TA/TL/2021/1291

TUGAS AKHIR

EFEKTIVITAS PENYISIHAN ION LOGAM Pb^{2+} MENGGUNAKAN PASIR SILIKA SEBAGAI ADSORBEN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

SHOFI LATIFAH NUHA
ANFARESI NIM. 17513166

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA

2021

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

TUGAS AKHIR

EFEKTIVITAS PENYISIHAN ION LOGAM Pb^{2+} MENGGUNAKAN PASIR SILIKA SEBAGAI ADSORBEN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

SHOFI LATIFAH NUHA
ANFARESI NIM. 17513166

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng
NIK. 165131306
Tanggal: 12 April 2021

Lutfia Ispa Ardhayanti, S.Si., M.Sc NIK. 155130111
Tanggal: 12 April 2021

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan
FTSP UII

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D
NIK. 025100406
Tanggal: 12 April 2021

HALAMAN PENGESAHAN*

EFEKTIVITAS PENYISIHAN ION LOGAM Pb^{2+} MENGGUNAKAN PASIR SILIKA SEBAGAI ADSORBEN

Telah diterima dan disahkan oleh Tim

Penguji Hari : Selasa

Tanggal : 30 Maret 2021

Disusun Oleh:

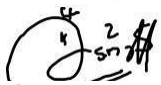
SHOFI LATIFAH NUHA ANFARESI NIM. 17513166

Tim Penguji :

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng



Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc



Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.

Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.

Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sangsi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 23 Maret 2021

Yang membuat pernyataan,



Shofi Latifah Nuha Anfaresi

NIM: 17513166

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan November hingga Februari ini ialah **Efektivitas Penyisihan Ion Logam Pb^{2+} Menggunakan Pasir Silika Sebagai Adsorben.**

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis tentu tidak terlepas dari motivasi, dukungan, bimbingan dan doa dari berbagai belah pihak. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan segala bentuk kebaikan, kemudahan dan petunjuk-Nya yang mengilhami penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orangtua penulis, Bapak Fadillah Sabri, S.T., M.Eng dan Ibu Dr. Reniati, S.E., M. Si, yang terus mendukung, mendo'akan dan memotivasi penulis tiada henti.
3. Adik-adik, Sayyid, Syamil, Lubna dan Nejad yang turut menemani suka dan duka perkuliahan baik secara luring maupun daring.
4. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M. Eng selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Lutfia Isna Ardhayanti, S. Si., M. Sc selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan penyusun dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Al-Ustadz Dr. Drs. H. Asmuni Mth, M.A selaku Direktur Pondok Pesantren Universitas Islam Indonesia
7. Al-Ustadz Dr. Suyanto, S. Ag., M. S. I., M. Pd dan al-Ustadz Fuat Hasanuddin, Lc., M. A selaku pengasuh pondok pesantren putra dan putri Universitas Islam Indonesia yang telah membimbing dan mendidik penulis selama di Pondok Pesantren UII
8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Lingkungan, yang telah mentransferkan ilmu yang dimiliki kepada mahasiswanya.

9. Seluruh Dosen sekaligus Ustadz dan Ustadzah Pondok Pesantren UII, yang telah mengajarkan ilmunya kepada seluruh santri di pondok pesantren.
10. Pak Tasyono, Mas Ridwan, Mas Bagus, Mba Tika, dan seluruh laboran laboratorium Kualitas Lingkungan FTSP yang banyak membantu dalam pengerjaan dan arahan dalam melakukan penelitian ini.
11. Seluruh teman-teman angkatan 2017 Teknik Lingkungan UII
12. Seluruh santriwan-santriwati angkatan 2017 Pondok Pesantren UII
13. Seluruh member dalam tim *start-up* AiKite
14. Semua pihak yang telah mendukung dan membantu penyelesaian tugas akhir penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhiru kalam, penulis menyadari segala kelemahan dan juga kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, karena itu penulis memohon maaf . Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan dapat menjadi tambahan dalam kajian ilmiah selanjutnya.

Yogyakarta, 23 Maret 2021

Shofi Latifah Nuha Anfaresi

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ABSTRAK

SHOFI LATIFAH NUHA ANFARESI. *Efektivitas Penyisihan Logam Pb^{2+} Menggunakan Pasir Silika Sebagai Adsorben.* Dibimbing oleh DR. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.Eng dan LUTFIA ISNA ARDHAYANTI, S.Si., M.Sc.

Pulau Bangka memiliki ribuan lubang bekas tambang yang terbengkalai. Area bekas tambang ini kemudian dimanfaatkan sebagai sumber air bersih oleh masyarakat Bangka. Namun, kontaminan di area tambang khususnya logam berat Pb^{2+} masih cukup tinggi sehingga belum dapat memenuhi kriteria air bersih bagi masyarakat. Untuk itu, dilakukan penelitian terhadap penurunan kandungan logam berat Pb^{2+} dari larutan artifisial timbal nitrat dengan cara adsorpsi menggunakan adsorben yang terbuat dari pasir silika Bangka melalui tahapan: a) preparasi pasir silika Bangka, b) adsorpsi ion Pb^{2+}, c) penentuan isoterm adsorpsi. Pasir silika Bangka yang digunakan yaitu pasir dengan ukuran 0,149 mm atau 100 mesh. Variabel percobaan adsorpsi meliputi massa adsorben yaitu 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 gram, variasi waktu selama 5, 10, 15, 20, 25, 30 menit, konsentrasi dari 10, 50, 100, 200, hingga 300 ppm dan pH sebesar 3, 5, 7 dan 9. Variabel tetap pada percobaan yaitu kecepatan pengadukan sebesar 200 rpm dalam suhu ruangan serta volume larutan artifisial yang digunakan yaitu 100 mL. Dari hasil percobaan adsorpsi pasir silika terhadap logam Pb^{2+}, diperoleh massa optimum sebesar 0,01 gram, waktu kontak optimum yaitu 15 menit, konsentrasi optimum pada 300 ppm dan pH optimum yaitu pada pH 7. Kapasitas adsorpsi optimum yang diperoleh yaitu sebesar 661 mg/g dan meningkat pada pH optimum menjadi 2.586 mg/g dengan efektivitas sebesar 84,99%. Dari percobaan ini, dapat disimpulkan bahwa pasir silika Bangka dapat dijadikan sebagai materian penjerap logam timbal yang efisien dan menghemat biaya.

Kata kunci : Adsorpsi, silika Bangka, timbal (Pb)

ABSTRACT

SHOFI LATIFAH NUHA ANFARESI. *The Effectiveness of Pb^{2+} Removal Using Silica Sand as an Adsorbent. Supervised by* DR. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.Eng dan LUTFIA ISNA ARDHAYANTI, S.Si., M.Sc.

Bangka Island has thousands of abandoned mining pits. This ex-mining area was then used as a source of clean water by the Bangkanese. However, contaminants in the mining area, especially Pb^{2+}, are still high enough so that they do not meet the criteria for clean water for the community. Thus, a research was carried out on reducing the heavy metal content of Pb^{2+} from artificial lead nitrate solution through adsorption process using adsorbents made from Bangka silica sand with the following steps: a) preparation of Bangka silica sand, b) adsorption of Pb^{2+}ions, c) determination of the adsorption isotherm. The Bangka silica sand used is sand with a size of 0.149 mm or 100 mesh. The adsorption variables that

are included are the adsorbent mass, ranged 0.01; 0.05; 0.1; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 grams and variations of time from 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60 minutes, concentration from 10, 50, 100, 200, 300 ppm and pH are 3, 5, 7, 9. The fixed variables in the experiment were the stirring speed of 200 rpm at room temperature and the volume of the artificial solution used was 100 mL. Derived from the results of the silica sand adsorption experiment on Pb^{2+}metal, the optimum mass obtained was 0.01 gram, the optimum contact time was 15 minutes, the optimum concentration was at 300 ppm and the optimum pH was at pH 7. The optimum adsorption capacity obtained was 661 mg/g and increased at optimum pH to 2586 mg/g with an effectiveness of 84.99%. From this experiment, it can be concluded that Bangka silica sand can be used as an efficient and cost-saving absorbent material for lead metal ions.

Keyword : Adsorption, Bangka silica, lead (Pb)

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR LAMPIRAN xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Asumsi Penelitian 3
1.6 Ruang Lingkup 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Kualitas Air Kolong Tambang Timah 5
2.2 Logam Berat Timbal 6
2.3 Adsorpsi 8
2.4 Isoterm Adsorpsi 9
2.5 Pasir Silika Bangka 10
BAB III METODE PENELITIAN 14
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian 14
3.2 Prosedur Penelitian 14
3.3 Pelaksanaan Penelitian 15
3.4 Prosedur Analisis Data 17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 21
4.1 Hasil Uji Massa Optimum 21
4.2 Hasil Uji Waktu Kontak Optimum 23
4.3 Hasil Uji Konsentrasi Optimum 25
4.4 Hasil Uji pH Optimum 27
4.5 Penentuan Kapasitas Adsorpsi Optimum 29

4.6 Karakterisasi Mekanisme Adsorpsi 33
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 37
5.1 Simpulan 37
5.2 Saran 37
DAFTAR PUSTAKA 39
LAMPIRAN 49
RIWAYAT HIDUP 76

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Efek logam timbal bagi kesehatan manusia 7

Tabel 2.2 Komposisi pasir silika Bangka 11

Tabel 4.1. Perbandingan nilai slope, intersep dan R^2 pada model Langmuir dan Freundlich 29

Tabel 4.2. Perbandingan berbagai adsorben dan kapasitas adsorpsi ion Pb^{2+} 32

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian 15

Gambar 4.1. Kapasitas Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi Massa 21

Gambar 4.2. Efisiensi Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi Massa 22

Gambar 4.3. Kapasitas Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi Waktu 23

Gambar 4.4. Efisiensi Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi Waktu 24

Gambar 4.5. Kapasitas Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi Konsentrasi 25

Gambar 4.6. Efisiensi Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi Konsentrasi 26

Gambar 4.7. Kapasitas Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi Ph 27

Gambar 4.8. Efisiensi Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi pH 28

Gambar 4.9. Grafik Persamaan Isoterm Langmuir 30

Gambar 4.11. Karakterisasi FT-IR pasir silika Bangka 33

Gambar 4.12. Karakterisasi FT-IR pasir silika Bangka setelah adsorpsi (pH=7) 34

Gambar 4.13. Karakterisasi FT-IR pasir silika Bangka setelah adsorpsi (pH=9) 35

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Alat dan Bahan Eksperimen 49
Lampiran 2: Diagram Alir Prosedur Preparasi Adsorben 50
Lampiran 3: Diagram Alir Prosedur Penentuan Massa Adsorben Optimum..... 51
Lampiran 4: Diagram Alir Prosedur Penentuan Waktu Kontak Optimum 52
Lampiran 5: Diagram Alir Prosedur Penentuan Konsentrasi Optimum 53
Lampiran 6: Diagram Alir Prosedur Penentuan pH Optimum..... 54
Lampiran 7: Data Perhitungan Larutan Induk dan Kontrol $Pb(NO_3)_2$..... 55
Lampiran 8: Data Perhitungan Pengujian Kapasitas Adsorpsi Optimum..... 57
Lampiran 9: Perhitungan Isoterm Langmuir dan Freundlich..... 59
Lampiran 10: Data Karakterisasi FT-IR 61

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bangka merupakan suatu daerah penghasil timah terbesar kedua di dunia setelah China. Tentunya dengan adanya penggalian dan penjualan timah, Bangka menjadi penyumbang devisa negara yang cukup berpengaruh hingga sekarang. Namun, dengan adanya penambangan timah ini ternyata banyak pula terjadi degradasi lingkungan, salah satunya pembentukan *kolong* (lobang bekas penambangan timah). Kolong ini menyimpan air hujan sehingga membentuk danau. Sayangnya, danau ini merupakan danau yang tercemar. Di dalamnya terdapat banyak kontaminan logam berat akibat hasil samping dari pencucian bijih timah. Saat ini, di Bangka, terdapat ribuan kolong yang terbengkalai. Sehingga potensi pemanfaatan sumberdaya kolong sangat diperlukan dan dinantikan oleh masyarakat Bangka.

Salah satu pemanfaatan sumberdaya kolong yang potensial untuk dilakukan yaitu pemanfaatan untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat dan sumber air minum. Hal ini dapat dilihat ketika musim kemarau tiba, warga di Bangka mulai menggunakan air kolong timah sebagai sumber air bersih. Warga mengatakan bahwa ketika kemarau, untuk membeli air bersih sangatlah mahal sedangkan ekonomi mereka sangat kurang mendukung (Republika, 2011). Selain itu, berdasarkan kajian survey Sabri (2015) menyatakan bahwa kebutuhan masyarakat akan pemanfaatan air kolong sebagai air baku dan air minum sangat tinggi. Dari hasil ini maka dapat disimpulkan bahwa masyarakat Bangka memerlukan pengolahan air kolong terutama untuk sumber air bersih yang layak konsumsi.

Sayangnya, tingkat kontaminan di air kolong masih sangat tinggi. Air di beberapa *kolong* bekas tambang timah di pulau Bangka memiliki kandungan logam berat meliputi Fe, As, Al, Pb dan Zn yang melebihi baku mutu untuk pengolahan air minum ataupun budidaya ikan berdasarkan PP Nomor HK.00.061.52.4001 (Henny and Susanti, 2009).

Solusi yang dapat menjawab permasalahan ini yaitu dengan membuat inovasi media filter menggunakan material pasir silika Bangka yang merupakan kearifan lokal Pulau Bangka sendiri. Metode adsorpsi ini tentu sudah menjadi hal yang tidak asing dalam pengolahan air bersih. Namun efektifitas dan keterjangkauan harga filter di pasar tentu perlu diperhitungkan. Beberapa filter yang dijual di daerah Bangka masih belum efektif dalam mereduksi senyawa logam di dalam air. Begitu juga dengan harga yang masih sangat mahal. Filter logam berat masih berada pada kisaran angka diatas Rp. 1.000.000,- sehingga tidak dapat dijangkau oleh masyarakat berpenghasilan rendah. Filter yang dapat dibuat dari pasir Bangka tentu akan dapat menghembat biaya produksi dikarenakan merupakan kearifan lokal masyarakat Bangka dan Indonesia. Selain itu modifikasi pasir silika tentu tidak membutuhkan biaya yang sangat tinggi.

Pasir silika Bangka memiliki fisik berwarna putih dan mengandung kadari SiO_2 yang tinggi. Kandungan senyawa silika oksida inilah yang kemudian dapat menjerap kontaminan di dalam air termasuk logam berat. Kapasitas adsorpsi pasir silika berwarna putih cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan pasir berwarna hitam. Ion logam yang terserap pada proses adsorpsi berjalan secara difusi menuju area antar partikel dari adsorben. Dari proses inilah kemudian terjadi interaksi fisik dan kimiawi pada permukaan pasir (Haryanto et al. 2018). Filter pasir menunjukkan efisiensi yang cukup besar dalam mengurangi polutan air limbah, termasuk mikro-polutan seperti logam berat (Haouti et al. 2018). Filter pasir yang dikombinasikan dengan batasan reaktif permeabel dapat digunakan untuk mengadsorpsi logam berat Pb^{2+} hingga 97% (Faisal et al. 2020).

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk membuat adsorben dengan harga terjangkau yang dapat mengurangi kontaminasi logam berat Pb^{2+} pada larutan artifisial $Pb(NO)_3$. Adapun distribusi logam Pb yang terlarut dalam air kolong di beberapa wilayah di Bangka telah melebihi ambang batas yaitu berkisar antara 0,05 – 0,08 ppm. (Pitulima and Irvani 2016). Sehingga penting untuk diteliti terkait efektivitas pasir silika dalam menjerap logam berat Pb^{2+} di dalam air. Ruang lingkup dari penelitian ini yaitu akan difokuskan pada adsorpsi pasir silika Bangka terhadap larutan artifisial. Penelitian ini sangat penting dilakukan karena kebutuhan

masyarakat Bangka akan air bersih yang tinggi namun belum ada filter media yang tepat, efektif dan murah untuk menyelesaikan masalah kebutuhan air bersih untuk masyarakat Bangka.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan tinjauan latar belakang, maka rumusan masalah yang dikaji pada penelitian Tugas Akhir ini ialah:

1. Bagaimanakah kondisi optimum dari adsorben pasir silika Bangka yang dapat menjerap larutan timbal?
2. Seberapa besar efisiensi dari penjerapan logam berat timbal dengan menggunakan adsorben pasir silika Bangka?
3. Apakah jenis model isoterm adsorpsi yang sesuai dengan proses adsorpsi pasir silika Bangka?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan tinjauan dari rumusan masalah, maka tujuan penelitian pada penelitian Tugas Akhir ini ialah mengkaji efektivitas penyisihan ion logam berat menggunakan pasir silika Bangka sebagai adsorben.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tinjauan dari perihal diatas, maka manfaat penelitian pada penelitian Tugas Akhir ini ialah:

1. Bagi mahasiswa, dapat mengembangkan serta mengintegrasikan kombinasi cabang ilmu pengetahuan yaitu teknik lingkungan dan sosial masyarakat.
2. Bagi masyarakat, dapat memberikan solusi untuk meningkatkan kualitas air di daerah Bangka sehingga layak digunakan.
3. Bagi institusi, dapat menambah khazanah ilmu pengetahuan dalam aplikasi teknik lingkungan dan sosial masyarakat.

1.5 Asumsi Penelitian

Asumsi dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah:

H_0: massa adsorben pasir silika Bangka dan waktu kontak dengan larutan artifisial Pb tidak akan berpengaruh pada kadar penjerapan ion logam berat Pb^{2+}.

H_1: massa adsorben pasir silika Bangka dan waktu kontak dengan larutan artifisial Pb berpengaruh pada kadar penjerapan ion logam berat Pb^{2+}.

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup berisi tentang variabel yang akan diteliti dan variabel yang diasumsikan sebagai parameter konstanta atau parameter yang diabaikan.

1. Sampel air yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sampel buatan atau artifisial yang dibuat dari kristal $Pb(NO)_3$ kemudian diencerkan menjadi kontaminan dengan konsentrasi sebesar 10 ppm.
2. Pasir silika Bangka yang digunakan yaitu merupakan pasir di pinggir pantai di Sungailiat, Bangka.
3. Di dalam penelitian ini dibatasi hanya pada lingkup adsorpsi oleh pasir silika Bangka dengan ukuran partikel yang telah ditentukan, dengan variasi parameter yang digunakan yaitu berat total adsorben dan waktu interaksi.
4. Pengujian sampel air dilakukan di Laboratorium Kualitas Air, Universitas Islam Indonesia.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kualitas Air Kolong Tambang Timah

Provinsi Bangka Belitung memiliki ribuan lubang bekas tambang dengan luas mencapai lima belas ribu hektar lebih. Lubang bekas pertambangan timah ini kemudian disebut dengan istilah kolong di wilayah Bangka Belitung. Adanya kolong ini terbentuk akibat sistem tambang semprot atau *hydraulic mining* yang dilakukan baik secara legal maupun ilegal oleh industri dan masyarakat (Yusuf 2011). Kolong bekas penambangan timah di daerah Bangka dapat disimpulkan merupakan lubang bekas galian timah yang memiliki bentuk seperti danau dengan kedalaman rata-rata yaitu 45 meter. Pengelolaan sumberdaya air dengan menggunakan kolong tentu harus ditempuh dengan berbagai macam cara, termasuk didalamnya yaitu perencanaan, pelaksanaan, pemantauan dan evaluasi kegiatan konservasi kolong menjadi sumber daya air (Rohmat dalam Meyzilia (2018)).

Semua ini merupakan potensi yang luar biasa dalam pengembangan sumberdaya air khususnya air permukaan di wilayah masing-masing kabupaten dan kota. Akan tetapi kualitas air kolong sangat bergantung pada kandungan mineral-mineral disekitarnya. Mineral dominan yang biasanya terkandung di dalam air kolong yaitu pirit (FeS_2), Kaolin ($(Al_2Si_2O_5(OH)_4$), galena (PbS), dan kuarsa (SiO_2) serta mineral besi lainnya menurut data geologi PT Timah dalam (Henny 2010). Mineral inilah yang kemudian membuat nilai keasaman air kolong sangat tinggi yaitu berkisar antara pH 4-5 (Meyzilia 2018).

Kolong bekas tambang mempunyai potensi sebagai sumber daya air baku bagi masyarakat. Sebagian besar kolong terutama kolong-kolong baru masih belum bisa dimanfaatkan dikarenakan kondisi air yang mempunyai nilai pH rendah dan masih mengandung logam-logam berbahaya. Air di beberapa kolong bekas tambang timah di pulau Bangka memiliki kandungan logam berat meliputi Fe, As, Al, Pb dan Zn yang melebihi baku mutu untuk pengolahan air minum ataupun budidaya ikan berdasarkan PP Nomor HK.00.061.52.4001 (Henny and Susanti 2009). Beberapa permasalahan penting terkait kualitas air kolong yakni adanya

kandungan logam berat yang terikut saat dilakukannya proses penambangan bijih timah (Sn), terutama timbal (Pb), seng (Zn), dan tembaga (Cu). Beberapa kolong masih meninggalkan kandungan logam berat yang cukup tinggi. Nilai konsentrasi dari timbal (Pb), seng (Zn), dan tembaga (Cu) cukup bervariasi beberapa melebihi ambang batas namun ada beberapa kolong pula yang kadar logam beratnya masih berada dibawah baku mutu Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 1990 (Meyzilia 2018). Adapun distribusi logam Pb yang terlarut dalam air kolong PLN, Kacang Pedang, Pedindang dan Merawang telah melebihi ambang batas yaitu berkisar antara 0,05 – 0,08 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa proses sedimentasi logam belum berjalan dengan baik (Pitulima and Irvani 2016).

