

**ADSORPSI ION Cr (VI) DARI LARUTAN ARTIFICIAL LIMBAH
PENYAMAKAN MENGGUNAKAN KARBON AKTIF KULIT
KACANG TANAH DENGAN SISTEM KOLOM**

**SKRIPSI
TEKNIK KIMIA**

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh :

Danang Wahyu Wijaya (165061101111034)

Fachrizar Tsany Fajr (165061107111003)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2020



LEMBAR PENGESAHAN

ADSORPSI ION Cr (VI) DARI LARUTAN *ARTIFICIAL* LIMBAH PENYAMAKAN MENGGUNAKAN KARBON AKTIF KULIT KACANG TANAH DENGAN SISTEM KOLOM

SKRIPSI TEKNIK KIMIA

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

Danang Wahyu Wijaya (165061101111034)

Fachrizal Tsany Fajr (165061107111003)

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 24 Agustus 2020

Dosen Pembimbing I

A.S. Dwi Saptati N.H., ST., MT.
NIK. 2012018308272001

Dosen Pembimbing II

Ir. Bambang Ismuyanto, MS
NIP. 196005041986031003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Ir. Bambang Poerwadi, MS
NIP. 196001261986031001

IDENTITAS TIM PENGUJI

JUDUL SKRIPSI : Adsorpsi Ion Cr (VI) dari Larutan *Artificial* Limbah
 Penyamakan Menggunakan Karbon Aktif Kulit
 Kacang Tanah dengan Sistem Kolom

Nama Mahasiswa / NIM : Danang Wahyu Wijaya / 165061101111034
 Fachrizal Tsany Fajr / 165061107111003

Program Studi S1 : Teknik Kimia

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Ir. Bambang Poerwadi, M.S.

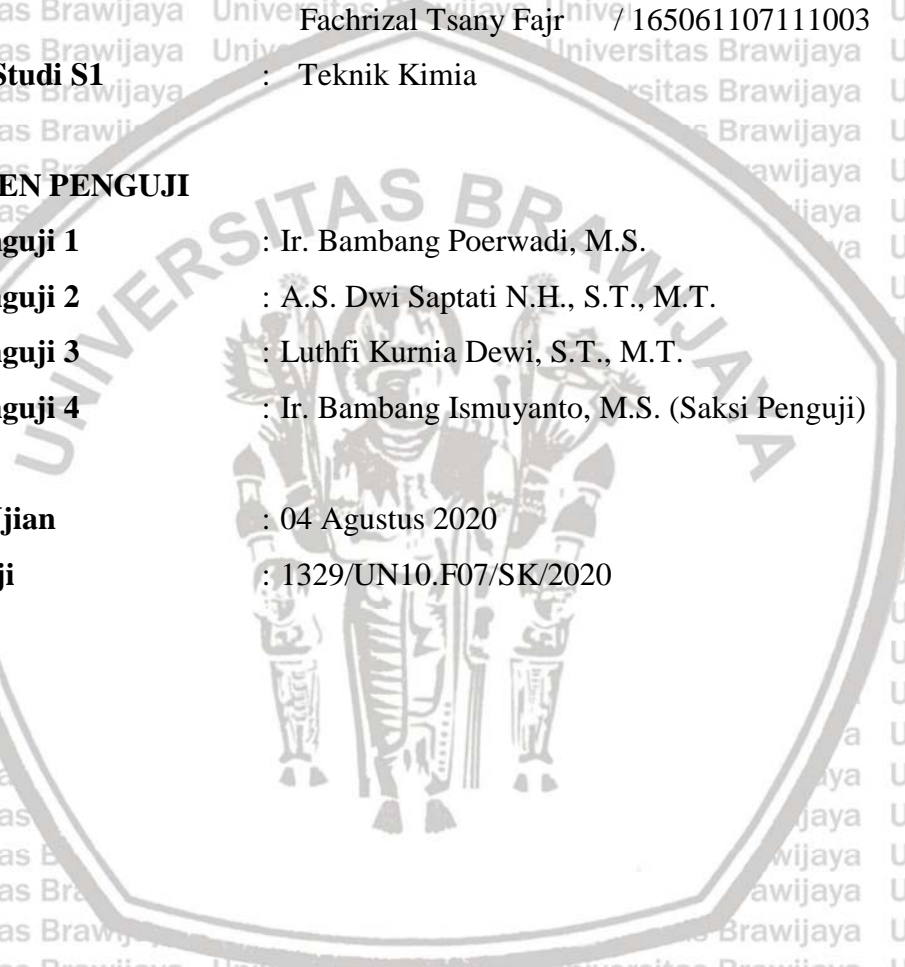
Dosen Penguji 2 : A.S. Dwi Saptati N.H., S.T., M.T.

Dosen Penguji 3 : Luthfi Kurnia Dewi, S.T., M.T.

Dosen Penguji 4 : Ir. Bambang Ismuyanto, M.S. (Saksi Penguji)

Tanggal Ujian : 04 Agustus 2020

SK Penguji : 1329/UN10.F07/SK/2020



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan Laporan Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan Skripsi ini memuat kegiatan yang dilakukan penulis selama penelitian skripsi di Laboratorium Sains, Teknik Kimia FT-UB terhitung dari tanggal 1 Mei 2020 hingga 9 Juni 2020.

Baik pelaksanaan penelitian maupun penulisan laporan skripsi ini tentunya tidak lepas dari bimbingan, bantuan, serta saran yang didapat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Bambang Poerwadi, M.S., selaku Ketua Jurusan di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
2. Ir. Bambang Ismuyanto, M.S., selaku Ketua Laboratorium Sains di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
3. Ibu A.S. Dwi Saptati N.H., ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Utama Skripsi,
4. Ibu Titin Rahayu A.md., selaku Laboran Laboratorium Sains di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
5. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
6. Orang tua, Keluarga serta Orang terdekat Penulis atas Doa dan dukungannya yang membangun motivasi pada diri penulis,
7. Rekan-rekan Teknik Kimia 2016.

Malang, 24 Agustus 2020

Penulis

TURNITIN



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 190/UN10.107.18/PP/2020

Sertifikat ini diberikan kepada :

DANANG WAHYU WIJAYA

Dengan Judul Skripsi :

Adsorpsi Ion Cr(VI) dari Larutan Artificial Limbah Penayamanan Menggunakan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah dengan Sistem Kolom (*Adsorption of Cr(VI) Ion from Artificial Solution of Fanning Waste Water using Groundnut Shell Activated Carbon with Column System*)

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 20 JUL 2020



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah. Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya dan tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 23 Agustus 2020

Mahasiswa,



Danang Wahyu Wijaya

NIM 165061101111034

TURNITIN



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 190/UN10.F07.18/PP/2020

Sertifikat ini diberikan kepada :

FACHRIZAL TSANY FAJR

Dengan Judul Skripsi :

Adsorpsi Ion Cr(VI) dari Larutan Artificial Limbah Penyamakan Menggunakan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah dengan Sistem Kolom (*Adsorption of Cr(VI) Ion from Artificial Solution of Tanning Waste Water using Groundnut Shell Activated Carbon with Column System*)

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 20 JUL 2020



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam naskah. Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya dan tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, serta tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 23 Agustus 2020

Mahasiswa,



Fachrizar Tsany Fajr

NIM 165061107111003

RINGKASAN

Danang Wahyu Wijaya dan Fachrizal Tsany Fajr, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Brawijaya, 2020, Adsorpsi Ion Cr (VI) dari Larutan *Artificial* Limbah Penyamakan Menggunakan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah dengan Sistem Kolom

Industri penyamakan merupakan penghasil limbah cair dengan kadar polutan tinggi, yang mana kandungannya didominasi oleh logam berat kromium dalam bentuk kromium heksavalen atau Cr (VI). Cr (VI) dalam limbah penyamakan memiliki rata-rata konsentrasi sebesar 0,2-218,5 mg/L. Berdasarkan baku mutu limbah cair yang tertera, kandungan Cr total yang diperbolehkan adalah sebesar 1 mg/L. Sedangkan baku mutu Cr (VI) dalam air limbah secara umum adalah 0,5 mg/L (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, 1995). Metode pemisahan Cr (VI) yang diterapkan dalam penelitian ini adalah dengan memanfaatkan kemampuan adsorpsi dari karbon aktif kulit kacang tanah yang mana menggunakan sistem kolom. Bahan baku tersebut dipilih dengan alasan ramah lingkungan, memiliki efisiensi tinggi, dan dapat diregenerasi apabila digunakan sebagai adsorben. Kulit kacang tanah memiliki kadar selulosa serta hemiselulosa yang cukup melimpah, total yaitu 63,5% pada kulit kacang tanah. Seperti diketahui bahwa kandungan selulosa dan hemiselulosa didominasi oleh unsur C, O, dan H sehingga dapat berpotensi dijadikan karbon aktif. Penelitian mengenai adsorpsi ion Cr (VI) menggunakan karbon aktif telah banyak dilakukan dengan sistem *batch*, namun terdapat beberapa kelemahan seperti sulitnya pemisahan produk akhir dan persen penyisihan yang rendah. Sistem kolom dimanfaatkan karena kemudahannya dalam *scale-up* pada proses industri serta kontakannya yang lebih optimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh ketinggian *bed* dalam kolom serta pengaruh laju alir umpan untuk meningkatkan kemampuan adsorpsi logam berat Cr (VI). Variabel proses yang digunakan meliputi, ketinggian *bed* sebesar 2; 3; 4; 5 dan 6 cm dan laju alir adsorbat 20 dan 12 mL/menit. Dalam pembuatan karbon aktif kulit kacang tanah terlebih dahulu dilakukan proses pengeringan, kemudian karbonisasi dan diikuti aktivasi. Merujuk pada penelitian Novridha dkk. (2017) proses pengeringan dilakukan pada suhu 105 °C untuk menghilangkan kadar air, lalu karbonisasi pada suhu 450 °C dilakukan untuk membentuk karbon serta dilakukan pengayakan hingga ukuran 0,595-1,41 mm (-10+30 mesh), kemudian dilakukan proses aktivasi menggunakan aktivator NaOH 0,5 M. Dari proses tersebut nantinya karbon aktif akan mengandung gugus fungsi aktif sehingga memiliki daya adsorpsi yang tinggi dan dapat digunakan sebagai adsorben terhadap Cr (VI). Proses adsorpsi dilakukan pada kolom secara *downflow* dengan mengalirkan larutan adsorbat $K_2Cr_2O_7$ (pH 2). Proses adsorpsi dilakukan selama 18 menit dengan waktu pengambilan sampel tiap 4 menit. Hasil dari penelitian ini diperoleh bahwa laju alir umpan dan ketinggian *bed* berpengaruh pada proses adsorpsi ion Cr (VI) menggunakan karbon aktif kulit kacang tanah. Tetapi, penggunaan karbon aktif pada rentang ukuran -10+30 mesh kurang tepat untuk pengaplikasian sistem kolom, dikarenakan menghasilkan aliran umpan dan effluen yang berbeda, dimana laju alir effluen lebih kecil sehingga mempengaruhi hasil persen penyisihan. Persen penyisihan optimum pada proses adsorpsi didapati pada laju alir adsorbat 12 mL/menit dengan ketinggian *bed* 2, 3, dan 5 cm berturut-turut sebesar 41,116%; 83,519%; 88,441% dan pada laju alir 20 mL/menit dengan ketinggian *bed* 4 dan 6 cm berturut-turut sebesar 79,914%; 92,761%.

Kata Kunci : Adsorpsi, Aktivasi, Karbonisasi, Karbon Aktif, Kulit Kacang Tanah



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
IDENTITAS TIM PENGUJI	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	v
KATA PENGANTAR	iv
RINGKASAN	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR SIMBOL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tanaman Kacang Tanah	5
2.2. Karbon Aktif	7
2.2.1. Struktur Karbon Aktif	8
2.2.2. Struktur Kimia Karbon Aktif	8
2.3. Pembuatan Karbon Aktif	9
2.3.1. Pengeringan	9
2.3.2. Karbonisasi	9
2.3.3. Aktivasi	10
2.4. Kromium Heksavalen [Cr (VI)]	11
2.5. Kromium Heksavalen [Cr (VI)] dalam Limbah Penyamakan	13
2.6. Adsorpsi	14
2.6.1. Pengertian Adsorpsi	14



2.6.2. Jenis-Jenis Adsorpsi.....	14
2.6.3. Mekanisme Adsorpsi.....	16
2.7. Teknik Adsorpsi.....	18
2.7.1. Adsorpsi pada Sistem Kolom.....	19
2.7.2. Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi Kolom.....	20
2.8. Karakterisasi Adsorben Karbon Aktif.....	23
2.8.1. XRF (<i>X-ray Fluorescence</i>).....	23
2.8.2. FT-IR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>).....	23
2.8.3. Spektrofotometri UV-VIS.....	24
2.9. Penelitian Terdahulu.....	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	29
3.2. Variabel Penelitian.....	29
3.3. Alat dan Bahan.....	29
3.3.1. Alat.....	29
3.3.2. Bahan.....	30
3.3.3. Rangkaian Alat.....	31
3.4. Prosedur penelitian.....	32
3.4.1. Persiapan Kulit Kacang Tanah.....	32
3.4.2. Karbonisasi Kulit Kacang Tanah.....	33
3.4.3. Aktivasi Basa Karbon Kulit Kacang Tanah.....	34
3.4.4. Pembuatan Adsorbat Limbah Sintetik Cr (VI).....	35
3.4.5. Proses Adsorpsi.....	36
3.4.6. Analisis Kandungan Cr (VI) dengan spektrofotometer UV-VIS.....	37
3.5. Karakterisasi Bahan.....	40
3.5.1. Analisa XRF (<i>X-ray Fluorescence</i>).....	40
3.5.2. Analisa FT-IR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>).....	40
3.5.3. Analisa Kadar Air.....	40
3.5.4. Analisa Kadar Zat <i>Volatile</i>	42
3.5.5. Analisa Kadar Abu.....	43



3.5.6. Kadar Karbon Terikat.....	44
3.5.7. Yield Karbonisasi.....	44
3.6. Diagram Alir Penelitian.....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1. Yield Karbonisasi Kulit Kacang Tanah.....	47
4.2. Hasil Uji Karakterisasi Karbon dan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah.....	47
4.2.1. Kadar Air.....	48
4.2.2. Kadar Zat <i>Volatile</i>	48
4.2.3. Kadar Abu.....	49
4.2.4. Karbon Terikat (<i>Fixed Carbon</i>).....	51
4.3. Hasil Uji FT-IR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>).....	52
4.4. Proses Adsorpsi Ion Cr (VI) dengan Variasi Laju Alir Adsorbat dan Variasi Ketinggian <i>Bed</i>	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1. Kesimpulan.....	63
5.2. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....	65



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi Kulit Kacang Tanah6

Tabel 2.2. Syarat Baku Mutu Serbuk Karbon Aktif (SNI. 06/3730/1995).....7

Tabel 2.3. Kelebihan dan Kekurangan dari Penggunaan Aktivasi Secara Fisika serta Kimia.....11

Tabel 2.4. Sifat Fisika dan Kimia Ion Cr (VI)..... 12

Tabel 2.5. Perbandingan Adsorpsi Secara Fisika dan Adsorpsi Kimia.....15

Tabel 2.6. Penelitian Terdahulu.....26

Tabel 4.1. Hasil Uji Karakteristik Karbon dan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah48

Tabel 4.2. Hasil Uji XRF (*X-ray Fluorescence*) Karbon dan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah..... 50

Tabel 4.3. Hasil Uji FT-IR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) Karbon dan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah.....54

Tabel 4.4. Volume Effluen dan Waktu Tinggal pada Laju Alir 20 mL/menit58

Tabel 4.5. Volume Effluen dan Waktu Tinggal pada Laju Alir 12 mL/menit61

Tabel A.1. Pengukuran Absorbansi Larutan Standar76

Tabel A.2. Hasil Adsorpsi Z = 2 cm, F = 20 mL/menit77

Tabel A.3. Hasil Adsorpsi Z = 3 cm, F = 20 mL/menit78

Tabel A.4. Hasil Adsorpsi Z = 4 cm, F = 20 mL/menit78

Tabel A.5. Hasil Adsorpsi Z = 5 cm, F = 20 mL/menit78

Tabel A.6. Hasil Adsorpsi Z = 6 cm, F = 20 mL/menit79

Tabel A.7. Hasil Adsorpsi Z = 2 cm, F = 12 mL/menit79

Tabel A.8. Hasil Adsorpsi Z = 3 cm, F = 12 mL/menit79

Tabel A.9. Hasil Adsorpsi Z = 4 cm, F = 12 mL/menit80

Tabel A.10. Hasil Adsorpsi Z = 5 cm, F = 12 mL/menit80

Tabel A.11. Hasil Adsorpsi Z = 6 cm, F = 12 mL/menit80

Tabel A.12. Y% pada tiap waktu Variabel Z = 2 cm, F = 20 mL/menit81

Tabel A.13. Y% pada tiap waktu Variabel Z = 3 cm, F = 20 mL/menit82

Tabel A.14. Y% pada tiap waktu Variabel Z = 4 cm, F = 20 mL/menit83

Tabel A.15. Y% pada tiap waktu Variabel Z = 5 cm, F = 20 mL/menit84

Tabel A.16. Y% pada tiap waktu Variabel Z = 6 cm, F = 20 mL/menit85

Tabel A.17. Y% pada tiap waktu Variabel Z = 2 cm, F = 12 mL/menit86



Tabel A.18. Y% pada tiap waktu Variabel Z = 3 cm, F = 12 mL/menit.....87

Tabel A.19. Y% pada tiap waktu Variabel Z = 4 cm, F = 12 mL/menit.....88

Tabel A.20. Y% pada tiap waktu Variabel Z = 5 cm, F = 12 mL/menit.....89

Tabel A.21. Y% pada tiap waktu Variabel Z = 6 cm, F = 12 mL/menit.....90

Tabel A.22. Persen Penyisihan (Y%) pada seluruh Variabel.....91



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kacang Tanah	5
Gambar 2.2. Distribusi Ion Cr (VI) dalam Air sebagai Fungsi Konsentrasi terhadap pH	13
Gambar 2.3. Mekanisme Adsorpsi Secara Umum	17
Gambar 2.4. Skema Kolom Adsorpsi <i>Fixed-bed</i>	18
Gambar 2.5. Profil Konsentrasi Produk pada Kolom Adsorpsi	20
Gambar 2.6. Blok Diagram Proses Kerja : (a) <i>Single-Beam</i> , (b) <i>Double-Beam</i> , (c) <i>Diode Array Spectrophotometer</i>	25
Gambar 3.1. Rangkaian Alat Karbonisasi	31
Gambar 3.2. Rangkaian Alat Adsorpsi	31
Gambar 3.3. Diagram Alir Persiapan Kulit Kacang Tanah	33
Gambar 3.4. Diagram Alir Karbonisasi Kulit Kacang Tanah	34
Gambar 3.5. Diagram Alir Aktivasi Basa Adsorben Karbon Kulit Kacang Tanah	35
Gambar 3.6. Diagram Alir Pembuatan Larutan Induk	36
Gambar 3.7. Diagram Alir Pembuatan Larutan Kerja	36
Gambar 3.8. Diagram Alir Adsorpsi dengan Laju Alir 20 mL/menit	37
Gambar 3.9. Diagram Alir Pembuatan Larutan Standar 0,4 ppm	37
Gambar 3.10. Diagram Alir Pembuatan Kurva Kalibrasi	38
Gambar 3.11 Diagram Alir Proses Pengukuran Adsorbansi Sampel	39
Gambar 3.12. Diagram Alir Analisa Kadar Air	41
Gambar 3.13. Diagram Alir Analisa Kadar Zat <i>Volatile</i>	42
Gambar 3.14. Diagram Alir Analisa Kadar Abu	43
Gambar 3.15. Diagram Alir Penelitian	45
Gambar 4.1. Hasil Spektra IR Karbon dan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah	53
Gambar 4.2. Mekanisme Adsorpsi Logam Cr (VI) pada Karbon Aktif : (a) Protonasi Gugus Fungsi, (b) & (c) Interaksi Elektrostatik antara Ion Adsorbat dan Gugus Fungsi di Permukaan	56
Gambar 4.3. Pensen Penyisihan Ion Cr (VI) oleh Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah pada Laju Alir 20 mL/menit	57
Gambar 4.4. Pensen Penyisihan Ion Cr (VI) oleh Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah pada Laju Alir 12 mL/menit	59
Gambar A.1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	76

Gambar A.2. Pembuatan Kurva Kalibrasi	77
Gambar A.3. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 2 cm F = 20 mL/menit	82
Gambar A.4. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 3 cm F = 20 mL/menit	83
Gambar A.5. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 4 cm F = 20 mL/menit	84
Gambar A.6. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 5 cm F = 20 mL/menit	85
Gambar A.7. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 6 cm F = 20 mL/menit	86
Gambar A.8. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 2 cm F = 12 mL/menit	87
Gambar A.9. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 3 cm F = 12 mL/menit	88
Gambar A.10. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 4 cm F = 12 mL/menit	89
Gambar A.11. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 5 cm F = 12 mL/menit	90
Gambar A.12. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 6 cm F = 12 mL/menit	91
Gambar A.13. Persen Penyisihan (Y%) Ion Cr (VI) oleh Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah pada Laju Alir 20 mL/menit dengan Variasi Ketinggian Bed.....	92
Gambar A.14. Persen Penyisihan (Y%) Ion Cr (VI) oleh Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah pada Laju Alir 12 mL/menit dengan Variasi Ketinggian Bed.....	92

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A.....	73
LAMPIRAN B.....	95
LAMPIRAN C.....	103
LAMPIRAN D.....	123



DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatan	Simbol
Panjang Gelombang	cm ⁻¹	λ
Konsentrasi	M atau Molaritas	C atau M
Konesntrasi	ppm	C atau M
Waktu	menit	t
Suhu	°C	T
Massa	gram	M
Laju Alir	mL/menit	F
Volume	mL	V
Berat Molekul	gr/mol	mr
Absorbansi	Abs atau Absorbansi	A
Kapasitas Adsorpsi	mg/g	q
Ketinggian	cm	Z atau h
Kecepatan Putaran	rpm	ν





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan penerapan industri 4.0, pembangunan di banyak sektor meningkat secara signifikan, salah satunya adalah sektor industri. Seperti diketahui bahwa perkembangan proses industrialisasi dapat menghasilkan limbah berbahaya bagi lingkungan sekitar (Abdelhafez dan Li, 2014). Salah satu limbah cair yang dapat mengganggu kesehatan manusia dan menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem adalah ion logam berat, seperti Cr (VI). Limbah cair Cr (VI) memiliki sifat yang toksik dan karsinogenik jika dibandingkan dengan ion logam berat lainnya.

Industri penyamakan kulit merupakan satu diantara beberapa industri yang menghasilkan limbah cair Cr (VI) dengan rentang konsentrasinya sebesar 0,2-218,5 mg/L (Wardhani, dkk. 2017). Berdasarkan baku mutu air limbah penyamakan yang tertera, kandungan Cr total yang diperbolehkan adalah sebesar 1 mg/L. Sedangkan baku mutu Cr (VI) dalam air limbah secara umum adalah 0,1 mg/L (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup, 1995).

Dampak Cr (VI) pada limbah cair dapat diatasi dengan beberapa perlakuan, seperti pengendapan, ekstraksi, *ion exchange*, elektrokoagulasi, *reverse osmosis*, dan adsorpsi. Diantara banyak metode untuk memisahkan Cr (VI) dalam limbah cair industri penyamakan, adsorpsi dipilih karena merupakan metode yang ramah lingkungan, efisien, dan dapat diperbarui (regenerasi).

Adsorpsi dapat terjadi melalui dua mekanisme, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika merupakan fenomena *reversible* yang terjadi ketika terdapat gaya antarmolekul dari zat terlarut dan adsorben. Sedangkan adsorpsi kimia terjadi akibat ikatan kovalen dan ikatan ionik (Johansson, 2007). Proses adsorpsi berlangsung pada lapisan dinding-dinding pori, yang mana situs-situs aktif pada lapisan adsorben akan menjerap adsorbat hingga situs tersebut jenuh. Bahan baku adsorben mengandung bahan lignoselulosa seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin. Bahan lignoselulosa dapat diperoleh dari berbagai sumber, misalnya tangkai kayu, jerami padi, daun, rumput dan sebagainya.

Bahan baku kulit kacang tanah dipilih karena memiliki potensi tinggi jika dimanfaatkan sebagai adsorben, dimana kandungan selulosa dan hemiselulosanya yang cukup tinggi, kandungan keduanya total dapat mencapai 63,5% serta lignin sebesar 13,2% (Susanti, 2009). Seperti diketahui bahwa kandungan selulosa dan hemiselulosa didominasi oleh unsur C, O, serta H. Kulit kacang tanah nantinya melalui proses karbonisasi untuk membentuk karbon, serta aktivasi untuk meningkatkan luas permukaannya. Setelah dilakukannya aktivasi, karbon aktif berpotensi memiliki gugus -OH dan -COOH yang mana nantinya dapat dijadikan sebagai adsorben ion logam berat Cr (VI).

Sistem adsorpsi kolom digunakan karena sistem operasinya yang sederhana serta memiliki kemudahan dalam *scale-up* pada skala industri. Disisi lain penggunaan kolom dapat digunakan untuk limbah cair dengan kuantitas dan konsentrasi tinggi (Patel, 2019). Salah satu jenis kolom yang diaplikasikan untuk proses adsorpsi adalah *fixed-bed column*. Pada kolom *fixed-bed*, adsorben tertahan dalam keadaan stasioner dengan penopang di bagian bawah dan pembatas di bagian atas agar adsorben dalam kolom tidak terfluidisasi. Penelitian terkait karbon aktif pada sistem kolom pernah dilakukan oleh Rangabhashiyam (2015). Dalam penelitiannya adsorpsi dilakukan pada sistem kolom *continuous fixed-bed* menggunakan adsorben karbon aktif berbahan dasar kulit buah *swietenia mahogani* yang dikarbonisasi pada suhu 700 °C selama 1 jam dan diayak pada rentang ukuran 0,420-0,5 mm. Variasi yang dilakukan adalah adsorpsi pada ketinggian *bed* (Z) sebesar 2, 4, dan 6 cm dengan laju alir 2, 4, dan 6 mL/menit dan menggunakan variasi konsentrasi larutan Cr (VI) sebesar 50, 100, dan 150 mg/l yang dialirkan secara kontinyu hingga nilai $C_t/C_0 = 1$.

Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan daya guna biomassa kulit kacang tanah yang mana kerap kali dianggap sebagai limbah dengan nilai rendah. Hal ini dilakukan dengan memanfaatkannya sebagai adsorben karbon aktif kulit kacang tanah untuk mengadsorpsi ion Cr (VI) dengan sistem kolom.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh laju alir umpan terhadap penyisihan ion Cr (VI) yang memanfaatkan adsorben karbon aktif berbasis kulit kacang tanah dengan sistem kolom?

2. Bagaimana pengaruh ketinggian *bed* terhadap penyisihan ion Cr (VI) yang memanfaatkan adsorben karbon aktif berbasis kulit kacang tanah dengan sistem kolom?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi pengaruh laju alir umpan terhadap penyisihan ion Cr (VI) yang memanfaatkan adsorben karbon aktif berbasis kulit kacang tanah dengan sistem kolom
2. Mengidentifikasi pengaruh ketinggian *bed* terhadap penyisihan ion Cr (VI) yang memanfaatkan adsorben karbon aktif berbasis kulit kacang tanah dengan sistem kolom

1.4. Batasan Masalah

1. Sampel kulit kacang tanah diperoleh dalam bentuk kulit kacang tanah mentah yang dikecilkan ukurannya hingga diameter partikel 2 mm (+10 mesh)
2. Proses karbonisasi kulit kacang tanah dilakukan pada suhu 450 °C selama 2 jam serta proses aktivasi dilakukan dengan menggunakan aktivator NaOH 0,5 M
3. Aktivasi dan proses adsorpsi karbon aktif dilakukan pada suhu ruang dan tekanan atmosfer
4. Adsorpsi dilakukan dengan sistem kolom (ID = 1,2 cm; L = 50 cm)
5. Sampel Cr (VI) yang digunakan merupakan larutan $K_2Cr_2O_7$ 30 ppm

1.5. Manfaat Penelitian

1. Meningkatkan nilai guna kulit kacang tanah sebagai bahan baku pembuatan adsorben karbon aktif
2. Menghasilkan adsorben karbon aktif yang dapat digunakan dalam proses penyisihan ion Cr (VI) pada limbah cair industri penyamakan
3. Memberikan alternatif pengolahan limbah cair yang murah, ramah lingkungan, sederhana, efisien, dan dapat diperbarui



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Kacang Tanah

Kacang tanah merupakan komoditas kacang-kacangan kedua terpenting setelah kedelai di Indonesia (Respati dkk. 2013). Produksi kacang tanah di Indonesia tahun 2014 mencapai 682,258 ton. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), berat kulit kacang tanah adalah 30% dari berat keseluruhan kacang tanah, sehingga jika dikuantitaskan limbah kulit kacang tanah yang dihasilkan dapat mencapai 204,2 ton pada tahun tersebut.

Sejauh ini pemanfaatan kacang tanah masih terbatas pada pengolahan bijinya. Sedangkan untuk kulitnya belum dimanfaatkan secara maksimal, padahal kulit kacang tanah memiliki makronutrien yang belum banyak dimanfaatkan. Pada kulit kacang tanah terdapat kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang sangat kompleks, sehingga kulit kacang tanah disebut juga sebagai biomassa lignoselulosa (Noorjenah dkk. 2012).



Gambar 2.1. Kacang Tanah

Menurut Howard dkk. (2003), umumnya bahan lignoselulosa dalam biomassa merupakan komponen utama dari tanaman tersebut. Bahan lignoselulosa bisa diperoleh dari berbagai sumber, misalnya tangkai kayu, jerami padi, daun, rumput, dan sebagainya. Seperti dinyatakan oleh Tilman dkk. (1998), selulosa adalah zat

penyusun tanaman yang terdapat pada struktur sel. Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35-50% dari berat kering tanaman (Lynd dkk. 2002). Selulosa merupakan makromolekul polisakarida (Zhang, dkk. 2018). Komposisi yang terkandung pada selulosa adalah 40-45% massa karbon (C), 45-50% massa oksigen (O), dan 5-10% massa hidrogen (H) (Flores, dkk, 2017). Sedangkan hemiselulosa pada tanaman memiliki peranan sebagai pendukung dinding sel dan sebagai perekat antara sel tunggal pada tumbuhan (Silalahi, 2016). Jumlah hemiselulosa biasanya antara 15-30% dari berat kering bahan lignoselulosa (Ahmed dkk, 2013). Hemiselulosa terdiri dari berbagai monomer, yaitu xilosa, mannosa, arabinosa, glukosa, dan asam glukoronat yang mana secara dominan memiliki gugus hidroksil (O-H). Selain itu, terdapat lignin sebagai bahan pengikat dan penguat komponen penyusun lainnya. Lignin adalah gabungan dari beberapa senyawa yang mengandung C, H, dan O. Lignin juga tahan terhadap degradasi kimia, termasuk degradasi enzimatik (Tillman dkk, 1989). Kandungan C pada lignin relatif tinggi (60-66%) dan kandungan H rendah (5-6,5 %) (Zhang, dkk. 2018). Lignin merupakan senyawa polimer yang bersifat amorf dan kompleks (Rowell, 2013). Susunan utama lignin adalah unit fenilpropana yang saling berhubungan melalui ikatan eter membentuk suatu polimer yang bercabang dengan struktur tiga dimensi (Achmadi, 1990). Polimer tiga dimensi tersebut terdiri dari ikatan C-O-C dan C-C (Rowell, 2013).

Berikut ini telah disajikan komposisi yang terdapat dalam kulit kacang tanah pada Tabel 2.1. :

Tabel 2.1. Komposisi Kulit Kacang Tanah

Komponen	%
Air	9,5
Abu	3,6
Protein	8,4
Selulosa dan Hemiselulosa	63,5
Lignin	13,2
Lemak	1,8

Sumber : Susanti (2009)

Dalam penerapannya, kulit kacang tanah termasuk bahan lignoelulosa yang multifungsi. Kulit kacang tanah dapat digunakan sebagai bahan bakar, bahan pembenah tanah, bahan campuran pembuatan papan *hardboard*, obat herbal, serta cukup baik digunakan sebagai campuran pakan ternak. Selain itu, kulit kacang tanah dapat berpotensi digunakan sebagai adsorben dengan adanya senyawa-senyawa organik yang tidak mudah larut dan munculnya gugus polifungsi, seperti NH_2 , $-\text{COO}^-$, $-\text{C}=\text{O}$, PO_4^{3-} , dan $-\text{OH}$ (Ilyas dkk. 2012). Keberadaan gugus fungsi ini, utamanya $-\text{OH}$ dan $-\text{COOH}$ menjadikan kulit kacang tanah efektif untuk menghilangkan berbagai logam berat (Ugwekar & Lakhawat, 2012).

2.2. Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan senyawa *amorf* yang dihasilkan dari komponen mengandung karbon yang diberi perlakuan khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi tinggi. Karbon aktif mempunyai luas permukaan cukup tinggi, berkisar antara 100 sampai 2000 m^2/g (Suryono, dkk, 2018).

Selain karbon, dalam karbon aktif juga terdapat unsur lain seperti hidrogen, nitrogen, sulfur, dan oksigen kompleks yang ada di permukaan. Komposisi unsur dari karbon aktif umumnya adalah 88% C, 0,5% H, 0,5% N, 1% S, dan 6-7% O (Bansal dan Goyal, 2005). Adapun syarat baku mutu karbon aktif yang dibutuhkan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2. Syarat Baku Mutu Serbuk Karbon Aktif (SNI. 06-3730-1995)

Uraian	Persyaratan Kualitas
Bagian yang hilang pada pemanasan (Kadar Zat <i>Volatile</i>) 950 °C	Max. 25 %
Kadar Air	Max. 15 %
Kadar Abu	Max. 10 %
Bagian yang tidak membentuk arang	Pengamatan secara visual
Daya serap I_2 terhadap larutan Karbon Aktif Murni	Min 750 mg/gram Min. 60 %

Sumber : SNI. 06-3730-1995

Seperti diketahui bahwa karbon aktif dapat dibuat dari limbah biomassa berbahan lignoselulosa seperti kulit kacang-kacangan, limbah padat pengepresan biji-bijian, ampas, kulit buah, dan lain sebagainya. Menurut Volesky (1990), adsorben karbon aktif menarik untuk dipelajari dalam proses penjerapan karena bahan bakunya banyak terdapat di alam, pengoperasiannya relatif mudah, serta mempunyai kemampuan penjerapan relatif tinggi. Berikut ini merupakan karakteristik adsorben yang dibutuhkan untuk adsorpsi (Volesky, 1990) :

1. Luas permukaan adsorben, artinya semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula daya adsorpsinya, karena proses adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben.
2. Tidak ada perubahan volume yang berarti selama proses adsorpsi dan desorpsi.
3. Kemurnian adsorben, dimana adsorben dengan tingkat kemurnian tinggi, daya adsorpsinya akan lebih baik.

2.2.1. Struktur Karbon Aktif

Untuk memenuhi syarat sebagai suatu adsorben logam berat, maka karbon aktif haruslah memiliki pori. Berikut ini merupakan penggolongan adsorben karbon aktif berdasarkan ukuran pori (Hidayati dan Himma, 2017) :

1. Mikropori yaitu adsorben memiliki ukuran pori kurang dari 2 nm. Pada mikropori, diameter antar pori sangat kecil sehingga terjadi tarik-menarik antar dinding pembentuk pori yang saling berlawanan. Tarik-menarik tersebut menimbulkan energi potensial sehingga menghasilkan hasil penjerapan yang kuat.
2. Mesopori yaitu adsorben memiliki ukuran pori lebih dari 2 nm dan kurang dari 50 nm.
3. Makropori yaitu adsorben memiliki ukuran pori lebih dari 50 nm.

2.2.2. Struktur Kimia Karbon Aktif

Karbon aktif mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang terikat pada gugus fungsi misalnya karboksil, fenol, dan eter. Gugus fungsi ini dapat berasal dari bahan baku karbon aktif. Selain itu, gugus fungsi pada karbon aktif juga terbentuk selama proses aktivasi oleh karena adanya interaksi radikal bebas permukaan karbon dengan oksigen atau nitrogen yang berasal dari atmosfer. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimia dan dapat mempengaruhi sifat adsorpsinya (Murti, 2008).

2.3. Pembuatan Karbon Aktif

Secara garis besar pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap yaitu :

2.3.1. Pengeringan

Pengeringan merupakan proses pengurangan atau penghilangan kadar air dalam suatu komponen bahan baku yang dilakukan dengan pemanasan bahan baku dalam oven dengan suhu ± 105 °C. Proses pengeringan ini dilakukan hingga bahan atau biomassa memiliki massa yang konstan (Smisek dan Cerny, 1970).

2.3.2. Karbonisasi

Karbonisasi adalah suatu proses penghilangan unsur-unsur oksigen dan hidrogen sehingga membentuk karbon, biasanya suhu operasi mencapai 400 °C - 800 °C pada tekanan atmosfer. Proses ini dilakukan dengan mengalirkan gas *inert* nitrogen (Barosso-Bogeat, dkk. 2014). Penggunaan gas inert seperti nitrogen akan menghasilkan karbon yang lebih murni. Karena ketika bahan dikarbonisasi melibatkan oksigen, maka akan dimungkinkan teroksidasi dan membentuk oksida logam. Oksida logam atau biasa dikenal sebagai abu ini nantinya akan berpotensi untuk menyumbat pori dan memperkecil luas permukaan karbon.

Karbon yang dihasilkan memiliki warna hitam, hal ini menunjukkan terjadinya pemecahan rantai karbon pada adsorben yang dikarbonisasi (Erlina, dkk. 2015). Proses karbonisasi meliputi beberapa tahapan menurut R. Sudrajat (1994) :

1. Pada suhu 100-120 °C : Terjadi penguapan air.
2. Pada suhu 270 °C : Mulai terjadi penguraian selulosa.
3. Pada suhu 270-310 °C : Reaksi eksotermik berlangsung, dimana terjadi penguraian selulosa secara intensif menjadi sedikit tar.
4. Pada suhu 310-500 °C : Terjadi penguraian lignin, dihasilkan lebih banyak tar dan terjadi pula proses pemurnian arang atau kadar karbon.

