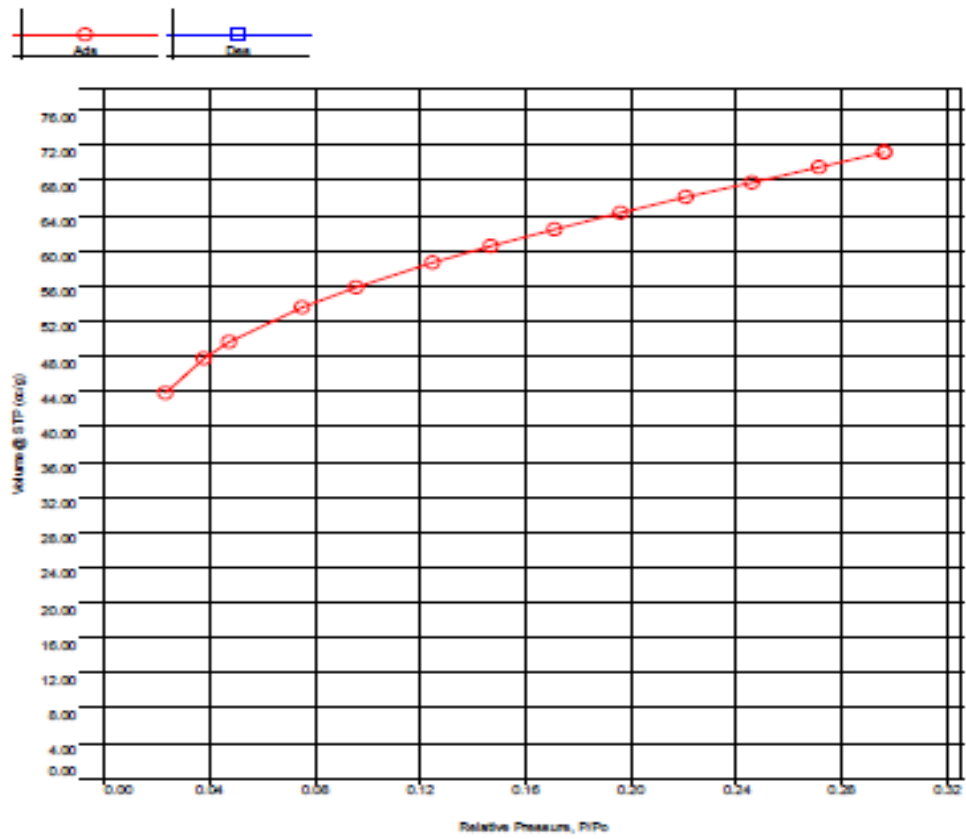
Lampiran 3

Hasil Diffraktogram Sinar X (XRD) Silika gel teraktivasi Teraktivasi



Lampiran 4

Hasil Uji SAA Pada Silika gel teraktivasi Teraktivasi



Multi-Point BET Data

Relative Pressure	Volume @ STP	$1 / [W((P_0/P) - 1)]$	Relative Pressure	Volume @ STP	$1 / [W((P_0/P) - 1)]$
[P/P ₀]	[cc/g]		[P/P ₀]	[cc/g]	
4.73110e-02	49.6680	7.9999e-01	1.95978e-01	64.3187	3.0322e+00
7.51500e-02	53.5890	1.2132e+00	2.20986e-01	66.0932	3.4341e+00
9.57220e-02	55.8975	1.5152e+00	2.45819e-01	67.8159	3.8456e+00
1.24837e-01	58.7152	1.9438e+00	2.71261e-01	69.5355	4.2831e+00
1.46971e-01	60.5821	2.2755e+00	2.96255e-01	71.2425	4.7278e+00
1.71012e-01	62.4571	2.6427e+00			

BET summary

Slope = 15.676
 Intercept = 5.855e-03
 Correlation coefficient, r = 0.999474
 C constant = 2678.530