Pemulihan lahan kolong pasca penambangan tentu memerlukan waktu yang tidak singkat. Beberapa instansi, perusahaan dan masyarakat pun telah mencoba memberikan kontribusinya untuk memanfaatkan kolong secara arif dan bijaksana sehingga tingkat kerusakan lingkungan di daerah Bangka Belitung dapat ditekan. Tidak bisa dipungkiri bahwa kondisi kualitas air kolong yang berkaitan dengan kandungan logam berat menjadi permasalahan tersendiri untuk pemanfaatan dalam bidang air baku. Masih terbatasnya teknologi yang dapat memberikan solusi terhadap permasalahan tersebut menjadikan pemanfaat sumberdaya air kolong dalam bidang air baku masih belum optimal (Sabri 2015).

2.2 Logam Timbal

Timbal merupakan logam yang memiliki kilau warna putih kebiruan ataupun kelabu keperakan. Logam timbal bernomor atom 82, dengan bobot atom yaitu 207,2 g/mol, titik didih 1755°C dan titik leleh 327°C. Timbal memiliki karakteristik yang lunak, sehingga dapat dilakukan pemotongan menjadi kecil menggunakan tangan ataupun benda tajam. Selain lunak, timbal dapat dengan mudah dibentuk karena sifatnya yang lembut. Timbal biasanya digunakan sebagai bahan pelapis karena ketahanannya dalam proses korosi ataupun karat dan merupakan konduktor listrik yang lemah (Irianti et al. 2017).

Logam timbal pada dasarnya terbentuk alami, akan tetapi beberapa konsentrasi timbal yang tinggi di suatu kawasan seringkali disebabkan oleh aktivitas manusia seperti penggunaan bahan bakar, asap pada mesin industri dan

kendaraan (Lenntech dalam Irianti et al. (2017)). Timbal termasuk logam berat dengan berat yang lebih dari sama dengan 5 g/cm^3. Logam timbal sangat berbahaya apabila berada pada konsentrasi yang berlebihan (Darmono dalam Irianti et al. (2017)). Timbal dapat pula masuk ke dalam air ketika hujan akibat adanya *leaching* pada permukaan tanah sehingga mengalir ke dalam air tanah. Timbal yang masuk ke dalam air tanah kemudian digunakan oleh manusia tentu akan mengakibatkan penurunan kesehatan. Hal ini dikarenakan toksisitas logam timbal sangat tinggi. Sebenarnya, proses masuknya timbal ke dalam tubuh dapat melalui beberapa cara, seperti oral atau melalui mulut, pernafasan, dan juga penetrasi apabila terkena kulit (Palar 2004).

Timbal yang masuk ke tubuh melalui oral, dapat terjadi apabila seseorang makan atau minum bahan makanan atau minuman yang didalamnya terkontaminasi logam timbal. Hal ini akan membuat timbal masuk ke dalam saluran pencernaan dan juga masuk ke wilayah peredaran darah. Timbal yang masuk ke dalam saluran pernafasan dapat terjadi bila seseorang menghirup udara, gas ataupun asap yang mengandung logam timbal. Logam timbal kemudian akan terhirup masuk ke pembuluh darah paru-paru yang nantinya akan mengikat darah hingga ke seluruh jaringan serta organ tubuh. Sedangkan timbal pada penetrasi kulit dapat terjadi bila timbal larut dalam minyak dan juga lemak (Palar 2004).

Timbal yang mencemari lingkungan kemudian dapat masuk ke dalam tubuh manusia, tentu sangat beracun dan menunjukkan angka toksisitas yang tinggi terhadap sistem saraf, ginjal dan juga sistem reproduksi pada manusia. Timbal dalam hal ini dapat menjadi penyebab utama terjadinya kerusakan otak ireversibel dan gejala ensefalopati (Abadin et al. 2007). Dosis paparan timbal yang lebih tinggi dapat merusak janin di dalam kandungan dan juga menjadi racun bagi sistem saraf pusat. Dalam hal ini seorang bayi yang baru lahir lebih sensitif terhadap paparan dibanding orang dewasa (World Health Organization 2011). Tabel 2.1 merupakan efek dari logam timbal bagi kesehatan (Gautam et al. 2014).

Tabel 2.1 Efek logam timbal bagi kesehatan manusia

Logam	Efek	Standar Air Minum
Timbal	Beracun bagi manusia, biota laut dan tumbuh-tumbuhan	Konsentrasi maksimum yaitu 0,1 mg/L menurut EPA.
	Dosis yang tinggi dapat menyebabkan keracunan metabolisme	Konsentrasi maksimum yaitu 0,5 mg/L menurut standar masyarakat Eropa.
	Keletihan, anemia iritabilitas dan perubahan kebiasaan pada anak	Konsentrasi maksimum dalam air 0,1 mg/L (India)
	Hipertensi dan kerusakan pada otak	
	Fitotoksik	

2.3 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses akumulasi zat kimia pada permukaan padatan. Zat yang teradsorpsi di permukaan padatan disebut sebagai adsorbat. Sedangkan zat yang mengadsorpsi zat lain pada permukaannya disebut adsorben. Adsorpsi pada dasarnya merupakan salah satu teknik yang paling efektif digunakan untuk menghilangkan logam berat dari air limbah. Hal ini dikarenakan mudahnya adsorben dalam regenerasi, sedikitnya lumpur kimia atau biologi yang dihasilkan, tingginya efisiensi, kemungkinan perolehan kembali logam yang sudah terserap, fleksibilitas dan kesederhanaan desain, dan tetap dapat berproses apabila konsentrasi adsorbat rendah (Halnor and Ubale 2013).

Proses menempelnya atom atau molekul adsorbat pada permukaan adsorben dapat terjadi melalui dua jenis gaya, yaitu fisik atau kimia. Sehingga dapat disimpulkan 2 jenis gaya yang terlibat dalam proses adsorpsi yaitu fisik adsorpsi atau fisisorpsi dan adsorpsi kimiawi atau kemisorpsi. Dalam adsorpsi fisik, gaya tarik menarik antar adsorbat dan adsorben disebut sebagai gaya Van der Waals

dengan sifat lemah. Sedangkan dalam adsorpsi kimia, gaya tarik antara adsorbat dan adsorben adalah melalui ikatan kimia (Halnor and Ubale 2013).

Adsorpsi dalam aplikasinya tentu mempertimbangkan beberapa faktor yang perlu diperhatikan, antara lain yaitu karakteristik fisik dan bahan kimia dari adsorben dan adsorbat, suhu, waktu kontak antara adsorben dan adsorbat, pH dan konsentrasi adsorbat dalam air limbah ataupun larutan. Mekanisme dari proses adsorpsi dapat digambarkan melalui model isoterm serapan yang menjelaskan bagaimana ion adsorbat berinteraksi di permukaan adsorben (Abas et al. 2013)

Massa adsorben yang digunakan dalam suatu proses adsorpsi akan mempengaruhi kapasitas adsorben dalam menjerap ion logam berat. Semakin banyak jumlah adsorben , maka akan semakin banyak pula konsentrasi ion timbal yang dapat terserap (Wardalia 2017). Hal ini dapat dipahami akibat adanya permukaan adsorben yang masih dapat menjerap ion logam berat. Semakin banyak partikel adsorben yang digunakan, maka akan semakin besar luas permukaan yang dapat digunakan sebagai situs adsorpsi (Yustinah et al. 2019).

Selain massa adsorben, waktu kontak pada proses adsorpsi antara adosrben dan adsorbat sangat mempengaruhi kapasitas penjerapan. Peningkatan kadar logam Pb meningkat setelah terjadi penambahan rentang waktu kontak hingga satu jam. Setiap jenis adsorben memiliki waktu kontak optimum yang berbeda-beda. Beberapa adsorben yang telah mencapai waktu optimum dapat mengalami penurunan daya adsorpsi yang mengakibatkan logam Pb dapat terlepas dari permukaan. Pengaruh waktu kontak ini tentu harus ditentukan secara tepat sehingga tidak terjadi penurunan kadar Pb setelah melewati kondisi optimum (Lestari 2010).

2.4 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan model matematika yang dapat menjelaskan distribusi spesies adsorbat antara larutan dan adsorben yang didasarkan pada asumsi homogenitas atau heterogenitas adsorben sebagai cakupan dan kemungkinan interaksi antara spesies adsorbat. Data adsorpsi umumnya dijelaskan melalui model isoterm adsorpsi seperti isoterm Langmuir dan Freundlich. Kedua isoterm ini menghubungkan antar serapan logam per satuan berat dengan kesetimbangan konsentrasi adsorbat dalam jumlah besar fase fluida (Senthil Kumar et al. 2010).

Model Langmuir didasarkan pada suatu asumsi bahwa adsorpsi maksimum dapat terjadi saat kondisi jenuh monolayer molekul terlarut hadir di permukaan adsorben, energi pada proses adsorpsi dinilai konstan dan tidak ada migrasi adsorbat molekul di bidang permukaan (Senthil Kumar et al. 2010). Isoterm Langmuir dapat menggambarkan bahwa adsorben memiliki permukaan yang homogen atau *monolayer adsorption* Adapun persamaan model isoterm Langmuir diuraikan pada persamaan 1:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0\, b} + \frac{C_e}{Q_0} \dots (1)$$

Dimana:

Ce = konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/L)

qe = jumlah zat yang diadsorpsi per gram adsorben (mg/g)

Qo = kapasitas adsorpsi (mg/g)

b = intensitas adsorpsi (L/mg)

Model Freundlich merupakan model empiris yang menggambarkan adsorpsi zat terlarut dari larutan atau air limbah ke permukaan padat. Model ini mengasumsikan bahwa situs yang terdapat pada adsorben tidak sama dan terdapat beberapa energi yang terlibat dalam proses adsorpsi (Senthil Kumar et al. 2010). Isoterm Freundlich dapat mengindikasikan bahwa adsorben memiliki permukaan yang heterogen atau *mulitlayer adsorption.* Adapun model Freundlich dirumuskan dalam persamaan 2 berikut ini:

$$log\frac{X_m}{m} = log\ k + \frac{1}{n}\log C_e \dots (2)$$

Dimana:

x = jumlah zat terlarut yang diserap (mg)

m = gram adsorben yang digunakan (g)

Ce = konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/L)

k = kapasitas adsorpsi (mg/g)

n = intensitas adsorpsi (L/g)

2.5 Pasir Silika Bangka

Pasir silika merupakan salah satu media filtrasi yang cukup banyak digunakan dalam teknologi pengolahan air. Pada umumnya, silika dikombinasikan dengan

beberapa media filter lainnya seperti karbon aktif sehingga dapat menghasilkan adsorben yang dapat efektif menurunkan kandungan polutan di dalam air limbah, termasuk di dalamnya ion logam berat yang toksik bagi lingkungan dan kesehatan masnusia. Secara mineralogi, pasir silika atau kuarsa memiliki kristal-kristal silika (SiO_2) yang memiliki bentuk heksagonal beserta mineral pengotor yang bersenyawa dengan mineral silika oksida (Mulyani 2012). Adapun kandungan pasir silika Bangka setelah diidentifikasi memiliki karakteristik sebagai berikut:

Tabel 2.2 Komposisi pasir silika Bangka

Komposisi	**Kandungan (%)**
SiO_2	53,68
SnO_2	30,94
$NaMg_3(Al,Mg)_6B_3Si_6O_{27}(OH)$	8,19
$FeTiO_3$	2,26
FeS_2	2,56
$ZrSiO_4$	0,78
$(Ce,La)PO_4$	0,49

Sumber: Anfaresi et al., (2018)

Pasir pada dasarnya memiliki struktur pori-makro dan pori-pori alami. Porositas ini biasanya akan bergantung pada keseragaman partikel, ukurannya dan jenis batuan yang terkandung di dalamnya. Adsorben yang memiliki karakteristik berpori akan menunjukkan batasan kinetik yang dapat mencegah terjadinya kontra adsorpsi atau desorpsi ion yang terserap dari situs berpori (Bode Haryanto and Chang 2015). Pori-pori pada pasir sebagai adsorben tidak hanya menghasilkan luas permukaan yang besar, namun dapat memberikan reaksi dan adsorpsi dengan selektivitas tinggi (Kaneko 1994).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan penggunaan silika dan karbon aktif dengan perbandingan 2:3 sangat efektif menurunkan kandungan logam berat nikel hingga 92,1% dan sangat direkomendasikan untuk digunakan dalam pengelolaan air dikarenakan tingginya kapasitas adsorpsi kedua bahan tersebut

(Karnib et al. 2014). Pada penggunaan kombinasi silika dan *graphene oxide* hasil adsorpsi yang diperoleh untuk logam berat nikel yaitu 91,8% (Sheet *et al.*, 2014).

Pasir silika merupakan salah satu media adsorpsi yang murah dan dapat diperoleh dari alam secara langsung. Bahan adsorpsi yang murah dan mudah didapatkan tentu sangat banyak dicari karena nilainya yang ekonomis. Bahan seperti ini apabila terbukti dapat mengadsorpsi kontaminan, tentu dapat digunakan sebagai bahan adsorben sehingga membuat proses adsorpsi lebih terjangkau dan efektif (Halnor 2015). Adapun percobaan silika sebagai adsorben menunjukkan efektifitas adsorpsi yang cukup besar pada logam berat salah satunya nikel yaitu sebesar 70,3% (Sheet, Kabbani, and Holail 2014). Aplikasi adsorpsi silika sebagai material adsorben juga telah sukses dilakukan untuk mengurangi kandungan logam besi dari konsentrasi 39 ppm menjadi 0,00039 ppm (Mekhelf, Subhi, and Hameed 2020). Penggunaan pasir silika dalam filtrasi untuk menyisihkan logam besi cukup efektif yaitu sebesar 85-90% dan ion ammonium sebesar 65-90% (Valentukevičienė 2008).

Pasir Bangka merupakan media adsorpsi dan filtrasi silika utama yang digunakan oleh beberapa industri. Pasir silika Bangka yang dinamakan *BankSand* merupakan salah satu pengembangan teknologi filtrasi yang materialnya dibuat dari pasir Bangka yang dihomogenkan menjadi ukuran 75 micron dan diaktivasi menggunakan asam sehingga porinya terbuka. Selain pasir murni, dapat pula dilakukan pelapisan besi *magnetite* pada pasir untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi. Namun pada dasarnya, pasir Bangka murni pun sudah sangat potensial digunakan untuk menjerap polutan seperti ion logam timbal. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi pasir Bangka terhadap ion logam timbal mencapai 95% dan pada modifikasi *coating* besi didapatkan kapasitas 96,8% (Anfaresi et al. 2018). Pasir Bangka memiliki kandungan logam tanah jarang seperti lantanida yang memiliki materi magnetik yang baik sehingga sangat berpotensi untuk menjerap ion logam berat pada air bekas tambang timah (Subagja 2018).

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB III
METODE PENELITIAN

Penelitian pasir silika Bangka ini dilakukan metode eksperimen dengan analisis kuantitatif dengan mengukur kadar adsorpsi pasir silika Bangka. Pasir silika Bangka di uji coba dengan tahapan preparasi, karakterisasi, proses adsorpsi hingga pengujian untuk mengetahui nilai efisiensi penyerapan logam timbal..

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dan analisis Spektofotmeter Serapan Atom (SSA) dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Air, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Penelitian dimulai pada bulan Desember 2020 hingga Maret 2021.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah ayakan 100 mesh, oven, pH universal, *magnetic stirrer plate,* neraca analitik, wadah, alat-alat gelas, *stopwatch,* filter 0,45 micron, Spektrofotometer Serapan Atom dan *Frourier Transform Infra-Red (FTIR)*. Bahan yang dipakai pada penelitian ini adalah pasir silika Bangka, larutan induk $Pb(NO_3)_2$, larutan asam nitrat (HNO_3), larutan NaOH dan aquades.

3.2 Prosedur Penelitian

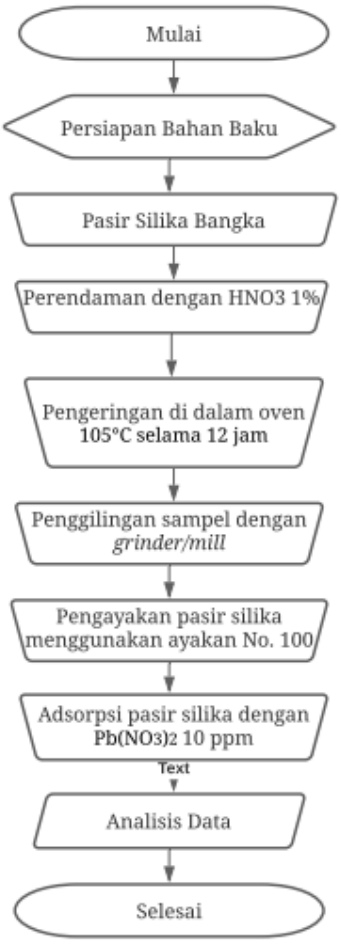
Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium melalui metode eksperimental dan dianalisis menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan percobaan untuk dapat melihat pengaruh dari variabel yang ditargetkan. Variabel tetap dalam penelitian ini yaitu pasir silika Bangka dipreparasi menggunakan asam nitrat 1% kemudian digiling dengan *grinder/mill* hingga lolos 100 mesh, atau 0,149 mm. Kecepatan adsorpsi pada seluruh *batch* yaitu 200 rpm. Adapun variabel yang diobservasi yaitu berat adsorben dan waktu interaksi dengan larutan artifisial Pb. Karakterisasi sampel dilakukan pada adsorben awal dan adsorben setelah adsorpsi.

Tabel 3.1. Variabel Penelitian

Variasi	**Satuan**	**Angka**					
Berat Adsorben	gram	0,1	0,5	1	1,5	2	

Variasi	Satuan	Angka					
Waktu Interaksi	menit	5	10	15	20	25	30
Konsentrasi Larutan	mg/L	10	50	100	200	300	
pH larutan		3	5	7	9		

Tahapan penelitian yang dilakukan dapat silihat pada gambar 3.1 dibawah ini:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Pada umumnya, metode pelaksanaan penelitian ini meliputi studi literatur, preparasi sampel yang meliputi proses pencucian dan perendaman, pengeringan,

penggilingan hingga pengayakan pasir silika. Selanjutnya dilakukan pengujian sampel dan analisa data.

3.3.1 Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan menelaah teori-teori yang berkaitan dengan pembuatan serta perlakuan adsorben dari pasir silika alami, proses interaksi dalam adsorpsi logam berat hingga efektifitas adsorben, serta kajian lainnya yang berkaitan dengan penelitian. Studi literatur yang digunakan berasal dari laporan tugas akhir, jurnal dan penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian penulis.

3.3.2 Preparasi Sampel Adsorben

Pasir silika Bangka diambil langsung sebanyak 5 kg dari pinggir pantai di daerah Sungailiat, Bangka. Pasir ini kemudian di bawa ke laboratorium dan dicuci dengan air serta direndam menggunakan larutan HNO_3 1% selama 24 jam (Dewi 2009).

Setelah perendaman, pasir silika kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 12 jam atau diperoleh berat konstan (SNI 7926:2013) (Dewi 2009). Sampel kemudian digiling di dalam *grinder/mill* selama 5-10 detik untuk kemudian diayak pada saringan No. 100. Sampel pasir silika Bangka yang diambil yaitu yang lolos tersaring pada ayakan No. 100.