Lebih spesifik lagi, karbonisasi pada suhu 400 °C - 500 °C bertujuan untuk menghasilkan karbon berwujud padatan dalam jumlah lebih tinggi dibandingkan karbon berwujud cair maupun gas. Produk cair yang dihasilkan dapat berupa senyawa organik seperti asam asetat, methanol, fenol, levoglukosan, dan tar (Turmuzi, 2015). Sedangkan produk gas berupa CO₂, CO, CH₄, C₂H₄, dan H₂ (Yuan, 2018).

Smisek dan Cerny berpendapat bahwa karbonisasi meliputi beberapa langkah proses seperti penghilangan air, perubahan bahan organik menjadi unsur karbon dan dekomposisi tar, sehingga pori-pori karbon menjadi lebih besar. Kemudian hasil dari karbonisasi ini meskipun kandungan karbon meningkat dan seluruh elemen non-karbon seperti sulfur, oksigen, nitrogen, dan hidrogen dihilangkan namun kemampuan adsorpsi nya masih tergolong rendah. Hal tersebut dikarenakan apabila hanya melalui proses karbonisasi saja maka sebagian tar yang dihasilkan dalam pori akan mengakibatkan penyumbatan. Dengan itu, setelah karbonisasi harus dilakukan proses aktivasi agar tar dapat dikeluarkan dari pori (Hassler, 1951). Pada proses karbonisasi, beberapa parameter penting diantaranya adalah suhu, laju pemanasan, laju nitrogen dan lama waktu karbonisasi (Malhotra, 2016). Proses ini dapat dilakukan dalam tanur, reaktor (*tubular/muffle*) dan reaktor dalam *microwave* termodifikasi.

2.3.3. Aktivasi

Proses berikutnya adalah aktivasi, proses ini bertujuan untuk memperluas diameter pori yang sudah terbentuk pada proses sebelumnya, serta agar membentuk pori-pori baru (Hidayati dan Himma, 2017).

Aktivasi karbon aktif dibagi menjadi dua, yaitu aktivasi fisika dan kimia. Aktivasi secara fisika pada dasarnya dilakukan dengan mengalirkan uap atau gas, seperti *steam*, udara, CO₂ dll. pada suhu tinggi (800-1100 °C). (Hidayati dan Himma, 2017). Disisi lain, aktivasi juga dilakukan secara kimia, dimana aktivasi ini memanfaatkan bahan kimia yang merupakan bahan pengoksidasi maupun penghidrasi. Beberapa bahan kimia yang dapat digunakan untuk aktivasi kimia diantaranya adalah asam (H₂SO₄, H₃PO₄, HNO₃) dan basa (KOH, NaOH, ZnCl₂). Berikut ini merupakan keunggulan dan kelemahan dari aktivasi fisika dan kimia (Hidayati dan Himma, 2017) :

Tabel 2.3. Kelebihan dan Kekurangan dari Penggunaan Aktivasi Secara Fisika serta Kimia

Uraian	Aktivasi Fisika	Aktivasi Kimia
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah pengotor anorganik yang sedikit Cenderung tidak menimbulkan korosi Tidak memerlukan proses pencucian 	<ul style="list-style-type: none"> Memerlukan waktu aktivasi yang singkat Menghasilkan <i>yield</i> tinggi Luas permukaan dan distribusi pori yang baik Mengurangi kandungan mineral pada adsorben
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> Suhu aktivasi yang tinggi Sulit dalam pengontrolan porositas adsorben 	<ul style="list-style-type: none"> Menimbulkan permasalahan korosi Memerlukan proses pencucian setelah aktivasi Menghasilkan pengotor anorganik

Kemampuan adsorpsi yang meningkat seiring dengan dilakukannya aktivasi disebabkan oleh gugus fungsi atau gugus aktif yang bersifat reaktif. Beberapa contoh gugus aktif adalah gugus hidroksil, karbonil, dan karboksilat yang memberikan sifat amfoter pada karbon, sehingga karbon aktif dapat bersifat sebagai asam maupun basa (Sudirjo, 2006).

NaOH merupakan salah satu aktivator yang berpotensi serta sering diaplikasikan pada penyisihan logam berat (Caturla, 1991). NaOH berfungsi sebagai pendehidrasi untuk memperbanyak degradasi material yang mengandung karbon agar menghambat pembentukan tar dan senyawa volatil serta menambah hasil/*yield* karbon (Khalili, dkk. 1999). Secara umum, fungsi NaOH hampir sama dengan aktivator lainnya, yaitu untuk menciptakan struktur pori pada karbon aktif dan meningkatkan luas permukaannya (Caturla, 1991).

2.4. Kromium Heksavalen [Cr (VI)]

Menurut teori yang dikemukakan Cavaco dkk. (2009), kromium di alam memiliki bilangan oksidasi +2 hingga +6, tetapi yang sering dijumpai adalah dengan bilangan oksidasi +3 dan +6. Kromium dengan bilangan oksidasi +3 atau biasa disebut ion Cr (III) merupakan senyawa Cr dengan sifat paling stabil diantara kation logam transisi lain yang memiliki kesamaan bilangan oksidasi +3 (Asmadi, dkk.

2009). Ion Cr (III) memiliki sifat tidak beracun dalam dosis tertentu dan menjadi unsur esensial yang dibutuhkan tubuh untuk mengontrol kadar gula dalam darah. Jika Ion Cr (III) memiliki konsentrasi > 5 ppm, maka senyawa tersebut bersifat racun bagi makhluk hidup (Goswani & Ghosh, 2005). Sedangkan Cr (VI) dapat terklasifikasi menjadi garamnya seperti ion-ion kromat yang berwarna kuning dan dikromat berwarna jingga. Ion-ion kromat dan dikromat ialah zat pengoksidasi yang kuat (Milasari, 2016). Pada bentuk umumnya, ion Cr (VI) terdapat dalam padatan $K_2Cr_2O_7$ atau kalium dikromat yang bersifat larut dalam air. Sifat fisika dan Kimia ion Cr (VI) dijelaskan pada Tabel 2.4. dibawah ini :

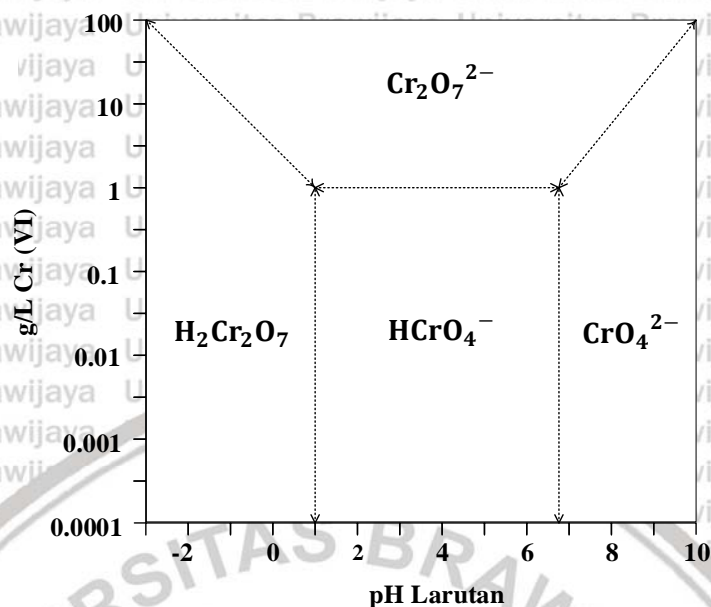
Tabel 2.4. Sifat Fisika dan Kimia Ion Cr (VI)

Uraian	Sifat
Berat Molekul	294,18 gram/mol
Warna	Merah Bata
Titik Leleh	398 °C
Titik Didih	Terdekomposisi pada 500 °C
Densitas	2,676 gram/cm ³ (25 °C)
Kelarutan dalam air	4,9 gram/100cm ³ (20 °C)

Sumber : Wilbur dkk. (2012)

Sesuai dengan tingkat valensi dan bilangan oksidasi yang dimiliki, ion-ion kromium yang telah membentuk senyawa mempunyai sifat yang yang berbeda-beda sesuai dengan ionitasnya. Senyawa yang terbentuk dari ion Cr (II) akan bersifat basa, dan ion Cr (III) bersifat amfoter, serta senyawa yang terbentuk dari ion Cr (VI) bersifat asam (Asmadi, dkk. 2009).

Konsentrasi berbagai senyawa Cr (VI) bergantung pada kondisi pH yang digunakan. Pada pH diatas 6, CrO_4^{2-} umumnya terbentuk. Sedangkan pada pH dibawah 6 dan ketika konsentrasi Cr (VI) relatif rendah, $HCrO_4^-$ yang mendominasi terbentuk. Lalu CrO_7^{2-} bisa signifikan jika konsentrasi Cr (VI) ditambahkan atau bahkan bisa mendominasi apabila konsentrasi Cr (VI) dibuat relatif tinggi (Guertin, dkk. 2005).



Gambar 2.2. Distribusi Ion Cr (VI) dalam Air sebagai Fungsi Konsentrasi terhadap pH

Sumber : Frey, dkk. (2004)

Karena merupakan senyawa berbahaya, maka Cr (VI) keberadaannya perlu diawasi agar tidak merusak lingkungan dan kesehatan. Menurut data, paparan Cr (VI) per hari dari udara, air, dan makanan berturut-turut sebesar 0,01-0,03 µg, 2 µg/L, dan 60 µg (Gode & Moral, 2008). Apabila terakumulasi dalam tubuh, Cr (VI) dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti kerusakan hati, ginjal, saluran pernapasan, serta pencernaan serta kanker paru-paru (Asmadi, dkk. 2009).

2.5. Kromium Heksavalen [Cr (VI)] dalam Limbah Penyamakan

Industri penyamakan adalah salah satu industri yang menghasilkan limbah cair Cr (VI) dalam volume cukup besar (Sugihartono, 2016). Kromium sulfat [Cr₂(SO₄)₃] merupakan bahan penyamak kulit yang paling banyak digunakan oleh industri penyamakan kulit, dan sekitar 85% kulit dunia disamak menggunakan bahan tersebut (Bacordit, dkk. 2014). Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa krom mampu bereaksi dan membentuk ikatan dengan asam amino protein kolagen kulit (Mustakim, dkk. 2010).

Pada penyamakan 1 ton kulit basah, diperlukan air ± 40 m³, dan limbah cair yang dikeluarkan telah tercampur dengan bahan kimia sisa proses serta komponen kulit terlarut selama penyamakan (Paul, dkk. 2013). Limbah yang dihasilkan dari

proses penyamakan umumnya berupa Cr (III). Namun krom heksavalen Cr (VI) selalu terdapat pada limbah cair, sebagai akibat dari kontak Cr (III) dengan udara yang mana terjadi proses oksidasi (Asmadi, dkk. 2009). Dengan demikian, limbah cair industri penyamakan kulit akan mencemari badan air atau sungai apabila limbah tersebut tidak diberi penanganan khusus dan langsung dibuang ke lingkungan (Nurfitriyani, dkk. 2014). Menurut analisa, Cr (VI) dalam limbah industri penyamakan memiliki rata-rata konsentrasi sebesar 0,2-218,5 mg/L (Wardhani, dkk. 2017). Pada umumnya limbah cair dari aktivitas produksi industri penyamakan kulit memiliki karakteristik yaitu terkadang berbusa, kandungan sulfida cukup tinggi, kandungan padatan tersuspensi (*total suspended solid*) yang tinggi, pH pada limbah berkisar 3-12, kandungan bahan organik yang tinggi, berbau busuk, dan memiliki warna yang cukup pekat (Setiyono, 2014).

2.6. Adsorpsi

2.6.1. Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses di mana molekul, atom, atau ion dalam fase gas atau cair mengalami difusi ke permukaan adsorben, yang disebabkan oleh adanya suatu ikatan antara molekul dengan permukaan adsorben atau karena adanya gaya intermolekular yang lemah sehingga partikel tertahan pada lapisan luar atau dinding adsorben (Seader dan Henley, 2006).

Pada pengaplikasian dalam industri, umumnya adsorben disusun dalam *fixed-bed column* dan cairan dilewatkan secara kontinu sepanjang bed hingga adsorben jenuh. Kemudian aliran fluida dialihkan ke bed kedua hingga bed awal teregenerasi sepenuhnya (Mc Cabe, 1993).

2.6.2. Jenis-Jenis Adsorpsi

Adsorpsi dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia (Reynolds dan Richards, 1996). Adsorpsi fisika secara umum disebabkan oleh gaya yang lemah seperti gaya elektrostatis akibat interaksi dipol, gaya *van der waals* dan ikatan hidrogen (Johansson, 2007) serta merupakan fenomena yang reversible atau dapat balik. Adsorpsi fisika terjadi ketika gaya antarmolekul dari zat terlarut dan adsorben lebih besar dari zat terlarut dan pelarut, maka zat terlarut akan teradsorpsi pada permukaan adsorben. Luas permukaan yang tersedia dalam adsorpsi meliputi permukaan pada pori serta permukaan luar adsorben. Umumnya luas permukaan pori akan

jauh melebihi dari ukuran partikel (Reynolds dan Richards, 1996). Sedangkan adsorpsi kimia terjadi akibat gaya antarmolekul yang lebih kuat seperti ikatan kovalen dan ikatan ionik (Johansson, 2007) serta umumnya bersifat *irreversible*. Adsorpsi kimia ini jarang digunakan pada praktik keteknikan serta adsorpsi fisika lebih umum dimanfaatkan pada proses-proses adsorpsi (Reynolds dan Richards, 1996).

Tabel 2.5. Perbandingan Adsorpsi Secara Fisika dan Kimia

Uraian	Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
Cakupan	<i>Monolayer</i> atau <i>Multilayer</i>	<i>Monolayer</i>
Sifat Adsorpsi	Non-dissosiatif dan Reversibel	Dissosiatif, Irreversibel
Spesifisitas	Tidak Spesifik	Sangat Spesifik
Rentang Suhu	Mendekati/dibawah Titik Kondensasi Gas	Tak Terbatas
Dependensi Penyerapan terhadap Suhu	Menurun seiring Kenaikan Suhu	Meningkat seiring Kenaikan Suhu
Entalpi Adsorpsi	5-40 kJ/mol	40-800 /mol
Kinetika Adsorpsi	Cepat	Lambat
Desorpsi	Mudah dengan Meningkatkan Suhu atau Menurunkan Tekanan	Sulit, diperlukan Suhu yang Tinggi untuk Memutus Ikatan
Kondisi Pasca Pelepasan	Adsorbat tidak Berubah	Adsorbat dapat Berubah

Sumber : Cecen dan Aktas (2011)

Adsorpsi fisik dan kimia memiliki beda ketebalan fasa teradsorpsi. Ketebalan fasa teradsorpsi pada adsorpsi fisik bersifat multimolekuler, artinya permukaan adsorben dapat tertutup oleh adsorbat lebih dari 1 lapisan, sedangkan pada adsorpsi kimia, ketebalan adsorpsi hanya *monolayer*. Ketebalan *multilayer* pada adsorpsi fisik memberikan keuntungan, yaitu pori diisi secara penuh sehingga dapat dimanfaatkan untuk penentuan volume pori, ukuran pori, dan distribusi ukuran pori.

Adsorpsi fisik bersifat bolak-balik sedangkan adsorpsi kimia tidak dapat balik. Sifat reversibel pada adsorpsi fisik memungkinkan untuk mempelajari adsorpsi baik terkait proses adsorpsi maupun desorpsinya. Pada adsorpsi fisik,

molekul teradsorpsi tidak terbatas pada situs spesifik tertentu sehingga molekul adsorbat dapat menutup seluruh permukaan adsorben. Hal ini memungkinkan untuk menentukan luas permukaan padatan.

Adsorpsi fisik bersifat non spesifik, sedangkan adsorpsi kimia bersifat spesifik. Sebagai contoh, gas nitrogen dapat diadsorpsi secara kimia oleh katalis besi dengan menutup permukaannya hingga 50% pada 450 °C, dimana CO tidak dapat diadsorpsi secara kimia.

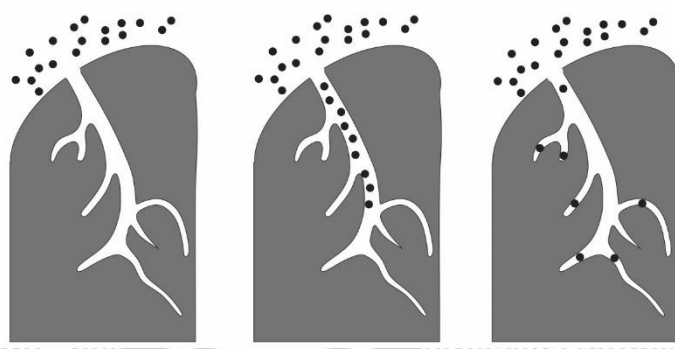
Disisi lain adsorpsi fisik tidak terlalu membutuhkan energi aktivasi, sehingga laju adsorpsi tetap tinggi sekalipun pada temperatur rendah. Pada kasus adsorpsi kimia, laju reaksi tinggi pada temperatur rendah dengan syarat permukaan adsorben diharuskan sangat reaktif. Pada dasarnya, adsorpsi pada mikropori adsorben dapat dihambat oleh laju difusi adsorbat yang rendah ke dalam pori, sehingga kedua jenis adsorpsi membutuhkan energi aktivasi. Adsorpsi fisika membutuhkan energi atau panas adsorpsi rendah, yaitu kurang dari 10-20 kJ/mol, sedangkan pada adsorpsi kimia biasanya berkisar antara 40-400 kJ/mol. Pada adsorpsi fisik, kesetimbangan adsorpsi dapat dicapai secara cepat dikarenakan minimalnya peran energi aktivasi, tidak seperti pada adsorpsi kimia.

Adsorpsi kimia terbatas pada lapisan tunggal ikatan kimia antara adsorben dan adsorbat. Pada adsorpsi kimia, molekul adsorbat lebih terlokalisasi dibandingkan adsorpsi fisik. Ikatan kimia antara adsorbat dan adsorben menyebabkan adsorbat sulit bermigrasi pada permukaan adsorben. Hal tersebut tentu tidak terjadi pada adsorpsi fisika, sehingga lebih efisien.

2.6.3. Mekanisme Adsorpsi

Laju adsorpsi umumnya dibatasi oleh serangkaian mekanisme adsorpsi, diantaranya adalah (Worch, 2012) :

1. Pengangkutan adsorbat dari fasa *bulk liquid* menuju *hydrodynamic boundary layer* yang terletak pada area luaran adsorben
2. Difusi film (difusi eksternal) yang merupakan proses pengangkutan adsorbat melewati *boundary layer* menuju ke permukaan eksternal adsorben
3. Difusi intrapartikel (difusi internal) yang merupakan proses pengangkutan adsorbat menuju bagian internal partikel adsorben dengan berdifusi ke dalam pori atau di sepanjang permukaan internal adsorben
4. Interaksi energik antara molekul adsorbat dengan situs akhir adsorpsi

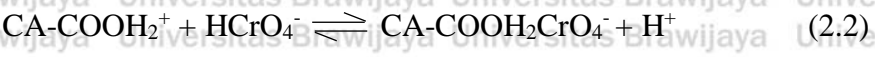
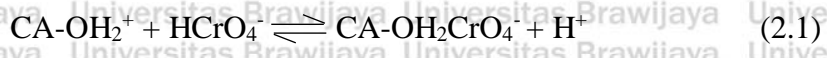


Gambar 2.3. Mekanisme Adsorpsi Secara Umum

Sumber : Worch (2012)

Pada proses adsorpsi terjadi dalam kondisi adsorbat yang asam, yaitu pada pH 2. Hal ini dikarenakan, pada kondisi pH yang asam jumlah ion H⁺ semakin banyak. Ion H⁺ yang semakin melimpah akan memprotonasi gugus fungsi permukaan karbon yang bermuatan negatif (Miretzky dan Cirelli, 2010). Selain itu, pada pH yang rendah, Cr (VI) cenderung membentuk HCrO₄⁻ dan Cr₂O₇²⁻. Namun, bentuk yang paling dominan adalah HCrO₄⁻, dikarenakan konsentrasi Cr (VI) yang digunakan kurang dari 100 ppm. HCrO₄⁻ bersifat larut dalam air dan lebih mudah untuk terikat kedalam gugus fungsi pada permukaan karbon aktif yang telah terprotonasi (Gueye, dkk. 2014). Kondisi pH yang asam ini menyebabkan meningkatnya interaksi elektrostatik antara gugus aktif permukaan karbon yang telah terprotonasi dengan ion HCrO₄⁻ (Attia, dkk. 2010).

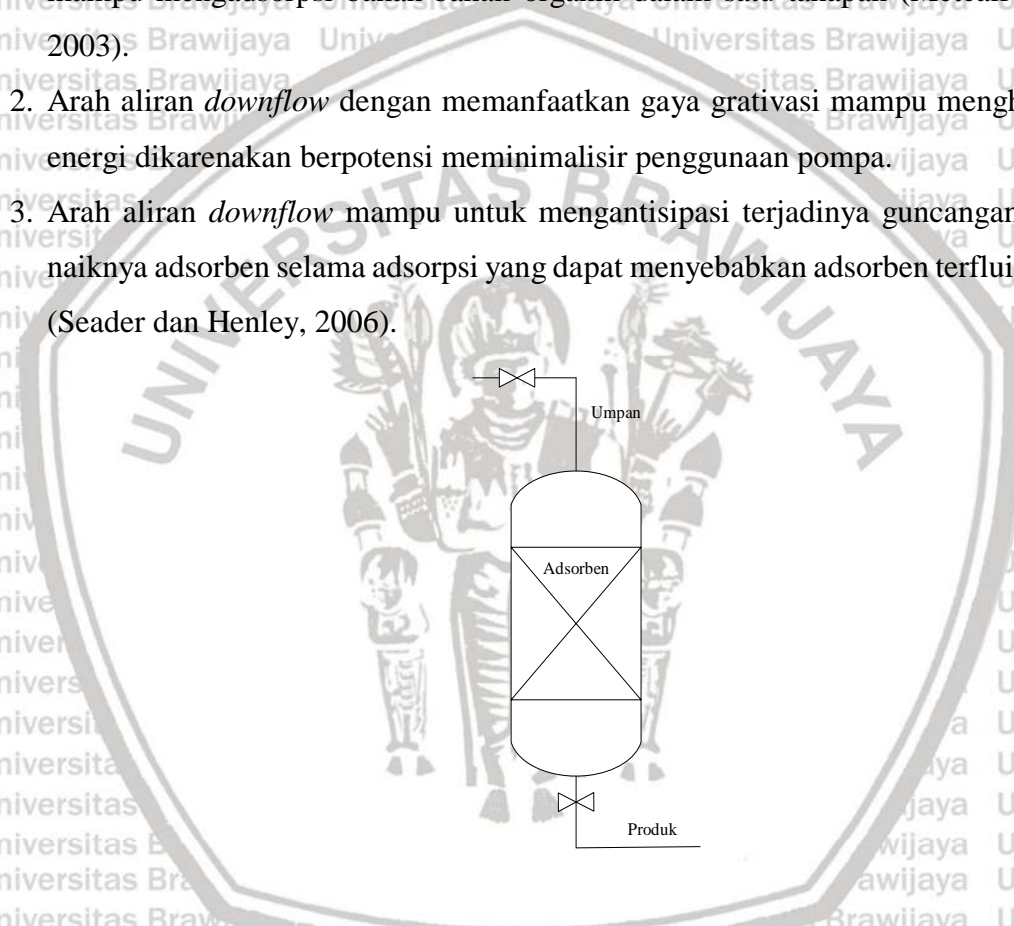
Proses adsorpsi dipengaruhi oleh keberadaan gugus fungsi yang terdapat pada permukaan karbon aktif. Gugus-gugus fungsi yang mengandung oksigen memegang peranan penting dalam proses adsorpsi ion logam (Shafeeyan, 2010). Menurut Jung, dkk. (2013), gugus-gugus aktif yang berperan sangat penting pada penyisihan ion Cr (VI) adalah gugus alkohol, hidroksil (-OH) dan (-COOH). Gugus-gugus aktif tersebut yang telah bermuatan positif akibat dari proses protonasi akan mengikat ion HCrO₄⁻ sebagaimana reaksi berikut :



2.7. Teknik Adsorpsi

Ditinjau dari arah aliran umpan yang akan dikontakkan, kontaktor dapat dibedakan menjadi arah *downflow* dan *upflow*. Arah aliran *downflow* lebih umum digunakan karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan arah aliran *upflow* yaitu sebagai berikut :

1. Arah aliran *downflow* mampu menyaring partikel padatan tersuspensi selain juga mampu mengadsorpsi bahan-bahan organik dalam satu tahapan (Metcalf dkk., 2003).
2. Arah aliran *downflow* dengan memanfaatkan gaya gravitasi mampu menghemat energi dikarenakan berpotensi meminimalisir penggunaan pompa.
3. Arah aliran *downflow* mampu untuk mengantisipasi terjadinya guncangan atau naiknya adsorben selama adsorpsi yang dapat menyebabkan adsorben terfluidisasi (Seader dan Henley, 2006).



Gambar 2.4. Skema Kolom Adsorpsi *Fixed-bed*

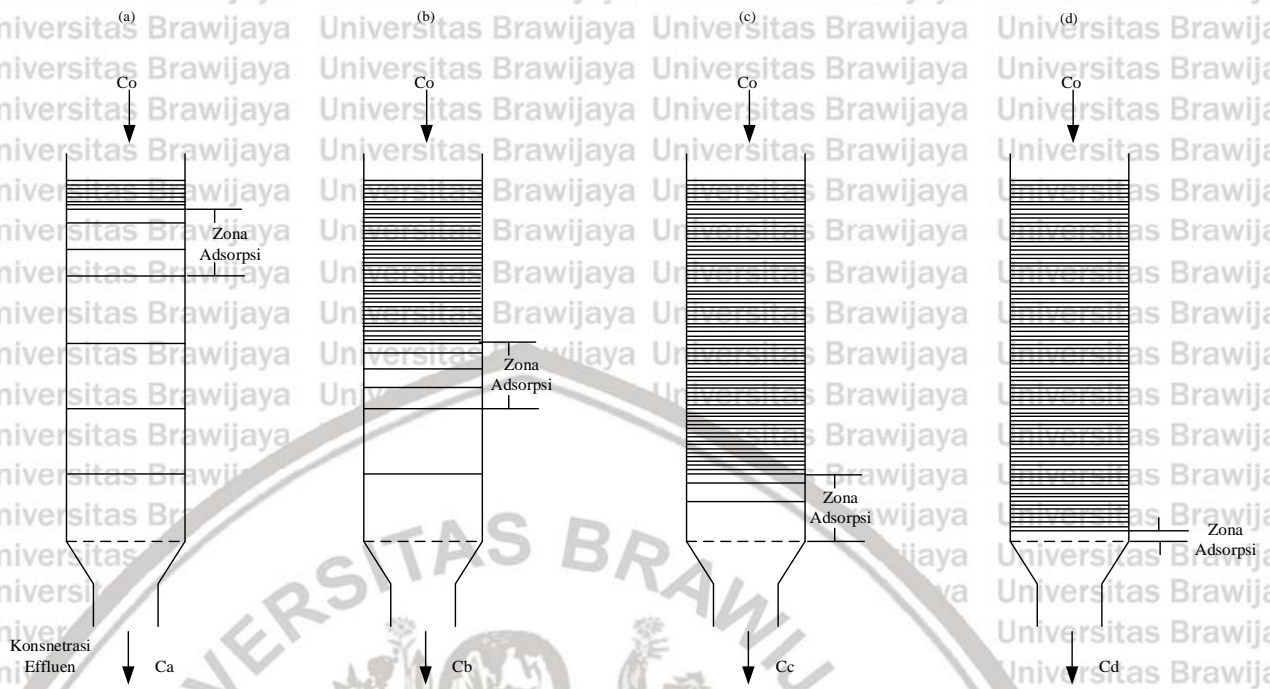
Sumber : Seader dan Henley (2006)

Berdasarkan Gambar 2.4. kolom *fixed-bed* memiliki bentuk silinder vertikal yang dapat dipergunakan secara luas untuk umpan cair maupun gas. Ukuran partikel yang semakin besar akan menyebabkan laju transpor dari *solute* akan meningkat, begitupun sebaliknya. Hal tersebut berkaitan dengan *void fraction* (ruang kosong) yang terbentuk.

2.7.1. Adsorpsi pada Sistem Kolom

Sistem adsorpsi kolom digunakan karena sistem operasi yang sederhana serta kemudahannya dalam *scale-up* pada skala industri. Disisi lain penggunaan kolom dapat digunakan untuk limbah cair dengan kuantitas dan konsentrasi tinggi (Patel, 2019). Salah satu jenis kolom yang diaplikasikan untuk proses adsorpsi adalah *fixed-bed column*. Pada kolom *fixed-bed*, adsorben tertahan dalam keadaan stasioner dengan penopang di bagian bawah serta pembatas di bagian atas agar adsorben dalam kolom tidak terfluidisasi. Beberapa contoh adsorpsi *fixed-bed column* dalam industri adalah untuk pengurangan kadar air dalam gas, memurnikan gas, serta penghilangan pewarna dan mineral dari minyak nabati (Hudaya dan Pandega, 2016).

Dalam adsorpsi sistem kolom profil konsentrasi dinilai cukup penting karena menentukan efektifitas adsorpsinya. Profil konsentrasi adsorbat dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 2.5. yang mana produk dari proses ini dikatakan terbebas dari adsorbat ketika konsentrasi C_0 (mendekati nol) seperti pada Gambar 2.5. (a). Kemudian distribusi adsorbat akan terlihat seperti pada Gambar 2.5. (b)-(d). Seiring fluida yang mengalir terus dan *bed* bagian atas mulai jenuh maka zona daerah adsorpsi akan bergerak ke bawah dengan laju yang lebih rendah dibandingkan kecepatan *linier* fluida mula-mula. Gambar 2.5. (b) menunjukkan bahwa setengah bagian kolom adsorben dalam keadaan jenuh dengan aliran produk C_0 yang secara substansial masih mendekati nol. Sedangkan Gambar 2.5. (c) menunjukkan zona daerah adsorpsi mendekati bagian bawah kolom dengan konsentrasi adsorbat pada aliran produk meningkat secara perlahan (5% dari C_0) untuk pertama kalinya. Kondisi ini dapat dikatakan bahwa proses adsorpsi telah mencapai *breakpoint* (titik jenuh). Kemudian konsentrasi adsorbat pada aliran produk akan meningkat secara cepat ketika zona adsorpsi mencapai bagian bawah kolom, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.5. (d), dimana konsentrasi adsorbat pada produk hampir mencapai konsentrasi awal (Hudaya dan Pandega, 2016).



Gambar 2.5. Profil Konsentrasi Produk pada Kolom Adsorpsi

Sumber : Hudaya dan Pandega (2016)

2.7.2. Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi Kolom

Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi jalannya adsorpsi, diantaranya adalah luas permukaan, sifat adsorbat, konsentrasi ion hidrogen (pH), suhu, campuran zat terlarut, dan sifat adsorben :

1. Luas permukaan adsorben

Banyaknya adsorpsi yang terjadi per satuan berat adsorben akan sangat meningkat apabila adsorben memiliki luas permukaan yang besar dan lebih berpori. Pemecahan partikel besar menjadi partikel-partikel yang lebih kecil dapat membuka luas permukaan yang tertutup sehingga dapat tersedia untuk adsorpsi. Jangkauan adsorpsi dapat berubah secara linier dengan penambahan jumlah adsorben hingga titik tertentu dimana penambahan tidak memberi kenaikan yang signifikan (Gupta, 2013).

2. Kemurnian adsorben

Adsorben yang lebih murni memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik (Hendra, 2008). Kemurnian adsorben dapat ditingkatkan melalui proses aktivasi. Adsorben buatan lebih banyak digunakan daripada

adsorben alami, hal ini dikarenakan adsorben buatan memiliki kemurnian yang lebih baik karena telah diaktivasi (Fajar, 2012).

3. Sifat adsorben

Sifat fisiko-kimia dari adsorben dapat memiliki efek tertentu bagi laju serta efektifitas adsorpsi. Seperti jumlah gugus karbonil dan karboksil pada adsorben diketahui menunjukkan adanya interaksi dengan adsorbat organik. Efektifitas adsorpsi tersebut nantinya dapat ditingkatkan dengan memperbanyak gugus-gugus fungsi yang berperan (Gupta, 2013).

4. Porositas adsorben

Jumlah pori, bentuk pori, dan ukuran pori menentukan laju adsorpsi maupun kapasitas adsorpsi. Pada adsorben mikropori, proses adsorpsi terjadi karena kesesuaian ukuran molekul yang akan diadsorpsi dalam pengisian pori tanpa mengalami kondensasi (Tutik, 2018). Secara umum, semakin banyak jumlah pori dan semakin kecil ukurannya maka luas permukaan yang dihasilkan semakin tinggi.

5. Laju alir adsorbat

Proses adsorpsi lebih optimal penyisihannya pada laju alir yang rendah. Sedangkan pada laju alir tinggi adsorben yang digunakan kemungkinan akan cepat jenuh seiring dengan penurunan laju alirnya. Laju alir rendah dimungkinkan akan terjadi kontak optimal antara adsorben dan adsorbat (Patel, 2019).

6. Ukuran partikel adsorben

Dalam kolom dan dengan massa adsorben yang sama, apabila dibedakan dari ukuran partikel adsorbennya, maka yang berukuran lebih besar otomatis memiliki kerapatan yang lebih rendah dibanding yang berukuran lebih kecil. Sehingga adsorben yang berukuran lebih besar akan memiliki laju alir yang tinggi dalam kolom. Di beberapa industri ukuran partikel disesuaikan untuk laju alir *moderate* (Patel, 2019).

7. Konsentrasi ion hidrogen (pH)

pH larutan dimana terjadinya adsorpsi memengaruhi jangkauan adsorpsi, hal ini disebabkan oleh ion hidrogen dan hidroksida yang teradsorpsi cukup kuat sehingga akan berdampak pada adsorpsi dari ion lain yang akan diadsorpsi. Pada beberapa kasus, adsorben memiliki

efisiensi penyisihan terbaik pada kondisi asam, namun beberapa diantaranya pada kondisi basa (Patel, 2019).

8. Suhu

Penyisihan logam berat umumnya lebih besar pada suhu yang lebih tinggi. Pengaruh suhu pada kesetimbangan adsorpsi umumnya tidak terlalu signifikan apabila rentang suhunya tidak cukup jauh pula (Patel, 2019).

9. Campuran zat terlarut

Pada aplikasi adsorpsi dan pemurnian air limbah, bahan yang diadsorpsi umumnya merupakan campuran dari berbagai senyawa. Senyawa-senyawa tersebut dapat secara mutualis meningkatkan adsorpsi atau saling menghambat. Derajat inhibisinya dapat dikaitkan dengan ukuran relatif molekul tersebut, afinitas adsorpsi relatif, dan konsentrasi relatifnya (Gupta, 2013).

10. Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul yang sesuai merupakan hal yang perlu diperhatikan agar proses adsorpsi dapat terjadi, karena molekul-molekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang ukurannya lebih kecil atau hampir sama namun lebih kecil dengan diameter pori adsorben (Hendra, 2008). Menurut Fajar (2012), laju alir adsorpsi menurun seiring dengan kenaikan ukuran adsorbat.

11. Konsentrasi adsorbat

Adsorpsi akan meningkat seiring kenaikan konsentrasi adsorbat. Adsorpsi akan berhenti jika kesetimbangan antara konsentrasi adsorbat yang diserap dengan konsentrasi adsorben yang tersisa dalam larutan terpenuhi (Patel, 2019).

12. Kelarutan adsorbat

Semakin tinggi kelarutannya, semakin tinggi pula gaya antar adsorbat yang akan dipisahkan dengan pelarutnya. Kelarutan adsorbat menjadi faktor pengendali bagi kesetimbangan adsorpsi. Adsorpsi ini meningkat seiring dengan turunnya kelarutan, semakin tinggi kelarutan, maka ikatan zat terlarut dan pelarut semakin besar sehingga jangkauan adsorpsi menurun (Gupta, 2013).

13. Ketinggian *Bed*

Pada *fixed-bed column*, ketinggian *bed* erat kaitannya dengan dimensi dari kolom adsorpsi. Semakin kecil diameter kolom dengan massa adsorben yang sama, maka akan menghasilkan ketinggian yang lebih besar daripada kolom adsorpsi berdiameter besar. Sehingga, semakin tinggi adsorben maka proses adsorpsi akan berjalan lebih optimal, karena penyerapan berlangsung berulang kali dan melibatkan banyak adsorben.

Ketinggian juga dapat mempengaruhi waktu tinggal (*residence time*), semakin tinggi atau semakin banyak jumlah adsorben yang digunakan maka waktu tinggal akan cenderung semakin lama (Geankoplis, 2003).

14. *Void Fraction*

Void fraction didefinisikan sebagai ruang kosong yang tercipta diantara tumpukan adsorben dalam kolom. Menurut Geankoplis (2003), *void fraction* berbanding terbalik dengan laju alir dan berbanding lurus dengan ketinggian, karena semakin banyak ruang kosong maka laju alir adsorbat akan semakin cepat. Sehingga perlu disesuaikan ketentuan nilai *void fraction* untuk menciptakan persen penyisihan terbaik.

2.8. Karakterisasi Adsorben Karbon Aktif

2.8.1. XRF (*X-ray Fluorescence*)

Analisa XRF merupakan metode yang digunakan untuk menganalisa komposisi unsur ataupun senyawa oksida logam pada suatu sampel (Farkov, dkk. 2005). Spektrofotometri XRF menggunakan eksitasi X-ray untuk mengidentifikasi unsur yang terdapat pada sampel dan menghitung konsentrasinya dengan intensitas energy yang dipancarkan dari suatu unsur tersebut (Roa-Espinosa, dkk. 2016). XRF komersial dilengkapi dengan *synthetic multi layer pseudocrystals* yang cocok untuk menghitung intensitas fluoresensi dari karbon (dan juga boron atau berilium). Kelebihan dari analisa XRF adalah kemampuannya untuk menentukan unsur seperti karbon, nitrogen, oksigen, dan unsur lainnya dalam satu sampel dalam waktu yang bersamaan (Farkov, dkk. 2005).