 Surface Area = 222.068 m²/g

Lampiran 5

Hasil analisis penurunan kadar ion logam Cu^{2+} dalam air dengan silika gel teraktivasi

Sample	Concentration	Blank	Result
1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000
16	0.000	0.000	0.000
17	0.000	0.000	0.000
18	0.000	0.000	0.000
19	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000

Sample	Concentration	Blank	Result
1	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000
16	0.000	0.000	0.000
17	0.000	0.000	0.000
18	0.000	0.000	0.000
19	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000

Lampiran 6

Perhitungan uji kadar air pada silika gel teraktivasi teraktivasi

$$1. \text{ Kadar air 30 menit pertama} = \frac{\text{Berat awal} - \text{berat setelah dioven}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{30,4375 - 30,3501}{30,4375} \times 100\% = 0,287 \%$$

$$2. \text{ Kadar air 30 menit kedua} = \frac{\text{Berat awal} - \text{berat setelah dioven}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{30,4375 - 30,3561}{30,4375} \times 100\% = 0,276\%$$

$$3. \text{ Kadar air 30 menit ketiga} = \frac{\text{Berat awal} - \text{berat setelah dioven}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{30,4375 - 30,3557}{30,4375} \times 100\% = 0,268\%$$

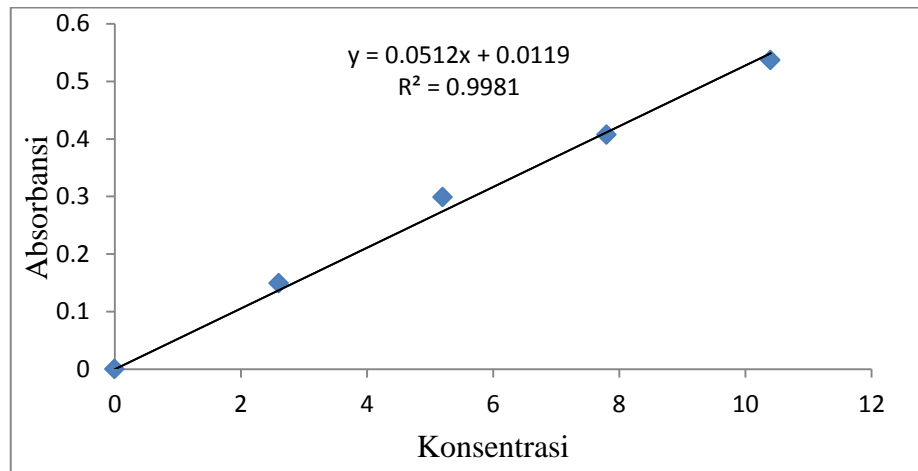
Hasil Perhitungan Penurunan Kadar Ion Logam Cu Dalam Larutan Dengan

Silika gel teraktivasi Teraktivasi

1. Penurunan Kadar Ion Cu^{2+} dalam air dengan Silika gel teraktivasi variasi pH

Tabel 1. Pembuatan kurva kalibrasi Cu^{2+}

Konsentrasi	Absorbansi
0	0
2,6	0,149
5,2	0,2988
7,8	0,4073
10,4	0,537



Gambar 1. Kurva Kalibrasi Cu²⁺

Tabel 2. Penurunan kadar ion Cu²⁺ dalam air dengan variasi pH

pH	Absorbansi	x	C terserap	teradsorp
3 sebelum	0,4308	8,1816		
3 sesudah	0,344	6,4863	1,6953	0,1695
4 sebelum	0,4103	7,7813		
4 sesudah	0,2681	5,0039	2,7773	0,2777
6 sebelum	0,3071	5,7656		
6 sesudah	0,0133	0,0273	5,7383	0,5738
9 sebelum	0,0277	0,3085		
9 sesudah	0,0147	0,0547	0,0254	0,0254

Perhitungan :