3.3.3 Pembuatan Larutan Induk Logam Timbal

Pembuatan larutan induk logam timbal dilakukan di Lab. Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan dengan menimbang ± 0,8 g $Pb(NO_3)_2$ yang kemudian dilarutkan dengan aquades terlebih dahulu di gelas beker kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml hingga tepat tanda tera kemudian dihomogenkan. Larutan induk ini memiliki konsentrasi 500 mg/L.

$$\text{gram Pb(NO3)2} = \frac{Mr\ \text{Pb(NO3)2}}{Ar\ \text{Pb}} x\ conc \ldots (3)$$

$$= \frac{331{,}29\ g/mol}{207{,}19\ g/mol} x\ 500\ mg = 0{,}799\ g \sim 0{,}8\ g$$

Untuk membuat larutan timbal 10, 50, 100, 200, dan 300 mg/L, maka dilakukan pengenceran dengan mengambil beberapa ml dari larutan induk logam

500 mg/L ke dalam labu ukur. Adapun perhitungan pembuatan larutan timbal melalui pengenceran adalah sebagai berikut.

$$V\ lar.Pb\ 100\frac{mg}{L} = \frac{conc.larutan}{conc.larutan\ induk} xvol.air \ldots (4)$$

3.3.4 Penentuan Massa Adsorben Optimum

Percobaan diawali dengan menimbang serbuk pasir silika Bangka dengan variasi massa 10 mg, 50 mg, 100 mg, 500 mg, 1000 mg, 1500 mg dan 2000 mg. Kemudian dimasukkan ke dalam 7 gelas kaca 250 mL yang berisi larutan Pb 100 mL dengan konsentrasi 10 ppm dengan kondisi pH 5. Pasir silika dan larutan kemudian diaduk dengan kecepatan 200 rpm dengan waktu kontak 30 menit. Selanjutnya, filtrat hasil adsorpsi disaring menggunakan filter 0,45 micron, lalu ditambahkan HNO_3 hingga pH <2 kemudian dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.3.5 Penentuan Waktu Kontak Optimum

Penentuan waktu kontak optimum diawali dengan menimbang serbuk pasir silika Bangka dengan dosis optimum yang telah diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam 7 gelas kaca 250 mL yang berisi larutan Pb 100 mL dengan konsentrasi 10 ppm dengan kondisi pH 5. Kemudian masing-masing sampel diaduk dengan *stirrer* dengan waktu 5, 10, 15, 20, 25, 30 dan 60 menit. Larutan dan pasir silika kemudian diaduk dengan kecepatan 200 rpm. Adapun filtrat hasil adsorpsi kemudian disaring menggunakan filter 0,45 micron, lalu ditambahkan HNO_3 hingga mencapai pH <2 kemudian dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.3.6 Penentuan Konsentrasi Larutan Optimum

Penentuan konsentrasi optimum larutan diawali dengan memasukkan serbuk pasir silika Bangka dengan dosis optimum ke 4 gelas kaca 250 mL yang berisi larutan Pb 100 mL dengan variasi konsentrasi 50, 100, 200, dan 300 ppm dengan kondisi pH 5. Waktu kontak optimum yang telah diketahui sebelumnya digunakan pada penentuan konsentrasi larutan. Setelah itu dilakukan pengadukan pasir silika dengan larutan pada kecepatan 200 rpm. Filtrat yang diperoleh dari hasil adsorpsi

kemudian disaring dengan filter 0,45 micron dan ditambahkan HNO_3 hingga pH <2 lalu diuji di Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.3.7 Penentuan pH Optimum

Penentuan pH optimum dilakukan dengan variasi pH 3, 5, 7 dan 9. Percobaan ini diawali dengan memasukkan serbuk pasir silika Bangka dengan dosis optimum kemudian dimasukkan ke dalam gelas kaca 250 ml yang berisi masing-masing larutan Pb sebanyak 100 ml dengan konsentrasi optimum larutan yang diperoleh sebelumnya. Dalam membuat pH larutan yang rendah, maka ditambahkan larutan HNO_3 dan untuk pH tinggi digunakan penambahan larutan NaOH. Larutan kemudian diaduk menggunakan *stirrer* dengan kecepatan 200 rpm dengan waktu kontak optimum yang diperoleh sebelumnya. Filtrat hasil adsorpsi selanjutnya disaring menggunakan saringan 0,45 micron dan ditambahkan larutan HNO_3 hingga pH <2 untuk dianalisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

3.4 Prosedur Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil uji menggunakan SSA kemudian dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik menggunakan *microsoft excel* sehingga dapat diketahui tingkat efektivitas dari adsorben pasir silika Bangka dalam menurunkan kontaminan timbal pada air.

Untuk memperoleh persentase penyerapan logam berat timbal (Pb) di dalam air maka dapat dihitung dengan rumus:

$$persen\ removal\ (\%) = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} x100\% \ldots (5)$$

Banyaknya jumlah ion logam teradsorpsi dalam satuan miligram per gram adsorben dapat dihitung dengan rumus:

$$C_{awal}\ (mg/g) = \frac{(C_{awal} - C_{akhir})V}{W} \ldots (6)$$

Dimana :

qe : jumlah ion logam yang teradsorpsi (mg/g)

Co : konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi (mg/l)

Ce : Konsentrasi ion logam setelah adsorpsi (mg/l)

V : Volume larutan ion logam (L)

W : Massa adsorben (gr)

Proses adsorpsi logam berat Pb oleh permukaan padatan adsorben dapat ditelaah melalui beberapa model isotermis yakni fungsi yang menghubungkan jumlah adsorbat pada permukaan adsorben dengan suatu konsentrasi. Metode ini dapat membantu menentukan kapasitas adsorpsi dari adsorben yang selanjutnya mekanisme pada sistem adsorpsi dapat dievaluasi. Beberapa metode isotermis yang kerap digunakan dalam proses adsorpsi yaitu model isoterm Langmuir dan Freundlich.

Isoterm Langmuir pada dasarnya merupakan asumsi bahwa setiap proses adsorpsi ekuivalen dan kemampuan partikel pada proses tersebut tidak bergantung pada tempatnya atau tempat yang berdekatan. Proses ini terjadi apabila terbentuk lapisan tunggal atau *monolayer adsorption* Adapun persamaan Langmuir dapat dilihat pada persamaan 3.4 berikut:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0\, b} + \frac{C_e}{Q_0} \ldots (1)$$

Dimana:

Ce = konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/L)

qe = jumlah zat yang diadsorpsi per gram adsorben (mg/g)

Qo = kapasitas adsorpsi (mg/g)

b = intensitas adsorpsi (L/mg)

Model Freundlich menggambarkan adanya adsorpsi fisik yang terjadi pada beberapa lapisan. Proses adsorpsi jenis ini biasanya memiliki ikatan yang tidak kuat. Proses ini dapat menggambarkan bahwa adsorben memiliki permukaan yang heterogen atau *mulitlayer adsorption.* Adapun model Freundlich dirumuskan dalam persamaan 3.5 berikut ini:

$$log\frac{X_m}{m} = log\ k + \frac{1}{n}\log C_e \ \ldots (2)$$

Dimana:

x = jumlah zat terlarut yang diserap (mg)

m = gram adsorben yang digunakan (g)

Ce = konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/L)

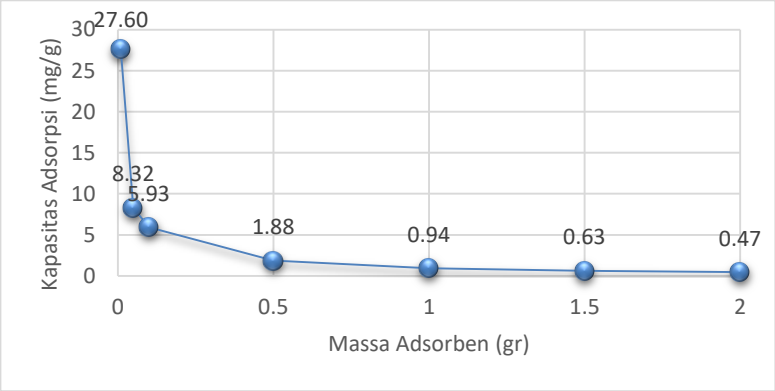
k = kapasitas adsorpsi (mg/g)

n = intensitas adsorpsi (L/g)

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Massa Optimum

Berat adsorben merupakan salah satu hal penting dalam proses adsorpsi. Tingkat penyerapan ion logam berat akan meningkat, apabila adsorben yang digunakan semakin banyak. Hal ini akan memungkinkan proses interaksi antar adsorben dan adsorbat semakin cepat dan efektif. Hasil perolehan kapasitas adsorpsi optimum adsorben terhadap variasi massa dapat dilihat pada gambar 4.1.

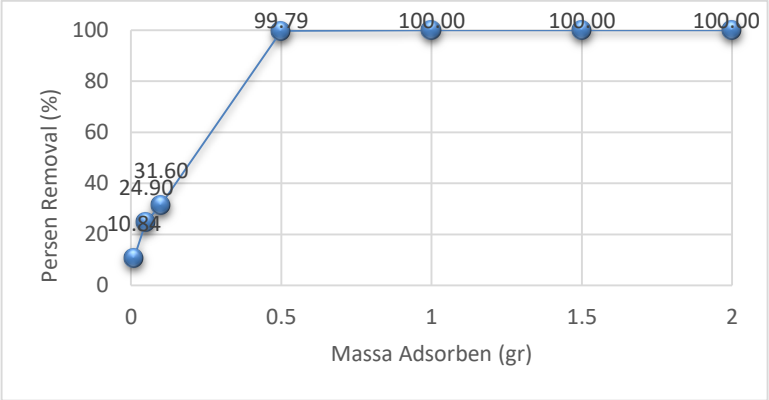


Gambar 4.1. Kapasitas Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi Massa (Co=10 mg/L; V=100 ml; t=30 min; pH=5)

Dari hasil analisis kapasitas adsorpsi diatas, massa pasir silika Bangka sebanyak 0,01 gram menunjukkan kondisi paling optimum dibandingkan dengan variasi massa adsorben lainnya. Kapasitas optimum yang diperoleh yaitu sebesar 27,60 mg/g dengan waktu pengadukan 30 menit. Penelitian yang sama dilakukan Mohapatra *et.al.*, (2009), menggunakan pasir silika alumina, dengan waktu kontak adsorpsi yaitu 30 menit dan memperoleh nilai kapasitas adsorpsi ion logam berat Pb^{2+}sebesar 22,8 mg/g. Adapun kapasitas terkecil diperoleh pada massa adsorben tertinggi yaitu 2 gram yakni sebesar 0,47 mg/g. Hal ini dikarenakan semakin kecil massa adsorben yang digunakan maka akan semakin maksimal proses adsorpsi ion logam berat Pb^{2+} yang terjadi. Partikel yang terdapat pada adsorben akan semakin efektif digunakan untuk menjerap ion Pb^{2+}. Sedangkan apabila massa adsorben

besar, proses adsorpsi yang terjadi menjadi kurang efektif karena hanya beberapa luas partikel pasir saja yang berinteraksi dengan ion logam berat Pb^{2+}.

Pada fenomena ini, partikel dari pasir silika Bangka turut berperan mempengaruhi proses adsorpsi. Ukuran partikel yang digunakan pada pasir silika Bangka sebagai adsorben adalah 0,149 mm. Pada ukuran ini, pasir silika Bangka memiliki area permukaan yang lebih luas dan memperoleh material pendukung. Mineral ikutan lain seperti besi oksida yang terdapat di pasir silika terbuka serta dapat memungkinkan ikut membantu menjerap ion logam berat walaupun tidak signifikan (Jain and Ram 1997). Adapun nilai persentase adsorpsi pasir silika Bangka variasi massa terhadap larutan artifisial Pb disajikan dalam bentuk grafik pada gambar 4.2



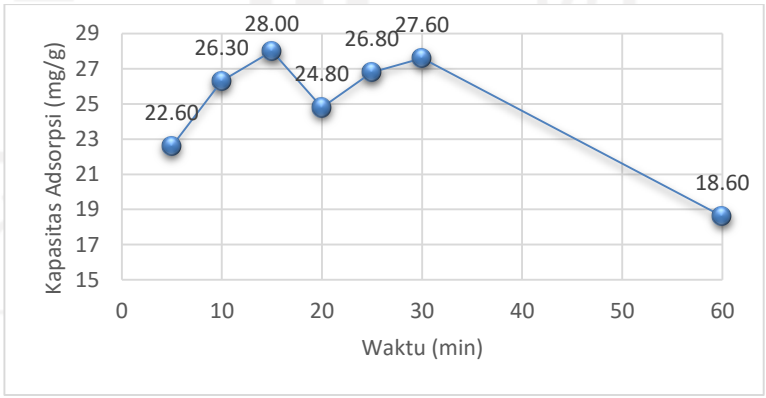
Gambar 4.2. Efisiensi Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi Massa (Co=10 mg/L; V=100 ml; t=30 min; pH=5)

Grafik efisiensi yang diperoleh menunjukkan adanya kenaikan persentase ion logam Pb^{2+} yang terserap oleh pasir silika Bangka. Semakin besar massa adsorben yang digunakan maka akan semakin tinggi pula nilai efisiensi penyisihan ion logam Pb^{2+}. Pada penggunaan adsorben sebesar 0,01 gram, efisiensi yang diperoleh sangat kecil yaitu 10,84% kemudian meningkat pada penambahan massa adsorben setelahnya menjadi 24,90% dan 31,60%. Hingga pada massa 0,5 gram, efisiensi yang diperoleh yaitu mencapai 99,79% dan pada massa adsorben 1-2 gram, efisiensi telah mencapai 100%. Kapasitas adsorpsi dilakukan untuk menentukan kapasitas optimum dikarenakan nilai massa berbanding terbalik dengan nilai daya serap. Sehingga nilai efektifitas adsorpsi tidak dapat mendefinisikan kapasitas optimum.

Fenomena tersebut diatas selaras dengan teori dimana semakin tinggi massa adsorben yang digunakan, maka akan semakin tinggi pula persen penyisihan adsorben terhadap logam (Jain and Ram 1997). Hal yang sama juga dikemukakan oleh Han *et al.* (2006), dimana persen efisiensi penyisihan Pb^{2+} meningkat seiring dengan penambahan dosis adsorben namun menurun kekuatan ioniknya. Seiring meningkatnya efisiensi pada variasi massa, nilai kapasitas adsorpsi menunjukkan penurunan. Hal ini dikarenakan nilai kapasitas adsorpsi yang berbanding terbalik dengan nilai massa adsorben.

4.2 Hasil Uji Waktu Kontak Optimum

Waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat merupakan aspek krusial dalam proses adsorpsi. Proses penyerapan ion logam berat tentu akan meningkat, seiring dengan lamanya waktu kontak. Hal ini tentu akan memberikan kesempatan adsorben untuk menjerap lebih banyak ion logam berat di dalam larutan. Hasil uji terhadap variasi waktu diperoleh dengan menganalisis kapasitas dan efisiensi adsorpsi pasir silika Bangka sebanyak 0,01 gram dengan waktu pengadukan selama 5, 10, 15, 20, 25, 30 dan 60 menit. Dari uji tersebut, maka diperoleh hasil analisis kapasitas adsorpsi yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.

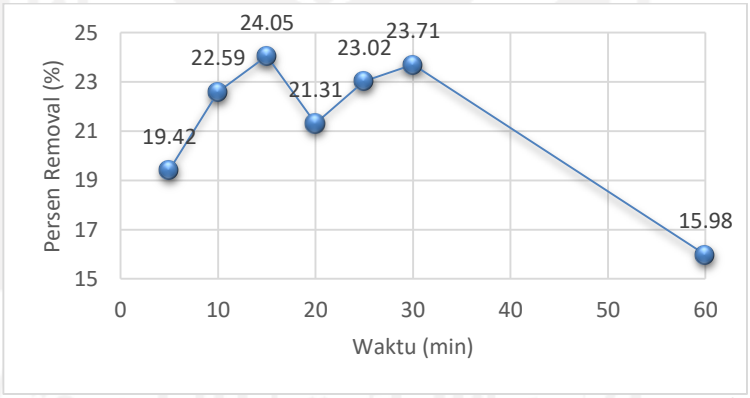


Gambar 4.3. Kapasitas Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi Waktu (Co=10 mg/L; V=100 ml; massa=0,01 gr; pH=5)

Nilai kapasitas adsorpsi tertinggi diperoleh pada waktu 15 menit yaitu sebesar 28,00 mg/g. Di menit kelima, kesepuluh dan kelima belas, nilai kapasitas adsorpsi terus meningkat. Fenomena ini serupa dengan Chen *et al.*, (2012), dimana kapasitas serapan logam krom meningkat pada periode awal waktu adsorpsi. Namun di menit kedua puluh kapasitas adsorpsi menurun,

kemudian meningkat kembali hingga menit ketiga puluh. Hasil ini masih cukup signifikan dan didukung oleh penelitian Gong *et al.*, (2015) yang menunjukkan waktu adsorpsi hingga 30 menit termasuk pada menit awal adsorpsi sehingga kapasitas adsorpsi masih meningkat.

Pada menit keenam puluh, kapasitas adsorpsi menurun drastis hingga mencapai 18,60 mg/g. Hal ini dikarenakan pada rentang 0-60 menit kondisi adsorben pasir silika Bangka saat menjerap ion logam Pb^{2+} masih cukup fluktuatif dan belum sepenuhnya stabil. Haryanto et al. (2018) dalam hasil observasinya menyatakan bahwa tipe interaksi ion logam dengan permukaan pasir merupakan interaksi fisika dan kimiawi secara bersamaan. Dapat dimungkinkan bahwa terjadi interaksi gaya *van der waals* yang merupakan proses fisika dimana pada proses ini, ikatan adsorpsi cukup lemah sehingga pada saat melewati kondisi maksimum, kapasitas adsorpsi dapat menurun kembali (Halnor and Ubale 2013).

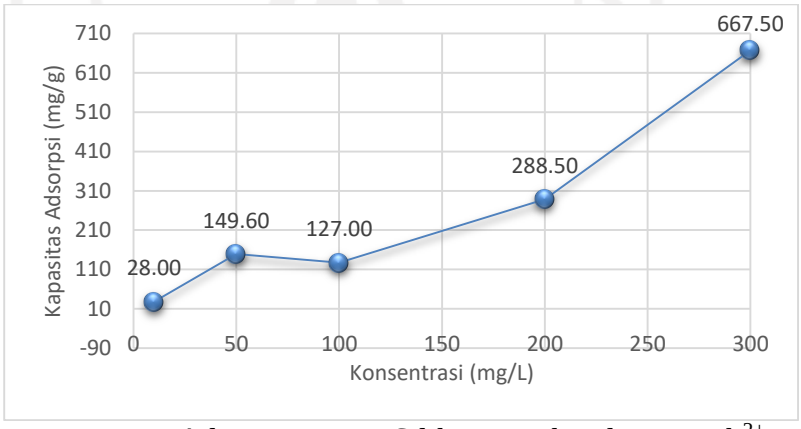


Gambar 4.4. Efisiensi Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi Waktu (Co=10 mg/L; V=100 ml; massa=0,01 gr; pH=5)

Tingkat efisiensi adsorpsi pasir silika Bangka tertinggi diperoleh pada waktu 15 menit yakni sebesar 24,05%. Waktu yang semakin lama dari menit ke 5 hingga 15 menunjukkan terjadinya peningkatan efisiensi adsorpsi dan pada menit ke 20, adsorben telah melewati kondisi optimum dan bertemu titik jenuh. Penelitian Haryanto et al. (2018) menjelaskan bahwa kapasitas adsorpsi pada logam cadmium juga meningkat pada sepuluh menit pertama dan setelah itu kemampuan adsorpsi menjadi menurun dan relatif konstan. Adsorben dapat kembali menjerap namun dengan persen lebih kecil dibandingkan saat periode awal optimum dan menurun pada waktu 60 menit. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar ion logam berat Pb^{2+} terserap oleh permukaan adsorben pasir pada periode awal adsorpsi. Namun setelah adanya penambahan waktu, nilai penyerapan menjadi berkurang (Sangiumsak and Punrattanasin 2014).

4.3 Hasil Uji Konsentrasi Optimum

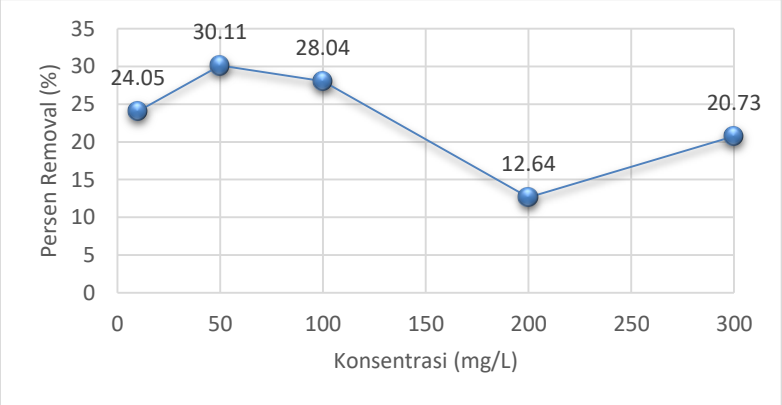
Penentuan konsentrasi larutan optimum ini dilakukan untuk mengekspos adsorben pasir silika Bangka sebanyak 0,01 gram selama 15 menit terhadap ion logam Pb^{2+} dengan konsentrasi tinggi. Adapun variasi konsentrasi yang diuji coba pada eksperimen ini yaitu 50, 100, 200 dan 300 mg/L. Hasil uji konsentrasi optimum dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Kapasitas Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi Konsentrasi (V=100 ml; t=15 min; massa=0,01 gr; pH=5)

Hasil uji konsentrasi optimum pada pasir silika Bangka diperoleh pada konsentrasi 300 mg/L yaitu sebesar 667,50 mg/g. Nilai kapasitas adsorpsi sangat bergantung pada besarnya konsentrasi larutan yang diadsorpsi. Kapasitas adsorpsi

pasir silika Bangka cenderung meningkat hingga konsentrasi 300 mg/L. Pada konsentrasi 100 mg/L kapasitas adsorpsi sedikit menurun namun tidak signifikan dan naik kembali pada konsentrasi 200 dan 300 mg/L. Hasil ini serupa dengan penelitian terdahulu, Gong *et al.* (2015) menyatakan bahwa pada konsentrasi ion logam berat Pb^{2+} awal mencapai 300 mg/L, kapasitas adsorpsi semakin meningkat. Sehingga semakin tinggi konsentrasi, maka daya serap adsorben terhadap logam berat semakin besar pula. Selain itu, Bulgariu *et.al*. (2013) mengindikasikan hal yang sama, ketika konsentrasi Pb^{2+} lebih tinggi, kurva kapasitas adsorpsi terbentuk lebih curam dan diperoleh di awal waktu. Fenomena ini menyatakan bahwa semakin besar konsentrasi larutan, maka akan semakin banyak pula jumlah zat terlarut yang teradsorpsi. Hingga pada akhirnya akan mencapai titik keseimbangan tertentu dimana laju zat yang terserap akan sama dengan zat yang terlepas dari adsorben (Handayani and Sulistiyono 2009).