2.8.2. FT-IR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

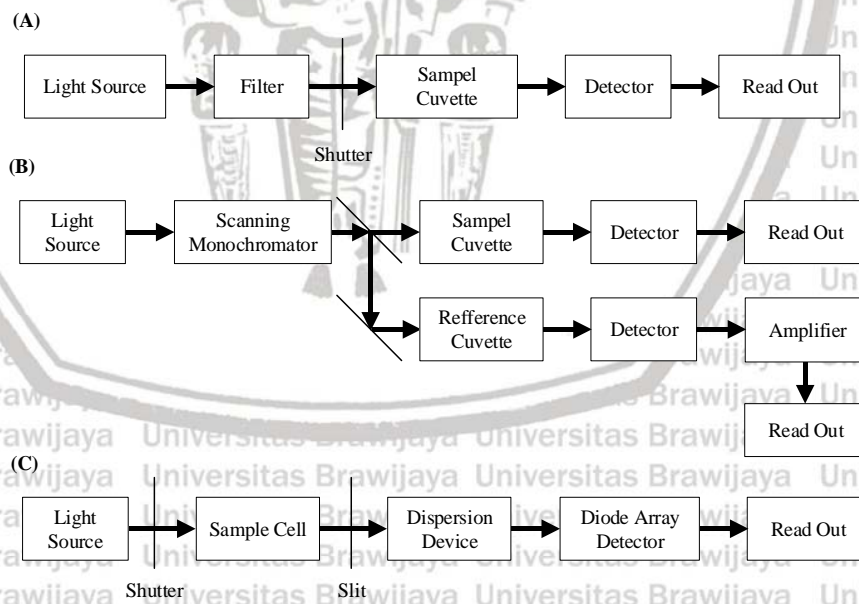
Infrared spectroscopy adalah suatu metode analisis kimia yang mengukur intensitas sinar inframerah pada panjang gelombang tertentu untuk

mengetahui komposisi kimia, struktur molekul, dan gugus fungsi yang terdapat pada suatu sampel (Smith, 1996). Metode ini mendeteksi karakteristik getaran dari suatu gugus fungsi pada suatu sampel. Ketika sinar inframerah berinteraksi dengan suatu zat, ikatan kimia akan terbentang, tegang, dan bengkok sehingga ikatan kimia tersebut menyerap radiasi inframerah pada panjang gelombang tertentu. Korelasi antara posisi panjang gelombang dan struktur kimia digunakan untuk menentukan jenis gugus fungsi dalam suatu sampel. Posisi panjang gelombang cenderung konsisten terhadap pengaruh suhu, tekanan, sampling, atau perubahan struktur molekul. FT-IR memperoleh spektra inframerah dengan cara mengumpulkan interferogram dari suatu sinyal sampel dengan interferometer yang mengukur seluruh frekuensi inframerah secara bersamaan. Spektrometer FT-IR menerima serta mendigitalisasikan interferogram untuk membentuk fungsi FT dan menghasilkan spektrum. Interferometer menggunakan *beamsplitter* untuk membagi sinar inframerah datang menjadi dua sinar optik, satu sinar terpantul pada cermin datar yang tetap sedangkan sinar lainnya terpantul pada cermin datar yang terletak dekat dengan *beamsplitter* kemudian akhirnya bertemu kembali pada *beamsplitter*, sinyal tersebut dihasilkan akibat kedua cahaya yang berinterferensi sehingga disebut interferogram. Ketika sinyal interferogram dipantulkan melalui permukaan sampel, frekuensi spesifik energinya diadsorpsi sebagai akibat adanya vibrasi antara gugus fungsi pada suatu molekul. Sinar kemudian menuju detektor dimana diukur sebagai interferogram. Namun, interferogram tidak langsung dapat diinterpretasikan secara langsung, data tersebut harus diinterpretasikan dengan persamaan matematika yaitu *fourier transform*. Perhitungan *fourier transform* dilakukan oleh komputer dan disajikan sebagai plot adsorbansi vs panjang gelombang (Smith, 1996).

2.8.3. Spektrofotometri UV-VIS

Spektrofotometri UV-VIS merupakan suatu teknik analisis kuantitatif yang melibatkan absorpsi radiasi sinar ultraviolet (180-390 nm) atau sinar tampak (390-780 nm) oleh spesi kimia pada larutan atau gas. Metode spektrofotometri UV-VIS dimanfaatkan untuk menentukan nilai absorptansi sehingga diketahui konsentrasi sampel. Panjang gelombang yang dihasilkan pada rentang sinar tampak dari spektrum elektromagnetik dan memberikan energi yang meningkatkan transisi elektron. Akibat dari superimposisi dari

transisi vibrasional dan rotasional tersebut, spektra UV-VIS dari analit pada larutan menunjukkan struktur yang rapi. Dibawah kondisi tertentu, jumlah radiasi yang diserap berhubungan langsung terhadap konsentrasi analit pada larutan, hubungan tersebut dirumuskan sebagai hukum Beer (Worsfold, 2017). Dua jenis konfigurasi spektrofotometer UV-VIS antara lain adalah *single-beam* dan *double-beam*. Instrumen *single-beam* umumnya lebih murah dan melibatkan aplikasi optik yang lebih sederhana sedangkan instrumen *double-beam* lebih mampu melakukan pemindaian spektrum serta dapat mengatasi berbagai kondisi seperti sinar cahaya menyimpang, fluktuasi intensitas sumber radiasi serta respon detektor, serta sampel yang mengandung padatan. Konfigurasi alternatif dari kedua konfigurasi sebelumnya adalah *diode array spectrophotometry* dimana cahaya polikromatik melewati kuvet sampel kemudian dibiarkan menuju susunan dioda yang sejajar. Keuntungan dari konfigurasi tersebut antara lain cepat, tidak dipengaruhi cahaya menyimpang, serta pengaturan panjang gelombang lebih mudah (Worsfold, 2017).



Gambar 2.6. Block Diagram Proses Kerja : (A) *Single-Beam*, (B) *Double-Beam*, (C) *Diode Array Spectrophotometer*

Sumber : Worsfold (2010)

2.9. Penelitian Terdahulu

Tabel 2.6. Penelitian Terdahulu

No.	Nama	Metode	Hasil
1	Novridha, dkk. (2017)	Bahan baku = Kulit kacang tanah ; t Karbonisasi = 1 jam ; Aktivator = $ZnCl_2$; Adsorbat = <i>Methylene blue</i> ; Konsentrasi adsorbat = 50 ppm ; T Karbonisasi = 450, 500, dan 600 °C ; t Adsorpsi = 0, 10, 15, 20, dan 40 menit	Karbonisasi mendapatkan hasil terbaik pada suhu 450 °C, dikarenakan pada suhu tersebut dapat menghasilkan karbon tanpa abu
2	Nurhasni dkk. (2018)	Bahan baku = Kulit kacang tanah, varietas gajah berumur 100 hari ; Aktivator = NaOH 0,1 M ; t Aktivasi = 12 jam ; Adsorbat = <i>Methylene blue</i> ; Konsentrasi adsorbat = 50-150 ppm ; t adsorpsi = 30, 60, dan 90 menit serta dilakukan Uji SEM dan FT-IR	Waktu kontak optimum zat warna metilen biru teradsorpsi oleh adsorben adalah selama 60 menit, konsentrasi adsorbat 150 ppm, efisiensi 98.6531%, dan kapasitas adsorpsi 14.0017 mg/g. Gugus fungsi yang dihasilkan berupa OH, C=C dan C-O serta diameter pori yaitu 5.629 μm .
3	Cai, Weiquan dkk. (2018)	Bahan baku = Kulit kacang tanah ; T Karbonisasi = 400 °C ; t Karbonisasi = 4 jam ; Distribusi ukuran adsorben = -20+40 mesh ; Aktivator = KOH 4 M ; Rasio massa adsorben : aktivator = 1:4 ; t Aktivasi = 12 jam ; Adsorbat = $K_2Cr_2O_7$; Konsentrasi adsorbat = 50-300 ppm	Kapasitas adsorpsi sebesar 192,31 mg/g pada aktivasi magnetik dan % penyisihan mencapai 99,97% Cr (VI), serta dapat direcycle sebanyak 4 kali tanpa adanya peningkatan kapasitas
4	Ulul Azmi dan Ulul Azmi (2018)	Bahan baku = Zeolit ; Sistem = Kolom ; Aktivator = H_2SO_4 0,5 M ; t Aktivasi = 2 jam ; Adsorbat = $K_2Cr_2O_7$ (Limbah Penyamakan) ; t Adsorpsi = 39 menit ; Laju Alir = 4, 6, 8, dan 10 mL/menit ; Konsentrasi adsorbat = 60, 80, dan 100 ppm	Diperoleh hasil uji BET dengan luas 6,77232 m^2/g apabila setelah diaktivasi. % penyisihan terkecil pada konsentrasi adsorbat terjadi pada 60 ppm dan laju alir terkecil pula yaitu 4 mL/menit, dengan hasil penyisihan Cr (VI) sebesar 19,09%
5	Rangabhas hiyam, Selvasemb	Bahan baku = Kulit <i>Swietenia Mahogani</i> ; Sistem = Kolom (Dilakukan secara kontinyu hingga	Ketinggian adsorben dengan <i>breakpoint</i> terjauh terdapat pada nilai 6 cm sedangkan

No.	Nama	Metode	Hasil
	ian, E. Suganya dan N. Selvaraju (2015)	jenuh); T Karbonisasi = 700 °C ; t Karbonisasi = 1 jam ; Ukuran adsorben = 0,420-0,5 mm ; Adsorbat = K ₂ Cr ₂ O ₇ (Limbah Penyamakan) ; Ketinggian <i>bed</i> = 2, 4, dan 6 cm ; Laju Alir = 2, 4, dan 6 mL/menit ; Konsentrasi adsorbat = 50, 100, dan 100 ppm	untuk laju alir terdapat pada nilai 2 mL/menit dan konsentrasi awal limbah pada nilai 50 ppm.





“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB III

METODE PENELITIAN

Metode analisis yang digunakan adalah metode kuantitatif, dimana penelitian dilakukan dengan cara mengumpulkan data, analisis data dan menampilkan data dalam bentuk kuantitatif.

3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Sains Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya pada bulan Mei hingga bulan Juni 2020. Uji yang dilakukan diantaranya adalah uji XRF yang dilakukan di Laboratorium Sentral (Laboratorium Mineral dan Material Maju) Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang serta Uji FT-IR dilakukan di Laboratorium Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya.

3.2. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Variasi laju alir umpan, yaitu 20 dan 12 mL/menit.
2. Variasi ketinggian *bed* atau adsorben pada kolom, yaitu 2, 3, 4, 5, dan 6 cm.

3.3. Alat dan Bahan

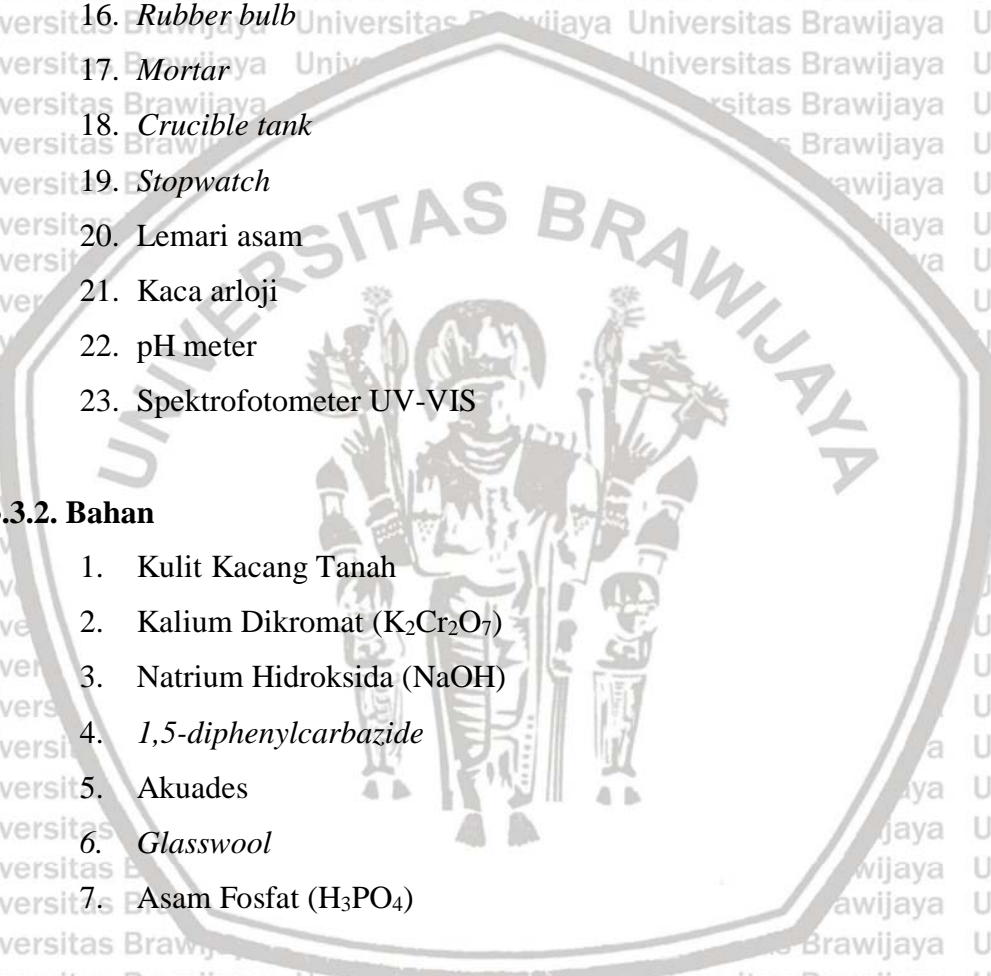
3.3.1. Alat

1. Reaktor karbonisasi (16 x 12 x 15 cm)
2. Kolom adsorpsi (ID = 1,2 cm; L = 50 cm)
3. Neraca analitik
4. Neraca digital
5. *Statif* dan *Klem*
6. Corong pisah
7. *Sieve shaker*
8. Oven
9. Desikator

10. *Magnetic stirrer*
11. Erlenmeyer
12. *Beaker glass*
13. Labu ukur
14. Gelas ukur
15. Pipet ukur
16. *Rubber bulb*
17. *Mortar*
18. *Crucible tank*
19. *Stopwatch*
20. Lemari asam
21. Kaca arloji
22. pH meter
23. Spektrofotometer UV-VIS

3.3.2. Bahan

1. Kulit Kacang Tanah
2. Kalium Dikromat ($K_2Cr_2O_7$)
3. Natrium Hidroksida (NaOH)
4. *1,5-diphenylcarbazine*
5. Akuades
6. *Glasswool*
7. Asam Fosfat (H_3PO_4)



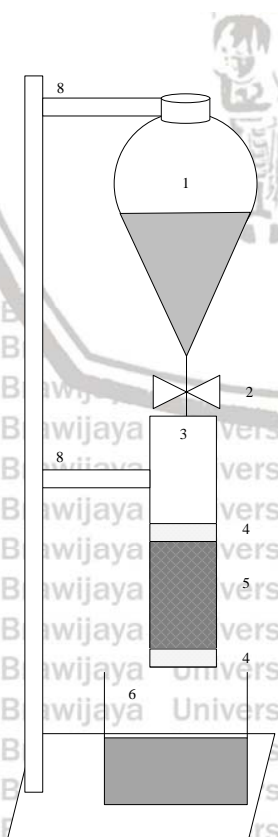
3.3.3. Rangkaian Alat



Gambar 3.1. Rangkaian Alat Karbonisasi

Keterangan :

1. Tabung gas nitrogen
2. Regulator gas
3. Reaktor karbonisasi
4. *Thermocontroller*
5. Gas trap



Keterangan :

1. Sampel limbah/adsorbat Cr (VI)
2. *Valve*
3. Kolom adsorpsi (ID = 1,2 cm; L = 50 cm)
4. *Glasswool*
5. Adsorben
6. Larutan hasil adsorpsi
7. *Statif dan Klem*

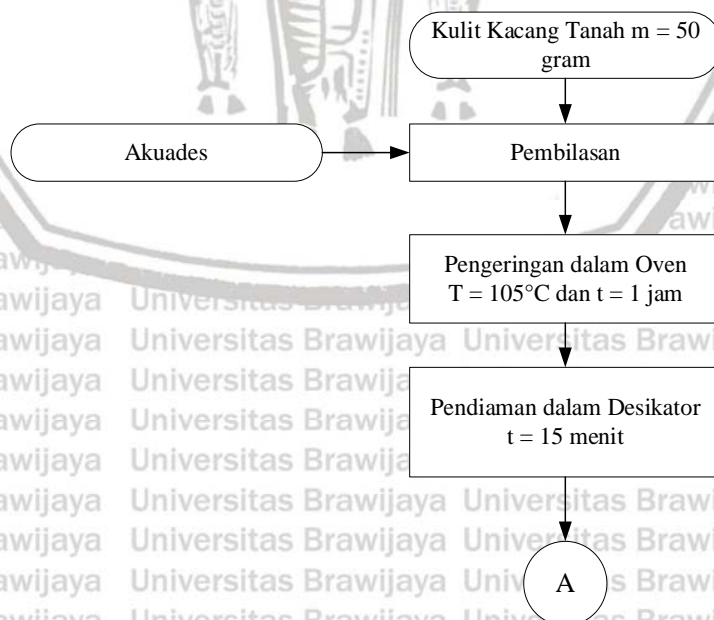
Gambar 3.2. Rangkaian Alat Adsorpsi

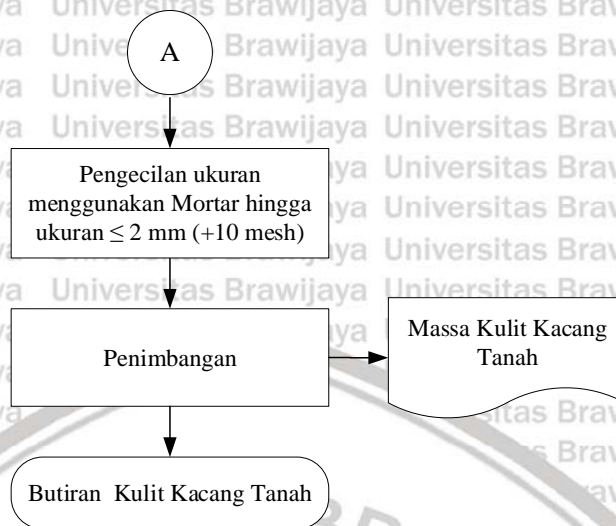
3.4. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu persiapan kulit kacang tanah, proses karbonisasi kulit kacang tanah, proses aktivasi basa pada karbon kulit kacang tanah, pembuatan adsorbat limbah sintetik Cr (VI), analisis kandungan Cr (VI) dengan Spektrofotometer UV-VIS, serta terdapat analisa lain menggunakan XRF dan FT-IR.

3.4.1. Persiapan Kulit Kacang Tanah

Adsorben yang akan digunakan berasal dari biomassa kulit kacang tanah. Tahapan awal yaitu dilakukan dengan mencuci kulit kacang tanah dengan air mengalir hingga bersih agar *impurities* yang tidak diharapkan seperti sisa tanah yang menempel dapat dihilangkan, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 1 jam untuk mengurangi kadar air dan dihilangkan kadar uap airnya menggunakan desikator selama 15 menit. Apabila telah selesai dikeringkan, dilakukan penimbangan hingga massanya konstan. Setelah itu, digiling dan ditumbuk untuk mengecilkan ukurannya hingga tertahan pada 10 mesh (≤ 2 mm) menggunakan *sieve shaker*. Sehingga didapat massa kulit kacang tanah.

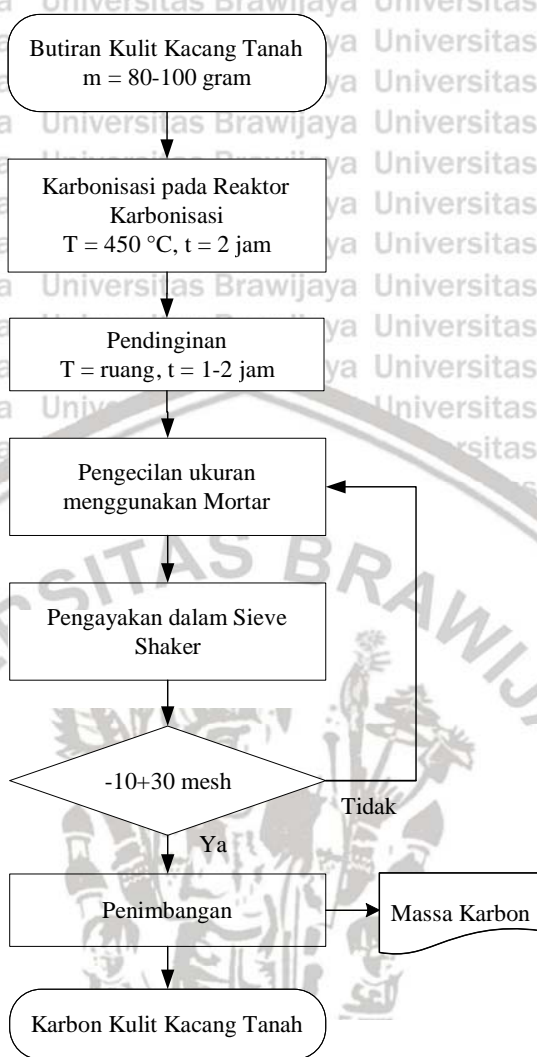




Gambar 3.3. Diagram Alir Persiapan Kulit Kacang Tanah

3.4.2. Karbonisasi Kulit Kacang Tanah

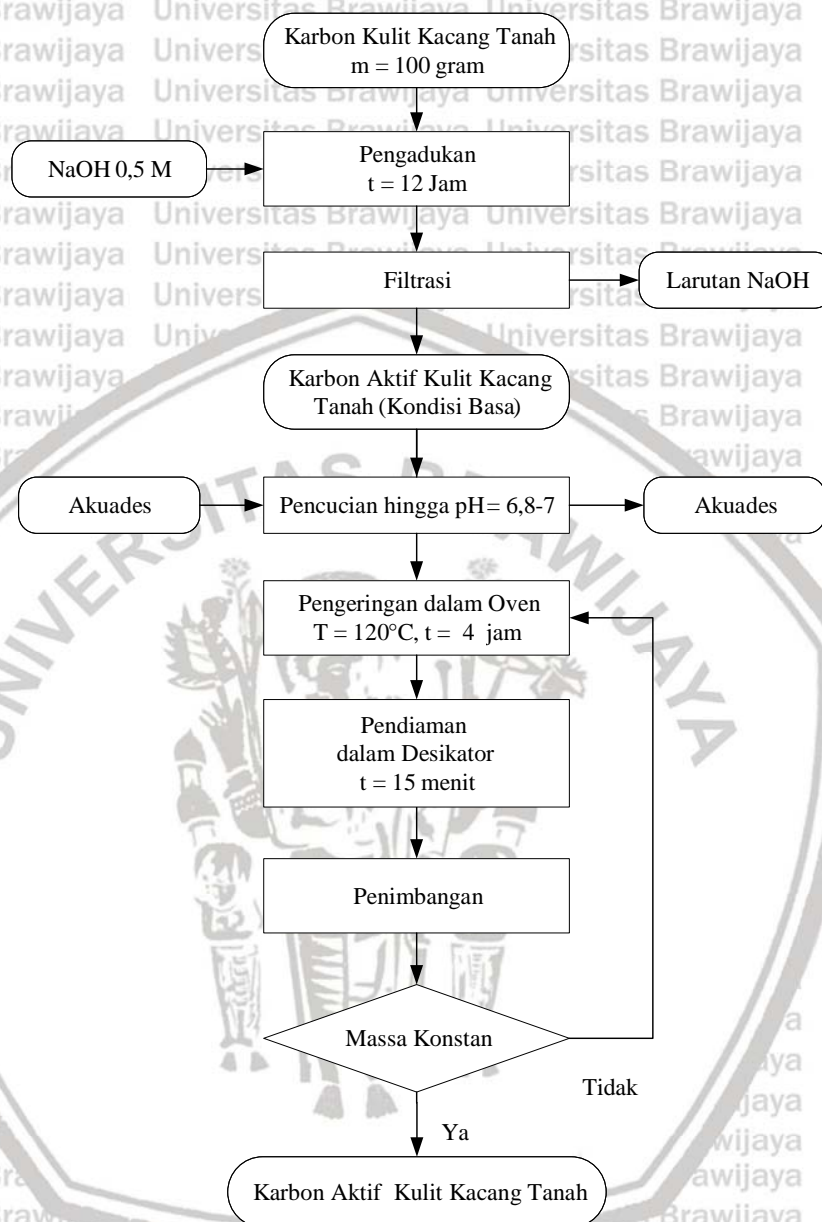
Karbonisasi kulit kacang tanah bertujuan untuk membentuk karbon dari bahan biomassa kulit kacang tanah menggunakan suhu tinggi dengan mengalirkan gas *inert*, berupa nitrogen. Kulit kacang tanah sebesar 80-100 gram dikarbonisasi pada reaktor karbonisasi dengan suhu operasi sebesar 450 °C selama 2 jam dan dilakukan pendinginan pada suhu ruang selama 45 menit. Apabila telah selesai didinginkan, dilakukan penimbangan hingga massanya konstan. Kemudian digiling dan ditumbuk untuk mengecilkan ukurannya hingga 0,595-1,41 mm (-10+30 mesh) menggunakan *sieve shaker*. Sehingga didapati massa karbon kulit kacang tanah.



Gambar 3.4. Diagram Alir Karbonisasi Kulit Kacang Tanah

3.4.3. Aktivasi Basa Karbon Kulit Kacang Tanah

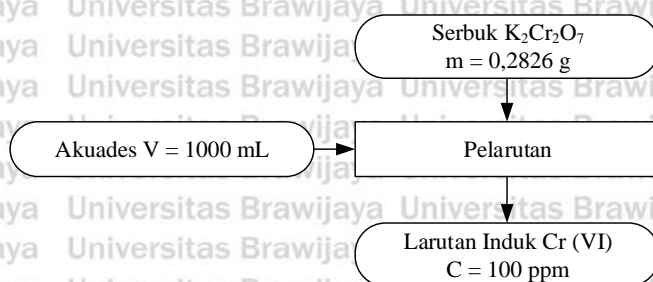
Karbon kulit kacang tanah yang telah halus dimasukkan kedalam gelas beaker sebanyak 100 gram. Karbon kulit kacang tanah hasil karbonisasi ditambahkan larutan NaOH 0,5 M hingga karbon terendam selama 12 jam agar teraktivasi, proses perendaman juga didapati proses pengadukan dengan kecepatan 450 rpm. Setelah itu, dibilas dengan akuades untuk menghilangkan kelebihan basa. Proses netralisasi dilakukan hingga pH nya mendekati netral pada kisaran 6,8-7, lalu dipanaskan dalam oven pada suhu 120 °C selama 4 jam untuk mengurangi kadar air serta menggunakan desikator untuk menghilangkan kadar uap air nya, proses penggunaan desikator dilakukan selama 15 menit. Kemudian dilakukan penimbangan hingga massanya konstan dan didapati massa karbon aktif kulit kacang tanah.



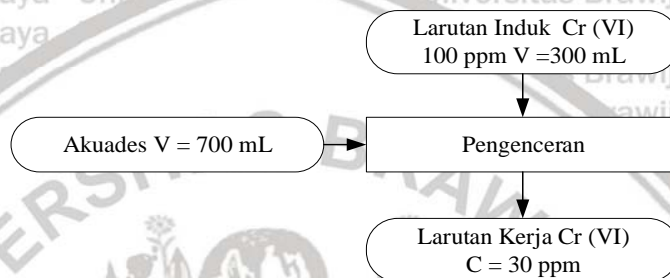
Gambar 3.5. Diagram Alir Aktivasi Basa Adsorben Karbon Kulit Kacang Tanah

3.4.4. Pembuatan Adsorbat Limbah Sintetik Cr (VI)

Adsorbat limbah Cr (VI) dibuat dengan melarutkan serbuk potassium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) pada 1000 mL akuades sebanyak 0,2826 gram sehingga diperoleh larutan induk 100 ppm. Sebagian dari larutan induk akan diambil untuk larutan kerja Cr (VI) dengan konsentrasi 30 ppm.



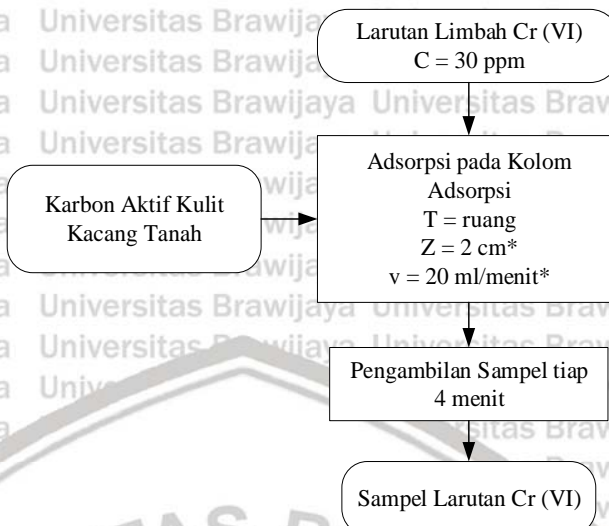
Gambar 3.6. Diagram Alir Pembuatan Larutan Induk



Gambar 3.7. Diagram Alir Pembuatan Larutan Kerja

3.4.5. Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi ion krom heksavalen [Cr (VI)] dilakukan menggunakan adsorben karbon aktif berbasis kulit kacang tanah yang disusun secara stasioner pada kolom adsorpsi dengan tinggi 50 cm dan diameter dalam 1,2 cm. Sampel uji krom heksavalen Cr (VI) yang digunakan yakni pada konsentrasi 30 ppm. Proses adsorpsi dilakukan dengan membuka *valve* pada corong pisah atau tangki penampung larutan sampel Cr (VI) sehingga sampel turun dan melewati kolom adsorpsi. Pada proses penelitian yang dilakukan, adsorben karbon aktif pada bagian atas dan bawah *bed* dibatasi oleh *glasswool* untuk menahan adsorben. Pengambilan sampel dilakukan setiap 4 menit hingga total waktu 18 menit. Penelitian adsorpsi ini dilakukan dengan variabel laju alir dan ketinggian *bed*, dimana dilakukan pada laju alir 20 mL/menit dan 12 mL/menit yang dilaksanakan di tiap-tiap variabel ketinggian *bed*, sebesar 2, 3, 4, 5, dan 6 cm. Selanjutnya, adsorben yang telah digunakan untuk mengadsorpsi Cr (VI) dikeluarkan dari kolom adsorpsi dan diganti adsorben baru untuk proses dan variabel selanjutnya. Adsorben yang telah digunakan tersebut nantinya dilakukan proses filtrasi untuk memisahkan larutan adsorbat dan adsorben karbon aktif. Berikut diagram alir proses adsorpsi ion krom heksavalen [Cr (VI)] :



* Prosedur diulang untuk larutan limbah dengan ketinggian *bed* 3, 4, 5 dan, 6 cm

* Prosedur diulang untuk larutan limbah pada laju alir 12 mL/menit

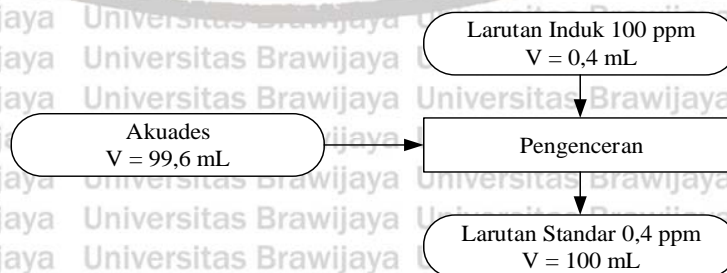
Gambar 3.8. Diagram Alir Adsorpsi dengan Laju Alir 20 mL/menit

3.4.6. Analisis Kandungan Cr (VI) dengan spektrofotometer UV-VIS

Analisa kandungan Cr (VI) pada sampel dilakukan menggunakan spektrofotometer UV-VIS yang sesuai dengan metode standar untuk pemeriksaan air limbah pengujian yakni sebagai berikut :

1. Pembuatan Larutan Standar

Pembuatan Larutan standar dilakukan dengan mengencerkan larutan induk Cr (VI) 100 ppm menuju konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1; dan 1,2 ppm.

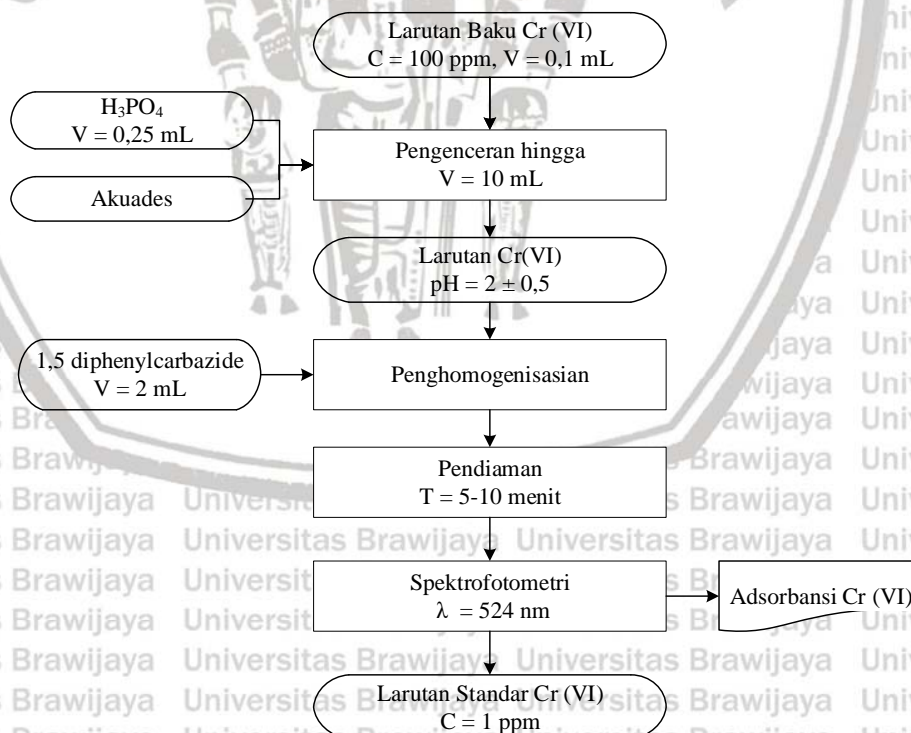


* Prosedur diulang untuk larutan 0; 0,2; 0,6; 0,8; 1; dan 1,2 ppm

Gambar 3.9. Diagram Alir Pembuatan Larutan Standar 0,4 ppm

2. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Menurut prosedur yang terdapat pada metode standar untuk pemeriksaan air limbah No. 3-70 (APHA, 2012). Pembuatan kurva dilakukan dengan mengambil 0,1 mL larutan yang telah melalui proses adsorpsi dan diencerkan pada 10 mL aquademin. Setelah itu, dilakukan penambahan asam fosfat (H_3PO_4) sebanyak 0,25 mL (5 tetes) ke dalam larutan standar Cr (VI) agar pH larutan mencapai $2 \pm 0,5$. Setelah pH larutan standar, kemudian 2 mL larutan *diphenylcarbazide* ditambahkan dan didiamkan selama 5-10 menit untuk membuat kompleks sesuai dengan perubahan warna menjadi merah keunguan (violet). Selanjutnya larutan standar ini dilakukan pengukuran absorbansi menggunakan Spektrofotometer UV-VIS dengan panjang gelombang yang sudah ditetapkan, yakni sebesar 542 nm. Disisi lain juga digunakan reagen aquademin sebagai referensi atau larutan blanko.

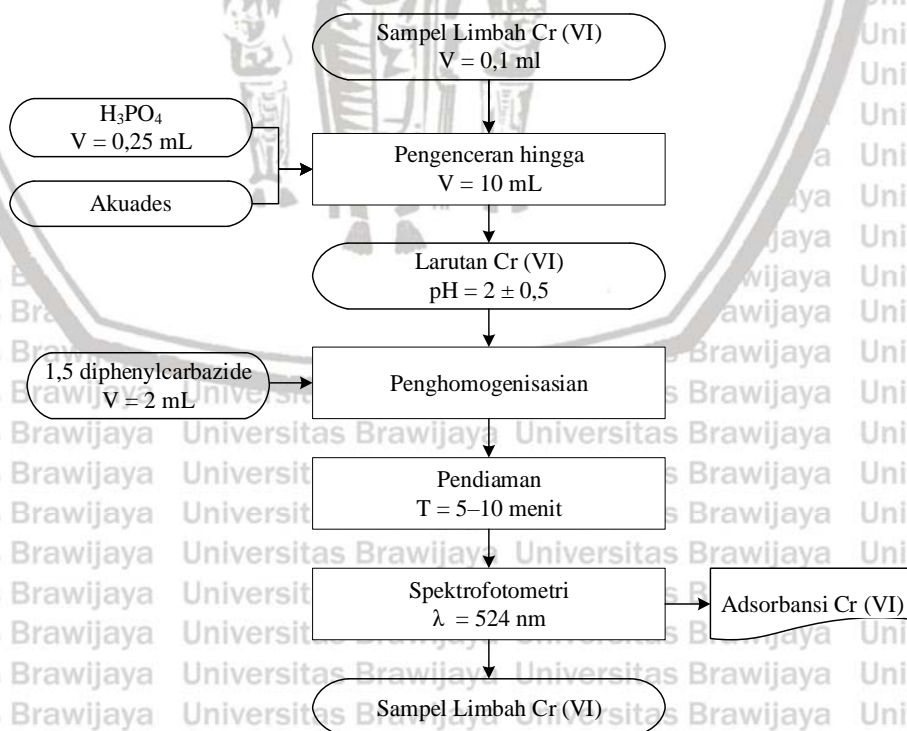


*Prosedur diulang untuk sampel konsentrasi 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,2 ppm

Gambar 3.10. Diagram Alir Pembuatan Kurva Kalibrasi

3. Pengukuran Absorbansi Sampel

Analisa kadar Cr (VI) pada larutan sampel dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS dilakukan berdasarkan *standard method for the examination of wastewater No. 3-70* (APHA, 2012) yang menggunakan 1,5-diphenylcarbazine sebagai agen pengompleks. Sampel limbah Cr (VI) yang telah melalui proses adsorpsi diambil sebanyak 0,1 mL dan diencerkan dalam 10 mL aquademin, kemudian ditambahkan asam fosfat (H_3PO_4) sebanyak 0,25 mL (5 tetes) ke dalam larutan standar Cr (VI) agar pH larutan mencapai $2 \pm 0,5$. Setelah pH larutan standar, kemudian 2 mL larutan *diphenylcarbazine* ditambahkan dan didiamkan selama 5-10 menit untuk membuat kompleks sesuai dengan perubahan warna menjadi merah keunguan (violet). Selanjutnya limbah sintetik Cr (VI) tersebut dilakukan pengukuran adsorbansi menggunakan spektrofotometer UV-VIS dengan panjang gelombang 542 nm. Penentuan konsentrasi hasil uji Cr (VI) didasari pada absorbansi yang diperoleh dari pengujian, yang kemudian dibandingkan dengan kurva kalibrasi Cr (VI).