Berdasarkan kurva kalibrasi diperoleh persamaan :

$$Y = 0,0512x + 0,0119$$

$$R^2 = 0,9981$$

- Konsentrasi pH 3 sebelum adsorpsi dengan absorbansi : 0,4308

$$0,4308 = 0,0512x + 0,0119$$

$$X = 8,1816\text{ppm}$$

Konsentrasi pH 3 setelah adsorpsi dengan absorbansi = 0,3440

$$0,3440 = 0,0512x + 0,0119$$

$$X = 6,4863\text{ ppm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Konsentrasi terserap} &= C \text{ awal} - C \text{ akhir} \\
 &= 8,1816 \text{ ppm} - 6,4863 \text{ ppm} \\
 &= 1,6953 \text{ ppm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{teradsorp} : q &= \frac{(C \text{ terserap} \times \text{volume larutan})}{\text{massa}} \\
 &= \frac{(1,6953 \times 0,05)}{0,5} \\
 &= 0,1695 \text{ mg/gram}
 \end{aligned}$$

- Konsentrasi pH 4 sebelum absorpsi dengan absorbansi = 0,4103

$$0,4103 = 0,0512x + 0,0119$$

$$X = 7,7813 \text{ ppm}$$

Konsentrasi pH 4 sesudah absorpsi dengan absorbansi = 0,2681

$$0,2681 = 0,0512x + 0,0119$$

$$X = 5,0039 \text{ ppm}$$

$$\text{Konsentrasi terserap} = C \text{ awal} - C \text{ akhir}$$

$$= 7,7813 \text{ ppm} - 5,0039 \text{ ppm}$$

$$= 1,6953 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{teradsorp} : q &= \frac{(C \text{ terserap} \times \text{volume larutan})}{\text{massa}} \\
 &= \frac{(1,6953 \times 0,05)}{0,5}
 \end{aligned}$$

$$= 0,1695 \text{ mg/gram}$$

Konsentrasi pH 6 sebelum adsorpsi dengan absorbansi = 0,3071

$$0,3071 = 0,0512x + 0,0119$$

$$X = 5,7656 \text{ ppm}$$

Konsentrasi pH 6 sesudah adsorpsi dengan absorbansi = 0,0133

$$0,0133 = 0,0512x + 0,0119$$

$$X = 0,0273 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi terserap} &= C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}} \\ &= 5,7656 \text{ ppm} - 0,0273 \text{ ppm} \\ &= 5,7383 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Teradsorp} : q &= \frac{(C_{\text{terserap}} \times \text{volume larutan})}{\text{massa}} \\ &= \frac{(5,7383 \times 0,05)}{0,5} \\ &= 0,5738 \text{ mg/gram} \end{aligned}$$

Konsentrasi pH 9 sebelum adsorpsi dengan absorbansi = 0,0277

$$0,0277 = 0,0512x + 0,0119$$

$$X = 0,3086 \text{ ppm}$$

Konsentrasi pH 9 sesudah adsorpsi dengan absorbansi = 0,0147

$$0,0147 = 0,0512x + 0,0119$$

$$X = 0,0547 \text{ ppm}$$

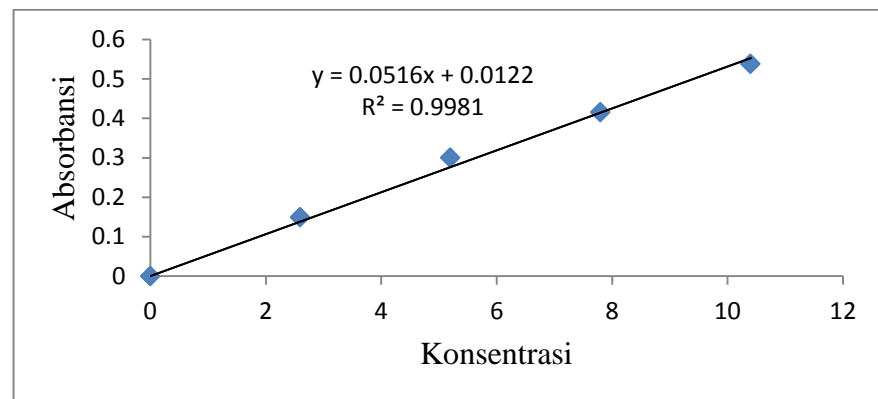
$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi terserap} &= C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}} \\ &= 0,3086 \text{ ppm} - 0,0547 \text{ ppm} \\ &= 0,2539 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{teradsorp} : q &= \frac{(C_{\text{terserap}} \times \text{volume larutan})}{\text{massa}} \\ &= \frac{(0,2539 \times 0,05)}{0,5} \\ &= 0,0254 \text{ mg/gram} \end{aligned}$$