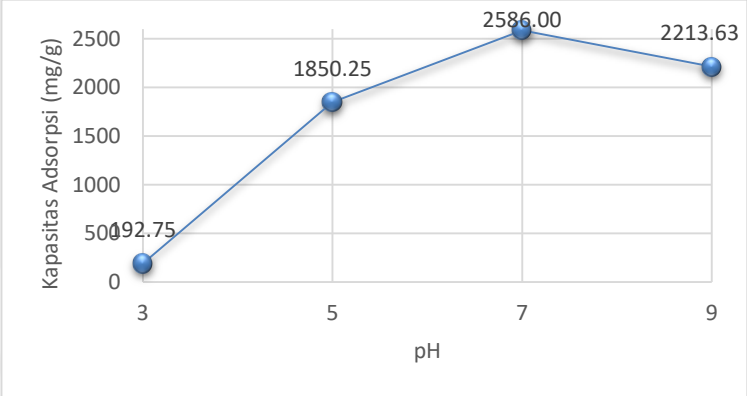
Gambar 4.6. Efisiensi Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi Konsentrasi (V=100 ml; t=15 min; massa=0,01 gr; pH=5)

Nilai efisiensi adsorpsi pasir silika tertinggi diperoleh pada konsentrasi 50 mg/L yaitu sebesar 30,11%. Pada konsentrasi 10 hingga 50 mg/L, efisiensi meningkat namun kemudian menurun hingga konsentrasi ke 200 mg/L dan meningkat kembali pada konsentrasi ke 300 mg/L. Analisis persentase adsorpsi dengan variasi konsentrasi awal ion logam berat Pb^{2+} menunjukkan bahwa persentase adsorpsi menurun seiring adanya peningkatan konsentrasi adsorbat, namun sebaliknya, nilai kapasitas adsorpsi meningkat. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi ion timbal yang rendah, jumlah ion timbal yang tersedia dalam larutan lebih sedikit dibandingkan situs yang tersedia pada permukaan adsorben. Namun

pada konsentrasi tinggi, situs yang tersedia untuk adsorpsi menjadi lebih sedikit sehingga persentasi penyisihan ion logam berat Pb^{2+} sangat bergantung pada konsentrasi awal (Jeyakumar and Chandrasekaran 2014).

4.4 Hasil Uji pH Optimum

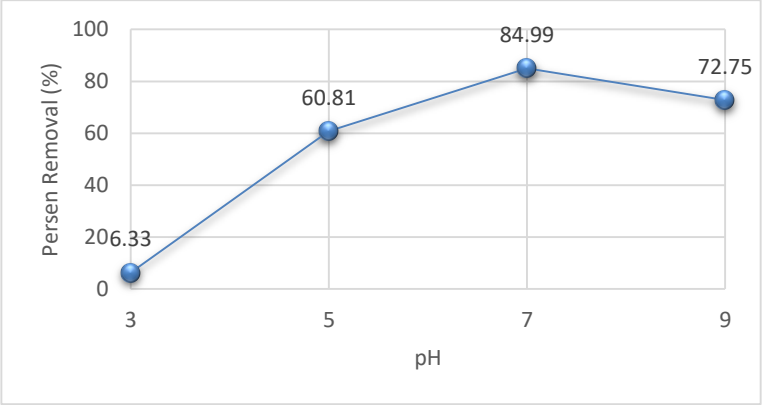
Selama proses adsorpsi berlangsung, nilai pH merupakan salah satu faktor yang sangat penting yang dapat mempengaruhi penjerapan ion logam berat oleh adsorben. pH tidak hanya mempengaruhi disosiasi larutan namun juga proses kimiawi larutan logam berat seperti hidrolisis, kompleksasi ligan organik dan/atau anorganik, reaksi redoks dan pengendapan. Selain itu, pH juga akan mempengaruhi spesiasi dan proses adsorpsi logam berat dalam larutan (Ahmad et al. 2009). Silika oksida dapat mengadsorpsi baik kontaminan berion positif ataupun negatif bergantung pada derajat keasamana larutan (Mohapatra *et.al.*, 2009) Variasi nilai pH yang digunakan dalam percobaan ini yaitu 3, 5, 7 dan 9 dengan konsentrasi ion logam Pb^{2+} awal yaitu 300 mg/L . Hasil pengujian pH optimum ditunjukkan pada Gambar 5.6.



Gambar 4.7. Kapasitas Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi pH (Co=300 mg/L; V=100 ml; t=15 min; massa=0,01 gr)

Hasil kapasitas adsorpsi pasir silika Bangka menunjukkan adanya peningkatan dari pH 3 hingga pH 7. Adsorpsi logam berat Pb^{2+} meningkat dengan adanya kenaikan pH dari 3 ke 5 (Mohapatra *et.al.*, 2009). Nilai optimum kapasitas adsorpsi untuk menjerap ion logam berat Pb^{2+} yang diperoleh yaitu pada pH 7 sebesar 2.586 mg/g. Fenomena ini selaras dengan penelitian sebelumnya dimana puncak penyerapan logam berat Pb^{2+}diperoleh pada pH 7 (Ahmad et al. 2009). Bahkan pada penelitian Zhang et al., (2020), kapasitas adsorpsi terhadap ion logam

berat Pb^{2+} meningkat dari pH 1 hingga 8. Pada pH asam atau dibawah 5, adsorben menjadi terprotonasi sehingga menjadi bersifat repulsif atau tolak menolak terhadap ion Pb^{2+} dan menyebabkan adsorben tidak dapat maksimal menjerap. Pada pH diatas 5, kenaikan nilai kapasitas adsorpsi meningkat hingga pH ke-7 dan ketika pH dinaikkan, kapasitas adsorpsi pasir silika Bangka menurun, khususnya pada pH ke 9. Nilai pH dari larutan akan mempengaruhi situs pengikatan pada permukaan adsorben dan sifat kimiawi dari adsorben. Ion hidrogen pada pH asam akan bersaing kuat dengan larutan yang memiliki sesama pH asam. Sehingga pada pH 3, nilai kapasitas adsorpsi lebih rendah dibandingkan dengan lainnya (D. Ouyang et al. 2019). Begitu pula penelitian Cechinel et.al. (2014) menyarankan agar proses adsorpsi terhadap ion Pb^{2+} harus dilakukan pada pH diatas 4 sehingga ion Pb^{2+}dapat terserap dengan baik.



Gambar 4.8. Efisiensi Adsorpsi Pasir Silika Bangka dengan Pb^{2+} Terhadap Variasi Ph (Co=300 mg/L; V=100 ml; t=15 min; massa=0,01 gr)

Persen efisiensi removal ion logam berat Pb^{2+} mencapai titik maksimum pada pH 7 yaitu sebesar 84,99%. Pada pH 7, konsentrasi H^+ paling kecil sehingga pada kondisi ini terjadi adsorpsi maksimum ion Pb^{2+} pada permukaan adsorben dan terjadi peningkatan kapasitas adsorpsi yang tinggi (Bhat et al. 2015). Dengan meningkatnya nilai pH maka nilai persen removal adsorpsi ion logam akan meningkat pula melalui gaya elektrostatis. Persen efisiensi penyisihan dan kapasitas daya serap adsorben akan meningkat ketika nilai pH meningkat pula (Gong et al. 2015). Namun pada pH diatas 6 dapat dimungkinkan terjadi adsorpsi dan presipitasi ion logam berat Pb^{2+} menjadi $Pb(OH)_2$ dan pada pH diatas 9, jumlah ion logam

berat Pb^{2+} menurun drastis dan jumlah $Pb(OH)_2$ mencapai maksimum (Yang *et.al.*, 2019).

4.5 Penentuan Kapasitas Adsorpsi Optimum

Kapasitas adsorpsi suatu adsorben mengindikasikan kemampuannya dalam menjerap ion logam berat di dalam suatu larutan. Kapasitas adsorpsi tentu dipengaruhi oleh beberapa faktor lainnya, salah satunya yaitu nilai konsentrasi suatu logam berat dalam air limbah atau larutan. Pada penelitian ini dilakukan observasi tipe isoterm yang digunakan adsorben silika Bangka menggunakan isoterm Langmuir dan Freundlich. Isoterm tipe Langmuir menunjukkan homogenitas permukaan adsorben sedangkan isoterm Freundlich mengindikasikan adanya heterogenitas pada permukaan adsorben (Ahmad et al. 2009).

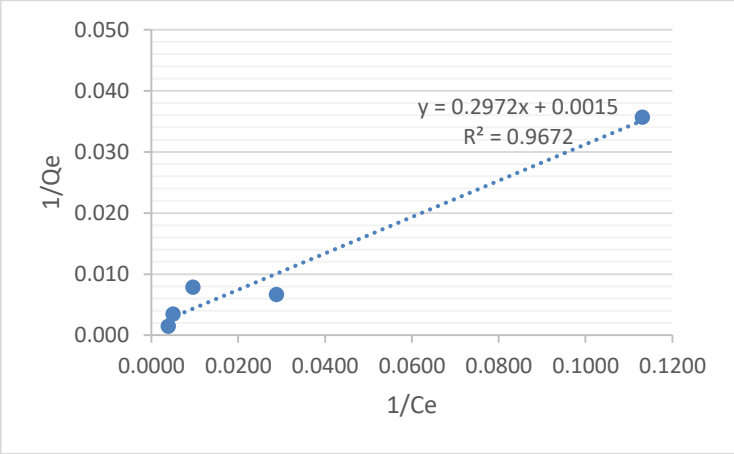
Analisis kapasitas adsorpsi yang dilakukan yaitu dengan membandingkan model isotermal Langmuir dan Freundlich. Dari kelima variasi massa adsorben, untuk penggunaan model Langmuir dilakukan perhitungan nilai 1/Qe, kemudian dibandingkan terhadap 1/Ce. Pada model Freundlich, dilakukan perhitungan nilai log qe yang kemudian dibandingkan dengan nilai log Ce. Setelah mendapatkan nilai R^2 pada masing-masing variasi adsorben baik pada model Langmuir maupun Freundlich, dilakukan penentuan nilai R^2 tertinggi atau yang paling mendekati 1 sehingga diperoleh nilai slope dan intersep yang memiliki hubungan dengan kapasitas adsorpsi pasir silika Bangka. Pada tabel 4.1, disajikan perbandingan perhitungan slope, intersep dan R^2 pada masing-masing model.

Tabel 4.1. Perbandingan nilai slope, intersep dan R^2 pada model Langmuir dan Freundlich

Isoterm	Indikator	Nilai
Langmuir	Qo/slope	0,2972
	n/intercept	0,0015
	Q max (mg/g)	661,0605
	KL	0,0051
	RL	0,3957
	R^2	0,9672
Freundlich	slope	0,7823
	intercept	0,7607

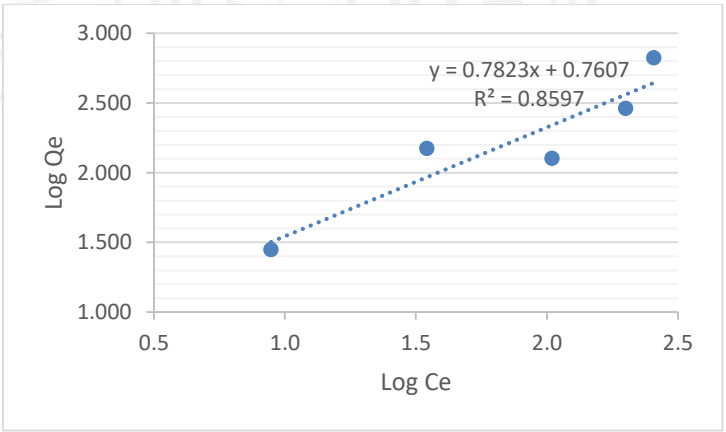
Isoterm	Indikator	Nilai
	1/n	0,7823
	Kf	5,7641
	R^2	0,8597

Pada analisis model kesetimbangan adsorpsi melalui isoterm Langmuir diperoleh nilai R^2 = 0,9627 ditunjukkan pada Gambar 9. Dari hasil perhitungan persamaan y = 0,2972x + 0,0015 diperoleh hasil kemampuan daya serap adsorben (Qm) sebesar 661 mg/g.



Gambar 4.9. Grafik Persamaan Isoterm Langmuir

Hasil analisis model kesetimbangan adsorpsi dengan isoterm Freundlich diperoleh nilai R^2 = 0,8597 dan memperoleh persamaan y = 0,7823x + 0,7607 yang ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 4.10. Grafik Persamaan Isoterm Freundlich

Dari kedua analisis model isoterm tersebut, dapat disimpulkan bahwa model isotermal Langmuir paling tepat untuk mengidentifikasi kapasitas adsorpsi pasir

silika Bangka dikarenakan nilai R^2 yang melebihi 0,9. Nilai slope pada isoterm langmuir adalah 0,297 sedangkan nilai intersep sebesar 0,0015 dengan hasil R_L sebesar 0,395. nilai R_L yang berada pada rentang 0 hingga 1 menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi pasir silika Bangka baik. Adsorpsi pasir silika Bangka yang teridentifikasi dengan model isotermal Langmuir menjelaskan bahwa mekanisme adsorpsi yang terjadi berada pada situs spesifik yang homogen yang berarti satu jenis molekul menempati satu permukaan atau layer (Senthil Kumar et al. 2010). Isoterm Langmuir juga teridentifikasi pada penelitian Hosseini et al. (2018) yang cocok dalam penyerapan alginat silika terhadap ion logam berat Pb^{2+},

Model Freundlich pada penelitian ini dianggap kurang sesuai dengan hasil penelitian adsorpsi pasir silika Bangka walaupun memiliki nilai $R^2 = 0,85$. Adsorpsi pasir silika Bangka yang teridentifikasi dengan model isotermal Langmuir menjelaskan bahwa mekanisme adsorpsi yang terjadi berada pada situs spesifik yang homogen yang berarti satu jenis molekul menempati satu permukaan atau layer. Hal ini sesuai dengan kandungan adsorben yang digunakan untuk mengadsorpsi yaitu silika oksida yang merupakan senyawa utama dari pasir silika Bangka. Layer yang dimungkinkan menjerap adalah silika dan molekul yang terjerap yaitu molekul Pb. Dapat diartikan pula bahwa senyawa lain selain silika yang berada di dalam pasir silika Bangka berkemungkinan kecil menjerap adsorbat, dalam hal ini logam timbal.

Dari hasil analisis ini dapat dinyatakan bahwa kandungan adsorben yang digunakan untuk mengadsorpsi yaitu silika oksida yang merupakan senyawa utama dari pasir silika Bangka atau =Si-O. Kemudian menjadi gugus Si=O=Pb setelah diadsorpsi. Fenomena adsorpsi pasir terhadap logam berat ini pun selaras dengan penelitian sebelumnya dimana isoterm yang paling sesuai digunakan yaitu isoterm Langmuir. Penggambaran interaksi yang terjadi yaitu antara gugus fungsi permukaan silikat (pasir) dan ion logam yang terserap (Awan *et.al.*, 2003). Begitu pula dengan penelitian pasir putih terhadap ion logam berat lainnya yang mengindikasikan model isoterm Langmuir (Khamis *et.al*., 2009) Kapasitas optimum adsorpsi pasir silika Bangka yang diperoleh dari persamaan Langmuir berdas variasi konsentrasi yaitu sebesar 661 mg/g.

Nilai kapasitas adsorpsi yang diperoleh dari studi ini dapat dikatakan cukup tinggi. Beberapa adsorben ion logam berat Pb^{2+} menunjukkan nilai kapasitas adsorpsi sebagai berikut:

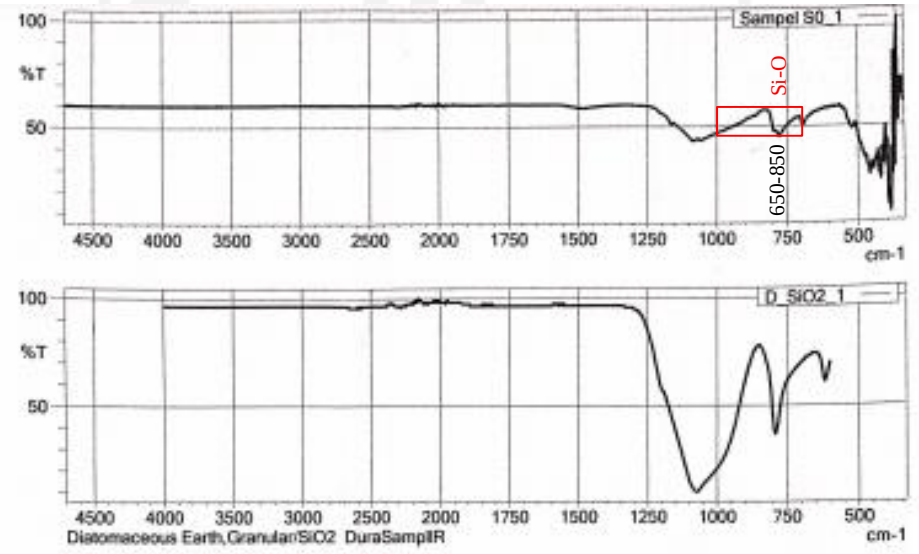
Tabel 4.2. Perbandingan berbagai adsorben dan kapasitas adsorpsi ion Pb^{2+}

Adsorben	**Kapasitas adsorpsi ion Pb^{2+} (mg/g)**	**pH**	**Referensi**
Graphite oxide terlapis pasir	12,20	6	(Gong et al. 2015)
NALCO pasir tanaman	22,8	5,2	(Mohapatra, et al. 2009)
Silika terlapis nanokompsit magnetik	14,9	6	(Nicola et al. 2020)
Silika gel termodifikasi polyamidoamine dendrimer dan asam thiomalic	25,32	5	(Wu et al. 2016)
Tailing silika	44,83	6	(D. Ouyang et al. 2019)
Komposit Membran Kitosan/Silika	57,60	7	(Rosdi et al. 2018)
Komposit Silika/Cell	97,10	5,5	(Basu et.al. 2017)
o-Vanillin terfungsionalisasi mesoporos silika terlapisi magnetite	155,7	4,4	(Culita et al. 2016)
Pasir Silika Bangka	661,0	7	*studi saat ini*

4.6 Karakterisasi Adsorpsi

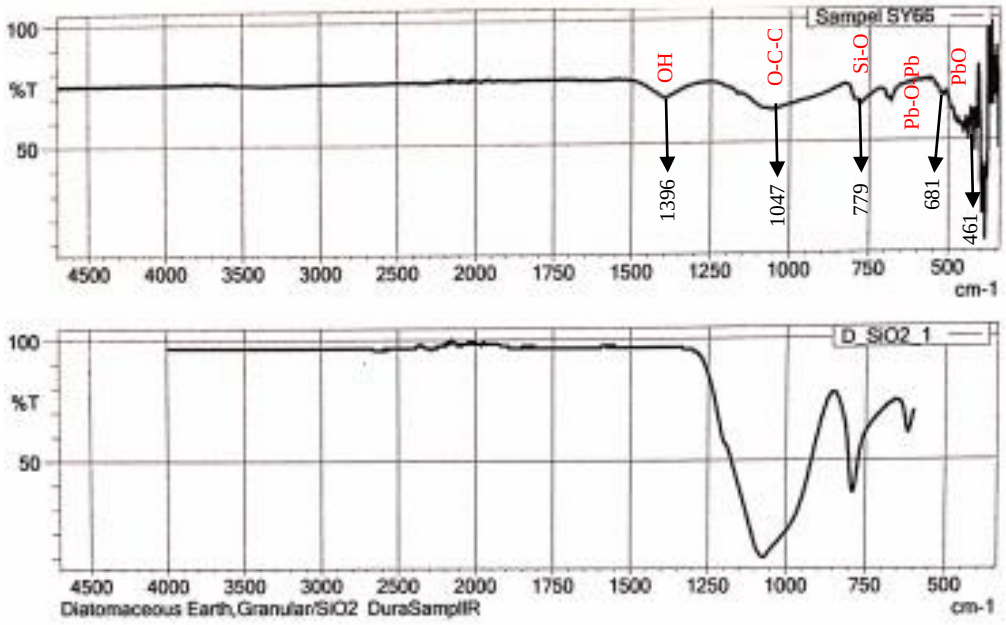
Interaksi antara logam berat dan pasir silika Bangka terbagi menjadi dua klasifikasi yaitu interaksi luar dan interaksi dalam. Interaksi luar mengindikasikan adanya interaksi antara ion logam dan permukaan pasir, yang melibatkan fasa cair atau molekul air. interaksi bagian dalam mendeskripsikan fenomena interaksi antara ion logam dan gugus fungsi pada permukaan pasir yang tidak melibatkan fasa cair antara ion teradsorpsi dan gugus fungsi dari permukaan adsorben (Bode Haryanto and Chang 2015).

Pada pasir, mineral silika tetrahedral dengan gugus fungsi hidroksil pada permukaan adsorben direpresentasikan sebagai =Si-OH. Haryanto and Chang (2015), Koretsky (2000), Goldberg and Johnston (2001) menyatakan bahwa senyawa kompleks yang terbentuk pada interaksi dalam, secara umum lebih stabil dibandingkan senyawa kompleks interaksi luar. Pada identifikasi melalui *X-Ray Absorption Spectroscopy* untuk menginvestigasi proses penyerapan pada tanah, ion logam berat Pb^{2+} masuk kedalam kelompok logam divalen yang membentuk senyawa kompleks internal pada permukaan penjerap (Sparks 2019). Sehingga dapat disimpulkan penyerapan pasir silika sebagai adsorben terhadap ion logam berat Pb^{2+} memiliki ikatan yang stabil saat proses adsorpsi.