Gambar 3.11. Diagram Alir Proses Pengukuran Absorbansi Sampel

Data absorbansi akan menunjukkan % penyisihan ion Cr (VI) dengan

menggunakan persamaan :

$$\text{Persen penyisihan (\%)} = \left(\frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{Konsentrasi setelah Adsorpsi}}{\text{Konsentrasi awal}} \right) \times 100\% \quad (3.1)$$

3.5. Karakterisasi Bahan

3.5.1. Analisa (X-ray Fluorescence)

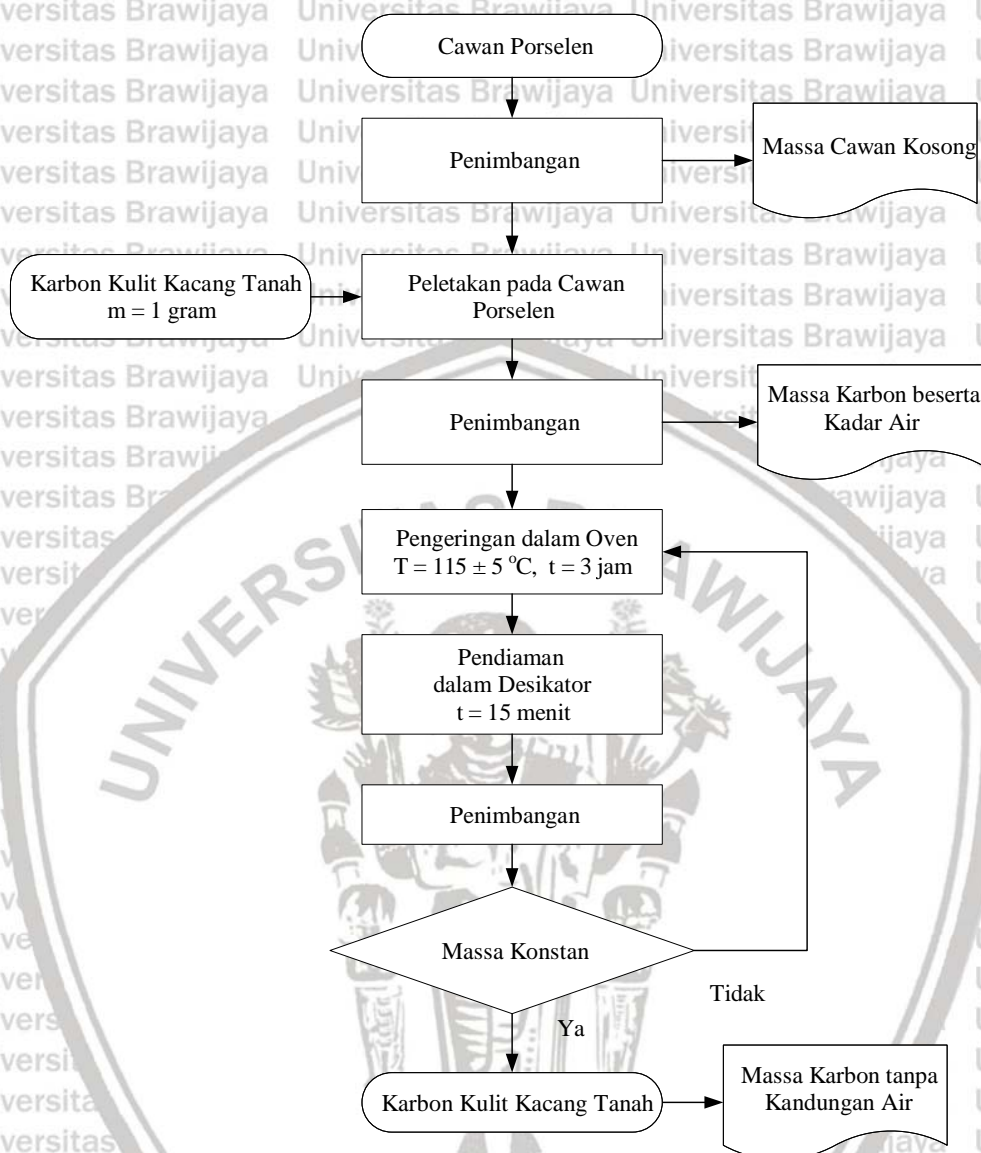
Analisa XRF merupakan metode yang digunakan untuk menganalisa komposisi unsur ataupun senyawa oksida logam pada suatu sampel (Farkov, dkk. 2005). Pada penelitian ini, analisa XRF digunakan untuk menganalisa kulit kacang tanah, karbon, serta karbon aktif kulit kacang tanah dengan aktivasi basa.

3.5.2. Analisa FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy)

Analisa FT-IR merupakan analisa yang digunakan dengan tujuan untuk mengetahui komposisi kimia, struktur molekul, dan gugus fungsi yang terdapat pada suatu sampel (Smith, 1996). Pada penelitian ini, analisa FT-IR digunakan untuk menganalisa kulit kacang tanah, karbon, serta karbon aktif kulit kacang tanah dengan aktivasi basa.

3.5.3. Analisa Kadar Air

Menurut SNI 06-3730-1995, kadar air dalam karbon aktif dianalisa dengan menimbang massa karbon aktif sebelum dan sesudah pengeringan dalam oven pada suhu 105 °C selama 3 jam. Pengujian ini menggunakan 1 gram karbon aktif.



Gambar 3.12. Diagram Alir Analisa Kadar Air

Kadar air dari sampel kemudian ditentukan melalui persamaan berikut :

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{m - m_0}{m_i - m_0} \times 100$$

(3.2)

Keterangan :

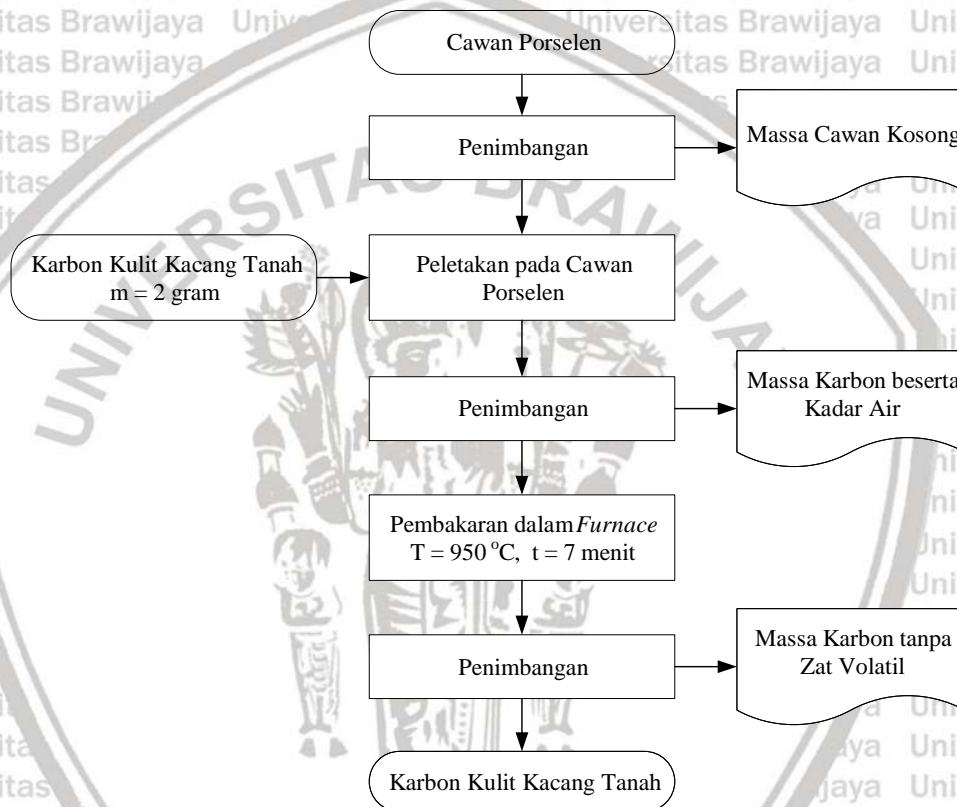
m = massa cawan dan sampel setelah pengeringan (gr)

m_i = massa cawan dan sampel sebelum pengeringan (gr)

m₀ = massa cawan kosong (gr)

3.5.4. Analisa Kadar Zat Volatile

Kadar zat volatil dari karbon dan karbon aktif dianalisa menggunakan metode dari SNI 06-3730-1995. Persen (%) massa zat volatil dapat diketahui dari perbandingan antara massa sampel sebelum dan sesudah pemanasan pada *furnace* secara singkat yaitu 7 menit pada suhu 950 °C. pengujian ini menggunakan 2 gram karbon aktif.



Gambar 3.13. Diagram Alir Analisa Kadar Zat Volatile

Kadar zat volatil sampel dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$Kadar\ zat\ volatil\ (\%) = \frac{b - c}{b - a} \times 100 \quad (3.3)$$

Keterangan :

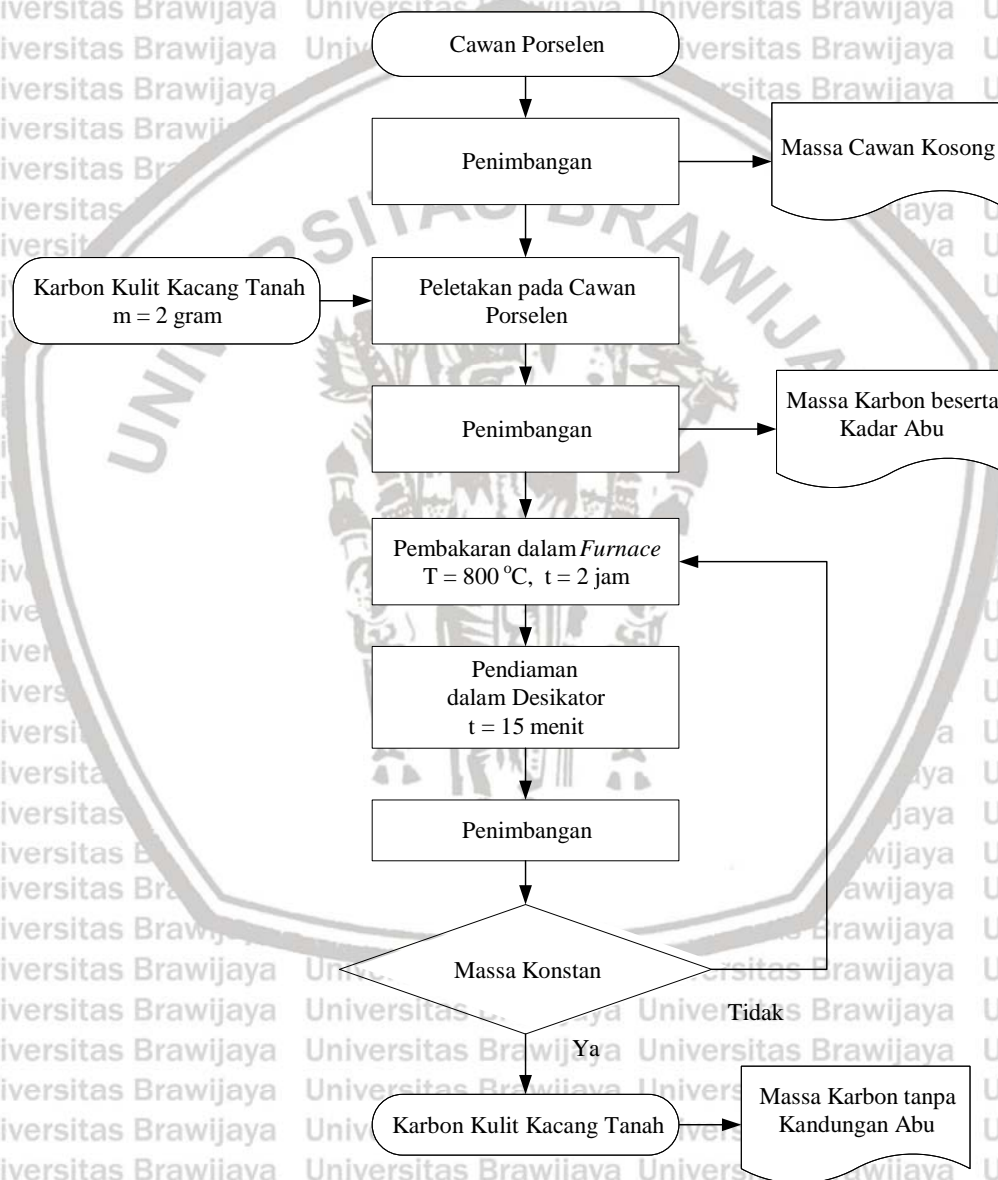
a = massa cawan kosong (gr)

b = massa cawan dan sampel sebelum pemanasan (gr)

c = massa cawan dan sampel setelah pemanasan (gr)

3.5.5. Analisa Kadar Abu

Menurut metode yang mengacu pada SNI 06-3730-1995, proses pengujian kadar abu dari suatu karbon aktif dilakukan dengan meletakkan 2 gram karbon aktif pada cawan, kemudian dipanaskna pada *furnace* pada suhu 850 °C selama 2 jam kemudian didesikasi 15 menit serta ditimbang hingga massanya konstan.



Gambar 3.14. Diagram Alir Analisa Kadar Abu

Kadar abu dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{F - G}{B - G} \times 100$$

(3.4)

Keterangan :

F = massa cawan dan abu (gr)

G = massa cawan kosong (gr)

B = massa cawan dan karbon (gr)

3.5.6. Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat adalah hasil dari proses karbonisasi selain air, abu, dan zat mudah menguap. Penentuan kadar karbon terikat bertujuan untuk mengetahui kadar karbon murni yang terkandung pada karbon aktif yang dihasilkan. Kadar karbon terikat dapat ditentukan dengan persamaan SNI 06-3730-1995 sebagai berikut :

$$\text{Kadar karbon terikat (\%)} = 100\% - (\% \text{Kadar air} + \% \text{Kadar abu} + \% \text{Kadar volatile}) \quad (3.5)$$

3.5.7. Yield Karbonisasi

Yield karbonisasi adalah rasio massa karbon dari kulit kacang tanah setelah karbonisasi terhadap massa awal kulit kacang tanah pada basis kering, dan dapat ditentukan melalui persamaan sebagai berikut :

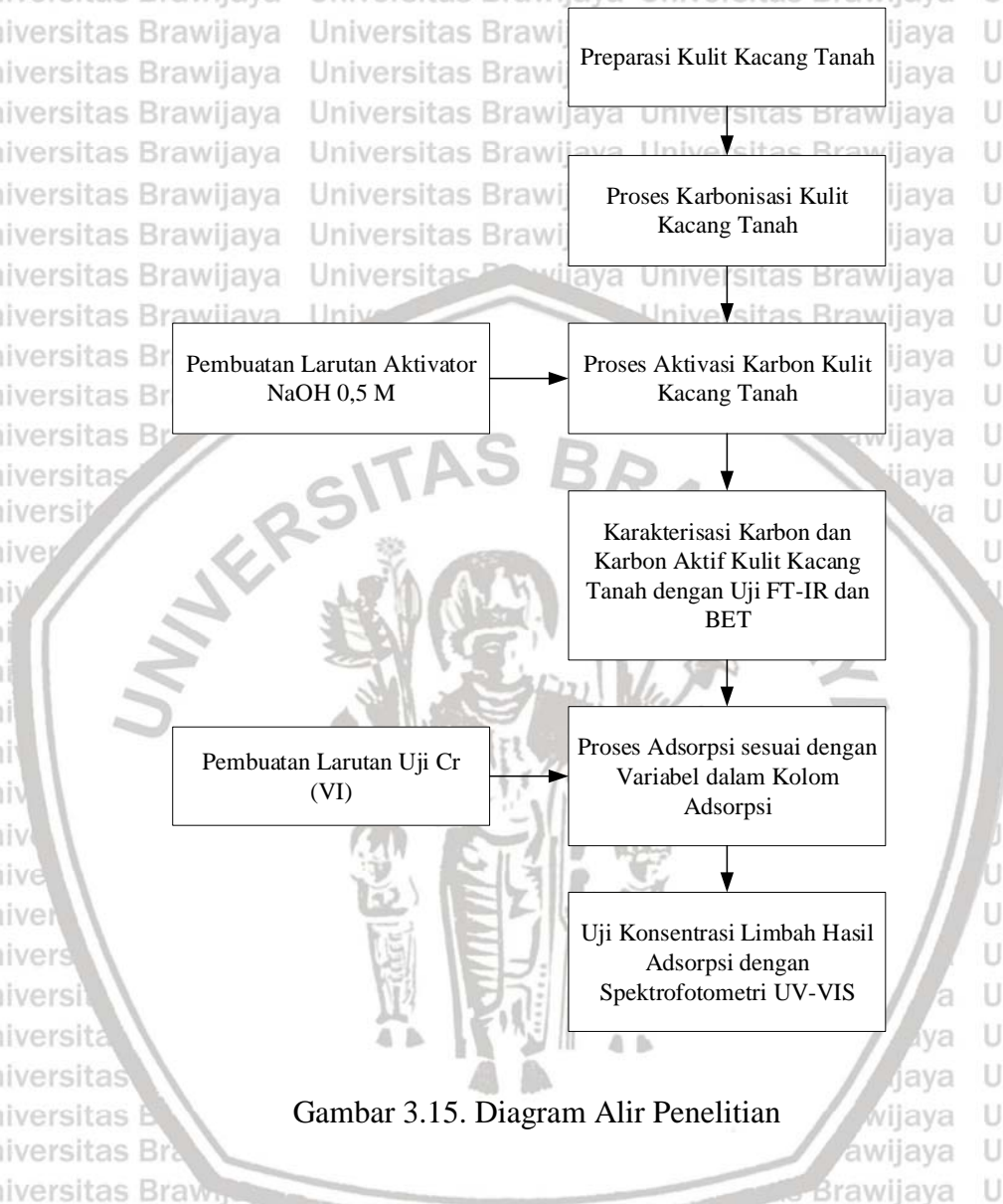
$$\text{Yield (\%)} = \frac{w_1}{w_0} \times 100 \quad (3.6)$$

Dimana,

w_0 = massa awal kulit kacang tanah dalam basis kering (gr)

w_1 = massa karbon (gr)

3.6. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.15. Diagram Alir Penelitian



“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Yield Karbonisasi Kulit Kacang Tanah

Proses karbonisasi yang dilakukan menghasilkan *yield* atau presentase rata-rata sebesar 36,91%. Nilai presentase tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti komposisi bahan baku, suhu karbonisasi, waktu karbonisasi serta laju alir gas *inert* (Malhotra, 2016). Karbonisasi dilakukan pada suhu 450 °C, yang mana tergolong karbonisasi temperatur rendah sehingga menghasilkan karbon dengan sedikit abu (Novridha, 2017).

Yield karbonisasi sebesar 36,91% diperoleh karena proses karbonisasi dapat mengakibatkan efek pengurangan massa akibat adanya dekomposisi termal pada kulit kacang tanah. Selain itu menurut Sudiro dan Suroto (2014), jika dalam proses karbonisasi didapati *yield* yang besar (>40,8%), maka karbon yang dihasilkan memiliki kualitas rendah. Hal tersebut dimungkinkan karena terdapat pengotor berupa abu. Namun apabila *yield* diperoleh terlalu rendah (< 20%), maka akan dihasilkan karbon dengan struktur yang rapuh. Kerapuhan arang ini disebabkan karena komponen-komponen penyusun yang terbakar hampir keseluruhan (>80%). Selanjutnya unsur-unsur selain karbon yang dihasilkan setelah proses karbonisasi, seperti oksigen, hidrogen, nitrogen, dan sulfur nantinya dibebaskan dalam bentuk gas *volatile* (Bansal dan Goyal, 2005). Dalam penelitian ini karbon yang dihasilkan apabila diperhatikan secara makro, maka secara keseluruhan menghasilkan karbon yang telah terarang (SNI 06-3730-1995).

4.2. Hasil Uji Karakterisasi Karbon dan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah

Karakterisasi karbon dan karbon aktif kulit kacang tanah merupakan proses pengujian terhadap beberapa parameter sebagai penentu mutu karbon dan karbon aktif yang dihasilkan. Mutu yang diharapkan adalah sesuai dengan standar karbon dan karbon aktif yang ditetapkan oleh SNI 06-3730-1995 dalam bentuk serbuk. Hasil karakterisasi karbon dan karbon aktif dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1. Hasil Uji Karakteristik Karbon dan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah

Pengujian	Karbon	Karbon Aktif	SNI 06-3730-1995
Kadar Air	0,5%	1,5%	Maksimal 15%
Kadar <i>Volatile</i>	77%	73,5%	Maksimal 10%
Kadar Abu	11,3%	8,6%	Maksimal 25%
Kadar Karbon Terikat (<i>fixed carbon</i>)	11,2%	16,4%	Minimal 65%

Sumber : SNI 06-3730-1995

4.2.1 Kadar Air

Kadar air dapat diartikan sebagai seberapa besar air yang terkandung di dalam karbon dan karbon aktif setelah bahan baku melalui tahapan karbonisasi serta aktivasi. Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui presentase kandungan air pada karbon dan karbon aktif.

Pada Tabel 4.1. kadar air pada karbon aktif (1,5%) memiliki kandungan lebih besar dibandingkan pada karbon (0,5%). Hal tersebut dikarenakan setelah aktivasi dihasilkan lebih banyak pori-pori sehingga kemampuan dalam menyerap air semakin meningkat, alhasil sifat higroskopisnya tinggi (Subadra, dkk. 2005). Namun, semakin tinggi kandungan air dalam karbon aktif berpotensi dapat berdampak buruk dalam menurunkan kualitas adsorpsinya (Suhendarwati, dkk. 2013). Dari kedua sampel yang diuji kadar air ini diketahui bahwa telah memenuhi SNI 06-3730-1995.

4.2.2 Kadar Zat *Volatile*

Kadar zat *volatile* merupakan produk dekomposisi zat-zat penyusun karbon dan karbon aktif yang mudah menguap dan dihasilkan dari proses pembakaran selama karbonisasi, serta bukan merupakan komponen utama penyusun karbon aktif (Pari, 2004). Kandungan-kandungan zat *volatile* diantaranya seperti H₂, CO, CH₄, serta uap-uap mengembun (tar dan gas CO₂). Pengujian kadar *volatile* atau bagian yang hilang dalam pemanasan bertujuan untuk mengetahui presentase kandungan senyawa yang mudah teruapkan pada karbon dan karbon aktif.

Pada Tabel 4.1. diketahui bahwa kadar *volatile* dalam karbon dan karbon aktif berturut-turut sebesar 77% serta 73,5%. Semakin tingginya kadar

volatile menunjukkan bahwa jumlah senyawa non-karbon, seperti H₂, yang mana dimungkinkan terdapat pada permukaan karbon dan karbon aktif masih cukup banyak. Oleh karena itu, kemampuan karbon dan karbon dalam mengadsorpsi Cr (VI) berpotensi berkurang. Hendra dan Darmawan (2000) mengungkapkan bahwa besarnya kadar zat *volatile* ditentukan oleh waktu dan suhu karbonisasi. Jika proses pembakaran berlangsung lama dan suhunya ditingkatkan, maka akan semakin banyak zat *volatile* yang diperoleh. Tentunya teori ini berhubungan dengan penelitian R. Sudrajat (1994) yang mengatakan bahwa pada suhu tinggi (310-500 °C), terjadi penguraian lignin dan dihasilkan lebih banyak senyawa *volatile* serta tar. Sehingga dalam penelitian yang dilakukan pada suhu 450 °C selama 2 jam ini akan dimungkinkan tercipta zat *volatile* dengan jumlah cukup tinggi. Selain itu, menurut Latifan dan Susanti (2012), pada suhu karbonisasi ≥ 500 °C akan terjadi proses penguapan zat *volatile* secara maksimum. Dalam hal ini proses aktivasi juga berpengaruh pada kadar *volatile*, dimana pada uji yang dilakukan terlihat terjadi penurunan sedikit dalam karbon aktif. Hal ini mengindikasikan bahwa proses aktivasi berperan dalam pengurangan kadar *volatile* meskipun tidak signifikan (Hu, dkk. 2013).

4.2.3 Kadar Abu

Kadar abu merupakan jumlah bahan dan mineral yang tidak terikut menjadi arang pada saat proses karbonisasi (Siahaan, dkk. 2013), sebagian dari mineral ini telah hilang pada saat karbonisasi serta aktivasi, sebagian lagi diperkirakan masih tertinggal dalam karbon aktif (Suhendarwati, dkk. 2013). Proses pengujian kadar abu bertujuan untuk mengetahui presentase oksida logam dalam karbon maupun karbon aktif. Oksida logam ialah persenyawaan antara mineral atau logam dengan oksigen, misalnya K₂O, CaO, dan Fe₂O₃ yang mana senyawa-senyawa tersebut dikategorikan sebagai *impurities* karena dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pada pori.

Zamrudry (2008), berpendapat bahwa semakin rendah kadar abu maka semakin tinggi kemurnian karbon dan karbon aktif. Sehingga dari pemaparan yang ada dapat ditarik garis besar bahwa semakin rendah mineral dan oksida logam yang dihasilkan maka akan semakin murni suatu karbon dan karbon aktif. Tabel 4.2. berikut merupakan hasil uji XRF (*X-Ray Fluorescence*) yang

mana menunjukkan beberapa unsur mineral dalam oksida logam pada kulit kacang tanah, karbon, dan juga karbon aktif :

Tabel 4.2. Hasil Uji XRF (*X-ray Fluorescence*) Karbon dan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah

Komponen	% Kadar	
	Kulit Kacang Tanah	Karbon Karbon Aktif
SiO ₂	1,4	0,8
SO ₃	5,04	1,53
Cl	79,7	66,5
K ₂ O	4,52	7,32
CaO	8	17,2
TiO ₂	-	0,2
Cr ₂ O ₃	0,11	0,13
MnO	0,078	0,07
Fe ₂ O ₃	0,48	1,61
Br	0,072	0,06

Dari hasil pengujian tersebut dapat diketahui bahwa secara umum kulit kacang tanah yang di alam telah mengandung cukup banyak mineral dan beberapa diantaranya berpotensi memiliki wujud oksida logam. Kebanyakan dari mineral tersebut mengalami penurunan setelah karbonisasi. Tentunya hal ini dikarenakan pada pemanasan diatas suhu 270 °C akan terjadi proses dekomposisi termal pada bahan baku (R. Sudrajat, 1994) sehingga dapat berdampak pada pengurangan kandungan mineral. Disisi lain, penelitian yang dilakukan berada pada suhu 450 °C, yang mana akan menghasilkan sedikit abu. Menurut Novridha (2017), ketika suhu berada diatas 500 °C, nantinya jumlah abu akan bertambah signifikan. Dari penelitian ini senyawa yang mengalami penurunan setelah karbonisasi adalah SiO₂, SO₃, Cl, MnO, dan Br. Namun hal sebaliknya terjadi pada beberapa senyawa seperti K₂O, CaO, TiO₂, Cr₂O₃, dan Fe₂O₃ justru mengalami peningkatan setelah karbonisasi. Peningkatan yang terjadi karena konsentrasi unsur tersebut dijelaskan dalam bentuk presentase. Oleh karenanya, jika unsur lain mengalami penurunan

signifikan, maka presentase kandungan unsur tersebut dimungkinkan akan meningkat.

Selain itu, terdapat senyawa yang sebelumnya sudah terdapat pada bahan baku kulit kacang tanah, kemudian mengalami karbonisasi dan menurun kadarnya setelah dilakukan aktivasi dengan NaOH, yaitu adalah Cl, SO₃, Cr₂O₃, dan Br. Unsur Cl terlihat dalam jumlah tinggi, yang mana telah terkandung dalam kulit kacang tanah dengan kadar 79,7%, kemudian mengalami penurunan akibat karbonisasi menjadi 66,5%, lalu tidak bersisa setelah aktivasi dengan NaOH. Aktivasi dengan NaOH dapat mengeliminasi Cl dengan bereaksi terhadap spesi Na⁺ dalam NaOH, dan membentuk NaCl. Pembentukan garam mineral NaCl ini dapat menyumbat pori apabila terdapat di dalam permukaan karbon (Pari, 1996). Namun, dari hasil analisa XRF menunjukkan bahwa tidak adanya Cl setelah aktivasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa Cl yang terdapat pada karbon aktif telah tersisihkan dari permukaan adsorben. Perangkat XRF, seperti diketahui merupakan perangkat yang mendeteksi unsur tanpa dengan spesifik menunjukkan wujud senyawanya. Sehingga apabila Cl tidak terdeteksi maka Cl total pada sampel termasuk dalam bentuk NaCl, dapat dinyatakan tidak ada. Garam NaCl yang terbentuk dimungkinkan terikut pada larutan aktivator dan kemudian terfiltrasi oleh kertas saring. Dalam hal ini spesi O-H akan berinteraksi dengan gugus fungsi membentuk gugus hidroksil baru atau membentuk karboksil.

Dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa aktivasi mampu meningkatkan kemampuan adsorpsi serta mengurangi kadar abu yang dihasilkan dari proses karbonisasi. Hal tersebut tentu sesuai dengan pengujian kadar abu yang dilakukan, dimana hasil pengujian kadar abu pada Tabel 4.1. diperoleh kadar abu karbon dan karbon aktif sebesar 11,3% dan 8,6%. Terlihat bahwa kadar abu yang dihasilkan telah memenuhi SNI 06-3730-1995. Sehingga layak digunakan untuk proses adsorpsi ion Cr (VI).

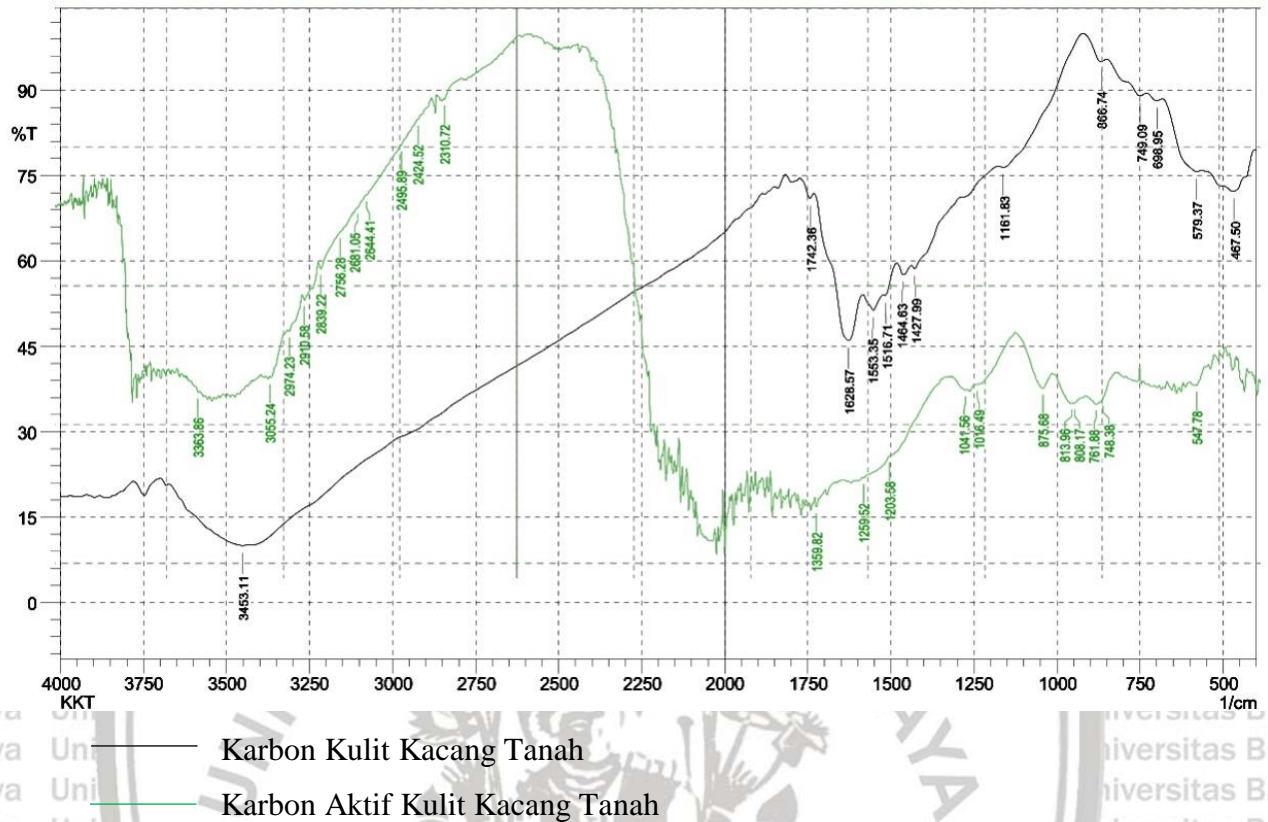
4.2.4 Karbon Terikat (*Fixed Carbon*)

Karbon terikat (*fixed carbon*) menurut Hendra dan Winarni (2003) adalah fraksi karbon (C) yang terikat di dalam karbon dan karbon aktif selain fraksi air, zat menguap (*volatile*), dan abu. Pengujian kadar karbon terikat bertujuan untuk mengetahui presentase kandungan karbon setelah melalui

proses karbonisasi dan aktivasi. Dari pengujian yang telah dilakukan, diperoleh kadar karbon terikat sebesar 11,2 % pada karbon dan 16,4% pada karbon aktif. Kadar karbon terikat yang rendah diakibatkan oleh kadar zat *volatile* yang tinggi pada karbon dan karbon aktif secara berturut-turut sebesar 77% dan 73,5%. Menurut SNI 06-3730-1995 kadar karbon terikat yang terkandung minimal sebesar 65%, sehingga terlihat bahwa kadar karbon terikat yang dihasilkan dari kulit kacang tanah tidak memenuhi standar dan kurang sesuai, yang mana dapat berdampak pada buruknya kualitas karbon aktif. Namun, dari hasil adsorpsi yang dilakukan telah menunjukkan persen penyisihan yang cukup tinggi, sehingga karbon dan karbon aktif yang dihasilkan masih memiliki potensi sebagai adsorben ion Cr (VI) dan perlu dilakukan optimasi dalam pembuatan ataupun karakterisasi karbon aktif kulit kacang tanah agar dapat memenuhi standar.

4.3. Hasil Uji FT-IR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

Pengujian FT-IR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi yang terbentuk akibat interaksi larutan dengan permukaan karbon dan karbon aktif. Presentase transmittan menunjukkan perbandingan antara intensitas cahaya yang diteruskan oleh sampel dengan intensitas cahaya yang ditembakkan. Uji FT-IR dilakukan pada sampel karbon dan karbon aktif kulit kacang tanah. Hasil pengujian FT-IR yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.1. dibawah ini :



Gambar 4.1. Hasil Spektra IR Karbon Kulit Kacang Tanah

Pola spektrum yang dihasilkan diatas merupakan hasil serapan vibrasi dari seluruh konstituen yang ada dalam sel, seperti pada kulit kacang tanah yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Bledzki, dkk. 2010).

Dari grafik tersebut, tampak bahwa terjadi perubahan gugus fungsi di tiap puncak-puncaknya, seperti pada gugus C-H ($690-900\text{ cm}^{-1}$) yang terdekomposisi menjadi lebih stabil dalam bentuk C=C ($1500-1600$ & $1610-1680\text{ cm}^{-1}$) (Muniandy, 2014). Perubahan gugus C-H ini terjadi pada rentang suhu $200-240\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Tang dan Bacon, 1964). Sedangkan pada suhu diatas $280\text{ }^{\circ}\text{C}$ akan terjadi proses pemutusan ikatan C=O ($1690-1760\text{ cm}^{-1}$) dan C=C ($1500-1600$ & $1610-1680\text{ cm}^{-1}$) melalui reaksi radikal bebas (Morgan, 2005). Ikatan C=O ini merupakan gugus khas yang membentuk zat aktif karbon (Pavia, dkk. 2001).