2. Penurunan kadar ion Cu^{2+} dalam air dengan silika gel teraktivasi variasi waktu kontak

Tabel 3. Pembuatan kurva kalibrasi Cu^{2+}

Konsentrasi	Absorbansi
0	0
2,6	0,1491
5,2	0,3
7,8	0,4152
10,4	0,5373



Gambar 3. Kurva Kalibrasi Larutan Cu^{2+}

Tabel 4. Penurunan Kadar Ion Logam Cu Variasi Waktu Kontak

Waktu	Absorbansi	x	C terserap	teradsorp
awal	0,2646	4,8915		
T20	0,0858	1,4264	3,4651	0,3465
awal	0,2646	4,8915		
T80	0,0415	0,5678	4,3236	0,4324
awal	0,2646	4,8915		
T100	0,0698	1,1163	3,7752	0,3775
awal	0,2646	4,8915		
T150	0,13	2,2829	2,6085	0,2609

Perhitungan:

Dari kurva kalibrasi didapatkan persamaan :

$$Y = 0,0516x + 0,0122$$

$$R^2 = 0,9981$$

- Konsentrasi awal pada T20 absorbansi = 0,2646

$$0,2646 = 0,0516 x + 0,0122$$

$$X = 4,8915 \text{ ppm}$$

Konsentrasi akhir pada T 20 absorbansi = 0,0858

$$0,0858 = 0,0516x + 0,0122$$

$$X = 1,4264 \text{ ppm}$$

Konsentrasi terserap = Cawal – Cakhir

$$= 4,8915 \text{ ppm} - 1,4264 \text{ ppm}$$

$$= 3,4651 \text{ ppm}$$

$$\text{teradsorp} : q = \frac{(C \text{ terserap} \times \text{volume larutan})}{\text{massa}}$$

$$= \frac{(3,4651 \times 0,05)}{0,5}$$

$$= 0,3465 \text{ mg/gram}$$

Konsentrasi awal pada T80 absorbansi = 0,2646

$$0,2646 = 0,0512x + 0,0122$$

$$X = 4,8915 \text{ ppm}$$

Konsentrasi akhir pada T80 absorbansi = 0,0415

$$0,0415 = 0,0516x + 0,0122$$

$$X = 0,5678 \text{ ppm}$$

Konsentrasi terserap = Cawal – C akhir

$$= 4,8915 \text{ ppm} - 0,5678 \text{ ppm}$$

$$= 4,3236 \text{ ppm}$$

$$\text{teradsorp} : q = \frac{(C \text{ terserap} \times \text{volume larutan})}{\text{massa}}$$

$$= \frac{(4,3236 \times 0,05)}{0,5}$$

$$= 0,4324 \text{ mg/gram}$$

Konsentrasi awal pada T100 absorbansi = 0,2646

$$0,2646 = 0,0516x + 0,0122$$

$$X = 4,8915 \text{ ppm}$$

Konsentrasi akhir pada T100 = 0,0696

$$0,0696 = 0,0516x + 0,0122$$

$$X = 1,1163 \text{ ppm}$$

Konsentrasi terserap = Cawal – Cakhir

$$= 4,8915 \text{ ppm} - 1,1163 \text{ ppm}$$

$$= 3,7752 \text{ ppm}$$

$$\begin{aligned} \text{teradsorp : } q &= \frac{(C \text{ tesorap} \times \text{volume larutan})}{\text{massa}} \\ &= \frac{(3,7752 \times 0,05)}{0,5} \\ &= 0,3775 \text{ mg/gram} \end{aligned}$$