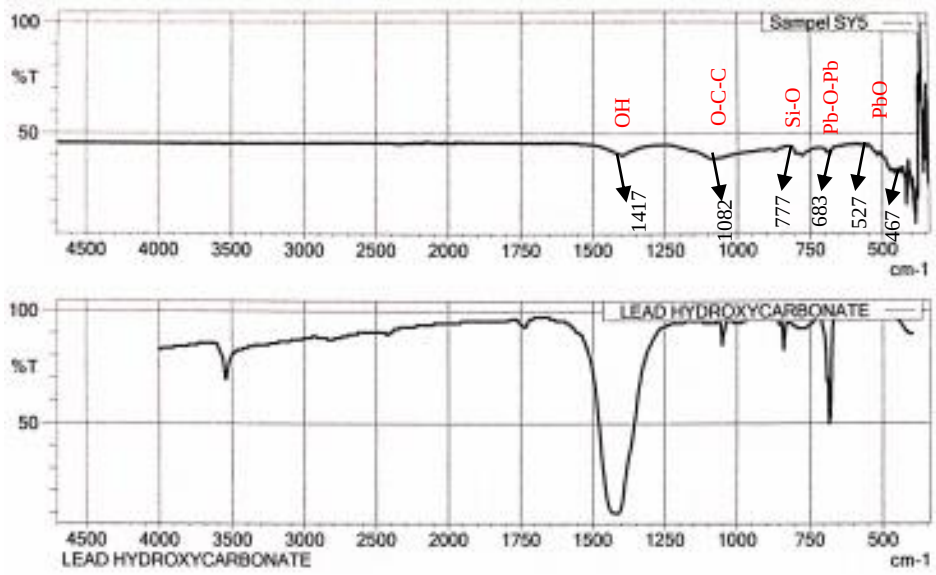
Gambar 4.11. Karakterisasi FT-IR pasir silika Bangka

Pada pasir silika Bangka, nomor gelombang 650 cm^{-1} hingga 800 cm^{-1} menandakan keberadaan gugus Si-O yang merupakan representasi dari mineral SiO_2. Puncak utama gugus ≡Si-Si≡ teridentifikasi pada nomor gelombang 650-690 cm^{-1} yang terbentuk akibat adanya defek dari kekosongan netral pada oksigen (López et al. 2009). Identifikasi serapan fase kuarsa utama yaitu gugus Si-O juga ditemukan pada nomor gelombang 800-802 cm^{-1} dan getaran Si-OH muncul pada nomor gelombang 932-939 cm^{-1} (Shokri *et.al.*, 2009).



Gambar 4.12. Karakterisasi FT-IR pasir silika Bangka setelah adsorpsi (pH=7)

Pada perbandingan hasil analisis FT-IR pasir silika Bangka setelah dilakukan proses adsorpsi ion logam Pb^{2+} kurang lebih mirip dan terjadi beberapa perubahan panjang gelombang dikarenakan adanya kandungan logam berat yang terserap. Ion logam Pb^{2+} dominan yang terbentuk pada pH 7 yaitu timbal hidroksikarbonat dengan kemungkinan senyawa yang terbentuk yaitu $PbCO_3$ dan $Pb(OH)_2$. Sedangkan pada pasir silika setelah adsorpsi teridentifikasi gelombang nomor 462,9 cm^{-1} yang merupakan gugus jenis Pb-O. Nomor gelombang yang sama diperoleh pada nomor 462 cm^{-1} yang merupakan representasi dari gugus Pb-O. Puncak gelombang dari 668,2 hingga 437,7 cm^{-1}merupakan getaran lentur asimetris ikatan Pb-O-Pb dan getaran regangan Pb-O (Arulmozhi and Mythili 2013). Pada peak ke 1047 cm^{-1} merupakan representasi dari gugus karbon yaitu O-C-C (Smith 2018).



Gambar 4.13. Karakterisasi FT-IR pasir silika Bangka setelah adsorpsi (pH=9)

Ion logam Pb^{2+} yang terbentuk paling intens pada pH 9 yaitu timbal hidroksikarbonat dengan senyawa yang terbentuk yaitu $PbCO_3$ dan $Pb(OH)_2$. Gugus Si-O juga teridentifikasi pada pasir setelah adsorpsi, yaitu pada gelombang nomor 1082 cm^{-1}, getaran kuarsa sangat khas dalam range 1163 cm^{-1} hingga 695,5 cm^{-1}. Sedangkan karakteristik gelombang logam oksida intens pada gelombang 800-550 cm^{-1}(Senvaitiene et al. 2007). Gelombang pada pasir setelah adsorpsi selaras pula dengan serapan gelombang pada campuran silika dan logam oksida, wilayah dengan nomor gelombang 1100-850 cm^{-1}merupakan getaran regangan dari SiO_4 yang berkorelasi dengan senyawa PbO. Gelombang ini melemah bila nilai logam oksida berkurang (K. Ouyang et al. 2020). Kompleksitas dari Pb dengan gugus fungsi terionisasi dapat terjadi seperti pada gugus COO atau –OH (Zhang et al. 2020). Pada peak ke 1047 cm^{-1} merupakan representasi dari gugus karbon yaitu O-C-C (Smith 2018). Gugus Pb-O cenderung teridentifikasi pada zona keempat yang merepresentasikan interaksi antara molekul organik dan timbal (López-Miranda et al. 2020), dan memiliki intensitas yang cukup tinggi dalam sintesis partikel nano timbal (Arulmozhi and Mythili 2013). Sehingga pada karakterisasi FT-IR, pasir silika Bangka teridentifikasi dapat menjerap ion Pb^{2+}.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB V
SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari penelitian adsorpsi pasir silika Bangka yang telah dilakukan terhadap ion logam berat Pb^{2+} maka dapat disimpulkan bahwa adsorben pasir silika Bangka dapat efektif menyisihkan ion logam berat Pb^{2+}. Kondisi optimum adsorben pada variabel massa dan waktu yaitu 0,01 gram dan dalam waktu 15 menit. Sedangkan pada variasi konsentrasi, diperoleh kapasitas optimum adsorben yaitu sebesar 661 mg/g. pH optimum larutan dalam proses adsorpsi pasir silika Bangka yaitu pH 7 dan memperoleh nilai kemampuan daya serap yang lebih tinggi lagi yaitu 2.586 mg/g dengan efisiensi adsorpsi sebesar 84,99%. Isoterm Langmuir adalah model yang paling cocok digunakan dalam adsorpsi logam Pb menggunakan pasir silika Bangka karena memiliki nilai R^2 yang melebihi 0,9.

5.2 Saran

Saran dari penelitian Tugas Akhir untuk dilanjutkan pada penelitian berikutnya yaitu:

1. Melakukan karakterisasi spesifik terkait pasir silika Bangka sehingga dapat diketahui lebih detail komposisi pasir silika Bangka yang diteliti. Hal ini akan berguna sebagai proses identifikasi senyawa yang berpotensi menjerap adsorbat di dalam larutan.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait adsorben pasir silika Bangka apabila diaplikasikan pada air tambang yang tercemar logam Pb dan juga logam berat lainnya yang diakibatkan dari proses penambangan bijih timah.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Abadin, H, A Ashizawa, YW Stevens, F Llados, G Diamond, G Sage, M Citra, A Quinones, SJ Bosch, and SG Swarts. 2007. **Toxicological Profile for Lead.** Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US). https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK158766.

Abas, SNA, MHS Ismail, ML Kamal, and S Izhar. 2013. **Adsorption Process of Heavy Metals by Low-Cost Adsorbent: A Review.** *World Applied Sciences Journal* 28 (11): 1518–30.

Ahmad, A, M Rafatullah, O Sulaiman, MH Ibrahim, YY Chii, and BM Siddique. 2009. **Removal of Cu(II) and Pb(II) Ions from Aqueous Solutions by Adsorption on Sawdust of Meranti Wood, Desalination.** *Desalination* 247 (1–3): 636–46. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.01.007.

Anfaresi, S.L.N, I.U Putri, R.A Mulia, N Muzayyannah, and F.A.N Alfisyahr. 2018. **Bangka's Tin Sea Sand-Fe3O4 as A Removal of Heavy Metals in By-Product of Tin Ore Processing.** *Advanced in Engineering Research* 167 (1): 27–33. https://doi.org/10.1007/s40242-018-8213-z.

Arulmozhi, K. T., and N. Mythili. 2013. **Studies on the Chemical Synthesis and Characterization of Lead Oxide Nanoparticles with Different Organic Capping Agents.** *AIP Advances* 3 (12). https://doi.org/10.1063/1.4858419.

Awan, MA, IA Qazi, and I Khalid. 2003. **Removal of Heavy Metals through Adsorption Using Sand.** *Journal of Environmental Sciences (China)* 15 (3): 413–16. https://europepmc.org/article/med/12938995.

Basu, Mousumi, Arun K. Guha, and Lalitagauri Ray. 2017. **Adsorption of Lead on Cucumber Peel.** *Journal of Cleaner Production* 151: 603–15. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.028.

Bhat, Adarsh, Gangadhar B. Megeri, Christine Thomas, Harit Bhargava, C. Jeevitha,

Sanjana Chandrashekar, and G. M. Madhu. 2015. **Adsorption and Optimization Studies of Lead from Aqueous Solution Using γ-Alumina.** *Journal of Environmental Chemical Engineering* 3 (1): 30–39. https://doi.org/10.1016/j.jece.2014.11.014.

Bulgariu, Dumitru, and Laura Bulgariu. 2013. **Sorption of Pb(II) onto a Mixture of Algae Waste Biomass and Anion Exchanger Resin in a Packed-Bed Column.** *Bioresource Technology* 129: 374–80. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.10.142.

Cechinel, Maria Alice Prado, Selene Maria Arruda Guelli Ulson De Souza, and Antônio Augusto Ulson De Souza. 2014. **Study of Lead (II) Adsorption onto Activated Carbon Originating from Cow Bone.** *Journal of Cleaner Production* 65: 342–49. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.020.

Chen, Suhong, Qinyan Yue, Baoyu Gao, Qian Li, Xing Xu, and Kaifang Fu. 2012. **Adsorption of Hexavalent Chromium from Aqueous Solution by Modified Corn Stalk: A Fixed-Bed Column Study.** *Bioresource Technology* 113: 114–20. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.11.110.

Culita, Daniela C., Claudia Maria Simonescu, Rodica Elena Patescu, Mioara Dragne, Nicolae Stanica, and Ovidiu Oprea. 2016. **O-Vanillin Functionalized Mesoporous Silica - Coated Magnetite Nanoparticles for Efficient Removal of Pb(II) from Water.** *Journal of Solid State Chemistry* 238: 311–20. https://doi.org/10.1016/j.jssc.2016.04.003.

Dewi, I. 2009. **Kemampuan Adsorpsi Batu Pasir Yang Dilapisi Besi Oksida (Fe2O3) Untuk Menurunkan Kadar Pb Dalam Larutan.** *Bumi Lestari* 9 (2): 254-262–262.

Faisal, Ayad A.H., Saad F.A. Al-Wakel, Hussein A. Assi, Laith A. Naji, and Mu Naushad. 2020. **Waterworks Sludge-Filter Sand Permeable Reactive Barrier for Removal of Toxic Lead Ions from Contaminated**

Groundwater. *Journal of Water Process Engineering* 33 (November 2019): 101112. https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101112.

Gautam, Ravindra K., Sanjay K. Sharma, Suresh Mahiya, and Mahesh C. Chattopadhyaya. 2014. **Contamination of Heavy Metals in Aquatic Media: Transport, Toxicity and Technologies for Remediation.** *Heavy Metals In Water*, 1–24. https://doi.org/10.1039/9781782620174-00001.

Goldberg, S, and CT Johnston. 2001. **Mechanisms of Arsenic Adsorption on Amorphous Oxides Evaluated Using Macroscopic Measurements, Vibrational Spectroscopy, and Surface Complexation Modeling.** *Journal of Colloid and Interface Science* 234 (1): 204–16. https://doi.org/https://doi.org/10.1006/jcis.2000.7295.

Gong, Ji Lai, Yong Liang Zhang, Yan Jiang, Guang Ming Zeng, Zhi Hui Cui, Ke Liu, Can Hui Deng, Qiu Ya Niu, Jiu Hua Deng, and Shuang Yan Huan. 2015. **Continuous Adsorption of Pb(II) and Methylene Blue by Engineered Graphite Oxide Coated Sand in Fixed-Bed Column.** *Applied Surface Science* 330: 148–57. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.11.068.

Halnor, Sureshkumar. 2015. **Removal of Heavy Metals from Wastewater: A Review.** *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management* 4 (10): 19–22.

Halnor, Sureshkumar, and Milind Ubale. 2013. **Adsorption of Heavy Metals: A Review.** *Journal of Applicable Chemistry* 2 (3): 475–85.

Han, R, W Zou, Z Zhang, J Shi, and J Yang. 2006. **Removal of Copper(II) and Lead(II) from Aqueous Solution by Manganese Oxide Coated Sand: I. Characterization and Kinetic Study.** *Journal of Hazardous Materials* 137 (1): 384–95. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.02.021.

Handayani, Murni, and E Sulistiyono. 2009. **Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit.** *Prosiding*

Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir PTNBR – BATAN, no. Vi: 130–36.

Haouti, RE, Z Anfar, A Et-Taleb, M Benafqir, S Lhanafi, and N El-Alem. 2018. **Removal of Heavy Metals and Organic Pollutants by a Sand Rich in Iron Oxide.** *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration* 3 (17). https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s41207-018-0058-9.

Haryanto, B., M. Z. Siswarni, C. H. Chang, A. T. Kuo, and W. B. Singh. 2018. **Interaction Models on Sand Surface of Natural Adsorbent with Adsorbate Cd+2 Metal Ions in Solution with Batch Operation.** *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 308 (1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/308/1/012020.

Haryanto, Bode, and Chien Hsiang Chang. 2015. **Removing Adsorbed Heavy Metal Ions from Sand Surfaces via Applying Interfacial Properties of Rhamnolipid.** *Journal of Oleo Science* 64 (2): 161–68. https://doi.org/10.5650/jos.ess14058.

Henny, C. 2010. **'Kolong' Bekas Tambang Timah Di Pulau Bangka: Permasalahan Kualitas Air Dan Alternatif Solusi Untuk Pemanfaatan.** *Oseanologi Dan Limnologi Indonesia* 37: 119–38.

Henny, C, and E Susanti. 2009. **Karakteristik limnologis Kolong Bekas Tambang Timah Di Pulau Bangka.** *Limnotek* 26: 119–31.

Hosseini, Mehdi, Ali Esrafili, Mojtaba Yegane, and Mitra Gholami. 2018. **New Magnetic / Biosilica / Sodium Alginate Composites for Removal of Pb (II) Ions from Aqueous Solutions : Kinetic and Isotherm Studies.** 160–72. https://doi.org/10.22102/JAEHR.2018.126798.1073.

Irianti, T. T, Kuswadi, Sindu Nuranto, and Anik Budiyatni. 2017. **Logam Berat Dan Kesehatan.** Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.

Jain, C. K., and D. Ram. 1997. **Adsorption d'ions Métalliques Sur Les Sédiments de Fond.** *Hydrological Sciences Journal* 42 (5): 713–23. https://doi.org/10.1080/02626669709492068.

Jeyakumar, R. P.Suresh, and V. Chandrasekaran. 2014. **Adsorption of Lead (II) Ions by Activated Carbons Prepared from Marine Green Algae: Equilibrium and Kinetics Studies.** *International Journal of Industrial Chemistry* 5 (1): 1–9. https://doi.org/10.1007/s40090-014-0010-z.

Kaneko, K. 1994. **Determination of Pore Size and Pore Size Distribution: 1. Adsorbents and Catalysts.** *Journal of Membrane Science* 96 (1–2): 59–89. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0376-7388(94)00126-X.

Karnib, Mona, Ahmad Kabbani, Hanafy Holail, and Zakia Olama. 2014. **Heavy Metals Removal Using Activated Carbon, Silica and Silica Activated Carbon Composite.** *Energy Procedia* 50: 113–20. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.014.

Khamis, M, F Jumean, and N Abdo. 2009. **Speciation and Removal of Chromium from Aqueous Solution by White, Yellow and Red UAE Sand.** *Journal of Hazardous Materials* 169 (1–3): 948–52. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.04.053.

Koretsky, C. 2000. **The Significance of Surface Complexation Reactions in Hydrologic Systems: A Geochemist's Perspective.** *Journal of Hydrology* 230 (3–4): 127–71. https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00215-8.

Lestari, Sri. 2010. **Pengaruh Berat Dan Waktu Kontak Untuk Adsorpsi Timbal(II) Oleh Adsorben Dari Kulit Batang Jambu Biji (Psidium Guava L.).** *Jurnal Kimia Mulawarman* 8 (1): 7–10.

López-Miranda, J. Luis, Rodolfo Silva, Gustavo A. Molina, Rodrigo Esparza, A. R. Hernandez-Martinez, J. Hernández-Carteño, and Miriam Estévez. 2020. **Evaluation of a Dynamic Bioremediation System for the Removal of**

Metal Ions and Toxic Dyes Using Sargassum Spp. *Journal of Marine Science and Engineering* 8 (11): 1–22. https://doi.org/10.3390/jmse8110899.

López, JAL, JC López, MA Mijares, AM Sánchez, and C Falcony. 2009. **FTIR and Photoluminescence of Annealed Silicon Rich Oxide Films.** *Superficies y Vacío* 22 (1): 11–14.

Mekhelf, Zamen K., Akeel Dh. Subhi, and Rmazi S. Hameed. 2020. **Removal of Iron From Produced Water Using Silica Adsorbent Material.** *Engineering and Technology Journal* 38 (8A): 1154–59. https://doi.org/10.30684/etj.v38i8a.1125.

Meyzilia, Arvia. 2018. **Pemanfaatan Air Kolong Bekas Tambang Timah Sebagai Penambah Sumber Air Tanah Menggunakan Lubang Kompos Di Bangka Belitung.** *Jurnal Pendidikan Ilmu Sosial* 27 (1): 22–30.

Mohapatra, M., S. Khatun, and S. Anand. 2009. **Adsorption Behaviour of Pb(II), Cd(II) and Zn(II) on NALCO Plant Sand.** *Indian Journal of Chemical Technology* 16 (4): 291–300.

Mulyani, SY. 2012. **Kajian Lingkungan Pemanfaatan Pasir Kwarsa.** Edited by G Gunawan and AB Sailendra. Bandung: Kementrian Pekerjaan Umum.

Nicola, Roxana, Otilia Costişor, Mihaela Ciopec, Adina Negrea, Radu Lazău, Cătălin Ianăşi, Elena Mirela Picioruş, et al. 2020. **Silica-Coated Magnetic Nanocomposites for Pb2+ Removal from Aqueous Solution.** *Applied Sciences (Switzerland)* 10 (8). https://doi.org/10.3390/APP10082726.

Ouyang, Dongxiao, Yuting Zhuo, Liang Hu, Qiang Zeng, Yuehua Hu, and Zhiguo He. 2019. **Research on the Adsorption Behavior of Heavy Metal Ions by Porous Material Prepared with Silicate Tailings.** *Minerals* 9 (5): 1–16. https://doi.org/10.3390/min9050291.

Ouyang, K, Z Dou, T Zhang, and Y Liu. 2020. **Effect Of ZnO / PbO And FeOx**

/SiO2 Ratio on The Viscosity of Lead. *Journal of Mining and Metallurgy* 56 (1): 27–33.

Palar, Heryando. 2004. **Pencemaran & Toksikologi Logam Berat.** Jakarta: Rineka Cipta. https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=588643#.

Pitulima, Janiar, and Irvani. 2016. **Evaluasi Kelayakan Sumber Air Baku Pada Kolong Yang Tercemar Tailing Dari Aktivitas Remaining Bijih Timah (Water Resource Suitability Evaluation of Any Contaminant Pond Mining Tailing from Tin Ore Remaining Activity in Bangka Island).** *Promine Journal* 4 (December): 38–43.

Rosdi, N., M. N. M. Sokri, N. M. Rashid, M. S. Che Chik, and M. S. Musa. 2018. **Chitosan/Silica Composite Membrane: Adsorption of Lead(II) Ion from Aqueous Solution.** *Journal of Applied Membrane Science & Technology* 23 (1): 63–72. https://doi.org/10.11113/amst.v23n1.141.

Sabri, F. 2015. **Pengelolaan Sumberdaya Kolong.** Palembang: Citra Book.

Sangiumsak, N, and P Punrattanasin. 2014. **Adsorption Behavior of Heavy Metals on Various Soils.** *Journal of Environmental Studies* 23 (3): 853–65. https://doi.org/10.1021/jf0496402.

Senthil Kumar, P., C. Vincent, K. Kirthika, and K. Sathish Kumar. 2010. **Kinetics and Equilibrium Studies of Pb2+ Ion Removal from Aqueous Solutions by Use of Nano-Silversol-Coated Activated Carbon.** *Brazilian Journal of Chemical Engineering* 27 (2): 339–46. https://doi.org/10.1590/s0104-66322010000200012.

Senvaitiene, Jurate, Junona Smirnova, Aldona Beganskiene, and Aivaras Kareiva. 2007. **XRD and FTIR Characterisation of Lead Oxide-Based Pigments and Glazes.** *Acta Chimica Slovenica* 54 (1): 185–93.

Sheet, Imtithal, Ahmad Kabbani, and Hanafy Holail. 2014. **Removal of Heavy**

Metals Using Nanostructured Graphite Oxide, Silica Nanoparticles and Silica/Graphite Oxide Composite. *Energy Procedia* 50: 130–38. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.016.