Perubahan gugus fungsi yang terjadi disebabkan pula oleh pergeseran gugus-gugus, dimana pita serapan IR bergeser ke transmisi yang lebih rendah. Perubahan ini dapat ditandai dengan penurunan puncak serapan. Penurunan puncak serapan merupakan petunjuk mulai terbentuknya senyawa aromatik yang merupakan unsur penyusun karbon aktif (Allwar, dkk. 2015). Selanjutnya, dari grafik tersebut puncak

serapan kembali mengalami perubahan pada bilangan 2500-2700 & 3200-3650 cm^{-1} yang memperlihatkan munculnya ikatan O-H (hidroksil). Besarnya gugus O-H menunjukkan adanya ikatan hidrogen yang cukup kuat (dari karboksil, fenol atau alkohol). Selain itu pada material karbon dan karbon aktif yang diuji, asam karboksilat juga tercipta dalam bentuk C-O ($1050-1300 \text{ cm}^{-1}$) dan C=O ($1690-1760 \text{ cm}^{-1}$). Keberadaan ikatan C=O, O-H, dan C-O mengindikasikan bahwa karbon dan karbon aktif yang dihasilkan cenderung bersifat lebih polar. Dengan demikian karbon aktif yang dihasilkan dapat digunakan sebagai adsorben untuk zat yang cenderung polar (Pavia, dkk. 2001). Secara lebih lengkap pada Tabel 4.3. dibawah ini adalah beberapa gugus fungsi yang terdapat dalam karbon dan karbon aktif kulit kacang tanah :

Tabel 4.3. Hasil Uji FT-IR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) Karbon dan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah

Ikatan Gugus Fungsi*	Komponen Senyawa*	Bilangan Gelombang (cm^{-1})*	Karbon	Karbon Aktif
C-H	Alkana	2830-2970	√	√
C-H	Alkena	1340-1470		
(=C-C-H)		3010-3095	√	√
C-H	Cincin Aromatik	675-995		
		3010-3100	√	√
O-H	Alkohol & Fenol	690-900	√	√
O-H	Hidrogen-	3390-3650	√	-
O-H	Alkohol & Fenol	3200-3600	√	√
O-H	Asam Karboksilat	3500-3650	-	-
O-H	Hidrogen-Asam Karboksilat	2500-2700	-	√
N-H	Amina & Amida	3300-3500	√	√
C=C	Alkena	1610-1680	√	-

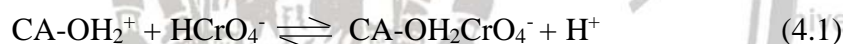
Ikatan Gugus	Komponen	Bilangan	Karbon	Karbon
Fungsi*	Senyawa*	Gelombang (cm⁻¹)*	Karbon	Aktif
C=C	Cincin Aromatik	1500-1600	√	-
C-N	Amina & Amida	3300-3500	√	√
C=N	Nitrida	2210-2280	-	-
C-O	Alkohol, Eter, Asam	1050-1300	√	√
	Karboksilat & Ester			
C=O	Aldehid, Keton, Asam	1690-1760	√	-
	Karboksilat & Ester			
NO ₂	Senyawa Nitro	1500-1570	√	-
		1300-1370		

Sumber : *Skoog, dkk. (2007)

Jika dibandingkan dari grafik yang ada, hasil serapan pada karbon lebih kaya akan gugus C-H, C=C, dan C=O, sedangkan pada karbon aktif gugus -OH lebih melimpah. Hal tersebut menunjukkan bahwa setelah aktivasi dengan aktivator NaOH terjadi penambahan gugus -OH pada bahan baku. Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan pada hasil XRF menunjukkan tingginya kadar Cl pada karbon yang habis ketika telah diaktivasi. Hal tersebut disebabkan oleh aktivasi dengan larutan NaOH dimana basa tersebut akan terionisasi menjadi Na⁺ serta OH⁻ pada larutan, Na⁺ akan bereaksi dengan Cl membentuk NaCl yang terlepas dari karbon sehingga terbawa larutan ketika dilakukan filtrasi, sedangkan OH⁻ akan terinduksi pada struktur karbon. Hal tersebut ditunjukkan dengan adanya kenaikan jumlah gugus OH pada bilangan gelombang 3200-3600 serta munculnya gugus OH karboksil pada bilangan gelombang 2500-2700. Kenaikan intensitas gugus -OH tersebut sangat mendukung proses adsorpsi ion Cr (VI) karena gugus -OH ini memiliki pengaruh paling dominan dalam mengadsorpsi Cr (VI), diikuti oleh gugus -COOH. Berdasarkan sifat keasamannya, -OH merupakan gugus fungsi yang memiliki sifat paling kuat dibandingkan gugus fungsi lainnya. Ketika gugus fungsi -OH dikontakkan dengan

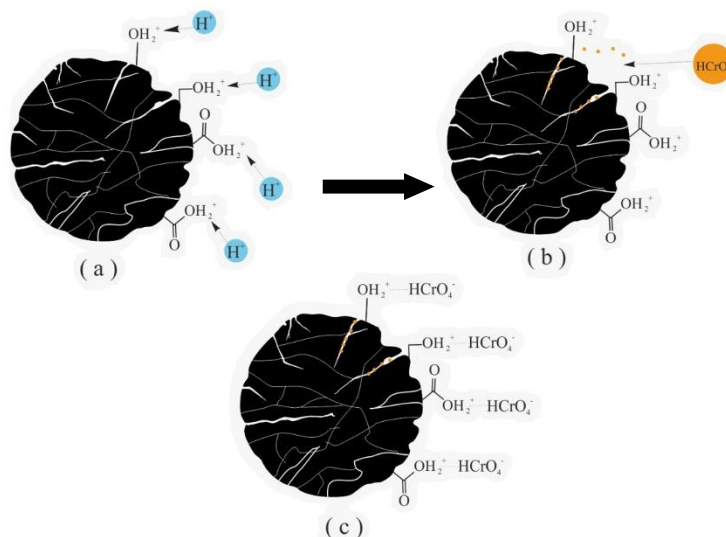
medium larutan encer yang mengandung proton, maka gugus tersebut akan mudah terprotonasi.

Proses adsorpsi dilakukan dalam kondisi adsorbat yang asam (pH 2). Sesuai dengan teori Tandon (2009) bahwasannya pH optimum untuk adsorpsi Cr (VI) adalah < 5. Pada kondisi pH yang asam jumlah ion H⁺ semakin banyak, sehingga dimungkinkan untuk memprotonasi gugus fungsi permukaan karbon aktif yang bermuatan negatif (Miretzky dan Cirelli, 2010). Pada pH yang rendah, Cr (VI) cenderung membentuk HCrO₄⁻ dan Cr₂O₇²⁻. Namun, bentuk yang paling dominan adalah HCrO₄⁻ karena konsentrasi yang digunakan dibawah 100 ppm. HCrO₄⁻ bersifat mudah larut dalam air dan lebih mudah terikat pada permukaan karbon aktif yang telah terprotonasi (Gueye, dkk. 2014). Sehingga kondisi pH yang asam ini dapat menyebabkan meningkatnya interaksi elektrostatis antara gugus aktif pada permukaan karbon aktif (Attia, dkk. 2010). Menurut Jung, dkk. (2013) Gugus-gugus aktif yang telah bermuatan positif akibat dari proses protonasi tersebut akan mengikat ion HCrO₄⁻ sebagaimana reaksinya sebagai berikut :



Dimana, CA = Karbon aktif

Untuk memahami lebih lanjut berikut ini mekanisme adsorpsi yang ditampilkan pada gambar berikut (Jung, dkk, 2013) :

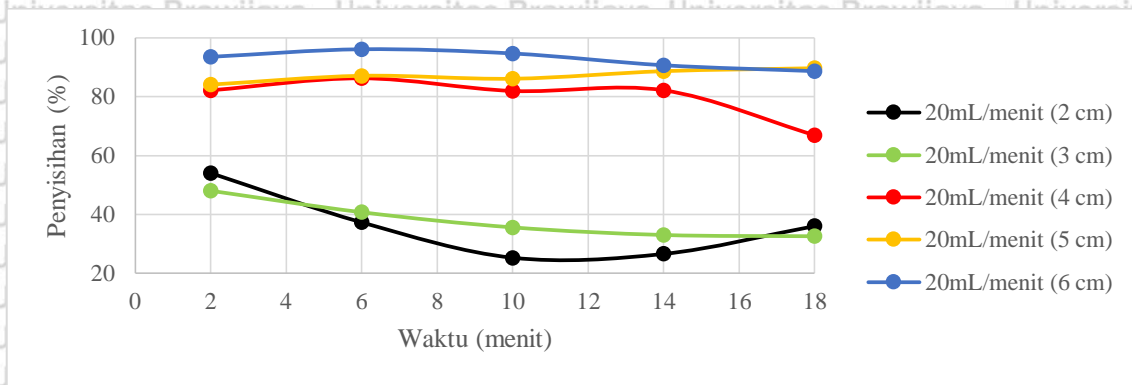


Gambar 4.2. Mekanisme Adsorpsi Logam Cr (VI) pada Karbon Aktif : (a)

Protonasi Gugus Fungsi, (b) & (c) Interaksi Elektrostatis antara Ion Adsorbat dan Gugus Fungsi di Permukaan

4.4. Proses Adsorpsi Ion Cr (VI) dengan Variasi Laju Alir Adsorbat dan Variasi

Ketinggian Bed



Gambar 4.3. Persen Penyisihan ion Cr (VI) oleh Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah pada Laju Alir 20 mL/menit dengan Variasi Ketinggian Bed

Pada Gambar 4.2. dapat dilihat bahwa sebagian besar variabel mengalami penurunan pada *trendline* dalam rentang waktu 2 hingga 18 menit. Seperti pada ketinggian 2 cm, didapati persen penyisihan tertinggi sebesar 54,077% di menit ke-2, kemudian menurun seiring waktu. Hal sama terjadi pada ketinggian 3 cm yang memiliki persen penyisihan 48,069% di menit ke-2, kemudian menurun seiring waktu. Kedua variabel tersebut memiliki pola *trendline* yang hampir sama, namun penurunan yang terjadi pada ketinggian 2 cm lebih cepat jika dibandingkan pada ketinggian 3 cm. Hal ini sesuai dengan teori yang ada, bahwa dengan ketinggian yang lebih rendah maka adsorben akan lebih mudah jenuh. Selain itu, pada ketinggian 2 cm mengalami kenaikan di menit ke-14, hal ini dimungkinkan karena adsorpsi memerlukan waktu untuk pemerataan aliran dan berkontak secara optimal pada tiap partikel adsorben. Seperti diketahui bahwa partikel yang digunakan berukuran antara 0,595-1,41 mm (-10+30 mesh), serta memiliki bentuk yang tidak seragam, sehingga berpotensi untuk menghasilkan kerapatan atau *void fraction* (ruang kosong) yang berbeda-beda di tiap ketinggiannya.

Pada ketinggian 4 dan 6 cm, diperoleh profil fluktuatif yang mana secara kuantitatif memiliki skala beragam. Persen penyisihan terbaik pada ketinggian 4 dan 6 cm didapati di menit ke-6, dimana berturut-turut keduanya diperoleh 86,266% serta 96,137%. Menurut penelitian oleh Rangabhashiyam (2015), persen penyisihan tertinggi umumnya diperoleh pada awal waktu adsorpsi dan terus menurun seiring waktu. Sehingga muncul hipotesa bahwa terdapat proses deprotonasi sebagai akibat

dari kenaikan pH pada larutan adsorbat. Dalam penelitian ini, adsorben karbon aktif kulit kacang tanah diaktivasi menggunakan NaOH, dan menghasilkan adsorben yang cenderung basa. Sedangkan larutan adsorbat dikondisikan pada pH 2 yang merupakan asam, sehingga ketika larutan adsorbat berkontak dengan adsorben, dimungkinkan terjadi kenaikan pH. Fenomena tersebut didukung oleh data pH effluen yang rata-rata diperoleh pada rentang 5-8. Pada proses deprotonasi dimungkinkan terjadi kompetisi antara sisi aktif pada permukaan adsorben dengan ion OH^- untuk berikatan dengan ion Cr (VI) (Susanto, 2011). Oleh karenanya, pH yang beragam dapat berpotensi menghasilkan persen penyisihan yang berbeda-beda. Selain deprotonasi, juga dimungkinkan terjadi desorpsi atau pelepasan zat teradsorpsi dari permukaan adsorben. Penelitian yang dilakukan Zhang (2017), menunjukkan kurva desorpsi atau nilai C_t/C_0 pada sampel pH 2, 4, dan 6, didapati bahwa semakin meningkatnya pH maka proses desorpsi akan semakin cepat terjadi. Sedangkan pada ketinggian 5 cm diperoleh persen penyisihan tinggi di menit ke 14-18, yakni sebesar 88,698% serta 89,7%. Hal tersebut dapat dikarenakan terjadinya proses terhambatnya adsorbat (*flooding*) yang berada di atas *bed*, dimana fenomena ini dimungkinkan sebagai akibat dari distribusi ukuran partikel yang cenderung berukuran 0,595 mm (+30 mesh), sehingga menghasilkan kerapatan yang tinggi.

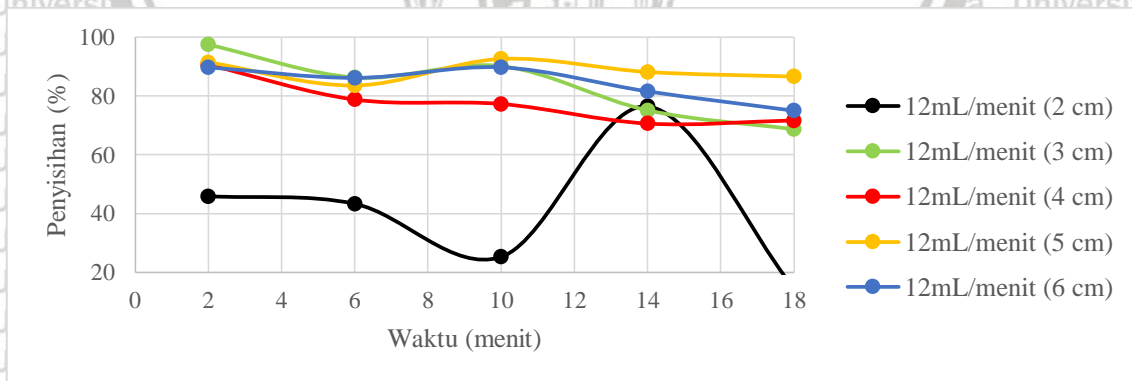
Faktor lain yang dapat mempengaruhi fluktuasi persen penyisihan adalah waktu tinggal (*residence time*), dimana waktu tinggal ini terkait dengan laju alir dan volume effluen. Semakin tinggi laju alir dan volume effluen, maka diasumsikan bahwa waktu tinggal semakin rendah. Tabel 4.4. berikut merupakan data volume effluen serta waktu tinggal pada proses penelitian adsorpsi dengan variabel laju alir 20 mL/menit :

Tabel 4.4. Volume Effluen dan Waktu Tinggal pada Laju Alir 20 mL/menit

t ke-	Z = 2 cm		Z = 3 cm		Z = 4 cm		Z = 5 cm		Z = 6 cm	
	V eff (mL)	t tinggal (detik)	V eff (mL)	t tinggal (detik)	V eff (mL)	t tinggal (detik)	V eff (mL)	t tinggal (detik)	V eff (mL)	t tinggal (detik)
2	28.4	34.8	26.8	39.6	15.2	74.4	14.9	75.3	12.8	81.6
6	56.8	69.6	55.7	72.9	24.7	165.9	26.4	160.8	21.7	179.4
10	67.4	37.8	64.2	47.4	30.7	147.9	28.7	153.9	20.2	174.9
14	70.9	27.3	70	30	29.8	150.6	25	165	22	174

t ke-	Z = 2 cm		Z = 3 cm		Z = 4 cm		Z = 5 cm		Z = 6 cm	
	V eff (mL)	t tinggal (detik)	V eff (mL)	t tinggal (detik)	V eff (mL)	t tinggal (detik)	V eff (mL)	t tinggal (detik)	V eff (mL)	t tinggal (detik)
18	67.8	36.6	71.5	25.5	37.8	126.6	20.9	177.3	24.2	167.4

Dari tabel tersebut diketahui bahwa pada ketinggian 2 cm mengalami penurunan waktu tinggal pada menit ke-10 kemudian kembali mengalami kenaikan, pada ketinggian 4 dan 5 cm mengalami kenaikan waktu tinggal pada menit ke-6 serta turun pada menit ke-10. Penurunan serta kenaikan tersebut tentunya akan menyebabkan pola persen penyisihan yang berfluktuasi seperti pada Gambar 4.2. serta dapat dinyatakan tidak sesuai dengan pola *trendline* oleh Rangabhashiyam (2015), yang mana semakin lama waktu adsorpsi, maka waktu tinggal akan terus turun tanpa kenaikan hingga larutan jenuh. Rangabhashiyam (2015) juga mengungkapkan bahwa semakin lama waktu tinggal maka transfer massa komponen adsorbat akan semakin meningkat menuju permukaan adsorben. Namun terdapat kemungkinan apabila semakin lama waktu tinggal maka akan semakin berpotensi mengalami perubahan pH akibat berkontak terlalu lama dengan adsorben. Sehingga pH dimungkinkan meningkat dan menyebabkan deprotonasi ataupun desorpsi.



Gambar 4.4. Persen Penyisihan ion Cr (VI) oleh Karbon Aktif Kulit Kacang

Tanah pada Laju Alir 12 mL/menit dengan Variasi Ketinggian Bed

Pada variasi laju alir 12 mL/menit seperti Gambar 4.3. diatas, *trendline* yang dihasilkan pada ketinggian bed 2 cm sangat berfluktuasi dan tidak sesuai dengan pola *trendline* adsorpsi kolom oleh Rangabhashiyam (2015). Dari hasil hipotesa, hal ini disebabkan oleh kerapatan serta jumlah ruang kosong (*void fraction*) yang tersusun

cukup beragam pada tiap ketinggian. Sehingga dengan ketinggian *bed* yang rendah dan dengan laju yang tinggi, maka dimungkinkan terjadinya perbedaan kerapatan secara acak dalam *bed*. Dari fenomena ini dapat menyebabkan munculnya selisih signifikan antara nilai laju alir umpan dan laju alir effluen, yang mana secara tidak langsung mengindikasikan kurang maksimalnya kontak antara adsorbat dan adsorben dalam *bed*. Pada ketinggian *bed* 2 cm, mulanya persen penyisihan sebesar 45,923% di menit ke-2, lalu turun hingga 25,322% di menit ke-10, dan kembali naik sebesar 76,395% di menit ke-14. Pada menit ke-14 ini dimungkinkan adsorben baru saja secara berkontak optimal dengan adsorbat.

Trendline yang dihasilkan oleh variabel ketinggian 3, 4, 5, dan 6 cm umumnya memiliki pola *trendline* serupa, dimana secara garis besar *trendline* mengalami penurunan seiring waktu. Seperti pada ketinggian 3 cm yang memiliki persen penyisihan tertinggi di menit ke-2 sebesar 97,425%, pada ketinggian 4 cm dengan persen penyisihan tertinggi di menit ke-2 sebesar 90,558%, pada ketinggian 5 cm dengan persen penyisihan tertinggi terjadi di menit ke-10 sebesar 92,561% yang mana sempat didahului oleh persen penyisihan sebesar 91,416% di menit ke-2. Kemudian pada ketinggian *bed* 6 cm, didapati persen penyisihan tertinggi di menit ke-2 dan ke-10 sebesar 89,7%. Dari ketinggian 3, 4, 5, dan 6 cm diketahui bahwa terjadi penurunan serta kenaikan pada persen penyisihannya. Hal ini juga dimungkinkan karena terdapat fenomena deprotonasi dan desorpsi pada beberapa partikel adsorben selama proses adsorpsi. Sehingga terjadi fluktuasi pada persen penyisihan yang dihasilkan.

Selain itu terdapat faktor lain yang dimungkinkan sama seperti variabel sebelumnya, yakni waktu tinggal (*residence time*). Waktu tinggal dapat mempengaruhi persen penyisihan. Tabel 4.5. berikut merupakan data volume effluen serta waktu tinggal pada penelitian proses adsorpsi dengan variabel laju alir 12 mL/menit :

Tabel 4.5. Volume Effluen dan Waktu Tinggal pada Laju Alir 12 mL/menit

t ke-	Z = 2 cm		Z = 3 cm		Z = 4 cm		Z = 5 cm		Z = 6 cm	
	V eff (mL)	t tinggal (detik)	V eff (mL)	t tinggal (detik)	V eff (mL)	t tinggal (detik)	V eff (mL)	t tinggal (detik)	V eff (mL)	t tinggal (detik)
2	20.2	19	6.2	89	8.5	77.5	8.6	77	8.8	76
6	38	50	19.7	141.5	20.2	139	19	145	16.5	157.5
10	43.4	23	15.5	162.5	21.8	131	14.2	169	16.8	156
14	22.5	127.5	18.6	147	22	130	15.2	164	17	155
18	46	10	20.1	139.5	22.9	125.5	15.9	160.5	18.7	146.5

Dari tabel tersebut diketahui bahwa pada ketinggian 2 cm mengalami penurunan waktu tinggal pada menit ke-10 kemudian kembali mengalami kenaikan signifikan pada menit ke-14 sebesar 127,5 detik. Sedangkan pada ketinggian 3 dan 5 cm, terjadi penurunan kenaikan pada menit ke-10 dan turun pada menit ke-14. Kenaikan serta penurunan yang terjadi tentunya akan menyebabkan pola *trendline* yang berfluktuasi seperti pada Gambar 4.3. Sehingga hal ini tidak sesuai dengan penelitian oleh Rangabhashiyam (2015), dimana semakin lama waktu adsorpsi, maka waktu tinggal akan terus turun tanpa kenaikan.

Secara keseluruhan, rata-rata persen penyisihan yang dihasilkan dari variabel laju alir 12 mL/menit memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan variabel laju alir 20 mL/menit, seperti pada laju alir 12 mL/menit ketinggian 2, 3, dan 5 cm. Hal ini disebabkan semakin kecil laju alir maka waktu tinggal dalam kolom akan semakin lama (Fogler. 1992). Sejalan dengan Fogler, Yunnen, dkk. (2017) berpendapat bahwa pada umumnya semakin tinggi laju alir maka waktu kontak adsorpsi relatif rendah, sehingga proses adsorpsi akan semakin cepat mencapai kapasitas maksimumnya (*breakpoint*) dan memiliki persen penyisihan yang rendah (Lopez-Cervantez, dkk. 2018). Namun hal tersebut tidak berlaku pada laju alir 12 mL/menit ketinggian 4 dan 6 cm, yang mana didapati persen penyisihan justru lebih rendah jika dibandingkan dengan laju 20 mL/menit. Fenomena tersebut dimungkinkan pada kondisi laju alir 20 mL/menit terjadi pemerataan atau difusi adsorbat yang lebih optimal daripada laju 12 mL/menit, dimana fluida adsorbat lebih menjangkau di tiap celah-celah antar adsorben. Sehingga interaksi atau kontak yang



terjadi lebih maksimal dan banyak sisi aktif yang terisi oleh Cr (VI) (Mona, dkk. 2013).







BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Dari sampel karbon dan karbon aktif kulit kacang tanah yang diuji, terlihat bahwa kadar air telah memenuhi SNI 06-3730-1995 (maksimal 25%) yang mana nilainya berturut turut sebesar 0,5% dan 1,5%. Untuk kadar *volatile* terlihat bahwa tidak memenuhi SNI 06-3730-1995 (maksimal 10%) dengan nilainya berturut turut sebesar 77% serta 73,5%. Untuk kadar abu terlihat bahwa telah memenuhi SNI 06-3730-1995 (maksimal 25%) dengan nilainya berturut turut sebesar 11,3% dan 8,6%. Sedangkan untuk kadar *fixed carbon* terlihat bahwa tidak memenuhi SNI 06-3730-1995 (minimal 65%) dengan nilainya berturut turut sebesar 77% serta 73,5%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa biomassa kulit kacang tanah kurang efektif pada penggunaannya sebagai adsorben karbon aktif ion Cr (VI).
2. Persen penyisihan optimum adsorpsi terjadi pada laju alir adsorbat 12 mL/menit dengan ketinggian *bed* 2, 3, dan 5 cm berturut-turut sebesar 41,116%; 83,519%; 88,441% serta pada laju alir 20 mL/menit dengan ketinggian *bed* 4 dan 6 cm berturut-turut sebesar 79,914%; 92,761%. Persen penyisihan yang bervariasi diakibatkan oleh pola/*trendline* grafik adsorpsi yang cukup berfluktuasi. Hal tersebut dimungkinkan karena adsorpsi memerlukan waktu untuk memeratakan aliran dan berkontak secara optimal pada tiap partikel adsorben. Hal tersebut didukung oleh perolehan waktu tinggal yang berbeda-beda tiap menitnya. Seperti diketahui bahwa partikel yang digunakan berukuran antara 0,595-1,41 mm (-10+30 mesh), serta memiliki bentuk yang tidak seragam, sehingga berpotensi untuk menghasilkan kerapatan atau *void fraction* (ruang kosong) yang berbeda-beda di tiap ketinggian (Patel, 2019).

5.2. Saran

1. Mengkaji pengaruh *void fraction* adsorben karbon aktif kulit kacang tanah terhadap profil persen penyisihan Cr (VI).

2. Mengkaji optimasi kondisi operasi dalam pembuatan karbon aktif kulit kacang tanah agar dihasilkan karbon aktif yang sesuai standar SNI Karbon Aktif 06-3730-1995.
3. Mengkaji bahan biomassa atau lignoselulosa yang dapat menghasilkan karbon dengan karakteristik memenuhi SNI Karbon Aktif 06-3730-1995 serta mampu memberikan kemampuan adsorpsi Cr (VI) yang lebih optimal jika dibandingkan dengan bahan kulit kacang tanah.
4. Mengkaji spesifikasi desain dan dimensi kolom adsorpsi yang dapat menghasilkan persen penyisihan tinggi.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhafez A. A. & Li. 2014. *Geochemical and Statistical Evaluation of Heavy Metal Status in the Region around Jinxi River*. China. *Soil Sediment Contamination*. 23: 850-868.
- Achmadi, S. S. 1990. *Kimia Kayu*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Ahmed M. Abdel-Hamid, Jose O. Solbiati, & Isaac K. O. Cann 2013. *Insights into Lignin Degradation and its Potential Industrial Applications*. Energy Biosciences Institute, University of Illinois, IL, USA.
- Allwar, Ririn Winarsi, Noor Fitriyani, Krisna Merdekawati. 2015. *Characterization and Application of Activated Carbon from Oil Palm Shell Prepared by Pyhysical Activation and Nitric Acid for the Removal of Phenol and 2-Chlorophenol*. International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN: 2319-7064.
- Asmadi, Endro S. dan W Oktiawan. 2009. Pengurangan Chrom (Cr) Dalam Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH Dan NaHCO_3 (Studi Kasus Pt. Trimulyo Kencana Mas Semarang). Bogor. Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (PSL), Institut Pertanian Bogor (IPB).
- Asnawati, A., Resty R. K., dan Novita A. 2017. *Penentuan Kapasitas Adsorpsi Selulosa terhadap Rhodamin B dalam Sistem Dinamis*. Jurnal KIMIA Riset (2): Hal 23-29.
- Attia, A. A., Khedr, S. A., & Elkholy, S. A. 2010. *Adsorption of Chromium Ion (VI) by Acid Activated Carbon*. Brazilian Journal of Chemical Engineering. 27 (1): 183-193.
- Azmi Ulul, dan Azmi Ulul. 2018. *Penyisihan Cr (VI) dengan Zeolit Alam Diaktivasi Asam Sulfat dalam Kolom Adsorpsi*. Skripsi. Malang: FT Universitas Brawijaya.
- Bacordit, A., Armengol, J., Burgh, S. V. D., & Olle, L. 2014. *New challenges in chrome-free leathers: Development of wet-bright process*. Journal of the American Leather Chemist Association, 109 (4), 99-109.
- Bansal, Roop Chand dan Goyal Meenakshi. 2005. *Activated Carbon Adsorption*. CRC Press.
- Baquero, Oscar Flores. 1988. *Design of an Activated Carbon Columns Plant for Studying Micro-Pollutants Removal*. Belgia: Katholieke Universitet Leuven.
- Barosso-Bogeat, A., Alexandre-Franco, M., Fernandez-Gonzalez, C., Marcias-Garcia A. dan Gomez-Serranoa, V. 2014. *Electrical Conductivity of Activated Carbon-*

- Metal Oxide Nanocomposites Under Compression: A Comparison Study*. Physical Chemistry Physical Physics, 16 (45), 25161-25175.
- Bledzki AK, Mamun AA, Volk J. 2010. *Barley Husk and Coconut Shell Reinforced Polypropylene Composites: The Effect of Fibre Physical, Chemical and Surface Properties*. Composites Science and Technology. 70: 840-846.
- BPS. 2012. *Produksi Tanaman Pangan 2012*. Jakarta: Badan Pusan Statistik.
- Cai Weiquan, Li Zhonglei, Wei Jiahao & Liu Yan. 2018. *Synthesis of Peanut Shell Based Magnetic Activated Carbon with Excellent Adsorption Performance Towards Electroplating Wastewater*. Chemical Engineering Research and Design, 140, 23-32.
- Caturla, F.; Molina Sabio M.; Rodríguez Reinoso F. 1991. *Preparation of Activated Carbon by Chemical Activation with ZnCl₂*. Science Direct Volume 29, Issue 7, 1991, Pages 999-1007.
- Cavaco, S.A. dkk. 2009. *Evaluation of Chelating Ion Exchange Resins for Separating Cr (III) from Industrial Effluents*. Coimbra: Elsevier.
- Cecen, Ferhan dan Osgur Aktas. 2012. *Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment: Integration of Adsorption and Biological Treatment/Weinheim*: Wiley-VCH Verlag & Co.
- Erlina, Umiatin, dan Esmar Budi. 2015. *Pengaruh Konsentrasi Larutan Koh Pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Cu*. Jakarta. Universitas Negeri Jakarta.
- Farkov, P. M, L. N. Il'icheva, dan A. L. Finkel'shtein. 2005. *X-ray Fluorescence Determination of Carbon, Nitrogen, and Oxygen in Fish and Plant Samples*. Journal of Analytical Chemistry, 60(5): 426-430.
- Flores, Roberto AC, dkk. 2017. *Physico-Chemical Characterization of Agricultural Residues as Precursors for Activated Carbon Preparation*. Hidalgo: Autonomous University of Hidalgo.
- Fogler, 1992. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. 4th edition. Prentice-Hall International, Inc. Amerika.
- Frey, M. M., Siedel, C., Edward, M., & Parks, J. L. 2004. *Occurrence Survey of Boron and Hexavalent Chromium*. USA: AWW ARF.
- Geankoplis, Cristie. 2003. *Transport Processes and Separation Process Principles*. Edisi Ketiga. New Jersey: Pearson Preatice Hall.

- Gode F. & Moral E. 2008. *Column Study on the Adsorption of Cr (III) and Cr (VI) Using Purnice, Yarikkaya Brown Coal, C Helex-100, and Lewatit MP 62*. Bioresource Technology. 99: 1981-1991.
- Goswani S. & Ghosh UC. 2005. *Studies on Adsorption Behaviour of Cr (VI) onto Synthetic Hydrous Stannic Oxide*. Water SA. 31 (4): 597-602.
- Guertin, J. 2005. *Chromium (VI) Handbook*. Boca Raton. CRC Press.
- Gueye, M., Richardson, Y., Kafack, F. T., & Blin, J. 2014. High Efficiency Activated Carbons from African Biomass Residues for the Removal of Chromium (VI) from Wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2: 273-281.
- Gupta, Anusha. 2013. *Feasibility Studies in the Removal Of Iron And Fluoride From Aqueous Solution By Adsorption Using Agro-Based Waste Materials*. Chennai: Anna University.
- Harvey, David. 2000. *Modern Analytic Chemistry*. USA: McGraw Hill.
- Hassler, John W. 1951. *Active Carbon*. Brooklyn: Chemical Publishing Co. Inc.
- Hendra D, Winarni I. 2003. *Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang Campuran Limbah Kayu Gergajian dan Sebetan Kayu*. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 2(31): 211-226.
- Hendra, Darmawan, 2000. *Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perekat dan Tekanan Kempa terhadap Kualitas Briket Arang*. Bogor (ID): Puslitbang Hasil Hutan Bogor.
- Hendra, Ryan. 2008. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Batubara Indonesia dengan Metode Aktivasi Fisika dan Karakteristiknya*. Depok: Universitas Indonesia.
- Hidayati, A.S. Dwi dan Nurul F. Himma. 2017. *Perlakuan Fisiko-Kimia Limbah Cair Industri*. Malang. UB Press.
- Howard, R.L., Abotsi, E., J. van Rensburg E.L., and Howard, S. 2003. *Lignocellulose Biotechnology: Issue of Bioconversion and Enzyme Production*. *African J. of Biotech*. Vol 2 (12), 602-619.
- Hu, Y., Wang, H., Yang, L, Liu, X, Zhang, B., Liu, Y, Fu, H. 2013. *Preparation of Chitosan-based Activated Carbon and its Electrochemical Performance for EDLC*. *Journal of the Electrochemical Society*, 160(6): 321-326.
- Hudaya, Tedi dan I Gede Pandega Wiratama. 2016. *Perancangan Kolom Adsorpsi Karbon Aktif untuk Pengolahan Limbah Kromium Heksavalen*. Penelitian tidak dipublikasikan. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Huifang, Wu. 2018. *Synthesis of Activated Carbon from Peanut Shell as Dye Adsorbents for Wastewater Treatment*. Nanjing.

- Ilyas, M., Ahmad, A., Dauda, B.E.N., Ndamitso, M.M., Umar, M.T. 2012. *Kinetic Study of Utilizing Groundnut Shell as an Adsorbent in Removing Chromium and Nickel from Dye Effluent*. Lapai. American Chemical Science Journal.
- Johansson, Ingergard 2007. *Handbook for Cleaning/Decontamination of Surfaces*. Sidney. Elsevier.
- Jung, C. Heo, J. Her, N. Sung-Jae L, Oh J, Ryu J. & Yoon Y. 2013. *Hexavalent Chromium Removal by Various Adsorbents: Powdered Activated Chitosan, and Single/Multi-Walled Carbon Nanotubes*. Separation and Purification Technology. 106: 63-71.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup. 1995. *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri*.
- Khalili, N. R., Campbell, M., Sandi, G. & Gola, J. 2000. *Production of micro and mesoporous activated carbon from paper mill sludge, I: Effect of zinc chloride activation*. Carbon **38**, 1905-1915.
- La H, La R, La H, Aceng, Santoso, G. A. P, & Asriyanti. 2019. *Studi Variasi Konsentrasi NaOH dan H₂SO₄ untuk Memurnikan Silika dari Abu Sekam Padi sebagai Adsorben Ion Logam Pb²⁺ dan Cu²⁺*. Jurnal of Chemical Research. 6(2): 81-87.
- Latifan, Rio dan Diah Susanti. 2012. *Aplikasi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (Pangium Edule) dengan Variasi Temperatur Karbonisasi dan Aktifasi Fisika Sebagai Electric Double Layer Capacitor (EDLC)*. Jurnal Teknik Material dan Metalurgi 1 (1), 1-6.
- Long Zhang, Changsheng Gong & Dai Bin. 2018. *Green Chemistry and Technologies*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
- Lopez-Cervantes J, Sanchez, Reyna & Correa. 2018. *Study of a Fixed-bed Column in the Adsorption of an Azo Dye from an Aqueous Medium Using a Chitosan-Glutraldehyde Biosorbent*. Adsorption Science & Technology. 36(1-2): 215-232.
- Lynd, Lee R, dkk. 2002. *Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology*. New York: American Society for Microbiology.
- Malhotra, P., Payal, R., dan Jain, A. 2016. *Wehther to Worry with Waste: A Review on Activated Carbon Precursors from Various Waste Materials*. International Journal of Advanced Research, 4 (1), 14-20.
- Metcalf, E., Burton, F. L., Stensel, H. D., dan Tchobanoglous, G. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. New York: McGraw Hill.

- Milasari, Fatimah. 2016. *Kajian Sebaran Logam Berat Timbal (Pb) Dan Kromium (Cr) Pada Sedimen Di Sekitar Perairan Teluk Lampung*. Bandar Lampung, Universitas Negeri Lampung.
- Miretzky, P & Cirelli, A. F. 2010. *Cr (VI) and Cr (III) Removal from Aqueous Solution by Raw and Modified Lignocellulosic Materials*. Journal of Hazardous Materials. 180: 1-19.
- Morgan, P. 2005. *Carbon Fibers and Their Composites*. Boca Raton: T&F Group.
- Muniandy, L, Adam, F. Mohammed, A. R. & Ng. Eng-Poh. 2014. *The Synthesis and Characterization of High Purity Mixed Microporous/Mesoporous Activated Carbon from Rice Husk Using Chemical Activation with NaOH and KOH*. Microporous and Macroporous Materials. 197: 316-323.
- Murti, S. 2008. *Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung untuk Adsorpsi Molekul Amonia dan Ion Krom*. Universitas Indonesia, Depok.
- Mustakim, M., Aris, S., & Kurniawan, A. P. 2010. *Perbedaan kualitas kulit kambing peranakan etawa (PE) dan peranakan boor (PB) yang disamak krom*. Jurnal Ternak Tropika, 11(1), 38-50.
- Noorjenah, Subagya, Iswadi, E.H., Poerwaningsih, R., Hartini, M., Rudiana, E., Fitrianingrum, V. & Kadir. 2012. *Produksi tanaman pangan 2012*. Jakarta, Badan Pusat Statistik.
- Novridha, Rezky dkk. 2017. *Modifikasi Permukaan Karbon Kulit Kacang Tanah (Arachis Hypogaea L.) melalui Proses Aktivasi Kimia*. Makassar: Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin Makassar.
- Nurhasni, Mar'af Reski & Hendrawati. 2017. *Pemanfaatan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah (Arachis Hypogaea L.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru*. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia, 4(2), 156-167. Program Studi Kimia FST UIN Syarif Hidayatullah: Jakarta.
- Pari G. 1996. *Pembuatan Arang Aktif dari Serbuk Gergajian Sengon dengan Cara Kimia*. Buletin Penelitian Hasil Hutan 14:308-320.
- Pari G. 2004. *Kajian Struktur Arang Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu sebagai Adsorben Formaldehida Kayu Lapis*. Bogor (ID): Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Patel, Himanshu. 2019. *Fixed-Bed Column Adsorption Study: A Comprehensive Review*. Applied Science and Humanities Department, Pacific School of Engineering.
- Paul J. Worsfold. 2017. *Spectrophotometry: Overview*. Plymouth. Plymouth University.