Konsentrasi awal pada T150 absorbansi = 0,2646

$$0,2646 = 0,0516x + 0,0122$$

$$X = 4,8915 \text{ ppm}$$

Konsentrasi akhir pada T150 absorbansi = 0,130

$$0,130 = 0,0516x + 0,0122$$

$$X = 2,2829 \text{ ppm}$$

Konsentrasi terserap = Cawal – Cakhir

$$= 4,8915 \text{ ppm} - 2,2829 \text{ ppm}$$

$$= 2,6085 \text{ ppm}$$

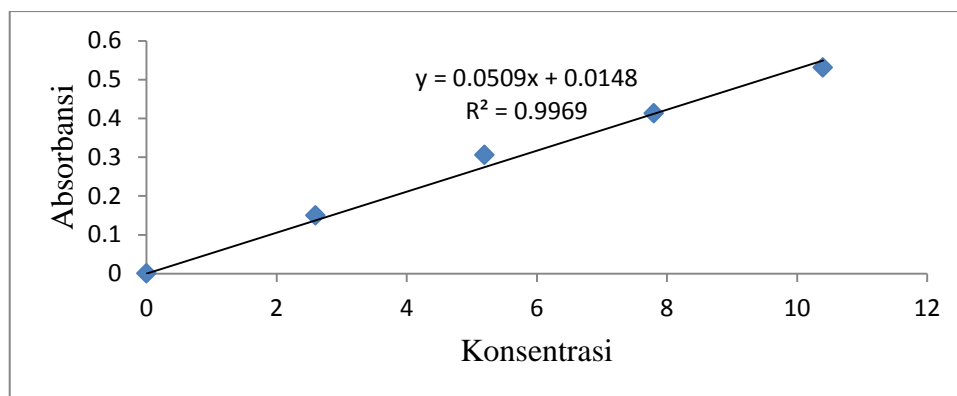
$$\begin{aligned} \text{Teradsorp : } q &= \frac{(C \text{ tesorap} \times \text{volume larutan})}{\text{massa}} \\ &= \frac{(2,6085 \times 0,05)}{0,5} \end{aligned}$$

$$= 0,2609 \text{ mg/gram}$$

3. Penurunan kadar ion Cu^{2+} dalam air dengan silika gel teraktivasi variasi konsentrasi

- a. Tabel 5. Pembuatan kurva kalibrasi Cu^{2+}

Konsentrasi	Absorbansi
0	0
2,6	0,1497
5,2	0,3053
7,8	0,4127
10,4	0,5306



Gambar 5. Kurva Kalibrasi Larutan Cu^{2+}

b. Tabel 6. Penurunan kadar ion Cu^{2+} variasi konsentrasi

Konsentrasi	absorbansi	x	C terserap	teradsorp
awal	0,3525	6,6346		
10	0,1364	2,3899	4,2456	0,4246
awal	0,8033	15,4912		
30	0,3977	7,5226	7,9686	0,7969
awal	0,1554	2,7623		
90	0,1187	2,0413	0,7210	0,0721
awal	0,1649	2,9489		
120	0,1354	2,3694	0,5796	0,0579
awal	0,1674	2,9980		
150	0,1506	2,6679	0,3301	0,0330

Perhitungan: dengan pengenceran 10 kali

Dari kurva kalibrasi larutan Cu^{2+} didapatkan persamaan :

$$Y = 0,0509x + 0,0148$$

$$R^2 = 0,993$$

- Konsentrasi awal pada C10 absorbansi = 0,3525
 $0,3525 = 0,0509x + 0,0148$
 $X = 6,6346 \text{ ppm}$