Shokri, B, M Abbasi Firouzjah, and S I Hosseini. 2009. **FTIR Analysis of Silicon Dioxide Thin Film Deposited by Metal Organic-Based PECVD.** *Proceedings of 19th International Plasma Chemistry Society*, 1–4. https://doi.org/www.ispc-conference.org.

Smith, BC. 2018. **The C=O Bond, Part VII: Aromatic Esters, Organic Carbonates, and More of the Rule of Three.** *Spectroscopy* 33 (9): 24–28.

Sparks, Donald L. 2019. **Fundamentals of Soil Chemistry.** *Encyclopedia of Water*, 1–11. https://doi.org/10.1002/9781119300762.wsts0025.

Subagja, Rudi. 2018. **Monasite Bangka Dan Alternatif Proses Pengolahannya.** *Metalurgi* 29 (1): 79. https://doi.org/10.14203/metalurgi.v29i1.274.

Valentukevičienė, Marina. 2008. **Experimental Research on Removal of Iron and Ammonium Ions from Groundwater by Natural Silica Sand.** *Geologija* 50 (3): 201–5. https://doi.org/10.2478/v10056-008-0045-y.

Wardalia. 2017. **Pengaruh Massa Adsorben Limbah Sekam Padi Terhadap Penyerapan Konsentrasi Timbal.** *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi* 13 (1): 71. https://doi.org/10.36055/tjst.v13i1.5848.

World Health Organization. 2011. **Guidelines for Drinking-Water Quality 4th Ed.** Geneva: World Health Organization. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44584/9789241548151_eng.pdf;jsessionid=4972371ED16D127C42BC500056349C63?sequence=1.

Wu, Xiongzhi, Ziyan Chen, Liangliang Luo, Li Li, and Yuan Liu. 2016. **Adsorption of Lead with Silica Gel Modified with Polyamidoamine Dendrimer and Thiomalic Acid.** *MATEC Web of Conferences* 67: 4–11.

https://doi.org/10.1051/matecconf/20166706099.

Yang, Xin, Guoren Xu, and Huarong Yu. 2019. **Removal of Lead from Aqueous Solutions by Ferric Activated Sludge-Based Adsorbent Derived from Biological Sludge.** *Arabian Journal of Chemistry* 12 (8): 4142–4149. https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.04.017.

Yustinah, Hudzaifah, Aprilia Maya, and AB Syamsudin. 2019. **Kesetimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch.** *Jurnal Konversi* 9 (1): 17–28.

Yusuf, Maulana. 2011. **Model Pengembangan Kolong Terpadu Pasca Penambangan Timah Di Wilayah Bangka - Belitung.** *Majalah Ilmiah Sriwijaya* 18 (11): 669–681.

Zhang, Junjie, Jingai Shao, Qianzheng Jin, Xiong Zhang, Haiping Yang, Yingquan Chen, Shihong Zhang, and Hanping Chen. 2020. **Effect of Deashing on Activation Process and Lead Adsorption Capacities of Sludge-Based Biochar.** *Science of the Total Environment* 716: 137016. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137016.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1: Alat dan Bahan Eksperimen

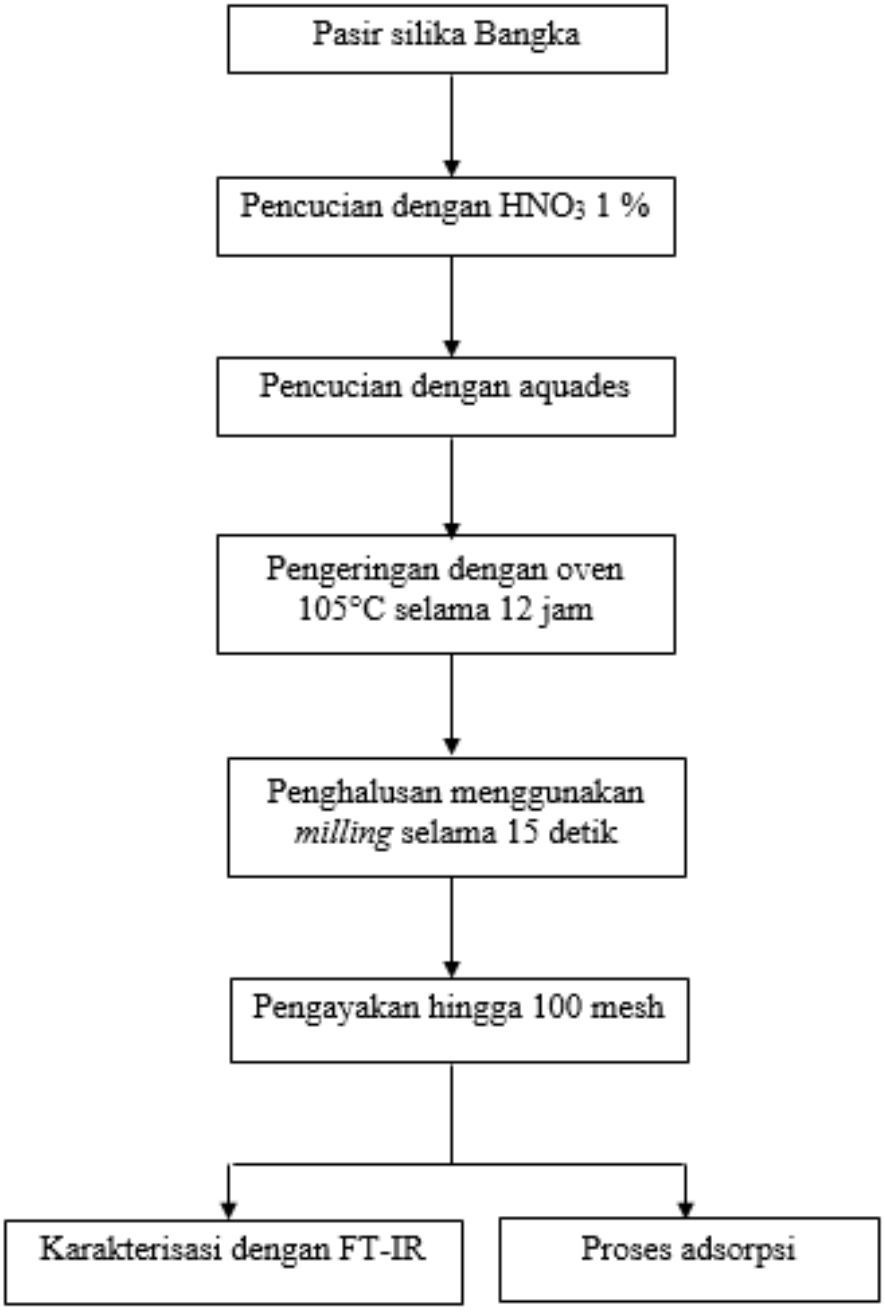
Alat

1. Ayakan 100 mesh
2. Oven
3. pH Universal
4. *Magnetic stirer plate*
5. Neraca analitik
6. Alat-alat gelas
7. Wadah
8. *Stopwatch*
9. Filter 0,45 micron
10. *Atomic Absorption Spectroscopy*
11. *Frourier Transform Infra Red (FT-IR)*

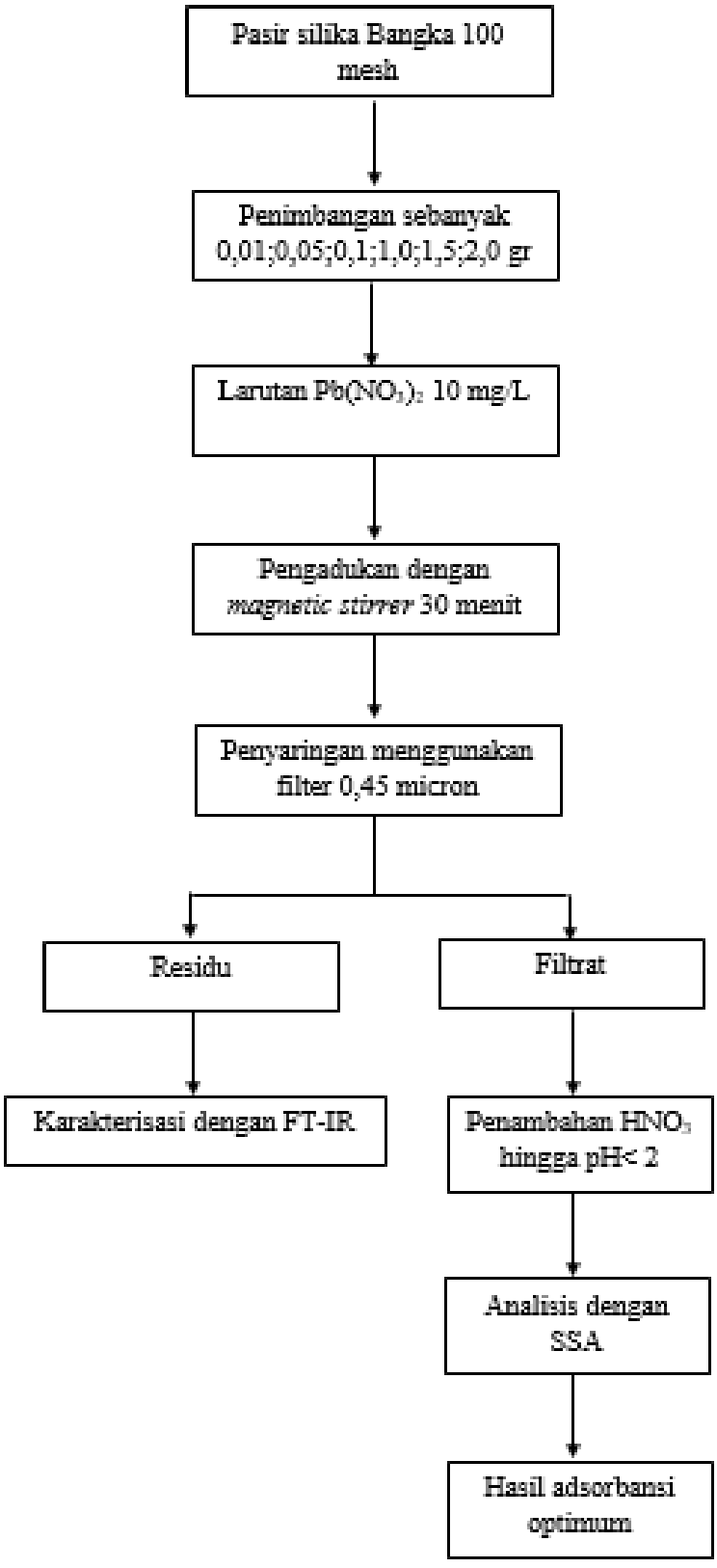
Bahan

1. Pasir silika (Bangka)
2. Larutan HNO_3
3. Larutan NaOH
4. Larutan $Pb(NO_3)_2$
5. Aquades

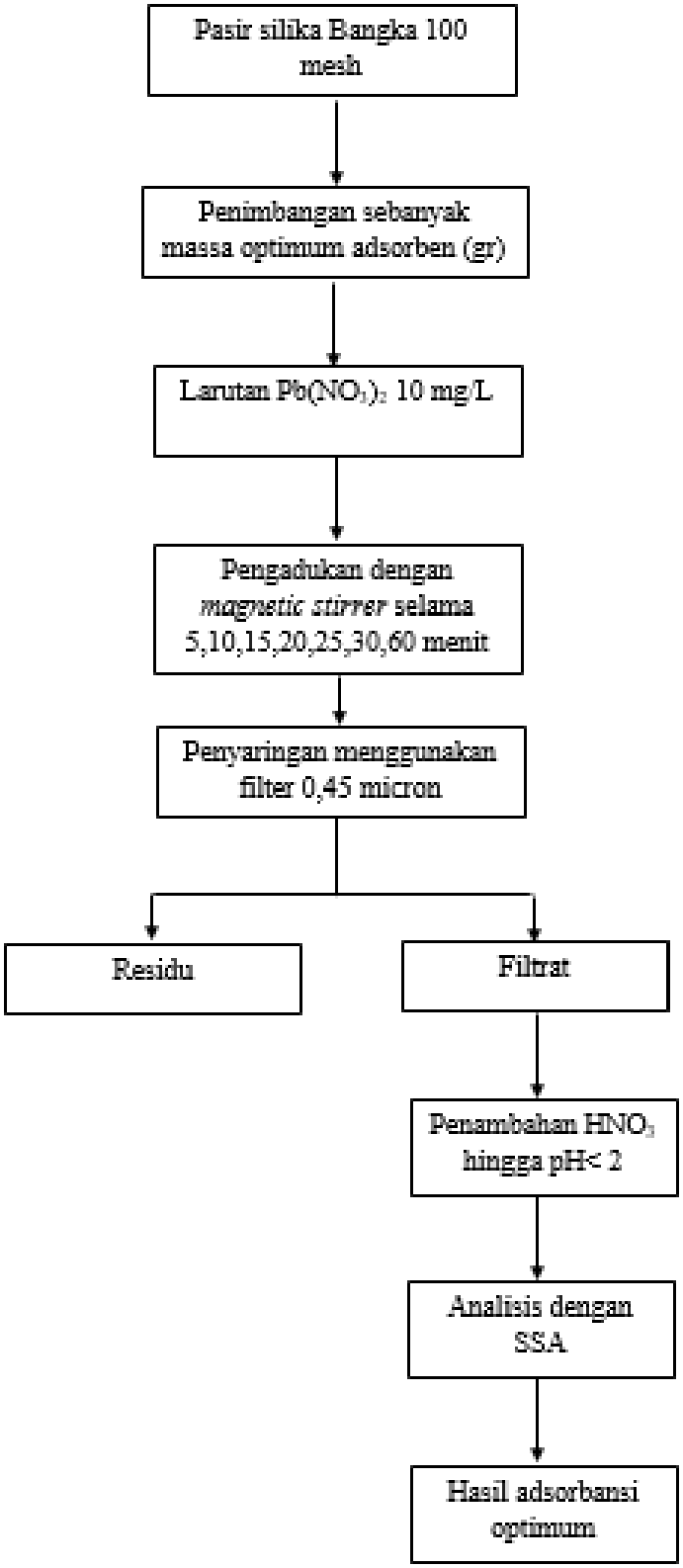
Lampiran 2: Diagram Alir Prosedur Preparasi Adsorben



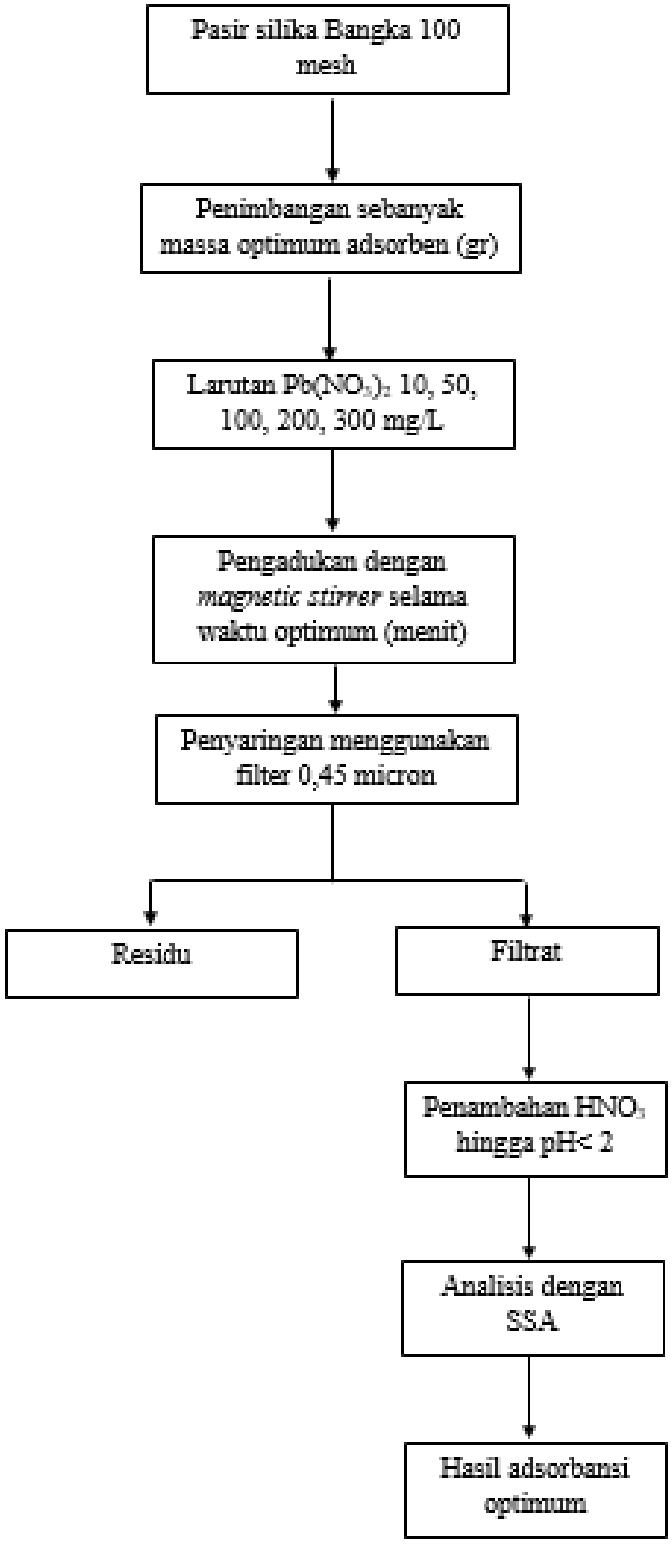
Lampiran 3: Diagram Alir Prosedur Penentuan Massa Adsorben Optimum



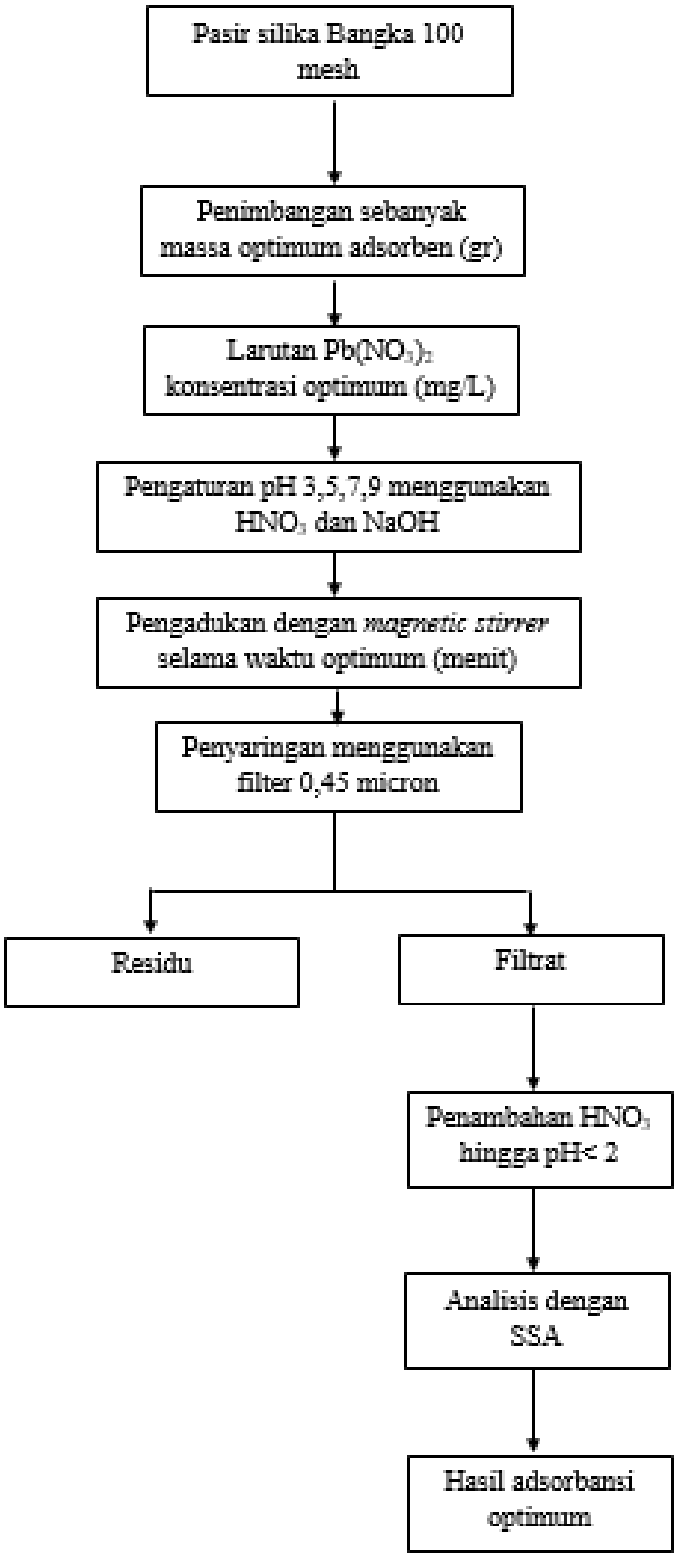
Lampiran 4: Diagram Alir Prosedur Penentuan Waktu Kontak Optimum



Lampiran 5: Diagram Alir Prosedur Penentuan Konsentrasi Optimum



Lampiran 6: Diagram Alir Prosedur Penentuan pH Optimum



Lampiran 7: Data Perhitungan Larutan Induk dan Kontrol $Pb(NO_3)_2$

Pembuatan larutan induk konsentrasi 100 mg/L.