- Paul, H. L., Phillips, P. S., Covington, A. D., Evans, P., & Antunes, A. P. M. 2013. *Dechroming optimisation of chrome tanned leather waste as potential poultry feed additive: A waste to resources*. In Proceeding XXXII Congress of IULTCS. Istanbul, Turkey: IULTCS.
- Pavia, Donald L; Gary M. Lampman, George S. Kriz. 2001. *Introduction to "Spectroscopy Aguide for Students of Organic Chemistry": Third Edition*. Western Washington University, USA: Thomson Learning: 26.
- Perrich, J. R. 1981. *Activated Carbon Adsorption for Waste Water Treatment*. Florida: CRC Press, Inc.
- Pujiyanto. 2010. *Pembuatan Karbon Aktif Super dari Batubara dan Tempurung Kelapa*. Depok: Universitas Indonesia.
- R. Sudradjat dan Salim S. 1994. *Petunjuk Pembuatan Arang Aktif*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Rangabhasiyam S., Suganya E., & Selvaraju N. 2015. *Packed Bed Column Investigation on Hexavalent Chromium Adsorption Using Activated Carbon Prepared From Swietenia Mahogani Fruit Shells*. Chemical Engineering, Intitute Technology of Calicut. Desalination and Water Treatment, 1-8.
- Respati, E., Hasanah, L., Wahyuningsih, S., Sehusman, Manurung, M., Supriyati, Y. & Rinawati. 2013. *Kacang tanah*. Buletin Konsumsi Pangan Pusdatin, 4 (1), 6-15.
- Reynolds, Tom dan Paul A Richards. 1996. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. Boston. PWS Publishing.
- Rowell, Roger M. 2013 *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*. Boca Raton. CRC Press.
- S. Mona, A. Kaushik, & C.P. Kaushik. 2013. *Prolonged Hydrogen Production by Nostoc in Photobioreactor and Multi-stage Use of the Biological Waste for Column Biosorption of Some Dyes and Metals*, Biomass Bioenergy 54: 27-35.
- S. Singha, U. Sarkar, S. Mondal, & S. Saha. 2012. *Transient Behavior of a Packed Column of Eichhornia Crassipes Stem for the Removal of Hexavalent Chromium*, Desalination 297: 48-58.
- Sagala Lusya A, Erni Aprilina, Abu Sonip, Maya Risanti dan Irzaman. 2015. *Penumbuhan Misellium Jamur Tiram Putih pada Media Sorgum dan Analisis FTIR*. Seminar Nasional Fisika. Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta.
- Seader, J. D. dan Ernest J. Henley. 2006. *Separation Process principles*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

- Shafeeyan, M. S., Wan M. A. W. D, Ammirhossein H. & Ahmad S. 2010. *A Review on Surface Modification of Activated Carbon for Carbondioxide Adsorption*. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 89: 143-151.
- Siahaan, S, dkk. 2013. *Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi*. Jurnal Teknik Kimia USU, VOL. 2, No. 1.
- Silalahi, Lambok. 2016. *Pengaruh Perlakuan Alkali dan Pemanasan Serat terhadap Kekuatan Tarik Serat Lengkuas*. Lampung: Universitas Lampung.
- Skoog, Douglas A., F. James Holler, and Stanley R. Crouch. 2007. *Principles of Instrumental Analysis*. USA: Chicago.
- Smisek, Milan dan Slavoj Cerny. 1970. *Active Carbon: Manufacture, Properties, and Application*. Amsterdam. Elsevier.
- Smith, Brian C. 2011. *Fundamentals of Fourier Transform Infrared Spectroscopy*. Florida: CRC Press.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 1995. *Arang Aktif Teknis (SNI 06-3730-1995)*. Dewan Standarisasi Indonesia.
- Subadra, I. Setiaji, B. dan Tahir, I. 2005. *Activated Carbon Production from Coconut Shell with $(NH_4)HCO_3$ Activator as An Adsorbent in Virgin Coconut Oil Purification*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Sudibandriyo, Mahmud. 2003. *A Generalized Ono-Kondo Lattice Model for High Pressure Adsorption on Carbon Adsorbents*. Thesis for the degree of Doctor of Philoshopy Oklahoma State University.
- Sudirjo, M., 2006, *Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Kacang Tanah (Arachis Hypogaeae) dengan Aktivator Asam Sulfat*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sugihartono. 2016. *Pemisahan Krom pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit menggunakan Gelatin dan Flokulam Anorganik*. Majalah Kulit, Karet, dan Plastik Yogyakarta.
- Suhendarwati L, Suharto B, Susanawati L. D. 2013. *Pengaruh Konsentrasi Larutan Kalium Hidroksida pada Abu Dasar Ampas Tebu Teraktivasi*. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan.
- Suryono, Krisna Adhi, Irwani, Suryono, Endang Sri Susilo, Subagiyo & Sugeng Widada. 2018. *Karbon Aktif Tempurung Kelapa untuk Peningkatan Kualitas Air Tambak*. Jurnal Kelautan Tropi Vol 21 (1): 71-74. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.

- Susanti, Aprilia. 2009. *Potensi Kulit Kacang Tanah Sebagai Adsorben Zat Warna Reaktif Cibacron Red*. Bogor: Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB.
- Tang, M. & Bacon R. 1964. *Carbonization of Cellulose Fibers*. Low Temperature Pyrolysis. Carbon. 2(3): 211-220.
- Tillman, A. D., dkk. 1989. *Ilmu Makanan Ternak Dasar*. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Ting Yang Aik dan Chong Lua. 2003. *Characteristics of activated carbons prepared from pistachio-nut shells by physical activation*. Science Direct, Journal of Colloid and Interface Science Volume 267, Issue 2, 15 November 2003, Pages 408-417.
- Turmuzi, M. Tua, A. O. S., Fatimah. 2015. *Pengaruh Temperatur dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Salak dengan Aktivator Seng Klorida (ZnCl₂)*. Jurnal Teknik Kimia USU. 4(2): 53-64.
- Tutik Muji S., Agus Setiawan, Ganang Pamungkas, 2018, *Pembuatan Karbon Aktif dari Hasil Pirolisis Ban Bekas*. Eksergi, 15(2), 54-58.
- Ugwekar, Rajendra & G. Lakhawat. 2012. *Recovery of Heavy Metals by Adsorption Using Peanut Hull*. Nagpur. Priyadarshini Institute of Engineering & Technology.
- Uner, O & Bayrak, Y. 2018. *The Effect of Carbonization Temperature, Carbonization Time and Impregnation Ratio on The Properties of Activated Carbon Produced from Arundo Donax*. Microporous and Mesoporous Material. 268: 225-234.
- Volesky, Bohumil. 1990. *Biosorption of Heavy Metals*. Quebec, Canada: CRC Press.
- Wardhani Sri, Endrayana R. S., Purwonugroho D. 2017. *The Effect of Phosphatation and Granulation Zeolite in the Adsorption of Cr (VI)*. J. Pure App. Chem. Res. Vol 6, No 3. pp. 207-220.
- Wilbur S., Abadin H., Fay M. dkk. 2012. *Toxicological Profile for Chromium*. Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease.
- Worch, E. 2012. *Adsorption Technology in Water Treatment-Fundamentals, Processes, and Modeling*. Berlin. Walter de Gruyter.
- Yuan, Z. 2018. *Bioenergy: Principles and Technologies*. Germany: CPH Books.
- Yunnen Chen, Wu Ye, Liu Chen, Guo Lin, Nie Jinxia & Ren Rushan. 2017. *Continuous Fixed-bed Column Study and Adsorption Modeling: Removal of Arsenate and Arsenite in Aqueous Solution by Organic Modified Spent Grains*. Jiangxi University of Science and Technology.

Zamrudu, W. 2008. *Pembuatan Karbon Aktif dari Ampas Biji Jarak Pagar*. Jurnal Teknologi Separasi. VOL.1 No.2. ISSN 1978-8789.

Zhang, Xiaowei dkk. 2017. *Adsorption and Desorption for Dynamics Transport of Hexavalent Chromium (Cr(VI)) in Soil Column*. Beijing. Springer.





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

DATA HASIL PENGAMATAN DAN PERHITUNGAN

1. Pembuatan Larutan $K_2Cr_2O_7$

1.1. Pembuatan Larutan Induk

Larutan Induk Cr (VI) 100 ppm dibuat dengan melarutkan sejumlah padatan $K_2Cr_2O_7$ pada 1000 mL Aquademin. Jumlah $K_2Cr_2O_7$ diperoleh melalui perhitungan sebagai berikut :

BM (Berat Molekul) Cr : 52 g/gmol

BM $K_2Cr_2O_7$: 294,2 g/gmol

$$\frac{\text{Konsentrasi Cr}}{\text{Konsentrasi } K_2Cr_2O_7} = \frac{\text{BM Cr}}{\text{BM } K_2Cr_2O_7} \quad (\text{A.1})$$

$$\frac{100 \text{ ppm}}{\text{Konsentrasi } K_2Cr_2O_7} = \frac{52(2)}{294,2}$$

$$\text{Konsentrasi } K_2Cr_2O_7 = 282,8 \text{ ppm}$$

1 ppm = 1 mg/L

$$\text{Konsentrasi } K_2Cr_2O_7 \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{\text{Massa } K_2Cr_2O_7 (\text{mg})}{\text{Volume Larutan (L)}}$$

$$282,8 \text{ mg/L} = \frac{\text{Massa } K_2Cr_2O_7 (\text{mg})}{1 \text{ L}}$$

$$\text{Massa } K_2Cr_2O_7 = 282,8 \text{ mg} = 0,2828 \text{ g}$$

1.2. Pembuatan Larutan Standar

Larutan standar digunakan untuk proses pembuatan kurva kalibrasi. Larutan standar dibuat dengan mengencerkan larutan induk 100 ppm menjadi beberapa konsentrasi yang lebih kecil, yaitu 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; dan 1,2 ppm pada

volume 10 mL. Jumlah volume yang diambil untuk melakukan pengenceran

konsentrasi-konsentrasi tersebut dihitung melalui perhitungan sebagai berikut :

$$C_1V_1 = C_2V_2 \quad (A.2)$$

Dimana :

C_1 = Konsentrasi larutan induk

V_1 = Volume yang diambil

C_2 = Konsentrasi yang dituju untuk pengenceran

V_2 = Volume pengenceran

Sehingga untuk pembuatan larutan standar konsentrasi 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; dan 1,2 ppm secara berurutan mengambil larutan induk 100 ppm sebanyak :

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,2 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ mL}$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,4 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,4 \text{ mL}$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,6 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,6 \text{ mL}$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 0,8 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,8 \text{ mL}$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 1,0 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 1,2 \text{ ppm} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1,2 \text{ mL}$$

1.3. Pembuatan Larutan Kerja 30 ppm

Larutan kerja 30 ppm digunakan sebagai umpan masuk pada proses adsorpsi sistem kolom dan dibuat dengan mengencerkan sejumlah volume larutan induk

100 ppm menjadi 1 Liter larutan kerja 30 ppm. Penentuan pengambilan larutan induk untuk diencerkan dapat dihitung melalui perhitungan sebagai berikut :

$$100 \text{ ppm} \times V_1 = 30 \text{ ppm} \times 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = 300 \text{ mL}$$

2. Pembakuan Larutan NaOH

Pembakuan NaOH 0,5 M dilakukan dengan KHP (Kalium Hidrogen Phtalat) yang merupakan standar primer untuk penentuan suatu larutan basa. Pembakuan ini bertujuan dalam standarisasi larutan NaOH yang merupakan larutan sekunder. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan KHP :

BM NaOH : 40 g/gmol

BM KHP : 204,22 g/gmol

$$\frac{\text{Massa NaOH}}{\frac{\text{BM NaOH}}{V \text{ NaOH}}} = \text{Konsentrasi NaOH} \quad (\text{A.3})$$

$$\frac{\text{Massa NaOH}}{\frac{40}{0,05 \text{ L}}} = 0,5 \text{ M}$$

$$\text{Massa NaOH} = 0,025 \text{ g}$$

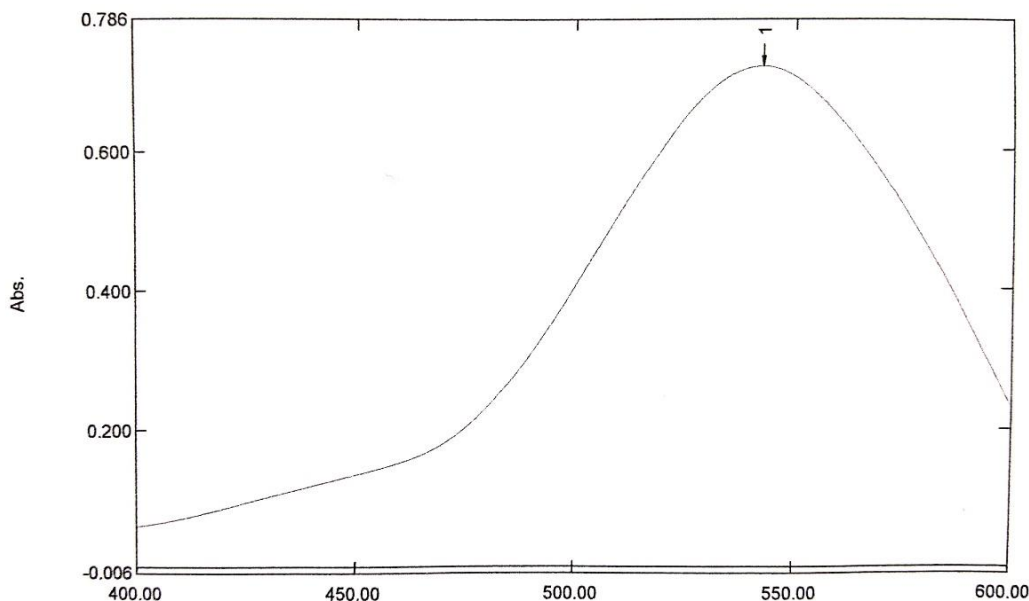
$$\frac{\text{Massa NaOH}}{\text{BM NaOH}} = \frac{\text{Massa KHP}}{\text{BM KHP}} \quad (\text{A.4})$$

$$\frac{0,025}{40} = \frac{\text{Massa KHP}}{204,22}$$

$$\text{Massa NaOH} = 0,128 \text{ g}$$

3. Pembuatan Kurva Kalibrasi

3.1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum



Gambar A.1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

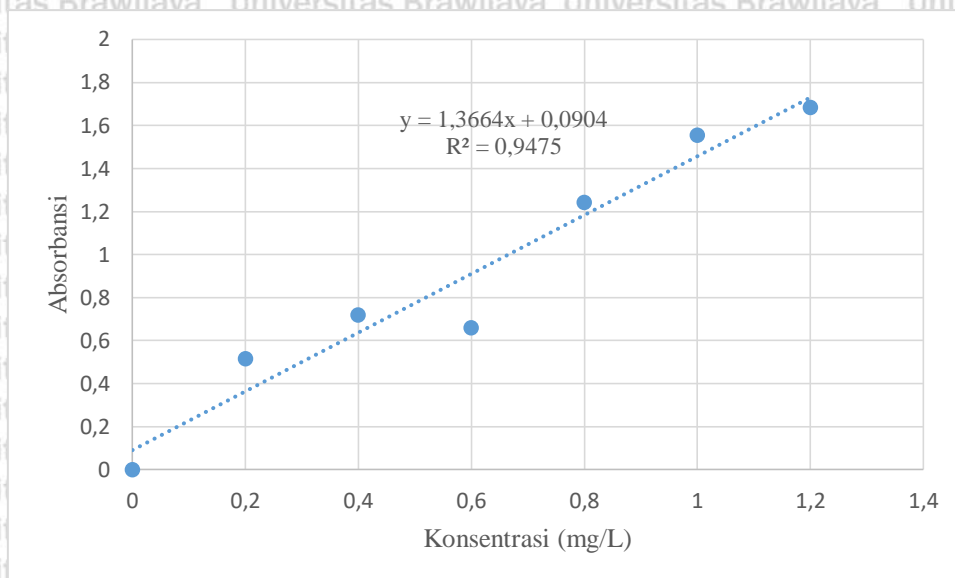
Dari hasil yang tertera pada grafik, ditentukan panjang gelombang maksimum sebesar 542,8 nm.

3.2. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Tabel A.1. Pengukuran Absorbansi Larutan Standar

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi
0	0
0,2	0,515
0,4	0,718
0,6	0,659
0,8	1,243
1	1,554
1,2	1,683





Gambar A.2. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Dari pengukuran absorbansi larutan standar diperoleh kurva kalibrasi dengan persamaan $y = 1,3664x + 0,0904$ dan dengan nilai R^2 sebesar **0,9475**.

4. Data Hasil Adsorpsi

4.1. Ketinggian Bed 2 cm, Laju Alir 20 mL/menit

Tabel A.2. Hasil Adsorpsi Z = 2 cm,
F = 20 mL/menit

Waktu (menit)	Konsentrasi UV-VIS (ppm)
2	0,107
6	0,146
10	0,174
14	0,171
18	0,149

4.2. Ketinggian Bed 3 cm, Laju Alir 20 mL/menit

Tabel A.3. Hasil Adsorpsi $Z = 3$ cm,
 $F = 20$ mL/menit

Waktu (menit)	Konsentrasi UV-VIS (ppm)
2	0,121
6	0,138
10	0,150
14	0,156
18	0,157

4.3. Ketinggian Bed 4 cm, Laju Alir 20 mL/menit

Tabel A.4. Hasil Adsorpsi $Z = 4$ cm,
 $F = 20$ mL/menit

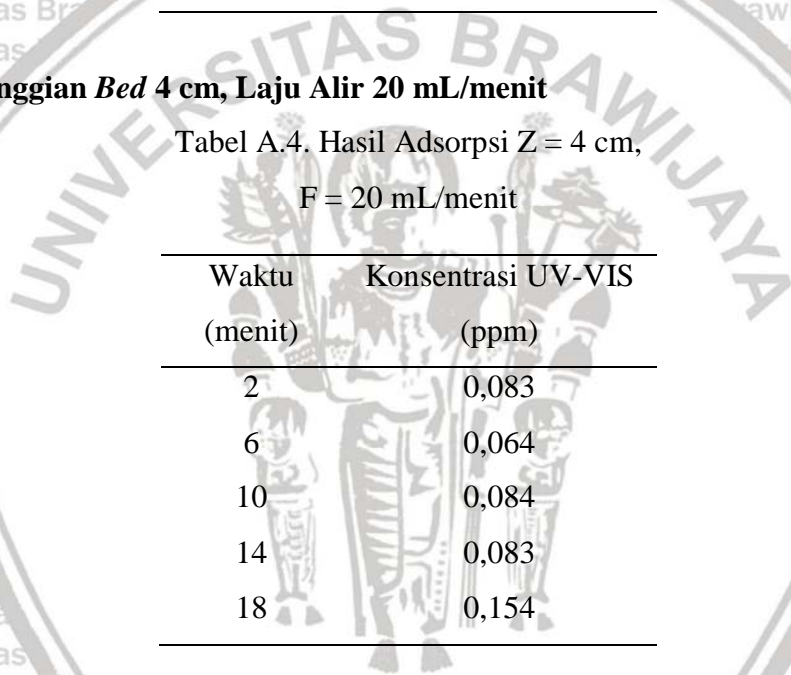
Waktu (menit)	Konsentrasi UV-VIS (ppm)
2	0,083
6	0,064
10	0,084
14	0,083
18	0,154

4.4. Ketinggian Bed 5 cm, Laju Alir 20 mL/menit

Tabel A.5. Hasil Adsorpsi $Z = 5$ cm,
 $F = 20$ mL/menit

Waktu (menit)	Konsentrasi UV-VIS (ppm)
2	0,111
6	0,090
10	0,097
14	0,079
18	0,072

4.5. Ketinggian Bed 6 cm, Laju Alir 20 mL/menit



Tabel A.6. Hasil Adsorpsi Z = 6 cm,
F = 20 mL/menit

Waktu (menit)	Konsentrasi UV-VIS (ppm)
2	0,045
6	0,027
10	0,037
14	0,065
18	0,079

4.6. Ketinggian Bed 2 cm, Laju Alir 12 mL/menit

Tabel A.7. Hasil Adsorpsi Z = 2 cm,
F = 12 mL/menit

Waktu (menit)	Konsentrasi UV-VIS (ppm)
2	0,072
6	0,097
10	0,072
14	0,129
18	0,175

4.7. Ketinggian Bed 3 cm, Laju Alir 12 mL/menit

Tabel A.8. Hasil Adsorpsi Z = 3 cm,
F = 12 mL/menit

Waktu (menit)	Konsentrasi UV-VIS (ppm)
2	0,006
6	0,032
10	0,023
14	0,058
18	0,073



4.8. Ketinggian Bed 4 cm, Laju Alir 12 mL/menit

Tabel A.9. Hasil Adsorpsi Z = 4 cm,
F = 12 mL/menit

Waktu (menit)	Konsentrasi UV-VIS (ppm)
2	0,044
6	0,099
10	0,106
14	0,137
18	0,132

4.9. Ketinggian Bed 5 cm, Laju Alir 12 mL/menit

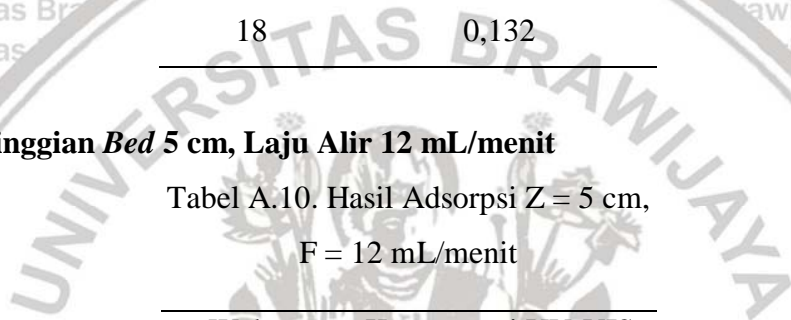
Tabel A.10. Hasil Adsorpsi Z = 5 cm,
F = 12 mL/menit

Waktu (menit)	Konsentrasi UV-VIS (ppm)
2	0,060
6	0,115
10	0,052
14	0,083
18	0,094

4.10. Ketinggian Bed 6 cm, Laju Alir 12 mL/menit

Tabel A.11. Hasil Adsorpsi Z = 6 cm,
F = 12 mL/menit

Waktu (menit)	Konsentrasi UV-VIS (ppm)
2	0,072
6	0,097
10	0,072
14	0,129
18	0,175



5. Pengolahan Data

5.1. Penentuan Persen Penyisihan (Y%)

Persen penyisihan merupakan presentase perbandingan konsentrasi adsorbat terserap terhadap konsentrasi awal umpan. Secara umum, persen penyisihan dirumuskan seperti berikut:

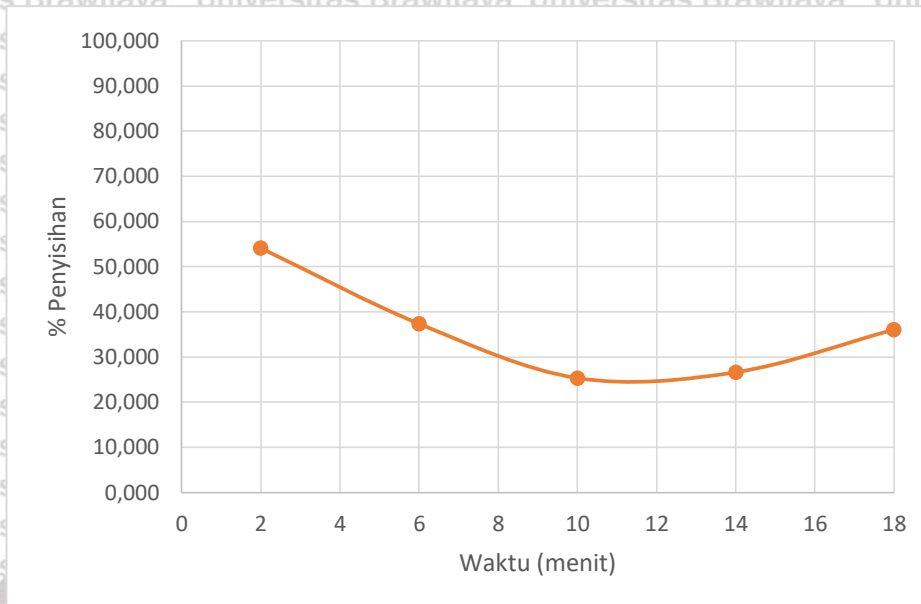
$$Y\% = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% = \frac{C_{ads}}{C_0} \times 100\% \tag{A.5}$$

Dengan menggunakan persamaan A.6, data variabel ketinggian 2 cm dengan laju alir 20 mL/menit dapat ditabulasikan menjadi :

Tabel A.12. Y% pada tiap waktu
Variabel Z = 2 cm F = 20 mL/menit

Waktu (menit)	C _t (mg/L)	C ₀ (mg/L)	C _{ads} (mg/L)	Y%	q total (mg)
2	10.7	23.3	12.6	54.077	0.504
6	14.6	23.3	8.7	37.339	1.044
10	17.4	23.3	5.9	25.322	1.180
14	17.1	23.3	6.2	26.609	1.736
18	14.9	23.3	8.4	36.052	3.024





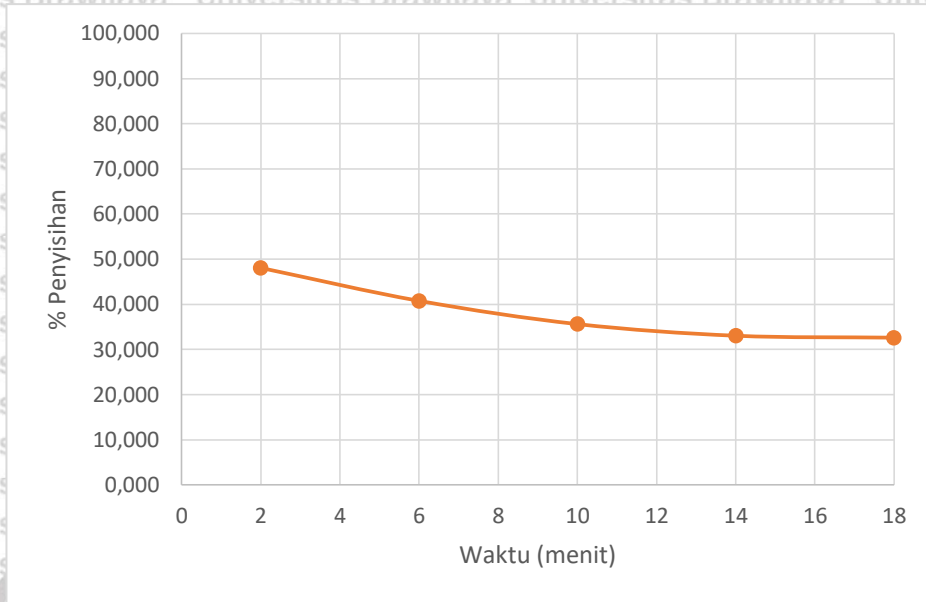
Gambar A.3. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 2 cm
F = 20 mL/menit

Persen penyisihan keseluruhan dapat ditentukan dengan merata-rata nilai Y% pada tiap waktu, sehingga diperoleh persen penyisihan keseluruhan sebesar 35,88%

Untuk data-data dari variabel lainnya dapat digunakan prosedur perhitungan yang sama menjadi seperti berikut ini :

Tabel A.13. Y% pada tiap waktu
Variabel Z = 3 cm F = 20 mL/menit

Waktu (menit)	C _t (mg/L)	C ₀ (mg/L)	C _{ads} (mg/L)	Y%	q total (mg)
2	12.1	23.3	11.2	48.069	0.448
6	13.8	23.3	9.5	40.773	1.140
10	15	23.3	8.3	35.622	1.660
14	15.6	23.3	7.7	33.047	2.156
18	15.7	23.3	7.6	32.618	2.736



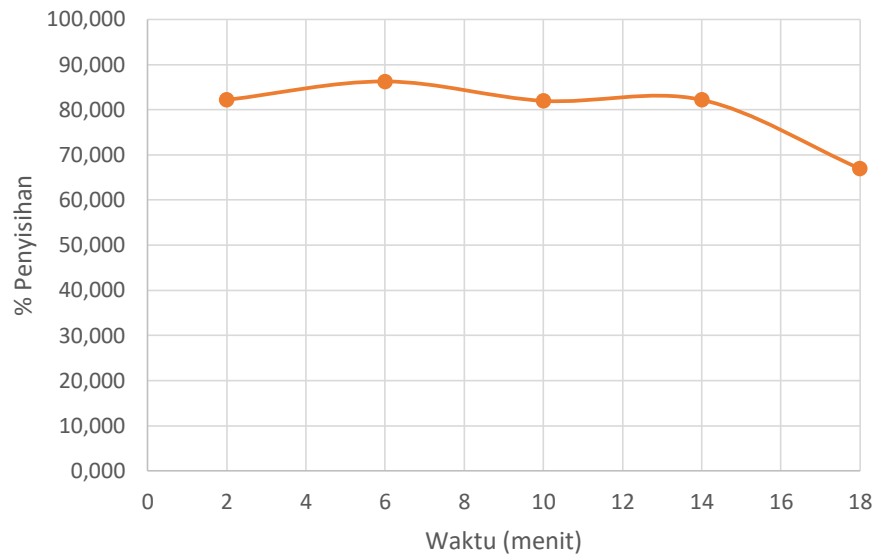
Gambar A.4. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 3 cm
F = 20 mL/menit

Persen penyisihan keseluruhan dapat ditentukan dengan merata-rata nilai Y% pada tiap waktu, sehingga diperoleh persen penyisihan keseluruhan sebesar 38,026%.

Untuk data-data dari variabel lainnya dapat digunakan prosedur perhitungan yang sama menjadi seperti berikut ini :

Tabel A.14. Y% pada tiap waktu
Variabel Z = 4 cm F = 20 mL/menit

Waktu (menit)	C_t (mg/L)	C_0 (mg/L)	C_{ads} (mg/L)	Y%	q total (mg)
2	4.15	23.3	19.15	82.189	0.766
6	3.2	23.3	20.1	86.266	2.412
10	4.2	23.3	19.1	81.974	3.820
14	4.15	23.3	19.15	82.189	5.362
18	7.7	23.3	15.6	66.953	5.616



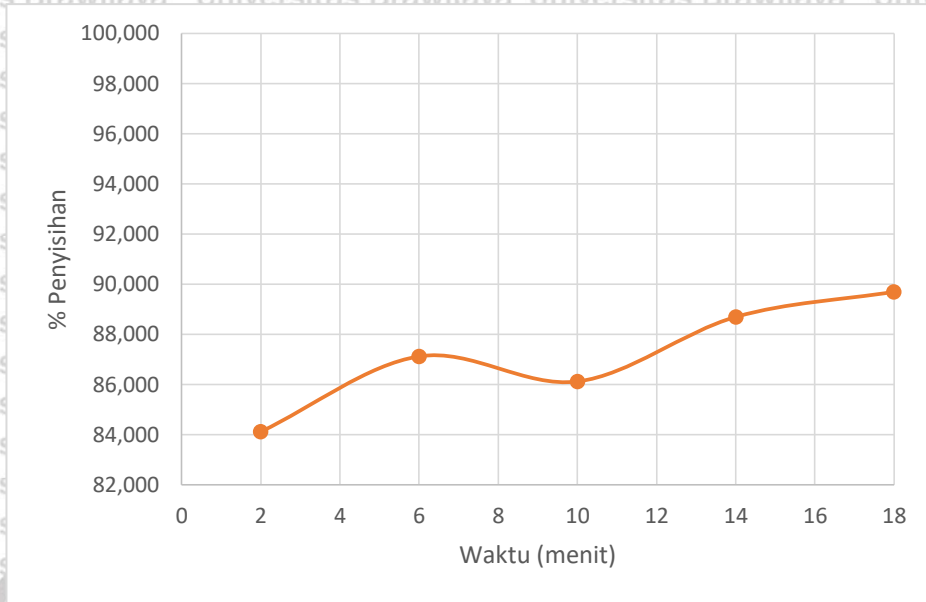
Gambar A.5. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 4 cm
F = 20 mL/menit

Persen penyisihan keseluruhan dapat ditentukan dengan merata-rata nilai Y% pada tiap waktu, sehingga diperoleh persen penyisihan keseluruhan sebesar 79,914%.

Untuk data-data dari variabel lainnya dapat digunakan prosedur perhitungan yang sama menjadi seperti berikut ini :

Tabel A.15. Y% pada tiap waktu
Variabel Z = 5 cm F = 20 mL/menit

Waktu (menit)	C_t (mg/L)	C_0 (mg/L)	C_{ads} (mg/L)	Y%	q total (mg)
2	3.699963	23.3	19.600037	84.120	0.784
6	2.99997	23.3	20.30003	87.125	2.436
10	3.233301	23.3	20.066699	86.123	4.013
14	2.633307	23.3	20.666693	88.698	5.787
18	2.399976	23.3	20.900024	89.700	7.524



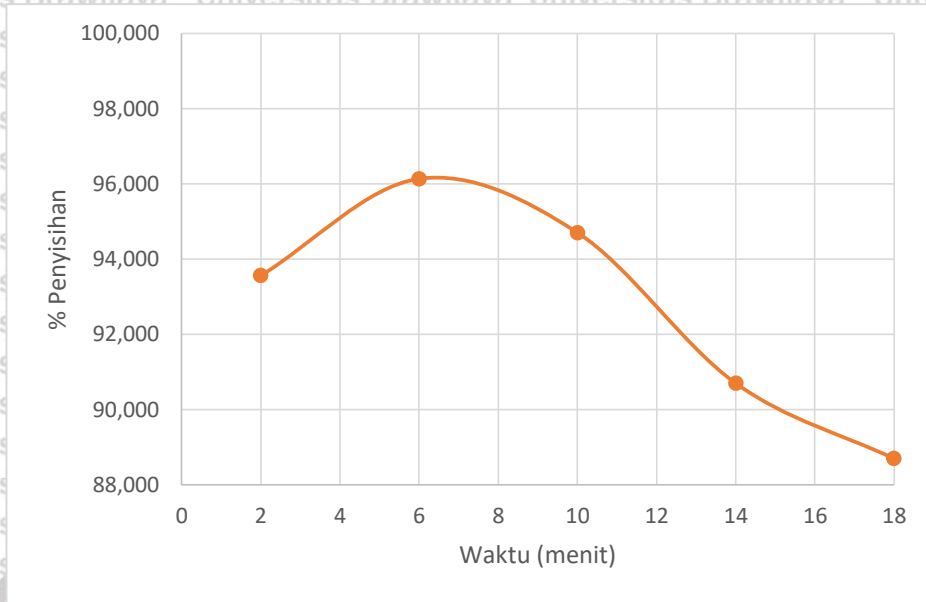
Gambar A.6. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 5 cm
F = 20 mL/menit

Persen penyisihan keseluruhan dapat ditentukan dengan merata-rata nilai Y% pada tiap waktu, sehingga diperoleh persen penyisihan keseluruhan sebesar 87,153%.

Untuk data-data dari variabel lainnya dapat digunakan prosedur perhitungan yang sama menjadi seperti berikut ini :

Tabel A.16. Y% pada tiap waktu
Variabel Z = 6 cm F = 20 mL/menit

Waktu (menit)	C _t (mg/L)	C ₀ (mg/L)	C _{ads} (mg/L)	Y%	q total (mg)
2	1.499985	23.3	21.800015	93.562	0.872
6	0.899991	23.3	22.400009	96.137	2.688
10	1.233321	23.3	22.066679	94.707	4.413
14	2.166645	23.3	21.133355	90.701	5.917
18	2.633307	23.3	20.666693	88.698	7.440



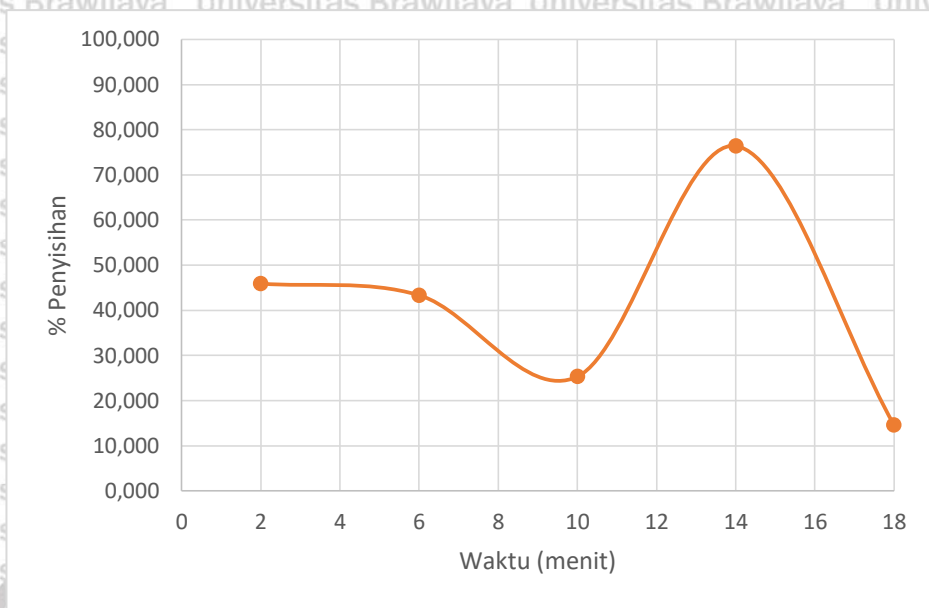
Gambar A.7. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 6 cm
F = 20 mL/menit

Persen penyisihan keseluruhan dapat ditentukan dengan merata-rata nilai Y% pada tiap waktu, sehingga diperoleh persen penyisihan keseluruhan sebesar 92,761%.