Konsentrasi akhir pada C10 absorbansi = 0,1364

$$0,1364 = 0,0509x + 0,0148$$

$$X = 2,3899 \text{ ppm}$$

Kapasitas terserap = $C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}$

$$= 6,6346 \text{ ppm} - 2,3899 \text{ ppm}$$

$$= 4,2456 \text{ ppm}$$

$$\text{Teradsorp : } q = \frac{(C \text{ terserap} \times \text{volume larutan})}{\text{massa}}$$

$$= \frac{(4,2456 \times 0,05)}{0,5}$$

$$= 0,4246 \text{ mg/gram}$$

$$\text{Konsentrasi awal pada C30 absorbansi} = 0,8033$$

$$0,8033 = 0,0509x + 0,0148$$

$$X = 15,4912 \text{ ppm}$$

$$\text{Konsentrasi akhir pada C30 absorbansi} = 0,3977$$

$$0,3977 = 0,0509x + 0,0148$$

$$X = 7,5226 \text{ ppm}$$

$$\text{Konsentrasi terserap} = C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}$$

$$= 15,4912 \text{ ppm} - 7,5226 \text{ ppm}$$

$$= 7,9686 \text{ ppm}$$

$$\text{Teradsorp } q = \frac{(C_{\text{teserap}} \times \text{volume larutan})}{\text{massa}}$$

$$= \frac{(7,9686 \times 0,05)}{0,5}$$

$$= 0,7969 \text{ mg/gram}$$

$$\text{Konsentrasi awal pada C90 absorbansi} = 0,1554$$

$$0,1554 = 0,0509x + 0,0148$$

$$X = 2,7623 \text{ ppm}$$

$$\text{Konsentrasi akhir pada C90 absorbansi} = 0,1187$$

$$0,1187 = 0,0509x + 0,0148$$

$$X = 2,0413 \text{ ppm}$$

$$\text{Konsentrasi terserap} = C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}$$

$$= 2,7623 \text{ ppm} - 2,0413 \text{ ppm}$$

$$= 0,7210 \text{ ppm}$$

$$\text{Teradsorp } q = \frac{(C_{\text{teserap}} \times \text{volume larutan})}{\text{massa}}$$

$$= \frac{(0,7210 \times 0,05)}{0,5}$$

$$= 0,0721 \text{ mg/gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi awal pada C120 absorbansi} &= 0,1649 \\ 0,1649 &= 0,0509x + 0,0148 \\ X &= 2,9489 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi akhir pada C120 absorbansi} &= 0,1354 \\ 0,1354 &= 0,0509x + 0,0148 \\ X &= 2,3694 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi terserap} &= C_{\text{awal}} - C_{\text{terserap}} \\ &= 2,9980 \text{ ppm} - 2,6640 \text{ ppm} \\ &= 0,5796 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Teradsorp : } q &= \frac{(C_{\text{teserap}} \times \text{volume larutan})}{\text{massa}} \\ &= \frac{(0,5796 \times 0,05)}{0,5} \\ &= 0,0579 \text{ mg/gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi awal pada C150 absorbansi} &= 0,1674 \\ 0,1674 &= 0,0509x + 0,0148 \\ X &= 2,9980 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi akhir pada C150 absorbansi} &= 0,1506 \\ 0,1506 &= 0,0509x + 0,0148 \\ X &= 2,6679 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi terserap} &= C_{\text{awal}} - C_{\text{terserap}} \\ &= 2,9980 \text{ ppm} - 2,6679 \text{ ppm} \\ &= 0,3301 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Teradsorp : } q &= \frac{(C_{\text{teserap}} \times \text{volume larutan})}{\text{massa}} \\ &= \frac{(0,3301 \times 0,05)}{0,5} \\ &= 0,0330 \text{ mg/gram} \end{aligned}$$