$$\text{gram Pb(NO3)2} = \frac{Mr\ \text{Pb(NO3)2}}{Ar\ \text{Pb}} x\ conc \ldots (3)$$

$$= \frac{331{,}29\ g/mol}{207{,}19\ g/mol} x\ 100\ mg = 0{,}159\ g \sim 0{,}16\ g$$

Pengenceran ke Konsentrasi 10 mg/L

M1.V1 =M2.V2

100 mg/L.V1 =10 mg/L. 1000

V1 =10 ml

Pembuatan larutan induk konsentrasi 500 mg/L.

$$\text{gram Pb(NO3)2} = \frac{Mr\ \text{Pb(NO3)2}}{Ar\ \text{Pb}} x\ conc \ldots (3)$$

$$= \frac{331{,}29\ g/mol}{207{,}19\ g/mol} x\ 500\ mg = 0{,}799\ g \sim 0{,}8\ g$$

Pengenceran ke Konsentrasi 50 mg/L

M1.V1 =M2.V2

500 mg/L.V1 =50 mg/L. 250

V1 =25 ml

Pengenceran ke Konsentrasi 100 mg/L

M1.V1 =M2.V2

500 mg/L.V1 =100 mg/L. 250

V11=50 ml

Pengenceran ke Konsentrasi 200 mg/L

M1.V1 =M2.V2

500 mg/L.V1 =200 mg/L. 250

V1 =100 ml

Pengenceran ke Konsentrasi 300 mg/L

M1.V1 =M2.V2

500 mg/L.V1 =300 mg/L. 250

V1 =150 ml

Lampiran 8: Data Perhitungan Pengujian Kapasitas Adsorpsi Optimum

Perhitungan Pengujian Massa Optimum

Konsentrasi Pb = 10 mg/L

Volume larutan = 100 mL

Indikator	satuan	Massa Adsorben (gr)						
		0,01	0,05	0,1	0,5	1	1,5	2
Konsentrasi Awal Co	mg/L	9,96	9,96	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4
Konsentrasi Akhir Ce		8,88	7,48	6,43	0,02	0	0	0
Persen Penyisihan	%	10,84	24,90	31,60	99,79	100,00	100,00	100,00
Kapasitas Adsorpsi	mg/g	27,60	8,32	5,93	1,88	0,94	0,63	0,47

Perhitungan Pengujian Waktu Optimum

Konsentrasi Pb = 10 mg/L

Volume larutan = 100 mL

Massa adsorben = 0,01 gram

Waktu (min)	satuan	Waktu (min)						
		5	10	15	20	25	30	60
Konsentrasi Awal Co	mg/L	11,64						
Konsentrasi Akhir Ce		9,38	9,01	8,84	9,16	8,96	8,88	9,78
Persen Penyisihan	%	19,42	22,59	24,05	21,31	23,02	23,71	15,98
Kapasitas Adsorpsi	mg/g	22,60	26,30	28,00	24,80	26,80	27,60	18,60

Perhitungan Pengujian Konsentrasi Optimum

Volume larutan = 100 mL

Massa adsorben = 0,01 gram

Waktu kontak = 15 menit

Waktu (min)	satuan	Konsentrasi (ppm)				
		10	50	100	200	300
Konsentrasi Awal Co	mg/L	11,64	49,68	117,2	228,275	322
Konsentrasi Akhir Ce		8,84	34,72	104,50	199,43	255,25
Persen Penyisihan	%	24,05	30,11	28,04	12,64	20,73
Kapasitas Adsorpsi	mg/g	28,00	149,60	127,00	288,50	667,50

Perhitungan Pengujian pH Optimum

Volume larutan = 100 mL

Massa adsorben = 0,01 gram

Waktu kontak = 15 menit

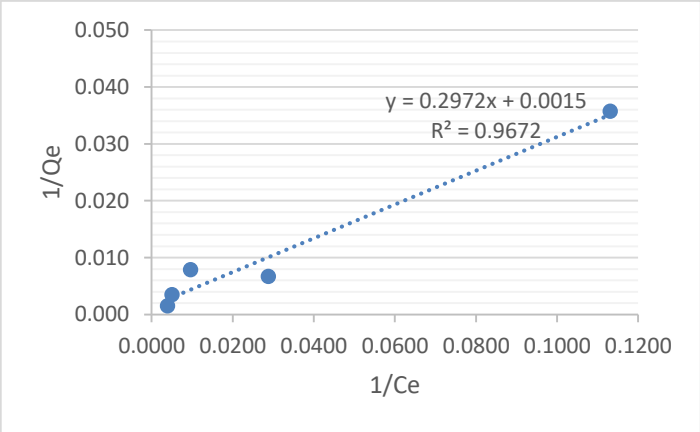
Konsentrasi larutan = 300 mg/L

Waktu (min)	satuan	pH			
		3	5	7	9
Konsentrasi Awal Co	mg/L	304,275			
Konsentrasi Akhir Ce		285,00	119,25	45,68	82,91
Persen Penyisihan	%	6,33	60,81	84,99	72,75
Kapasitas Adsorpsi	mg/g	192,75	1850,25	2586,00	2213,63

Lampiran 9: Perhitungan Isoterm Langmuir dan Freundlich

Qe mg/g	**Log Qe**	**Co** mg/L	**Ce** mg/L	**Log Ce**	**Ln Ce**	**Ce/Qe** g/L	**1/Qe**	**1/Ce**
28,00	1,447	11,6	8,84	0,946	2,179	0,316	0,0357	0,1131
149,60	2,175	49,7	34,72	1,541	3,547	0,232	0,0067	0,0288
127,00	2,104	117,2	104,50	2,019	4,649	0,823	0,0079	0,0096
288,50	2,460	228,3	199,43	2,300	5,295	0,691	0,0035	0,0050
667,50	2,824	322,0	255,25	2,407	5,542	0,382	0,0015	0,0039

Pada perhitungan isoterm langmuir, dilakukan plot 1/Qe terhadap 1/Ce dan diperoleh persamaan y= 0,2972x +0,0015 dan R^2= 0,9672.

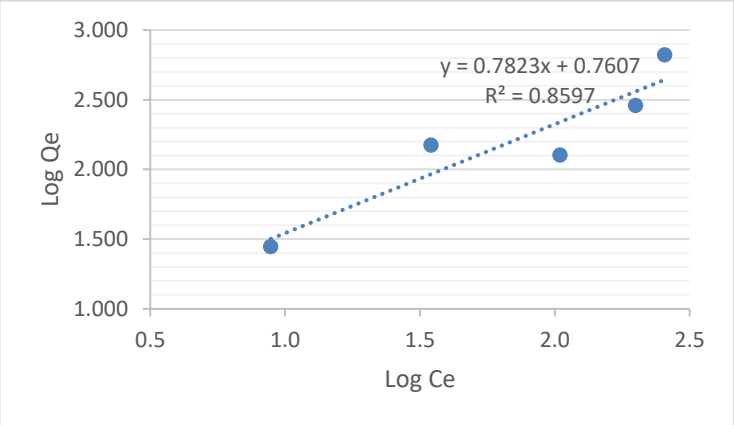


$$q_{max} = \frac{1}{intercept}$$
$$q_{max} = \frac{1}{0{,}0015}$$
$$q_{max} = 661{,}0605\ mg.g$$

$$K_L = \frac{1}{0{,}2972\ x661{,}0605}$$
$$K_L = \frac{1}{0{,}2972\ x661{,}0605}$$
$$K_L = 0{,}0051$$

$$R_L = \frac{1}{1 + C_i\ x\ K_L}$$
$$R_L = \frac{1}{1 + 300\ x\ 0{,}0051}$$
$$R_L = 0{,}3957$$

Langmuir					
Qo/slope	n/intercept	Q max (mg/g)	K_L	R_L	R^2
0,2972	0,0015	661,0605	0,0051	0,3957	0,9672



$$Log\ q_e = Log\ K_f + \frac{1}{n} LogC_e$$

$$\frac{1}{n} = slope$$

$$\frac{1}{n} = 0{,}7823$$

$$K_f = antilog\ intercept$$

$$K_f = 10^{intercept}$$

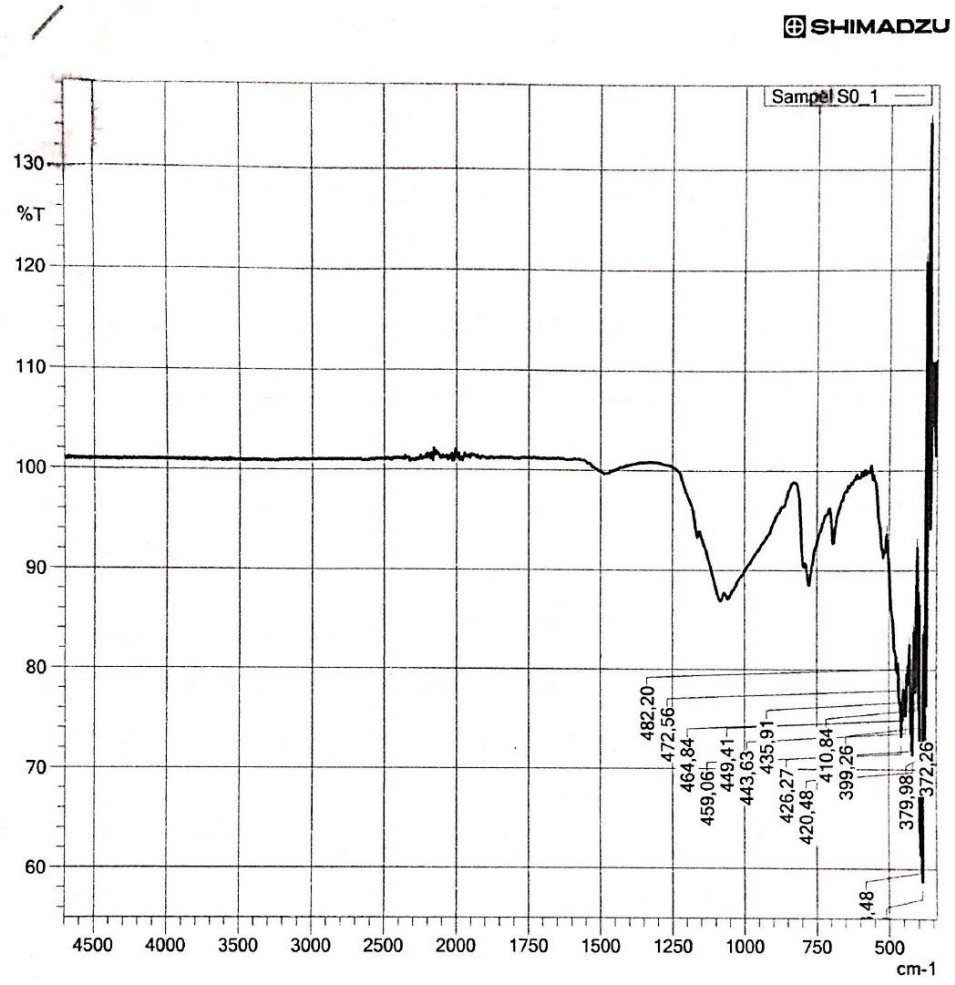
$$K_f = 10^{0{,}7607}$$

$$K_f = 5{,}7641$$

Freundlich				
slope	intercept	1/n	Kf	R^2
0,7823	0,7607	0,7823	5,7641	0,8597

Lampiran 10: Data Karakterisasi FT-IR

Karakterisasi Pasir Silika Bangka

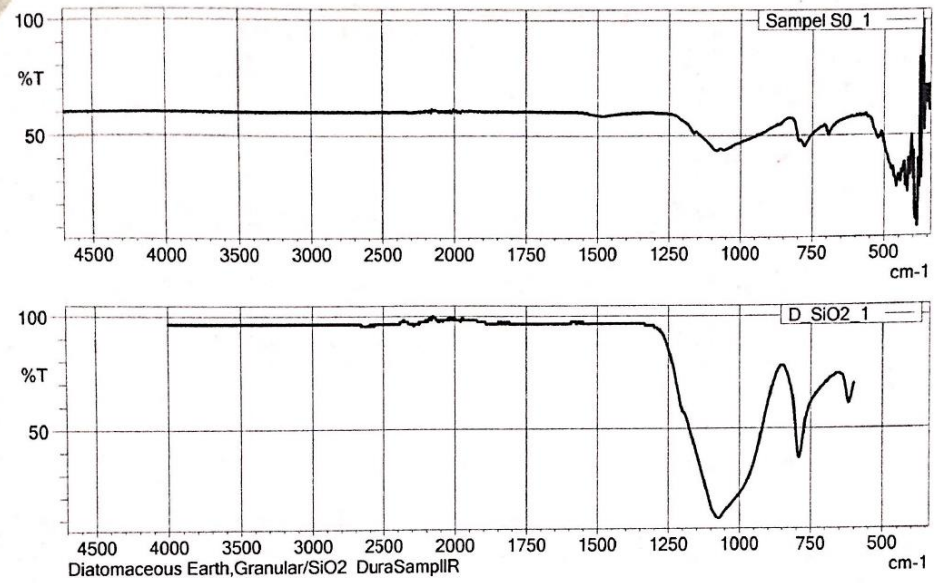


C:¥LabSolutions¥LabSolutionsIR¥Data¥ChP¥2021¥Nuha¥Sampel S0_1.ispd

	Item	Value
2	Sample name	S0
3	Sample ID	1
4	Option	
5	Intensity Mode	%Transmittance
6	Apodization	Happ-Genzel
9	No. of Scans	20

1

SHIMADZU



C:¥LabSolutions¥LabSolutionsIR¥Data¥ChP¥2021¥Nuha¥Sampel S0_1.ispd

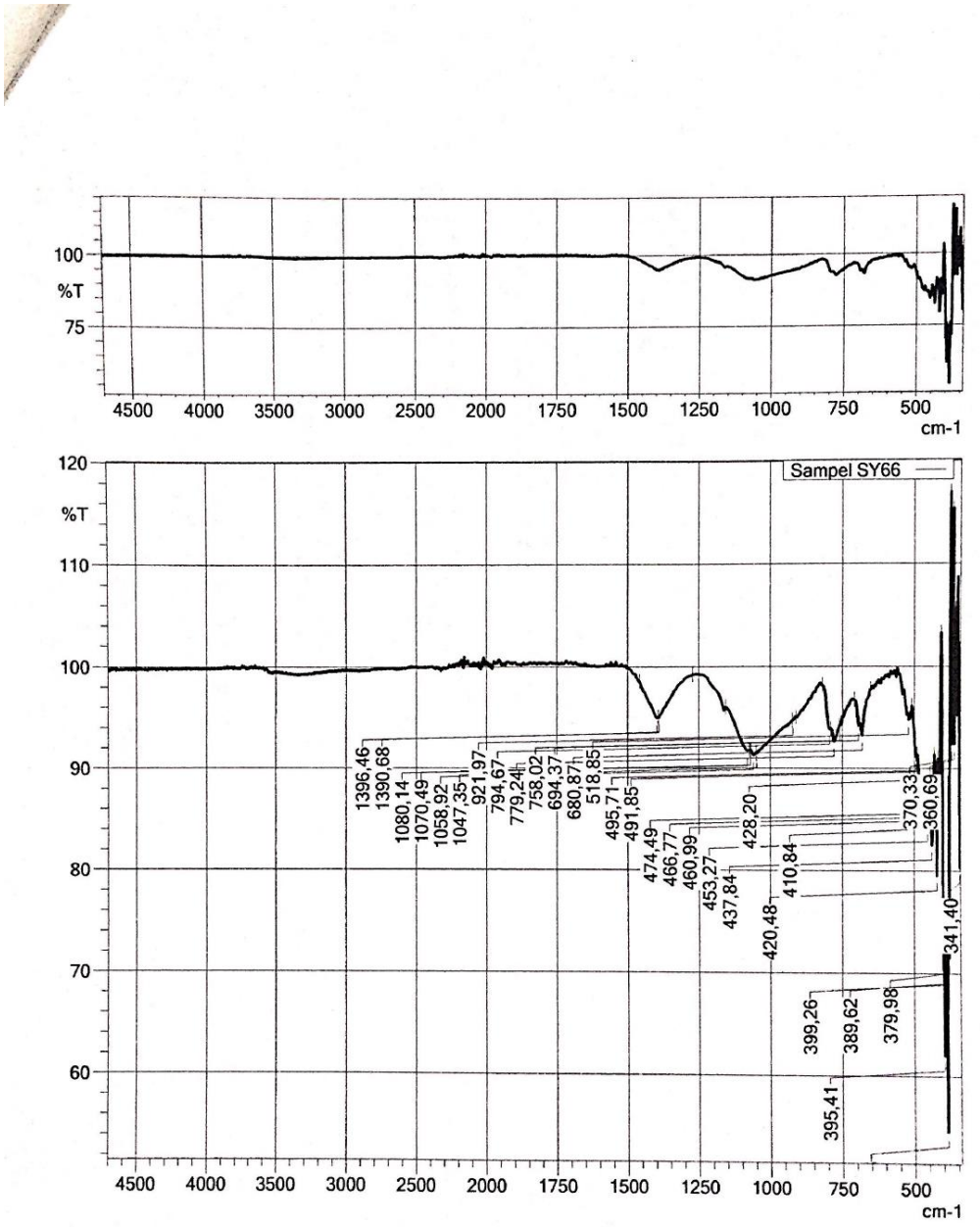
	Score	Library	Name	Comment
1	788	2 - ATR-Inorganic2	D_SiO2_1	Diatomaceous Earth,Granular/SiO2 DuraSamplIR
2	717	1 - ATR-Inorganic2	D_SiO2_2	Silica Gel white/SiO2 DuraSamplIR
3	684	1320 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	CARBON TETRACHLORIDE	CARBON TETRACHLORIDE KBr MW: 154.2 © 2009 STJapan Inc S00182/ HS0182
4	680	1104 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	poly(diphenylsiloxane)	poly(diphenylsiloxane) SiC12H10OMONOMER KBr white powder © 2009 STJapan Inc D01107/ HM9713

1

5	680	534 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	HEXACHLOROETHANE	HEXACHLOROETHANE C2Cl6 67-72-1 KBr MW: 236.74, MP: 190-195 C © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J01048/ K03918
6	675	5 - ATR-Inorganic2	D_Glass1	Glass DuraSamplIR
7	670	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSamplIR-II
8	668	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxyl) DuraSamplIR-II
9	668	304 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	poly(fluoromethylene)	poly(fluoromethylene) CHFMONOMER KBr white powder © 2009 STJapan Inc D01280/ HM7479
10	662	98 - ATR-Polymer2	D_Ethyl_Cellulose	EthylCellulose(Ethoxyl content 50%) DuraSamplIR-II
11	662	111 - ATR-Polymer2	D_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) DuraSamplIR-II
12	658	184 - ATR-Polymer2	D_Methylcellulose	Methylcellulose DuraSamplIR
13	656	2406 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	TETRAPHENYLPHOSPHONIUM TETRAFLUOROBORATE	TETRAPHENYLPHOSPHONIUM TETRAFLUOROBORATE C24H20BF4P 426-79-9 KBr MW: 426.20 © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J15740/ K23274
14	656	5221 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	2,2',2"-NITRILOTRIETHANOL TRINITRATE HEMIPHOSPHATE	2,2',2"-NITRILOTRIETHANOL TRINITRATE HEMIPHOSPHATE C6H12N4O9 1/2H3O4P 588-42-1 KBr © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J27977/ K39102
15	654	24 - ATR-Inorganic2	D_ZnSO4	ZincSulfate/ZnSO4 7H2O DuraSamplIR
16	651	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)

17	651	2356 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	BENZYLTRIETHYLAMMONIUM TETRAFLUOROBORATE	BENZYLTRIETHYLAMMONIUM TETRAFLUOROBORATE C13H22BF4N 77794-93-5 KBr MW: 279.13 © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J15102/ K23141
18	646	51 - IRs ATR Reagent2	51	Phosphoric Acid H3PO4 ATR/diamond molecular weight:98.00 liquid
19	644	2717 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	TROPYLIUM TETRAFLUOROBORATE	TROPYLIUM TETRAFLUOROBORATE C7H7BF4 27081-10-3 KBr MW: 177.94 © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J18268/ K25979
20	643	6 - ATR-Inorganic2	D_Glass2	Glass DuraSamplIR
21	641	109 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Cellulose	Hydroxypropyl Cellulose DuraSamplIR-II
22	641	275 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	PHENYLARSONIC ACID	PHENYLARSONIC ACID C6H7AsO3 98-05-5 KBr MW: 202.04 © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J10073/ K02187
23	638	5119 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	TRIMETHYLSULFONIUM TETRAFLUOROBORATE	TRIMETHYLSULFONIUM TETRAFLUOROBORATE C3H9BF4S 676-88-0 KBr MW: 163.98 © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J27702/ K38481
24	635	109 - T-Polymer2	T_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) Transmission(Microscope)
25	634	33 - ATR-Inorganic2	D_TiO2 (Rutile)	Titanium Dioxide (Rutile)/ TiO2, DuraSamplIR, Pig No. W-6, CAS No. 13463-67-7