Untuk data-data dari variabel lainnya dapat digunakan prosedur perhitungan yang sama menjadi seperti berikut ini :

Tabel A.17. Y% pada tiap waktu
Variabel Z = 2 cm F = 12 mL/menit

Waktu (menit)	C _t (mg/L)	C ₀ (mg/L)	C _{ads} (mg/L)	Y%	q total (mg)
2	12.6	23.3	10.7	45.923	0.257
6	13.2	23.3	10.1	43.348	0.727
10	17.4	23.3	5.9	25.322	0.708
14	5.5	23.3	17.8	76.395	2.990
18	19.9	23.3	3.4	14.592	0.734



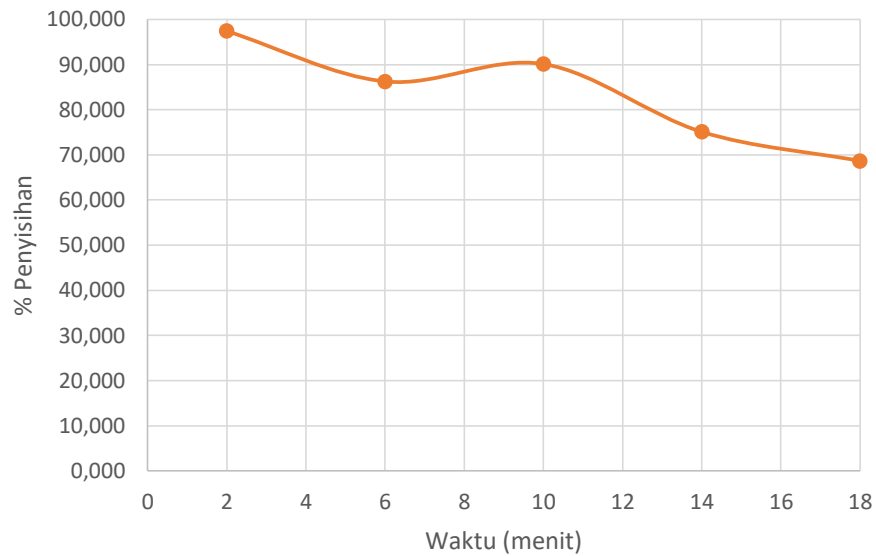
Gambar A.8. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 2 cm
F = 12 mL/menit

Persen penyisihan keseluruhan dapat ditentukan dengan merata-rata nilai Y% pada tiap waktu, sehingga diperoleh persen penyisihan keseluruhan sebesar 41,116%

Untuk data-data dari variabel lainnya dapat digunakan prosedur perhitungan yang sama menjadi seperti berikut ini :

Tabel A.18. Y% pada tiap waktu
Variabel Z = 3 cm F = 12 mL/menit

Waktu (menit)	C _t (mg/L)	C ₀ (mg/L)	C _{ads} (mg/L)	Y%	q total (mg)
2	0.6	23.3	22.7	97.425	0.545
6	3.2	23.3	20.1	86.266	1.447
10	2.3	23.3	21	90.129	2.520
14	5.8	23.3	17.5	75.107	2.940
18	7.3	23.3	16	68.670	3.456



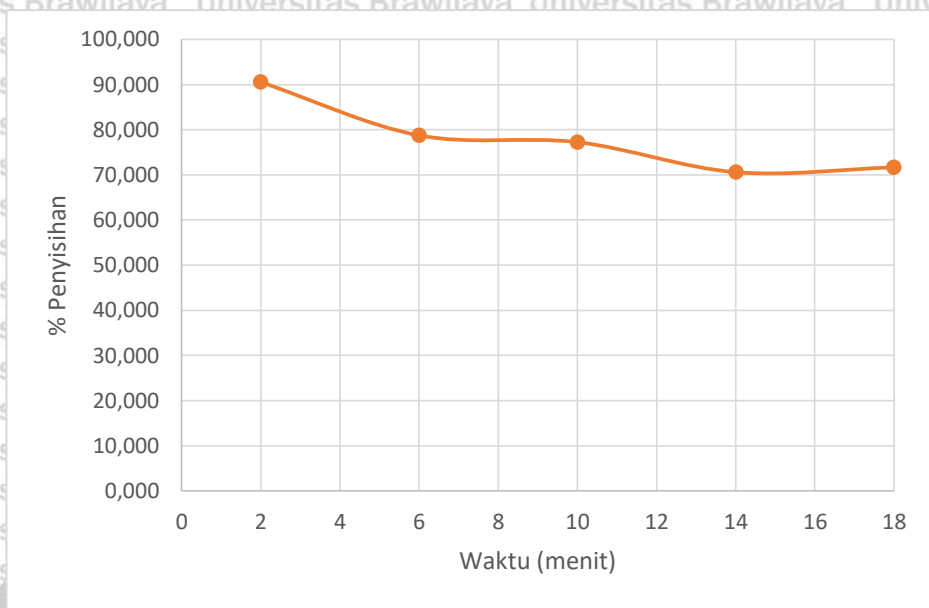
Gambar A.9. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 3 cm
F = 12 mL/menit

Persen penyisihan keseluruhan dapat ditentukan dengan merata-rata nilai Y% pada tiap waktu, sehingga diperoleh persen penyisihan keseluruhan sebesar 83,519%.

Untuk data-data dari variabel lainnya dapat digunakan prosedur perhitungan yang sama menjadi seperti berikut ini :

Tabel A.19. Y% pada tiap waktu
Variabel Z = 4 cm F = 12 mL/menit

Waktu (menit)	C _t (mg/L)	C ₀ (mg/L)	C _{ads} (mg/L)	Y%	q total (mg)
2	2.2	23.3	21.1	90.558	0.506
6	4.95	23.3	18.35	78.755	1.321
10	5.3	23.3	18	77.253	2.160
14	6.85	23.3	16.45	70.601	2.764
18	6.6	23.3	16.7	71.674	3.607



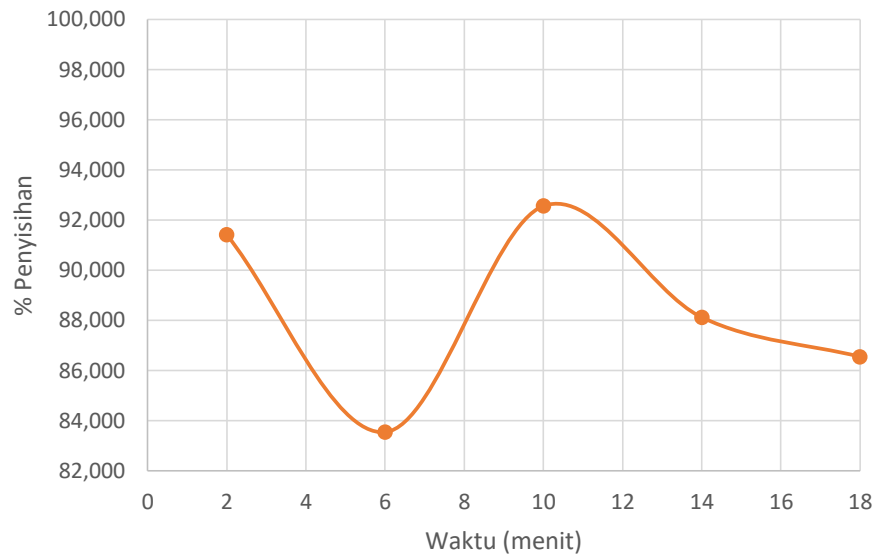
Gambar A.10. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 4 cm
F = 12 mL/menit

Persen penyisihan keseluruhan dapat ditentukan dengan merata-rata nilai Y% pada tiap waktu, sehingga diperoleh persen penyisihan keseluruhan sebesar 77,768%.

Untuk data-data dari variabel lainnya dapat digunakan prosedur perhitungan yang sama menjadi seperti berikut ini :

Tabel A.20. Y% pada tiap waktu
Variabel Z = 5 cm F = 12 mL/menit

Waktu (menit)	C _t (mg/L)	C ₀ (mg/L)	C _{ads} (mg/L)	Y%	q total (mg)
2	1.99998	23.3	21.30002	91.416	0.511
6	3.833295	23.3	19.466705	83.548	1.402
10	1.733316	23.3	21.566684	92.561	2.588
14	2.766639	23.3	20.533361	88.126	3.450
18	3.133302	23.3	20.166698	86.552	4.356



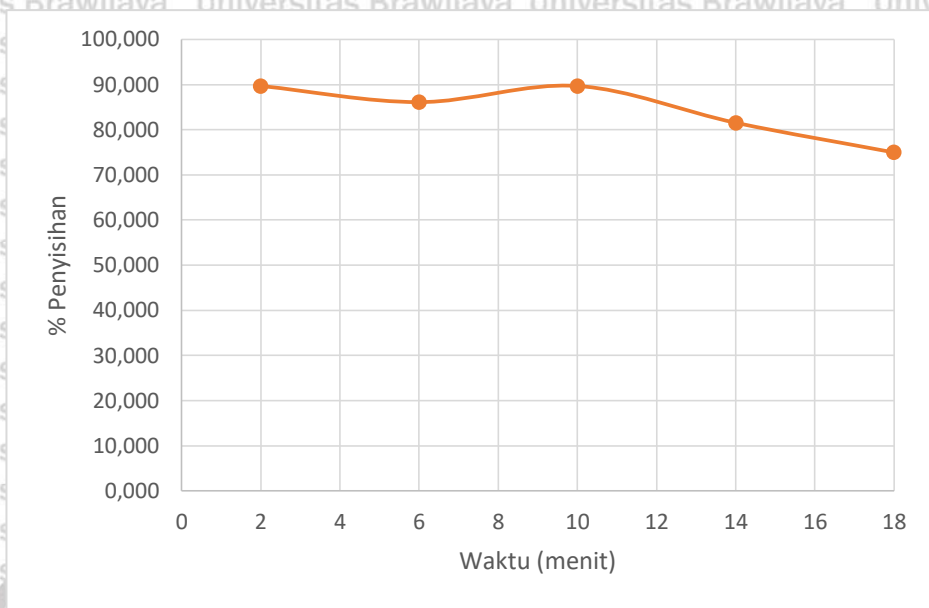
Gambar A.11. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 5 cm
F = 12 mL/menit

Persen penyisihan keseluruhan dapat ditentukan dengan merata-rata nilai Y% pada tiap waktu, sehingga diperoleh persen penyisihan keseluruhan sebesar 88,441%.

Untuk data-data dari variabel lainnya dapat digunakan prosedur perhitungan yang sama menjadi seperti berikut ini :

Tabel A.21. Y% pada tiap waktu
Variabel Z = 6 cm F = 12 mL/menit

Waktu (menit)	C _t (mg/L)	C ₀ (mg/L)	C _{ads} (mg/L)	Y%	q total (mg)
2	2.399976	23.3	20.900024	89.700	0.502
6	3.233301	23.3	20.066699	86.123	1.445
10	2.399976	23.3	20.900024	89.700	2.508
14	4.299957	23.3	19.000043	81.545	3.192
18	5.833275	23.3	17.466725	74.964	3.773



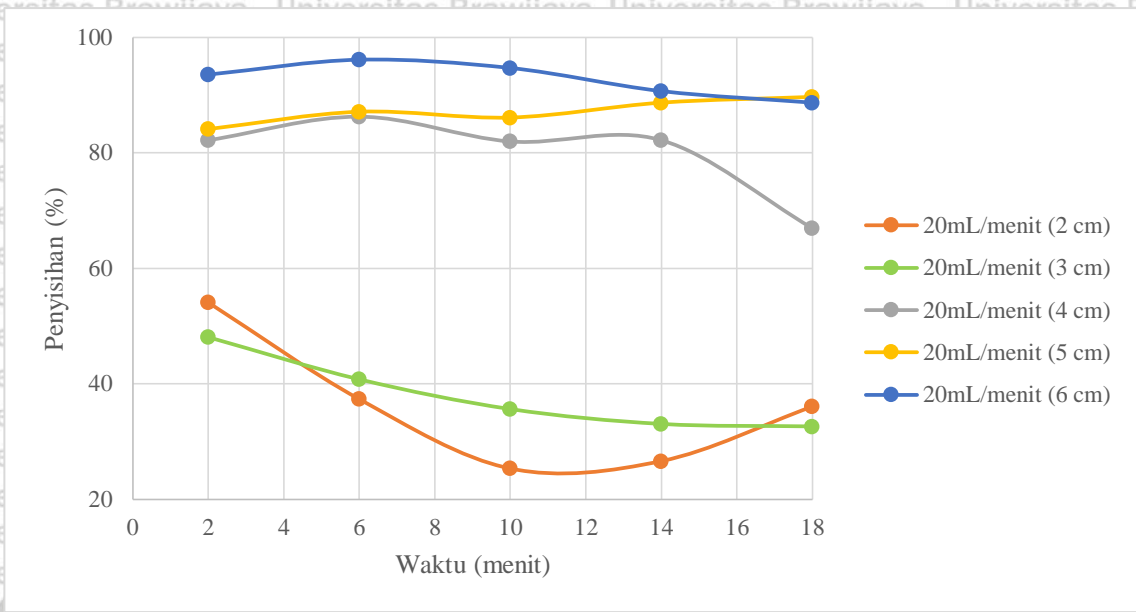
Gambar A.12. Persen Penyisihan (Y%) tiap satuan waktu Variabel Z = 6 cm
F = 12 mL/menit

Persen penyisihan keseluruhan dapat ditentukan dengan merata-rata nilai Y% pada tiap waktu, sehingga diperoleh persen penyisihan keseluruhan sebesar 84,406%.

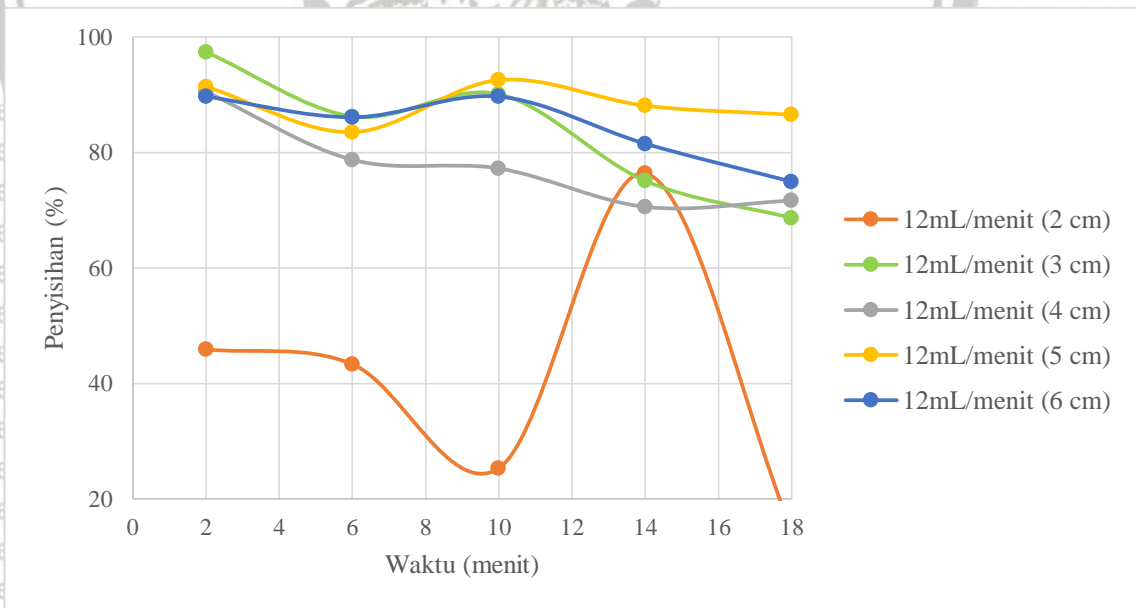
Sedangkan berikut ini merupakan persen penyisihan *overall* yang dihasilkan pada tiap variabel ketinggian *bed* dan laju alir :

Tabel A.22. Persen Penyisihan (Y%) pada seluruh Variabel

Laju Alir (F) (mL/menit)	Ketinggian Z (cm)	Persen Penyisihan (Y) (%)
20	2	35,88
	3	38,026
	4	79,914
	5	87,153
	6	92,761
	12	2
3		83,519
4		77,768
5		88,441
6		84,406



Gambar A.13. Persen Penyisihan (Y%) Ion Cr (VI) oleh Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah pada Laju Alir 20 mL/menit dengan Variasi Ketinggian Bed



Gambar A.14. Persen Penyisihan (Y%) Ion Cr (VI) oleh Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah pada Laju Alir 12 mL/menit dengan Variasi Ketinggian Bed



6. Karakteristik Karbon dan Karbon Aktif

6.1. Uji Kadar Air

Kadar air dalam karbon dan karbon dihitung dengan persamaan

$$\%Kadar\ Air = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \quad (A.6)$$

Dimana:

W_1 : Berat karbon/ karbon aktif sebelum dipanaskan 115°C selama 3 jam

W_2 : Berat karbon/ karbon aktif sebelum dipanaskan 115°C selama 3 jam

$$\%Kadar\ Air\ Karbon\ Aktif = \frac{1 - 0,985}{1} \times 100\%$$

$$\%Kadar\ Air\ Karbon\ Aktif = 1,5\%$$

$$\%Kadar\ Air\ Karbon = \frac{1 - 0,995}{1} \times 100\%$$

$$\%Kadar\ Air\ Karbon = 0,5\%$$

6.2. Uji Kadar Abu

Kadar abu dalam karbon dan karbon dihitung dengan persamaan :

$$\%Kadar\ Abu = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \quad (A.7)$$

Dimana:

W_1 : Berat karbon/ karbon aktif sebelum dipanaskan 950 °C selama 2 jam

W_2 : Berat karbon/ karbon aktif sebelum dipanaskan 950 °C selama 2 jam

$$\%Kadar\ Abu\ Karbon\ Aktif = \frac{2 - 1,837}{2} \times 100\%$$

$$\%Kadar\ Abu\ Karbon\ Aktif = 8,6\%$$

$$\%Kadar\ Abu\ Karbon = \frac{2 - 1,793}{2} \times 100\%$$

$$\%Kadar\ Abu\ Karbon = 11,3\%$$

6.3. Uji Kadar Zat Volatil

Kadar zat volatil dalam karbon dan karbon dihitung dengan persamaan

$$\%Kadar Abu = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\% \quad (A.8)$$

Dimana:

W_1 : Berat karbon/ karbon aktif sebelum dipanaskan 950 °C selama 7 menit

W_2 : Berat karbon/ karbon aktif sebelum dipanaskan 950 °C selama 7 menit

$$\%Kadar Zat Volatil Karbon Aktif = \frac{2 - 0,53}{2} \times 100\%$$

$$\%Kadar Zat Volatil Karbon Aktif = 73,5\%$$

$$\%Kadar Zat Volatil Karbon = \frac{2 - 0,46}{2} \times 100\%$$

$$\%Kadar Zat Volatil Karbon = 77\%$$

6.4. Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat adalah kadar karbon murni tanpa kandungan air, abu, dan zat volatil. Kadar karbon terikat dihitung dengan perhitungan:

$$\text{Kadar Karbon Terikat} = 100\% - \%Kadar Air - \%Kadar Abu - \%Kadar Zat Volatil \quad (A.9)$$


Dari uji yang dilakukan dapat dihitung untuk karbon aktif :



$$\begin{aligned} \text{Kadar Karbon Terikat} &= 100\% - 1,5\% - 8,6\% - 73,5\% \\ &= 16,4\% \end{aligned}$$


Sedangkan untuk karbon :


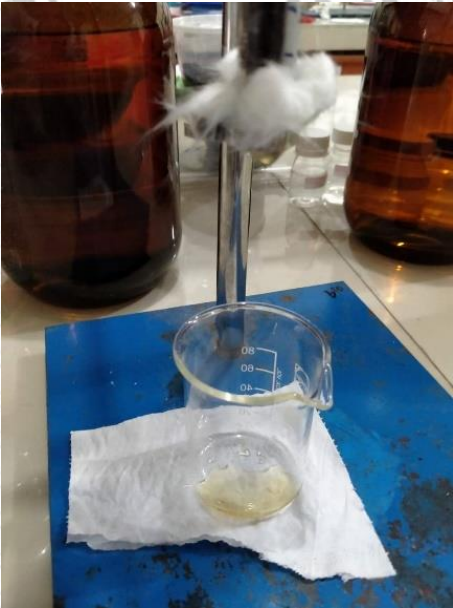
$$\begin{aligned} \text{Kadar Karbon Terikat} &= 100\% - 0,5\% - 11,3\% - 77\% \\ &= 11,2\% \end{aligned}$$



LAMPIRAN B
DOKUMENTASI KEGIATAN

No	Gambar	Keterangan
1		Pencucian Kulit Kacang Tanah
2		Pengeringan Kulit Kacang Tanah




No	Gambar	Keterangan
3		<p>Karbonisasi Kulit Kacang Tanah</p>
4		<p>Aktivasi Karbon Kulit Kacang Tanah</p>

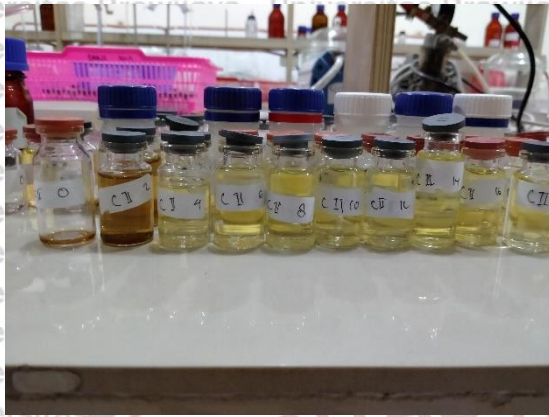
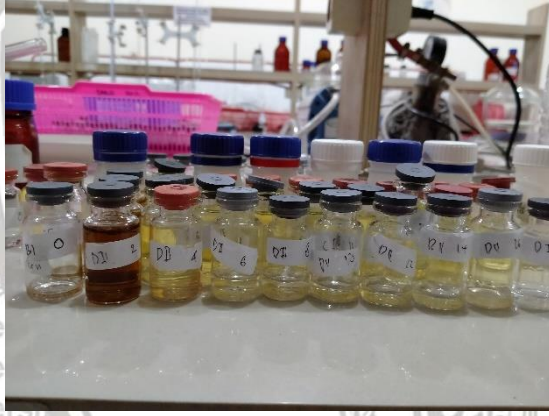
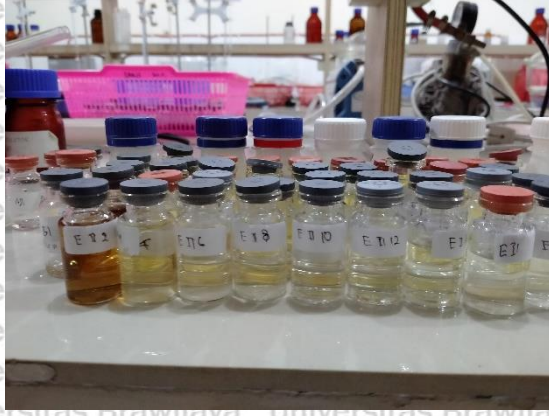
No	Gambar	Keterangan
5		<p>Pengeringan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah</p>
6		<p>Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah</p>

No	Gambar	Keterangan
7		<p>Trial Adsorpsi</p>
8		<p>Effluen Hasil Adsorpsi</p>

No	Gambar	Keterangan
9		<p>Proses Adsorpsi Cr (VI)</p>
10		<p>Hasil Adsorpsi Variabel Z = 2 cm, F = 20 mL/Menit</p>


No	Gambar	Keterangan
11		<p>Hasil Adsorpsi</p> <p>Variabel Z = 3 cm, F = 20 mL/Menit</p>
12		<p>Hasil Adsorpsi</p> <p>Variabel Z = 4 cm, F = 20 mL/Menit</p>
13		<p>Hasil Adsorpsi</p> <p>Variabel Z = 5 cm, F = 20 mL/Menit</p>

No	Gambar	Keterangan
14		<p>Hasil Adsorpsi</p> <p>Variabel Z = 6 cm, F = 20 mL/Menit</p>
15		<p>Hasil Adsorpsi</p> <p>Variabel Z = 2 cm, F = 12 mL/Menit</p>
16		<p>Hasil Adsorpsi</p> <p>Variabel Z = 3 cm, F = 12 mL/Menit</p>

No	Gambar	Keterangan
17		<p>Hasil Adsorpsi</p> <p>Variabel Z = 4 cm, F = 12 mL/Menit</p>
18		<p>Hasil Adsorpsi</p> <p>Variabel Z = 5 cm, F = 12 mL/Menit</p>
19		<p>Hasil Adsorpsi</p> <p>Variabel Z = 6 cm, F = 12 mL/Menit</p>

LAMPIRAN C
HASIL UJI EKSTERNAL

1. Uji XRF

	UNIVERSITAS NEGERI MALANG FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL) Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telp. 0341-551312 (pnm 200) 574895/ 085106001988 E-mail : laboratoriumsentrallum@ub.yahyo.co.id / lab_sentrall@um.ac.id Website : central-laboratory.um.ac.id																												
	LAPORAN HASIL UJI LSUM.LHU.E.0308.2020																												
Customers	: Danang Wahyu W. - UB																												
Contact Customer	: 085785080436/ Email : wijaya.wahyu06@gmail.com																												
Methods	: IKM.E.1																												
Test Equipment	: XRF																												
Received Date	: 12 Mei 2020																												
Order Number	: LSUM.P.0538.2020																												
SPECIMEN DESCRIPTION																													
Condition of Samples	: Sampel serbuk kasar warna coklat dalam plastik klip																												
Sample Code	: E 299																												
Material Name	: Kulit kacang tanah																												
Measurement time	: 18 Mei 2020																												
OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR																													
Analyzer	: Mailinda A.H., S.Si																												
Supervisor	: Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D																												
RESULTS																													
Remark:																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Compound</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Si</td></tr> <tr><td>2</td><td>S</td></tr> <tr><td>3</td><td>Cl</td></tr> <tr><td>4</td><td>K</td></tr> <tr><td>5</td><td>Ca</td></tr> <tr><td>6</td><td>Cr</td></tr> <tr><td>7</td><td>Mn</td></tr> <tr><td>8</td><td>Fe</td></tr> <tr><td>9</td><td>Ni</td></tr> <tr><td>10</td><td>Cu</td></tr> <tr><td>11</td><td>Br</td></tr> <tr><td>12</td><td>Nd</td></tr> <tr><td>13</td><td>Yb</td></tr> </tbody> </table>	No	Compound	1	Si	2	S	3	Cl	4	K	5	Ca	6	Cr	7	Mn	8	Fe	9	Ni	10	Cu	11	Br	12	Nd	13	Yb
No	Compound																												
1	Si																												
2	S																												
3	Cl																												
4	K																												
5	Ca																												
6	Cr																												
7	Mn																												
8	Fe																												
9	Ni																												
10	Cu																												
11	Br																												
12	Nd																												
13	Yb																												

*Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji.

Mengetahui,
Manajer Teknis



Dra. Surjani Wonorahardjo, Ph.D.
NIP.196605281991032001

Malang, 19 Mei 2020
Mengetahui



Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP.197208152005011001



Sample results

Sample ident
E 300

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	18-mei-2020 10:00:26
Position	11

Compound	SiO2	SO3	Cl	K2O	CaO	TiO2	Cr2O3	MnO	Fe2O3	NiO	CuO	ZnO
Conc	0,8	3,84	66,5	7,32	17,2	0,2	0,13	0,07	1,61	0,05	0,21	0,02
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Compound	Br	BaO	Eu2O3	Yb2O3	Re2O7
Conc	0,06	0,57	0,89	0,2	0,4
Unit	%	%	%	%	%



Sample results

Sample ident
E 299

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	18-mei-2020 09:58:28
Position	10

Compound	SiO2	SO3	Cl	K2O	CaO	Cr2O3	MnO	Fe2O3	NiO	CuO	Br	Nd2O3
Conc	1,4	5,04	79,7	4,52	8,00	0,11	0,078	0,48	0,03	0,098	0,072	0,35
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Compound	Yb2O3
Conc	0,07
Unit	%

	UNIVERSITAS NEGERI MALANG
	FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
	LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
	Jalan Semarang 5, Malang 65145
	Telp. 0341-551312 (paw 200) 574893-08310001088 E-mail : laboratoriumcentral@um.ac.id / lab-sentral@um.ac.id Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI																													
LSUM.LHU.E.0329.2020																													
Customers	: Danang Wahyu W. - UB																												
Contact Customer	: 085785080436/ Email : wijaya.wahyu06@gmail.com																												
Methods	: IKM.E.1																												
Test Equipment	: XRF																												
Received Date	: 3 Juni 2020																												
Order Number	: LSUM.P.0565.2020																												
SPECIMEN DESCRIPTION																													
Condition of Samples	: Sampel serbuk hitam kasar dalam plastik klip																												
Sample Code	: E 323																												
Material Name	: Karbon aktif																												
Measurement time	: 4 Juni 2020																												
OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR																													
Analyzer	: Mailinda A.H., S.Si																												
Supervisor	: Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D																												
RESULTS																													
Remark:																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Compound</th> <th>Compound</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Al</td><td>Al₂O₃</td></tr> <tr><td>Si</td><td>SiO₂</td></tr> <tr><td>P</td><td>P₂O₅</td></tr> <tr><td>K</td><td>K₂O</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>CaO</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>TiO₂</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>MnO</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>Fe₂O₃</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>NiO</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>CuO</td></tr> <tr><td>Ba</td><td>BaO</td></tr> <tr><td>Ce</td><td>CeO₂</td></tr> <tr><td>Eu</td><td>Eu₂O₃</td></tr> </tbody> </table>	Compound	Compound	Al	Al ₂ O ₃	Si	SiO ₂	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Ca	CaO	Ti	TiO ₂	Mn	MnO	Fe	Fe ₂ O ₃	Ni	NiO	Cu	CuO	Ba	BaO	Ce	CeO ₂	Eu	Eu ₂ O ₃
Compound	Compound																												
Al	Al ₂ O ₃																												
Si	SiO ₂																												
P	P ₂ O ₅																												
K	K ₂ O																												
Ca	CaO																												
Ti	TiO ₂																												
Mn	MnO																												
Fe	Fe ₂ O ₃																												
Ni	NiO																												
Cu	CuO																												
Ba	BaO																												
Ce	CeO ₂																												
Eu	Eu ₂ O ₃																												
*Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji.																													
*Hasil pengujian juga diminta dalam bentuk unsur dan oksida																													



Sample results

Sample ident
E 323

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	04-jun-2020 09:25:02
Position	2

Compound	Al2O3	SiO2	P2O5	K2O	CaO	TiO2	MnO	Fe2O3	NiO	CuO	BaO	CeO2
Conc	2	8,4	4,2	23,7	42,8	1,1	1,2	13,1	0,38	0,84	1	0,2
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Compound	Eu2O3
Conc	0,8
Unit	%

2. UJI FT-IR



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS MIPA
JURUSAN KIMIA

Jl. Veteran, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia, Telp :+62-341-575838, fax : +62-341-554403
<http://kimia.ub.ac.id>, e-mail:kimia_UB@ub.ac.id

LAPORAN HASIL ANALISIS

NO : IR.32 / RT.5 / T.1 / R.0 / TT. 150803 / 2020

1. Data Konsumen
 - Nama : Danang Wahyu Wijaya
 - Instansi : Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
 - Alamat : Jl. Veteran Malang
 - Telepon : 085785080436
 - Status : Mahasiswa S-1
 - Keperluan Analisis : Uji Kualitas
2. Sampling Dilakukan Oleh : Konsumen
3. Identifikasi Sampel
 - Nama Sampel : Kulit Kacang Tanah
 - Wujud : Padatan
 - Warna : Hitam
 - Bau : Tidak Ada Bau
4. Prosedur Analisis : Dilakukan oleh Unit Analisis dan Pengukuran Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya Malang
5. Metode Analisis : *Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy* (8400S/Shimadzu)
6. Penyampaian Laporan Hasil Analisis : Dikirim e-mail
7. Tanggal Terima Sampel : 12 Mei 2020
8. Data Hasil Analisis : Terlampir

Catatan:

Hasil analisis ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.

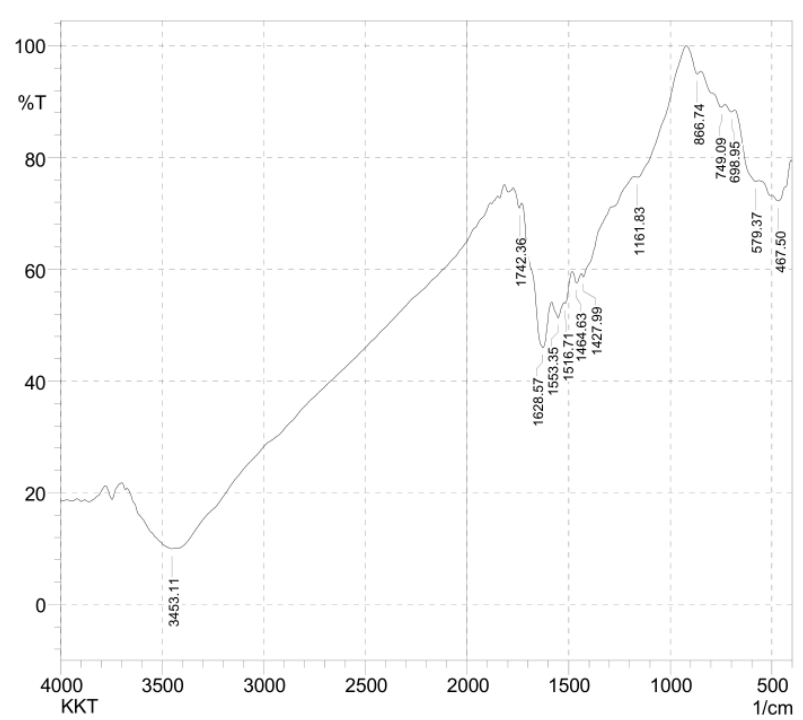
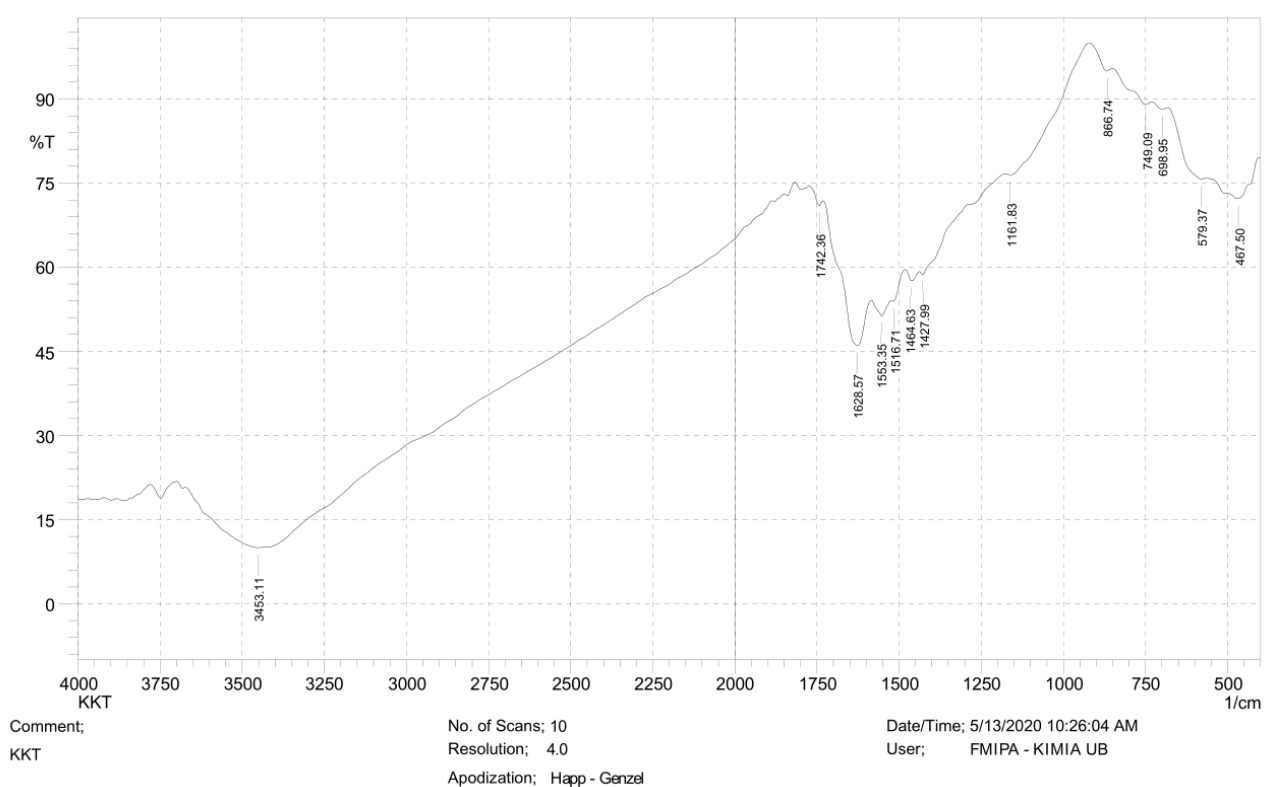
Malang, 13 Mei 2020

Masruri, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 19731020 200212 1 001

Ketua Unit Analisis dan Pengukuran,

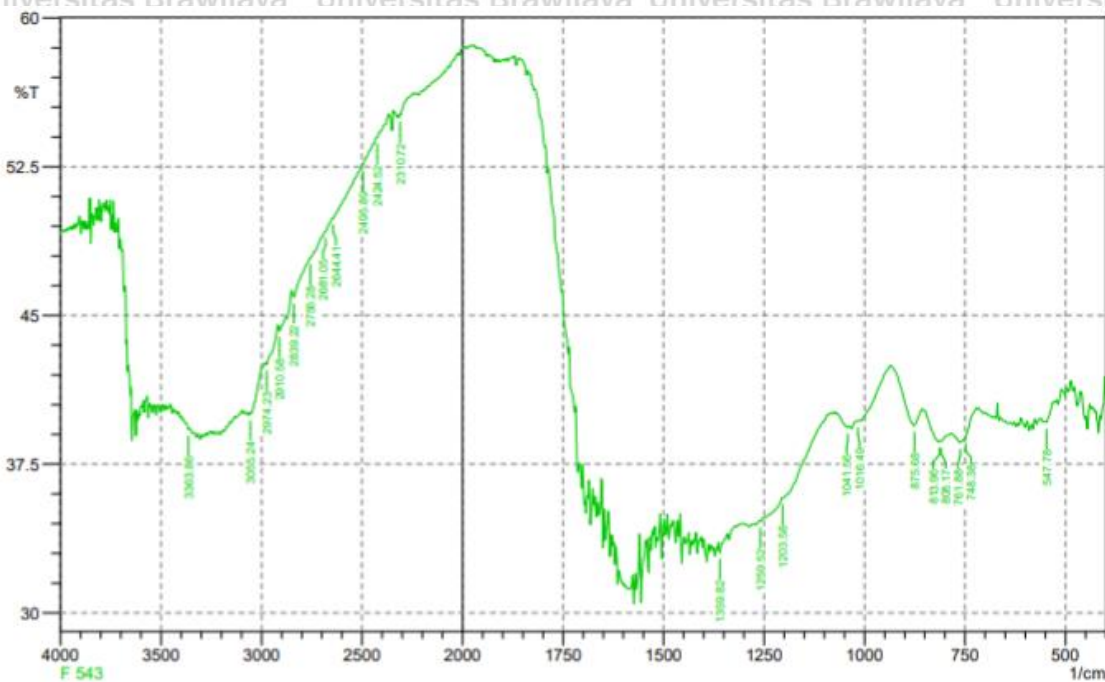
Moh. Farid Rahman, S.Si., M.Si.
NIP. 19700720 199702 1 001





	Peak	Intensity	Corr. Inte	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Are
1	467.5	72.238	3.193	500.29	405.79	12.24	1.153
2	579.37	75.726	1.628	683.52	565.87	11.283	1.12
3	698.95	88.181	0.65	729.8	683.52	2.426	0.083
4	749.09	89.003	1.457	849.38	729.8	4.593	0.506
5	866.74	94.98	1.587	920.74	849.38	0.931	0.211
6	1161.83	76.486	1.542	1177.26	920.74	16.903	2.07
7	1427.99	58.653	1.229	1437.63	1177.26	42.597	-2.063
8	1464.63	57.618	1.821	1481.99	1437.63	10.332	0.299
9	1516.71	53.933	0.917	1522.49	1481.99	10.024	0.058
10	1553.35	51.336	2.746	1584.21	1522.49	17.146	0.671
11	1628.57	46.022	13.451	1730.79	1584.21	37.831	7.756
12	1742.36	70.975	1.623	1773.22	1730.79	5.921	0.173
13	3453.11	10	17.081	3672.98	1887.01	898.505	161.771