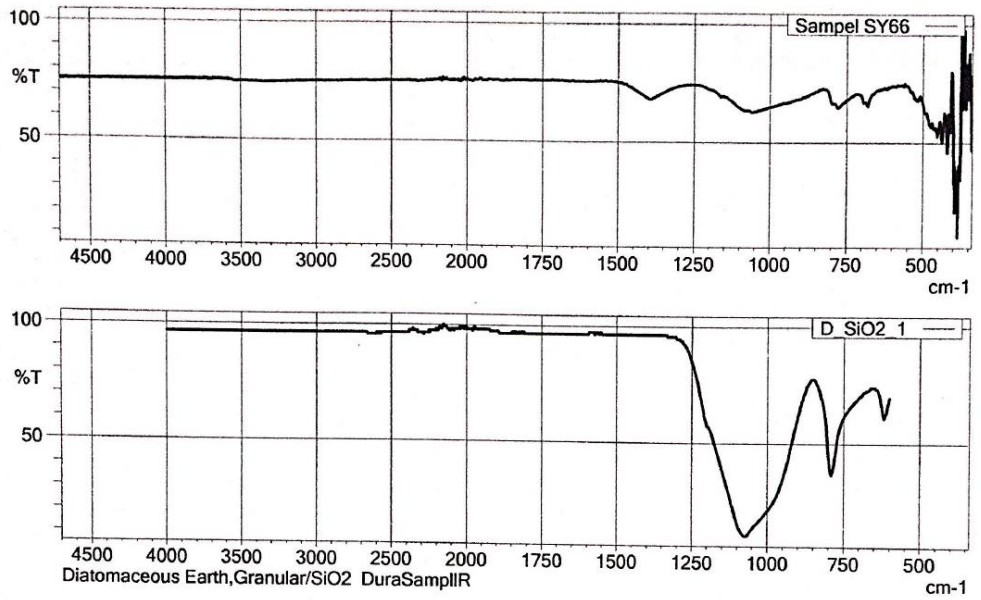
Karakterisasi Pasir Silika Bangka Setelah Adsorpsi pH 7



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	341,40	80,32	7,92	345,26	339,47	72,081	24,405	
2	360,69	92,39	18,08	364,55	356,83	-8,848	71,915	
3	370,33	92,38	23,96	374,19	364,55	-3,230	152,828	

4	379,98	71,48	14,69	381,91	374,19	71,803	44,329	
5	385,76	54,64	20,35	387,69	381,91	182,038	38,642	
6	389,62	70,52	3,16	391,55	387,69	107,623	6,089	
7	395,41	62,00	12,71	397,34	391,55	183,876	34,817	
8	399,26	70,39	10,78	406,98	397,34	116,849	15,072	
9	410,84	85,66	12,67	416,62	406,98	88,602	60,657	
10	420,48	79,57	11,28	426,27	416,62	132,453	43,955	
11	428,20	90,41	0,59	430,13	426,27	35,835	1,140	
12	437,84	82,53	7,49	445,56	430,13	210,318	56,433	
13	453,27	84,37	3,32	459,06	445,56	188,438	23,896	
14	460,99	86,35	0,56	464,84	459,06	76,802	1,114	
15	466,77	86,71	0,70	470,63	464,84	74,037	2,588	
16	474,49	87,05	1,92	489,92	470,63	217,200	21,935	
17	491,85	91,14	0,25	493,78	489,92	33,701	0,478	
18	495,71	91,25	0,74	509,21	493,78	94,509	-1,610	
19	518,85	94,81	0,85	522,71	509,21	63,791	7,089	
20	680,87	93,24	2,01	690,52	651,94	167,948	17,180	
21	694,37	94,21	0,71	707,88	690,52	78,287	1,191	
22	758,02	94,19	0,17	759,95	748,38	63,014	1,330	
23	779,24	92,66	1,37	790,81	759,95	203,450	20,267	
24	794,67	93,82	0,67	819,75	790,81	117,675	3,186	
25	921,97	94,68	0,09	923,90	912,33	59,771	0,591	
26	1047,35	91,50	0,07	1049,28	923,90	863,143	0,196	
27	1058,92	91,32	0,34	1068,56	1049,28	164,436	3,623	
28	1070,49	91,79	0,02	1072,42	1068,56	31,658	0,030	
29	1080,14	91,72	0,48	1155,36	1072,42	526,624	22,051	
30	1390,68	94,99	0,08	1392,61	1271,09	305,623	-45,911	
31	1396,46	94,97	0,24	1458,18	1392,61	226,113	14,121	

SHIMADZU



C:¥LabSolutions¥LabSolutionsIR¥Data¥ChP¥2021¥Nuha¥Sampel SY66.ispd

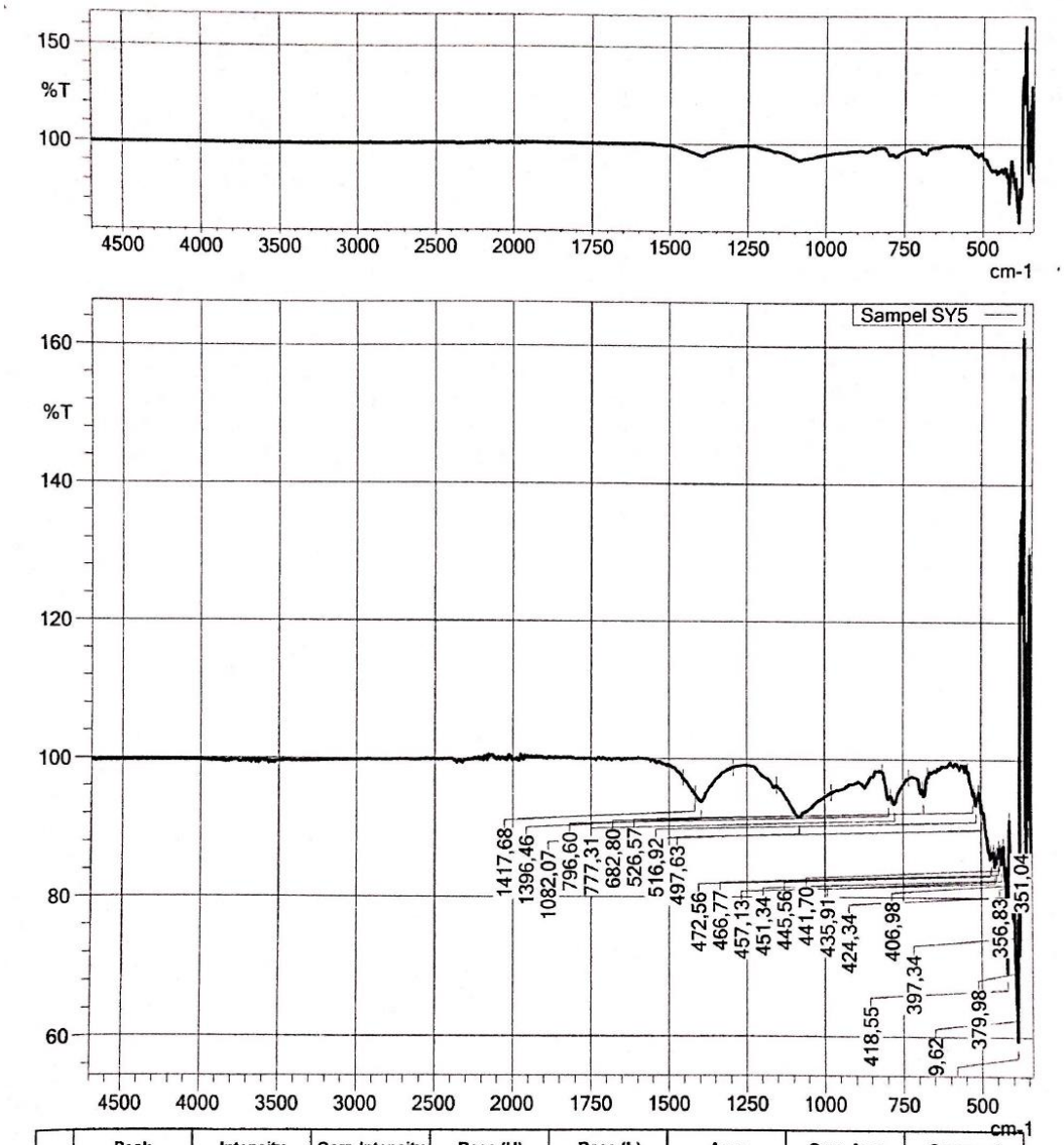
	Score	Library	Name	Comment
1	749	2 - ATR-Inorganic2	D_SiO2_1	Diatomaceous Earth,Granular/SiO2 DuraSamplIR
2	742	6 - T-Inorganic2	Glass2	Glass Transmission
3	716	5 - T-Inorganic2	Glass1	Glass Transmission
4	690	2 - T-Inorganic2	Diatomaceous Earth	Diatomaceous Earth,Granular/SiO2 Transmission
5	688	60 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	LEAD HYDROXYCARBONATE	LEAD HYDROXYCARBONATE C2H2O8Pb3 1319-46-6 KBr MW: 775.63, MP: 400 C © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J02654/ K00409 FLAKE WHITE
6	683	1 - ATR-Inorganic2	D_SiO2_2	Silica Gel white/SiO2 DuraSamplIR
7	682	8 - T-Polymer2	Paper	Paper Transmission(Microscope)
8	681	98 - ATR-Polymer2	D_Ethyl_Cellulose	EthylCellulose(Ethoxyl content 50%) DuraSamplIR-II
9	679	110 - ATR-Polymer2	D_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) DuraSamplIR-II

1

SHIMADZU

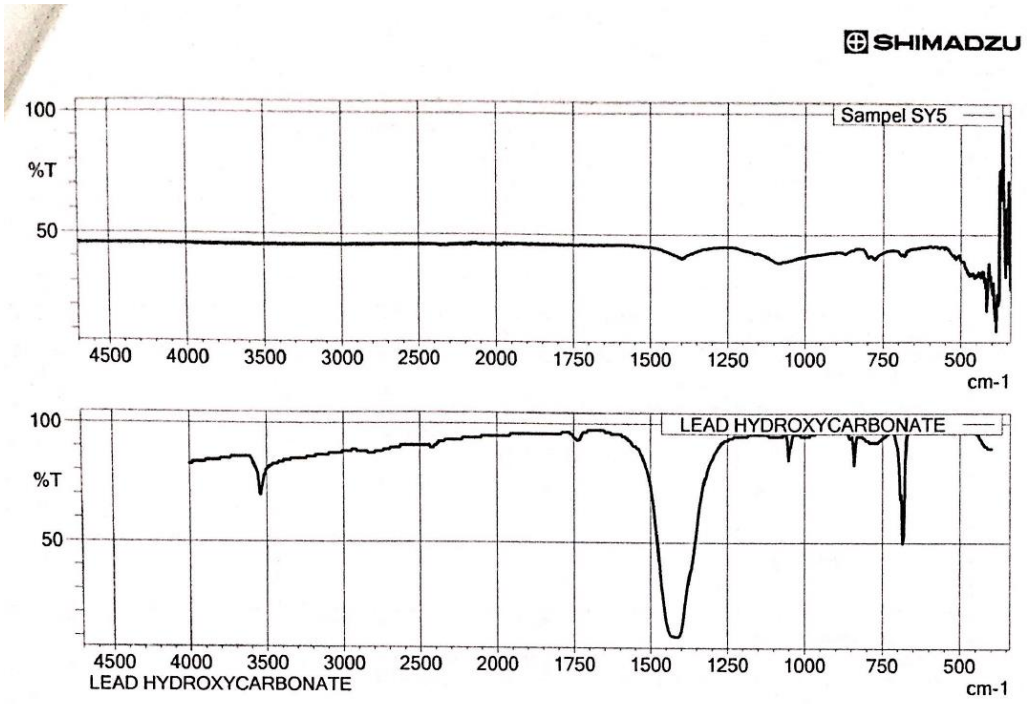
10	678	108 - ATR-Polymer2	D_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxyl) DuraSamplIR-II

Karakterisasi Pasir Silika Bangka Setelah Adsorpsi pH 9



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	351,04	91,52	29,87	352,97	347,19	-25,160	110,825	
2	356,83	85,01	44,75	366,48	352,97	-153,949	375,308	
3	379,98	71,83	28,33	383,83	374,19	94,112	151,615	

4	385,76	59,47	13,29	387,69	383,83	130,708	25,633	
5	389,62	64,89	7,10	395,41	387,69	230,029	40,126	
6	397,34	76,75	6,09	405,05	395,41	197,108	40,957	
7	406,98	84,39	2,97	410,84	405,05	73,247	5,713	
8	418,55	69,27	17,51	422,41	410,84	233,226	93,137	
9	424,34	82,62	2,68	430,13	422,41	114,160	6,455	
10	435,91	84,92	2,09	439,77	430,13	131,103	6,654	
11	441,70	86,49	0,45	443,63	439,77	51,260	0,864	
12	445,56	85,86	1,00	449,41	443,63	79,857	2,850	
13	451,34	85,03	1,03	455,20	449,41	83,513	2,530	
14	457,13	84,52	1,59	460,99	455,20	83,509	3,982	
15	466,77	85,85	0,78	470,63	460,99	131,926	3,050	
16	472,56	85,61	1,42	495,71	470,63	274,913	11,508	
17	497,63	92,32	0,58	507,28	495,71	74,704	3,702	
18	516,92	93,43	1,81	522,71	507,28	87,498	14,371	
19	526,57	94,84	1,01	542,00	522,71	71,499	10,083	
20	682,80	94,69	1,65	688,59	671,23	71,937	14,036	
21	777,31	93,55	1,71	788,89	731,02	262,450	32,517	
22	796,60	94,26	1,46	815,89	788,89	113,922	17,937	
23	1082,07	91,65	4,09	1155,36	979,84	1117,857	354,574	
24	1396,46	93,72	1,73	1415,75	1294,24	432,295	43,617	
25	1417,68	94,82	0,12	1454,33	1415,75	153,770	-0,259	



C:¥LabSolutions¥LabSolutionsIR¥Data¥ChP¥2021¥Nuha¥Sampel SY5.ispd

	Score	Library	Name	Comment
1	712	2 - T-Inorganic2	Diatomaceous Earth	Diatomaceous Earth,Granular/SiO2 Transmission
2	702	60 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	LEAD HYDROXYCARBONATE	LEAD HYDROXYCARBONATE C2H2O8Pb3 1319-46-6 KBr MW: 775.63, MP: 400 C © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J02654/ K00409 FLAKE WHITE
3	697	6 - T-Inorganic2	Glass2	Glass Transmission
4	674	304 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	poly(fluoromethylene)	poly(fluoromethylene) CHFMONOMER KBr white powder © 2009 STJapan Inc D01280/ HM7479
5	672	1 - T-Inorganic2	Silica Gel	Silica Gel white/SiO2 Transmission

SHIMADZU

6	671	3225 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	(+)-ARABINOGALACTAN	(+)-ARABINOGALACTAN 9036-66-2 KBr MP: >200 C © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J22029/ K28510
7	670	144 - T-Polymer2	T_Methylcellulose	Methylcellulose Transmission(Microscope)
8	670	98 - ATR-Polymer2	D_Ethyl_Cellulose	EthylCellulose(Ethoxyl content 50%) DuraSamplIR-II
9	667	5 - T-Inorganic2	Glass1	Glass Transmission
10	665	1168 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	METHYLCELLULOSE; TYLOSE MC	METHYLCELLULOSE; TYLOSE MC KBr © 2009 STJapan Inc S00030/ HS0030
11	664	8 - T-Polymer2	Paper	Paper Transmission(Microscope)
12	662	2356 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	BENZYLTRIETHYLAMMONIUM TETRAFLUOROBORATE	BENZYLTRIETHYLAMMONIUM TETRAFLUOROBORATE C13H22BF4N 77794-93-5 KBr MW: 279.13 © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J15102/ K23141
13	662	7 - T-Inorganic2	CaCO3	Calcium Carbonate/CaCO3 Transmission
14	661	1159 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	METHYLHYDROXYPROPYLCELLULOSE; VISCONTRAN MHPC 50	METHYLHYDROXYPROPYLCELLULOSE; VISCONTRAN MHPC 50 KBr © 2009 STJapan Inc S00021/ HS0021

SHIMADZU

15	660	1160 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	METHYLHYDROXYPROPYLCELLULOSE; TYLOSE MHPC	METHYLHYDROXYPROPYLCELLULOSE; TYLOSE MHPC KBr © 2009 STJapan Inc S00022/ HS0022
16	659	534 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	HEXACHLOROETHANE	HEXACHLOROETHANE C2Cl6 67-72-1 KBr MW: 236.74, MP: 190-195 C © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J01048/ K03918
17	659	1166 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	METHYLCELLULOSE, HIGHLY PURIFIED; VISCONTRAN MC 3000 P (VISCONTRAN K 51	METHYLCELLULOSE, HIGHLY PURIFIED; VISCONTRAN MC 3000 P (VISCONTRAN K 51 KBr © 2009 STJapan Inc S00028/ HS0028
18	659	109 - T-Polymer2	T_Hydroxypropyl_Methyl_Cellulose	Hydroxypropyl Methyl Cellulose(10% Hydroxypropyl, 30% Methoxyl) Transmission(Microscope)
19	655	107 - T-Polymer2	T_Hydroxybutyl_Methyl_Cellulose	Hydroxybutyl Methyl Cellulose(8% Hydroxybutyl, 20%Methoxyl) Transmission(Microscope)
20	653	5053 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	3B-(6-O-(B-D-XYLOPYRANOSYL)-2-O-(B-D-GLUCOPYRANOSYL)-B-D-GLUCOPYRANOSYLOXY)DAMMAR-24-ENE-12B,20-DIOL	3B-(6-O-(B-D-XYLOPYRANOSYL)-2-O-(B-D-GLUCOPYRANOSYL)-B-D-GLUCOPYRANOSYLOXY)DAMMAR-24-ENE-12B,20-DIOL C47H80O17 2H2O 29845-71-4 KBr © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J27563/ K38257

3

SHIMADZU

21	653	1162 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	METHYLHYDROXYETHYLCELLULOSE; TYLOSE MHEC	METHYLHYDROXYETHYLCELLULOSE; TYLOSE MHEC KBr © 2009 STJapan Inc S00024/ HS0024
22	652	977 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	MANNOSE 6-PHOSPHATE BARIUM SALT	MANNOSE 6-PHOSPHATE BARIUM SALT C6H11BaO9P (H2O) KBr © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J10492/ K07902
23	651	110 - T-Polymer2	T_Methyl_Cellulose	Methyl Cellulose(Methoxyl content 30%) Transmission(Microscope)
24	650	1320 - Shimadzu Standard Library Vol. 2shim2404-1	CARBON TETRACHLORIDE	CARBON TETRACHLORIDE KBr MW: 154.2 © 2009 STJapan Inc S00182/ HS0182
25	648	2 - Shimadzu Standard Library Vol. 1SHIM1404-1	DISODIUM A-GLYCEROPHOSPHATE	DISODIUM A-GLYCEROPHOSPHATE C3H7Na2O6P 5.5H2O 1555-56-2 KBr © 2011 A.I.S.T; © 2011 STJapan Inc J02236/ K00028

4

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RIWAYAT HIDUP

Nuha Anfaresi atau nama panjangnya Shofi Latifah Nuha Anfaresi, lahir di Yogyakarta, 18 April 2000. Ia merupakan anak pertama dari lima bersaudara dari pasangan Fadillah Sabri, ST.M.Eng dan Dr. Reniati, SE., M.Si. Keempat adiknya yaitu, Sayyid, Syamil, Lubna dan Nejad. Nuha bersekolah di SMA Negeri 1 Sungailiat dan memutuskan untuk melanjutkan studi sebagai mahasiswa program studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Ia juga menjadi santriwati Pondok Pesantren melalui Beasiswa Mahasiswa Unggulan Pondok Pesantren UII Tahun 2017.

Nuha mulai menggeluti riset pada umur 16 tahun pada Mei 2016 bersama *partner* penelitiannya, Intan Utami Putri. Mereka mendapatkan penghargaan sebagai Juara III LKIR LIPI Ke-48 di Bidang Ilmu Pengetahuan Kebumian dan Kelautan. Penelitian yang berjudul *BankSand* ini membawanya pergi ke perlombaan Intel International Science and Engineering Fair 2017 di Los Angeles, USA dan juga menjadi salah satu tokoh film dokumenter Inventing Tomorrow.

Ia pun diundang menjadi pembicara di Utah, USA untuk menghadiri pemutaran film perdana di Sundance Film Festival 2018. Ia saat ini menjadi motivator muda dan menjadi pembicara dalam bidang sains, teknologi dan lingkungan. Beberapa negara lain yang sudah ditempuh oleh Nuha selama menjadi mahasiswa di jurusan Teknik Lingkungan UII yaitu, Switzerland, Italia, Swedia, Prancis, Jerman, Belgia, India, Filipina, Norwegia dan China dan melintasi beberapa negara lain seperti Malaysia, Belanda, Thailand, Singapura dan Jepang. Sebagian besar dari perjalanan merupakan kegiatan non-akademik baik bertemakan lingkungan maupun bisnis dan *partnership.*

Nuha saat ini menjadi CEO di AiKite, *start-up* yang memproduksi alat filter *BankSand* yang ia buat di LIPI dan rancangan alat filter air lainnya untuk masyarakat Indonesia yang membutuhkan air bersih. Nuha telah menuangkan karyanya dalam bentuk buku yaitu *Unlock The World:* Serial Nuha di Amerika merupakan buku keduanya setelah Novel KKPK *D'Silver Rainbow* (2012) yang diterbitkan oleh Dar!Mizan. Nuha dapat dihubungi melalui e-mail nuhanfares@gmail.com