	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	547.78	39.605	0.579	561.29	532.35	11.549	0.108
2	748.38	38.75	0.105	750.31	721.38	11.604	0
3	761.88	38.593	0.229	783.1	754.17	11.908	0.039
4	808.17	38.651	0.078	812.03	785.03	11.083	0.006
5	813.96	38.647	0.096	856.39	812.03	17.98	0.062
6	875.68	39.461	1.292	935.48	858.32	30.114	0.508
7	1016.49	39.654	0.067	1018.41	937.4	31.481	0.173
8	1041.56	39.36	0.078	1068.56	1039.63	11.63	0.026
9	1203.58	35.79	0.082	1205.51	1093.64	47.322	0.174
10	1259.52	34.618	0.07	1261.45	1205.51	25.45	0.113
11	1359.82	33.045	0.58	1363.67	1342.46	10.066	0.06
12	2310.72	55.088	0.081	2312.65	2270.22	10.811	0.005
13	2424.52	53.994	0.04	2426.45	2366.66	15.756	0.04
14	2495.89	52.602	0.046	2497.82	2445.74	14.305	0.01
15	2644.41	49.913	0.04	2646.34	2499.75	42.626	0.083
16	2681.05	49.239	0.038	2682.98	2646.34	11.162	0.003
17	2756.28	47.91	0.042	2758.21	2700.34	18.244	0.041
18	2839.22	45.919	0.517	2848.86	2758.21	29.774	0.131
19	2910.58	44.226	0.364	2918.3	2879.72	13.554	0.068
20	2974.23	42.542	0.099	2976.16	2920.23	20.333	0.142
21	3055.24	40.014	0.238	3059.1	2999.31	23.15	0.164
22	3363.86	39.247	0.106	3385.07	3360	10.127	0.007



3. Uji Spektrofotometri UV-VIS

Photometric Report

05/27/2020 03:07:01 PM

File Name: F:\2020\Danang-Tsany\File_200527_kurva std cr6.pho

[Wavelengths]
 Wavelength Name: WL542.8
 Wavelength: 542.80 nm

[Calibration Curve]
 Column for Cal. Curve: WL542.8
 Cal. Curve Type: Multi Point
 Cal. Curve Unit: mg/l
 Selected Wavelength: WL542.8
 Calibration Equation: Abs = K1*(Conc) + K0
 Zero Interception: Not Selected

[Measurement Parameters(Standard)]
 Data Acquired by: Instrument
 Delay sample read: Disabled
 Repeat: Disabled

[Measurement Parameters(Sample)]
 Data Acquired by: Instrument
 Delay sample read: Disabled
 Repeat: Disabled

[Equations]

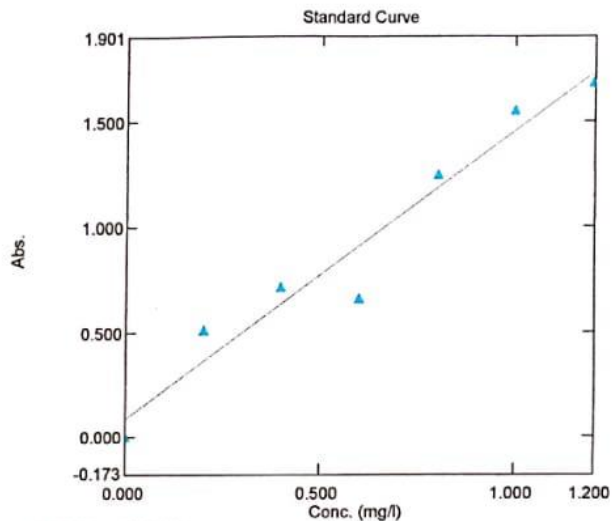
[Pass Fail]

[Method Summary]

Title:
 Date/Time: 05/27/2020 02:51:17 PM
 Comments:
 Sample Preparations:

[Instrument Properties]
 Instrument Type: UV-1900 Series
 Measuring Mode: Absorbance
 Slit Width: 1.0 nm
 Light Source Change Wavelength: 340.8 nm
 S/R Exchange: Normal

$y = 1.36645x + 0.0903762$
 $r^2 = 0.94739$
 Chi Square = 0.24380
 Standard Error of Estimate = 0.15240
 Residual Standard Deviation = 0.13912
 $r(m)^2 = 0.94739$



Standard Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL542.8	Wgt.Factor	Comments
1	Standard		0.000	0.000	1.000	
2	Standard		0.200	0.515	1.000	
3	Standard		0.400	0.718	1.000	
4	Standard		0.600	0.659	1.000	
5	Standard		0.800	1.243	1.000	
6	Standard		1.000	1.554	1.000	
7	Standard		1.200	1.683	1.000	
8						

Sample Table

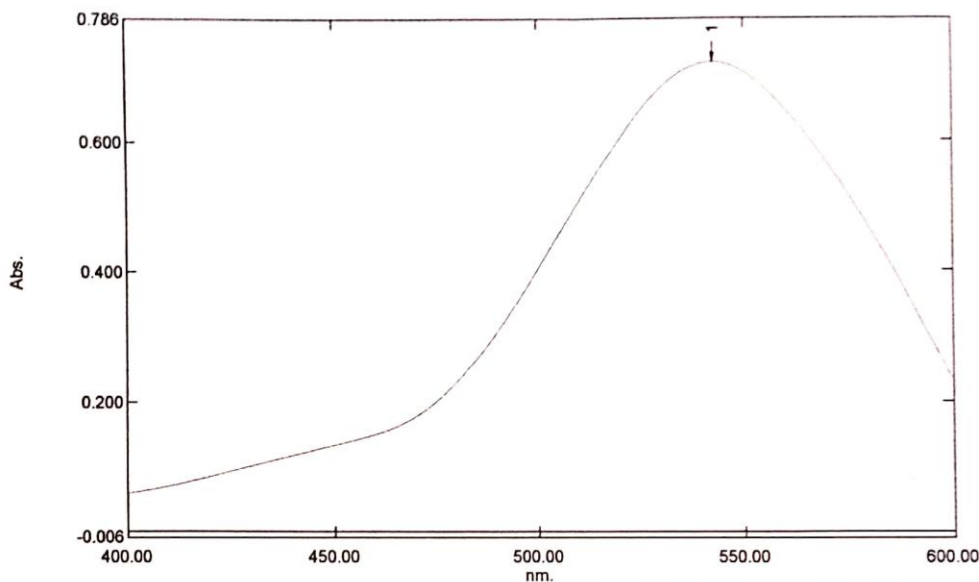
Sample ID	Type	Ex	Conc	WL542.8	Comments
1					



Spectrum Peak Pick Report

05/27/2020 02:58:41 PM

Data Set: File_200527_pjg gel maks danag-tsany - RawData



[Measurement Properties]
 Wavelength Range (nm.): 400.00 to 600.00
 Scan Speed: Fast
 Sampling Interval: 0.2
 Auto Sampling Interval: Enabled
 Scan Mode: Single

No.	P/V	Wavelength	Abs.	Description
1	①	542.80	0.720	

[Instrument Properties]
 Instrument Type: UV-1900 Series
 Measuring Mode: Absorbance
 Slit Width: 1.0 nm
 Light Source Change Wavelength: 340.8 nm
 S/R Exchange: Normal

[Attachment Properties]
 Attachment: None

[Operation]
 Threshold: 0.0010000
 Points: 4
 InterPolate: Disabled
 Average: Disabled

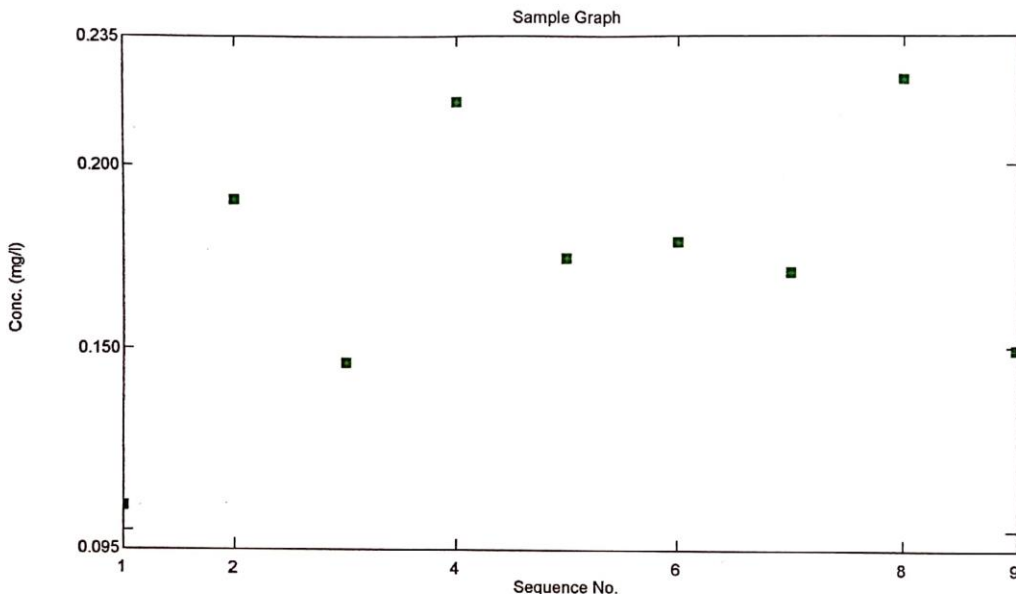
[Sample Preparation Properties]
 Weight:
 Volume:
 Dilution:
 Path Length:
 Additional Information:



Sample Table Report

06/10/2020 01:54:25 PM

File Name: F:\2020\Danang-Tsany\sample A I.pho



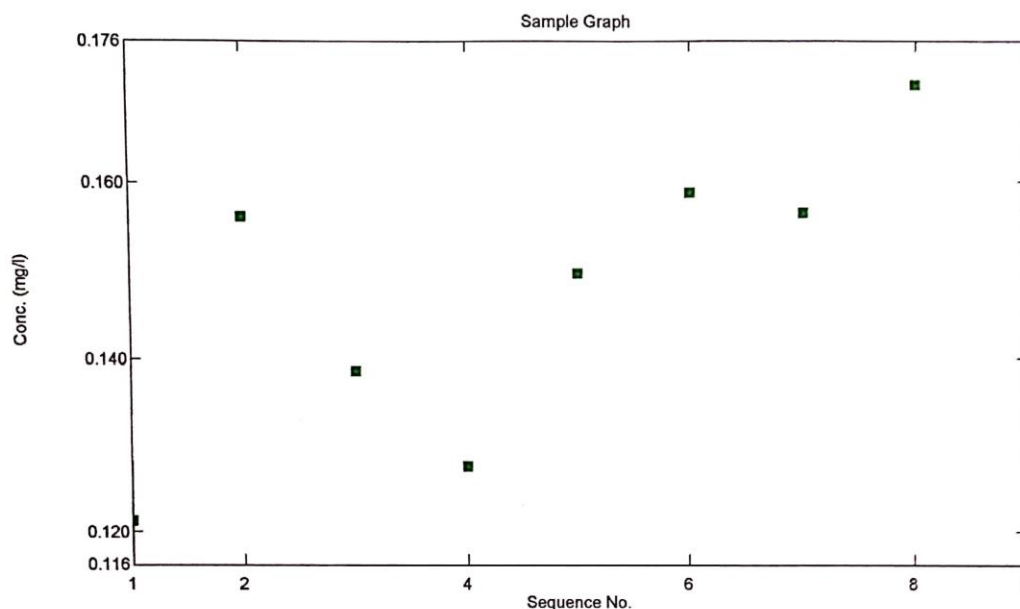
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL542.8	Comments
1	2	Unknown		0.107	0.236	
2	4	Unknown		0.190	0.351	
3	6	Unknown		0.146	0.290	
4	8	Unknown		0.217	0.387	
5	10	Unknown		0.174	0.329	
6	12	Unknown		0.179	0.335	
7	14	Unknown		0.171	0.324	
8	16	Unknown		0.223	0.395	
9	18	Unknown		0.149	0.294	
10						

Sample Table Report

06/10/2020 02:03:34 PM

File Name: F:\2020\Danang-Tsany\sample B I.pho



Sample Table

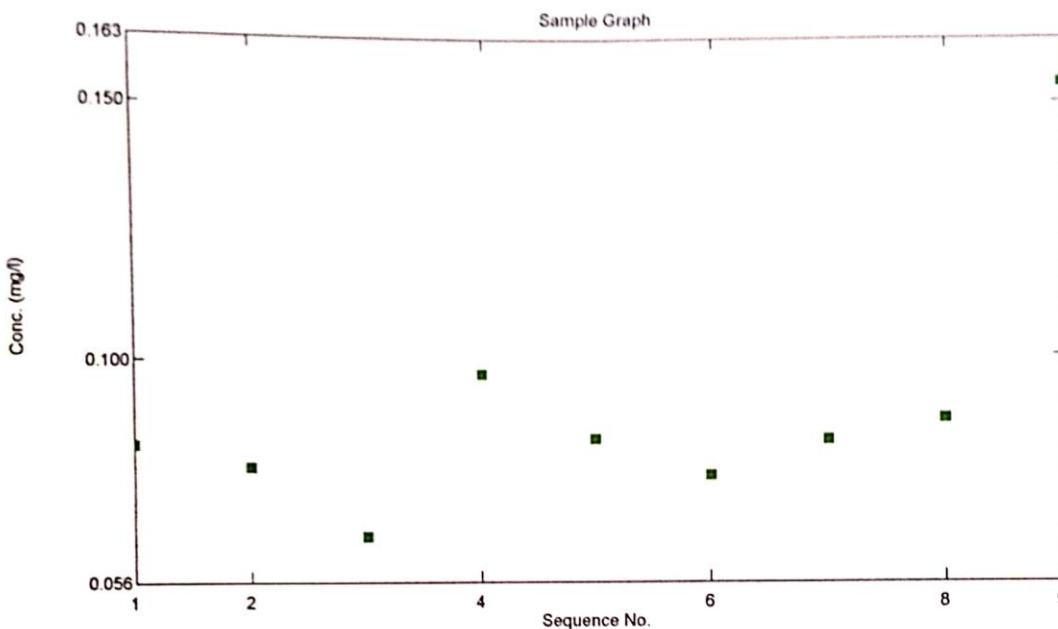
	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL542.8	Comments
1	2	Unknown		0.121	0.256	
2	4	Unknown		0.156	0.304	
3	6	Unknown		0.138	0.280	
4	8	Unknown		0.128	0.265	
5	10	Unknown		0.150	0.295	
6	12	Unknown		0.159	0.307	
7	14	Unknown		0.156	0.304	
8	16	Unknown		0.171	0.324	
9	18	Unknown		0.157	0.305	
10						



Sample Table Report

05/29/2020 01:32:40 PM

File Name: F:\2020\Danang-TsanyAC I.pho



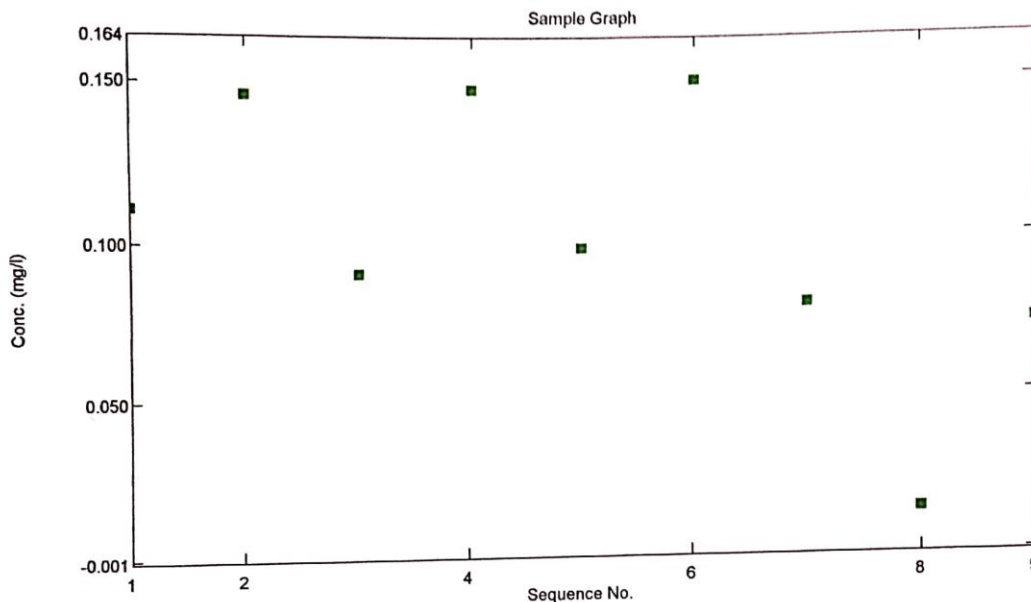
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL542.8	Comments
1	2	Unknown		0.083	0.204	
2	4	Unknown		0.078	0.198	
3	6	Unknown		0.064	0.178	
4	8	Unknown		0.097	0.223	
5	10	Unknown		0.084	0.205	
6	12	Unknown		0.077	0.195	
7	14	Unknown		0.083	0.204	
8	16	Unknown		0.088	0.210	
9	18	Unknown		0.154	0.301	
10						

sample Table Report

05/29/2020 01:00:35 PM

File Name: F:\2020\Danang-Tsany\DI.pho

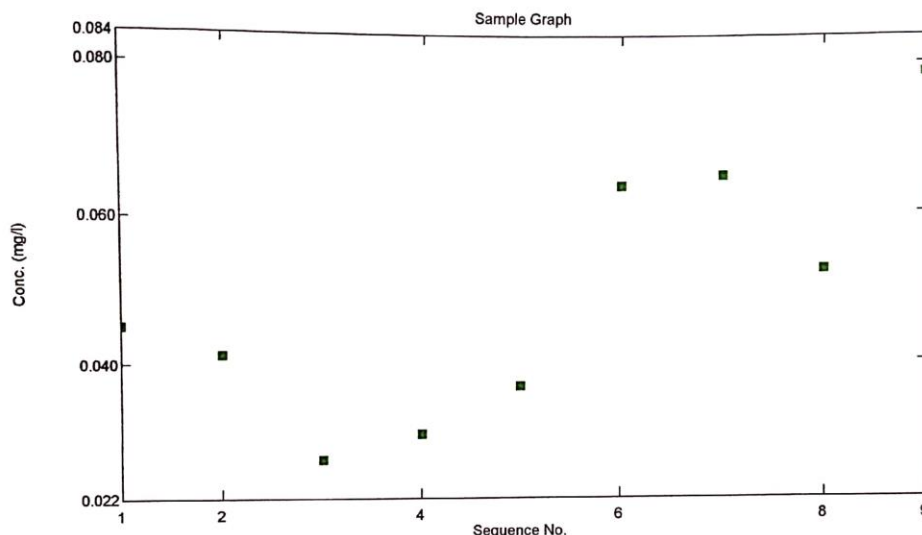


Sample Table						
	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL542.8	Comments
1	2	Unknown		0.111	0.242	
2	4	Unknown		0.146	0.290	
3	6	Unknown		0.090	0.214	
4	8	Unknown		0.148	0.292	
5	10	Unknown		0.097	0.223	
6	12	Unknown		0.150	0.295	
7	14	Unknown		0.079	0.198	
8	16	Unknown		0.013	0.108	
9	18	Unknown		0.072	0.189	
10						

sample Table Report

05/29/2020 12:44:09 PM

File Name: F:\2020\Danang-TsanyE I.pho



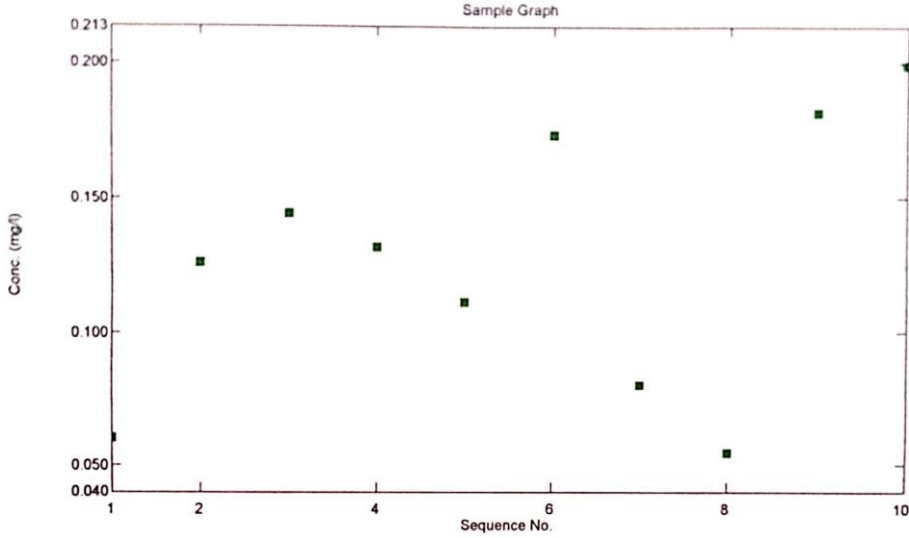
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL542.8	Comments
1	2	Unknown		0.045	0.152	
2	4	Unknown		0.041	0.147	
3	6	Unknown		0.027	0.127	
4	8	Unknown		0.031	0.132	
5	10	Unknown		0.037	0.141	
6	12	Unknown		0.064	0.177	
7	14	Unknown		0.065	0.179	
8	16	Unknown		0.052	0.162	
9	18	Unknown		0.079	0.198	
10						

Sample Table Report

06/11/2020 11 09 08 AM

File Name: F:\2020\Danang-Tsany\sample A II.pho



Sample ID	Type	Ex	Conc	WL542.8	Comments
1	II/O		0.060	0.173	
2	2		0.126	0.262	
3	4		0.144	0.288	
4	6		0.132	0.271	
5	8		0.112	0.243	
6	10		0.174	0.328	
7	12		0.080	0.200	
8	14		0.055	0.165	
9	16		0.181	0.338	
10	18		0.199	0.362	
11					

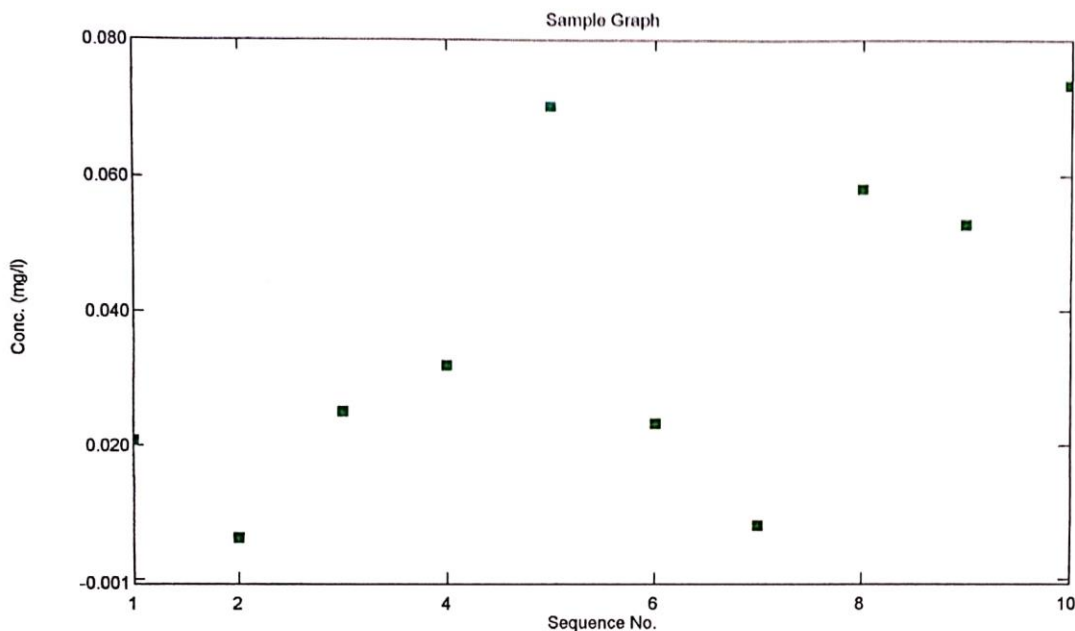




Sample Table Report

06/11/2020 01:48:13 PM

File Name: F:\2020\Danang-Tsany\sample B II.pho



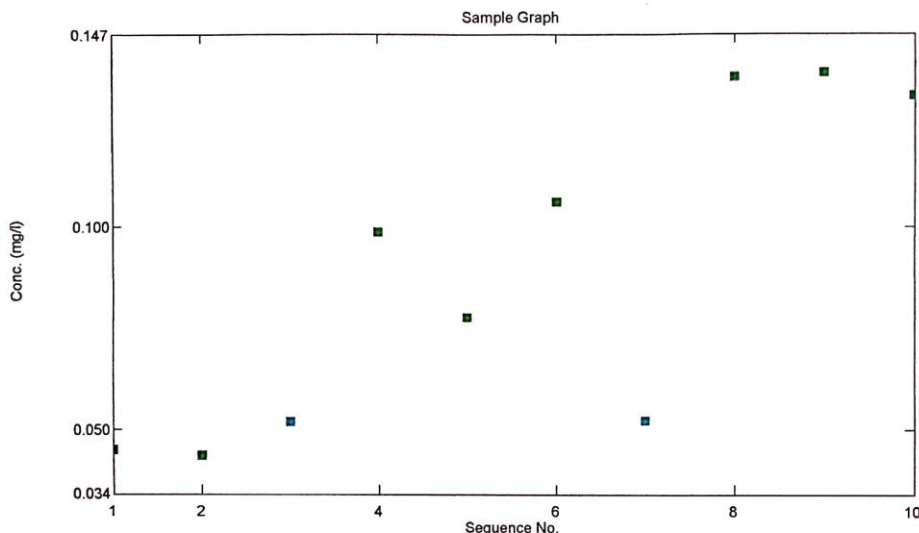
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL542.8	Comments
1	11/0	Unknown		0.021	0.118	
2	2	Unknown		0.006	0.099	
3	4	Unknown		0.025	0.124	
4	6	Unknown		0.032	0.134	
5	8	Unknown		0.070	0.186	
6	10	Unknown		0.023	0.122	
7	12	Unknown		0.008	0.101	
8	14	Unknown		0.058	0.170	
9	16	Unknown		0.053	0.163	
10	18	Unknown		0.073	0.190	
11						

Sample Table Report

06/11/2020 01:57:13 PM

File Name: F:\2020\Danang-Tsany\sample C II.pho



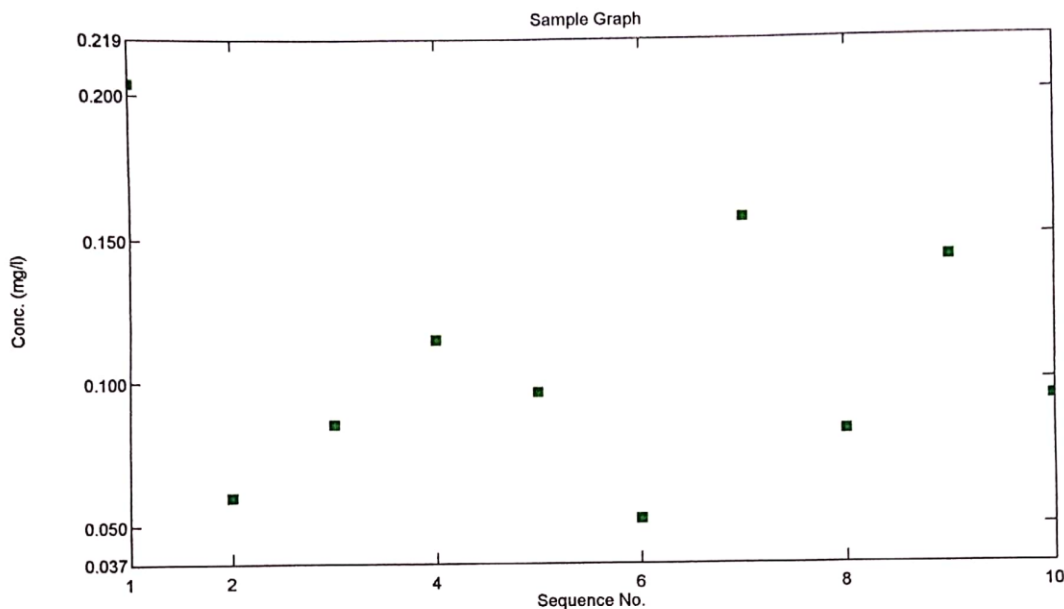
Sample Table

Sample ID	Type	Ex	Conc	WL542.8	Comments
1	II/0		0.045	0.152	
2	Unknown		0.044	0.150	
3	4		0.052	0.162	
4	6		0.099	0.225	
5	8		0.078	0.197	
6	10		0.106	0.236	
7	12		0.052	0.162	
8	14		0.137	0.277	
9	16		0.138	0.279	
10	18		0.132	0.271	
11					

Sample Table Report

06/10/2020 02:40:05 PM

File Name: F:\2020\Danang-Tsanylsample D II.pho



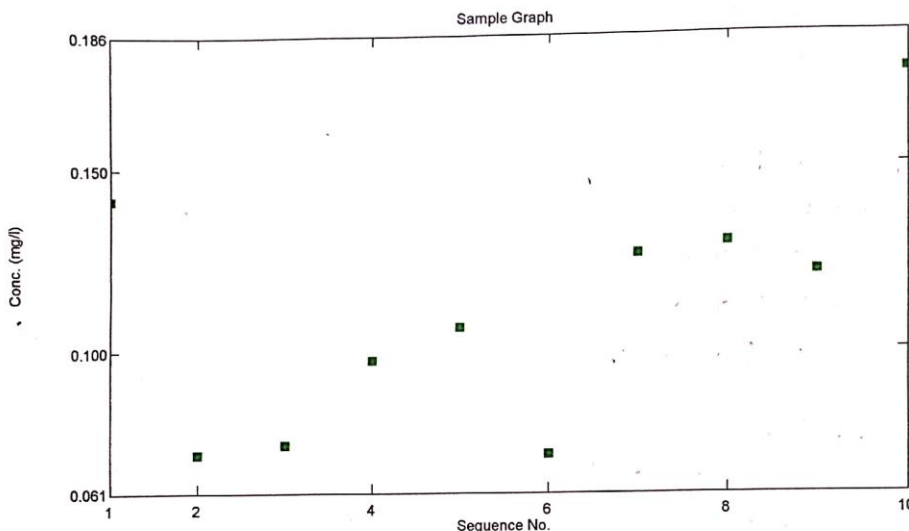
Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL542.8	Comments
1	11/0	Unknown		0.204	0.369	
2	2	Unknown		0.060	0.172	
3	4	Unknown		0.085	0.207	
4	6	Unknown		0.115	0.247	
5	8	Unknown		0.096	0.222	
6	10	Unknown		0.052	0.162	
7	12	Unknown		0.157	0.304	
8	14	Unknown		0.083	0.204	
9	16	Unknown		0.143	0.285	
10	18	Unknown		0.094	0.219	
11						

Sample Table Report

06/10/2020 02:26:31 PM

File Name: F:\2020\Danang-Tsany\sample E II.pho



Sample Table

	Sample ID	Type	Ex	Conc	WL542.8	Comments
1	II/0	Unknown		0.142	0.284	
2	2	Unknown		0.072	0.188	
3	4	Unknown		0.074	0.192	
4	6	Unknown		0.097	0.223	
5	8	Unknown		0.106	0.235	
6	10	Unknown		0.072	0.188	
7	12	Unknown		0.126	0.262	
8	14	Unknown		0.129	0.267	
9	16	Unknown		0.121	0.256	
10	18	Unknown		0.175	0.330	
11						

LAMPIRAN D
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI PENELITIAN 1

Nama Lengkap : Danang Wahyu Wijaya

Jenis Kelamin : Laki-laki

Tempat dan Tanggal Lahir : Lamongan, 12 Oktober 1999

Umur : 20 Tahun

Golongan Darah : A

Alamat : Made Dadi Gg. VI RT 2/ RW 6 No. 20 Perumnas
Made Kec. Lamongan Kab. Lamongan

Status Pernikahan : Belum menikah

Agama : Islam

No Telepon : 085785080436

Alamat E-Mail : wijaya.wahyu06@gmail.com

Jurusan : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

Universitas : Universitas Brawijaya Malang

Nomor Induk Mahasiswa : 165061101111034

Tahun Masuk : 2016

RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Instansi Pendidikan	Tahun
1	MI Unggulan Sabilillah Lamongan	2005-2011
2	MTsN Babat Lamongan (Program Akselerasi)	2011-2013
3	SMAN 2 Lamongan	2013-2016
4	S1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang	2016 - sekarang

PENGALAMAN ORGANISASI DAN KEPANITIAAN

No	Organisasi/Kepanitiaan	Status/Jabatan	Tahun
1	Bakti Sosial Teknik Kimia FT- UB	Staff Acara	2016
2	Probin Maba Teknik Kimia FT- UB	Staff Perlengkapan dan Transportasi	2017
3	Pengabdian Masyarakat Kemah Kerja Mahasiswa (KKM) FT-UB	Staff Kesehatan	2017
4	Chemical Engineering Champions League FT-UB	Staff Acara	2018
5	Probin Maba Teknik Kimia FT- UB	Staff Lapangan	2018
6	Pelatihan Software Teknik Kimia	Staff Acara	2019

SEMINAR DAN WORKSHOP

No	Judul Seminar	Penyelenggara	Tahun
1	I-CHALLENGE (Development and Technology process of Indonesia Natural Resources National Seminar)	Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Brawijaya	2016

PENGALAMAN LOMBA

No	Nama Acara	Penyelenggara	Tahun
1	International Science Project Olympiad	PASIAD Semesta Semarang	2015
2	Turnamen Futsal Massive Cup	Departemen PSDM Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya	2018
3	14 th Malaysia Chem-E-Car Competition	Chemical Engineering, Uni-KL MICET	2019

KARYA ILMIAH

No	Judul	Tahun
1	Pemanfaatan Antosianin dalam Kulit Buah Juwet sebagai Indikator Merkuri dalam Kosmetik	2015
2	Skripsi :Adsorpsi Ion Logam Berat Cr (VI) dari Limbah Penyamakan Menggunakan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah Dengan Sistem Kolom	2020

SERTIFIKASI/PELATIHAN YANG PERNAH DIIKUTI

No	Nama Sertifikasi/Pelatihan	Lembaga	Tahun
1	Pelatihan Pra Kerja	Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Brawijaya	2019
2	Microsoft Office Desktop Application	TRUST Training Partners, Universitas Brawijaya	2019

SOFTWARE YANG DIKUASAI

No	Nama Software	Versi
1	Microsoft Office	2016
2	Aspen Hysys	8.8

DATA PRIBADI PENELITI 2

Nama Lengkap : Fachrizal Tsany Fajr

Jenis Kelamin : Laki-laki

Tempat dan Tanggal Lahir : Surabaya, 29 Juli 1997

Umur : 23 Tahun

Golongan Darah : B

Alamat : Jl Tirto Agung Barat III No 1D Banyumanik,
Semarang, Jawa Tengah

Status Pernikahan : Belum menikah

Agama : Islam

No Telepon : 082257591795

Alamat E-Mail : ftsany97@gmail.com

Jurusan : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik

Universitas : Universitas Brawijaya Malang

Nomor Induk Mahasiswa : 165061107111003

Tahun Masuk : 2016

RIWAYAT PENDIDIKAN

No	Instansi Pendidikan	Tahun
1	S1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang	2016 - sekarang
2	SMA Negeri 3 Semarang	2012 - 2015
3	SMP Negeri 21 Semarang	2009 - 2012

4	SD Negeri Sompok 04 Semarang	2003 - 2009
---	------------------------------	-------------

PENGALAMAN ORGANISASI DAN KEPANITIAAN

No	Organisasi/Kepanitiaan	Status/Jabatan	Tahun
1	Departemen Public Relation Unit Aktivitas Riset dan Karya Ilmiah Mahasiswa Universitas Brawijaya Kabinet MELESAT 2019	Staff Ahli Divisi Media	2019
2	Departemen Public Relation Unit Aktivitas Riset dan Karya Ilmiah Mahasiswa Universitas Brawijaya Kabinet KREASI 2018	Staff Muda Divisi Media	2018
3	Probinmaba Teknik Kimia 2018 "Furnace" Universitas Brawijaya	Anggota Bidang Kesehatan	2018
4	I-Challenge, Indonesia Chemical Engineering Event 2018 Teknik Kimia Universitas Brawijaya	Anggota Divisi Logistik	2017
5	Palang Merah Remaja Wira SMA Negeri 3 Semarang	Sekretaris	2014
6	Gapraya VI PMR Wira SMA Negeri 3 Semarang	Logistik	2013

SEMINAR DAN WORKSHOP

No	Judul Seminar	Penyelenggara	Tahun
1	I-Challenge 2019 (International Chemical Engineering Event) National Seminar	Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Brawijaya	2019

PENGALAMAN LOMBA

No	Nama Acara	Penyelenggara	Tahun
1	InIIC Series II, Langkawi, Malaysia	MNNF Network	2018

KARYA ILMIAH

No	Judul	Tahun
1	Skripsi :Adsorpsi Ion Logam Berat Cr (VI) dari Limbah Penyamakan Menggunakan Karbon Aktif Kulit Kacang Tanah Dengan Sistem Kolom	2020

SERTIFIKASI/PELATIHAN YANG PERNAH DIIKUTI

No	Nama Sertifikasi/Pelatihan	Lembaga	Tahun
1	TOEFL ITP	Brawijaya Language Center, Universitas Brawijaya	2020
2	Chemical Engineering Software- Process Simulator Training	Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Brawijaya	2020
3	Integrated Management System ISO 45001:2018, ISO9001:2015, ISO 14001:2015	Phytagoras Training and Consulting, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya	2020

4	Pelatihan Pra Kerja	Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia Universitas Brawijaya	2019
5	Microsoft Office Desktop Application	TRUST Training Partners, Universitas Brawijaya	2019

SOFTWARE YANG DIKUASAI

No	Nama Software	Versi
1	Microsoft Office	2016
2	Aspen Hysys	8.8

