

**ADSORPSI Cr(VI) MENGGUNAKAN KARBON AKTIF LIMBAH
AMPAS KOPI DENGAN VARIASI MASSA ADSORBEN DAN
KONSENTRASI Cr(VI)**

**SKRIPSI
TEKNIK KIMIA**

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



ADIATMA ADUMMAHENDRA

NIM. 155061100111024

MUHAMMAD ALIF GHIFFARY

NIM. 155061101111004

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

**ADSORPSI Cr(VI) MENGGUNAKAN KARBON AKTIF LIMBAH AMPAS KOPI
DENGAN VARIASI MASSA ADSORBEN DAN KONSENTRASI LIMBAH Cr(VI)**

**SKRIPSI
TEKNIK KIMIA**

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



**ADIATMA ADUMMAHENDRA
NIM. 155061100111024**

**MUHAMMAD ALIF GHIFFARY
NIM. 155061101111004**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 17 Desember 2019

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II,

Ir. Bambang Ismuyanto, MS.,IPM.
NIP. 19600504 198603 1 003

Nurul Faiqotul Himma, ST., MT.
NIK. 2016079001252001

Mengetahui,
Ketua Jurusan

Ir. Bambang Poerwadi, MS
NIP. 19600126 198603 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

ADSORPSI Cr(VI) MENGGUNAKAN KARBON AKTIF LIMBAH AMPAS KOPI
DENGAN VARIASI MASSA ADSORBEN DAN KONSENTRASI LIMBAH Cr(VI)

SKRIPSI
TEKNIK KIMIA

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ADIATMA ADUMMAHENDRA
NIM. 155061100111024

MUHAMMAD ALIF GHIFFARY
NIM. 155061101111004

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 17 Desember 2019

Dosen Pembimbing I

Ir. Bambang Ismuyanto, MS., IPM.
NIP. 19600504 198603 1 003

Dosen Pembimbing II,

Nurul Faiqotul Himma, ST., MT.
NIK. 2016079001252001



Mengetahui,
Ketua Jurusan
Ir. Bambang Poerwadi, MS
NIP. 19600426 198603 1 001

IDENTITAS TIM PENGUJI

JUDUL SKRIPSI : ADSORPSI Cr(VI) MENGGUNAKAN KARBON AKTIF LIMBAH AMPAS KOPI DENGAN VARIASI MASSA ADSORBEN DAN KONSENTRASI AWAL Cr(VI)

Nama Mahasiswa/NIM : 1. Adiatma Adummaendra / 155061100111024
2. Muhamad Alif Ghiffary / 155061101111004

Jurusan S1 : Teknik Kimia

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Ir. Bambang Ismuyanto, MS, IPM

Dosen Penguji 2 : Vivi Nurhadianty, S.T., M.T.

Dosen Penguji 3 : Aji Hendra Sarosa S.T., M.T.

Tanggal Ujian : 4 Desember 2019

SK Penguji : 2410/UN10.F07/SK/2019

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. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan 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, 17 Desember 2019

Mahasiswa,

Materai Rp 6.000,-

Tanda tangan

Adiatma Adummahendra

NIM. 155061100111024



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : **162/UN10.F07.18/PP/2019**
Sertifikat ini diberikan kepada :

ADIATMA ADUMMAHENDRA

Dengan Judul Skripsi :

Adsorpsi Cr(VI) menggunakan Karbon Aktif Limbah Ampas Kopi dengan Variasi Massa Adsorben dan Konsentrasi Awal Cr(VI) (*Adsorption of Cr(VI) using Coffee Waste Based Activated at Varied Adsorbent Dosage and Initial Cr(VI) Concentration*)

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal **17 DEC 2019**



Ir. Bambang Poerwadi, MS
NIP. 19600126 198603 1 001

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. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan 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, 17 Desember 2019

Mahasiswa,

Materai Rp 6.000,-

Tanda tangan

Muhammad Aif Ghiffary

NIM. 155061101111004



UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 162/UN10.F07.13/PP/2019

Sertifikat ini diberikan kepada :

MUHAMMAD ALIF GHOFFARY

Dengan Judul Skripsi :

Adsorpsi Cr(VI) menggunakan Karbon Aktif Limbah Ampas Kopi dengan Variasi Massa Adsorben dan Konsentrasi Awal Cr(VI) (*Adsorption of Cr(VI) using Coffee Waste Based Activated at Varied Adsorbent Passage and Initial Cr(VI) Concentration*)

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 17 DEC 2019



*Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:
Ayahanda dan Ibunda tercinta*



RINGKASAN

Adiatma Adummahendra & Muhammad Alif Ghiffary, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Oktober 2019, *Adsorpsi Cr(VI) Menggunakan Karbon Aktif Limbah Ampas Kopi dengan Variasi Massa Adsorben dan Konsentrasi Awal Cr(VI)*. Dosen Pembimbing: Ir. Bambang Ismuyanto, MS.,IPM. dan Nurul Faiqotul Himma, ST., MT.

Salah satu industri logam yang berkembang yaitu industri elektroplating. Seiring dengan meningkatnya produksi dari industri elektroplating, selain meningkatkan produk yang bermanfaat, industri ini juga menghasilkan produk yang tidak diinginkan berupa limbah cair yang dihasilkan dapat mengandung logam berat kromium (Cr). Kromium sebagai salah satu limbah logam berat, dalam bentuk heksavalen (Cr (VI)) dapat menyebabkan resiko kesehatan bagi manusia termasuk resiko perubahan gen dan bahaya karsinogenik. Kadar krom heksavalen pada limbah cair industri pelapisan logam berkisar 105,65 ppm. Nilai kadar tersebut melebihi ambang batas yang ditetapkan pemerintah berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Pelapisan Logam Dan Galvanis yaitu sebesar 0,1 mg/L. Oleh karena itu dilakukan pengurangan kadar Cr(VI) dalam limbah cair industri elektroplating dengan cara adsorpsi untuk memenuhi baku mutu kualitas air bersih.

Penurunan kadar Cr(VI) dilakukan dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif. Karbon aktif dibuat dari ampas kopi dengan cara karbonisasi dan aktivasi. Karbonisasi ampas kopi menjadi karbon berlangsung pada suhu $600 \pm 10^\circ \text{C}$ selama 120 menit, sedangkan proses aktivasi kimia dengan cara impregnasi menggunakan 0.1M HCl selama 48 jam dengan pengadukan $\omega = 500$ rpm pada suhu ruang. Limbah Cr(VI) sintetis dibuat dengan menggunakan senyawa $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dengan variasi konsentrasi 70 ppm, 90 ppm, 100 ppm, 110 ppm dan 130 ppm; dan variasi massa adsorben karbon aktif yang digunakan sebanyak 0.1 gram, 0.5 gram dan 1 gram. Pengukuran konsentrasi sampel limbah Cr(VI) setelah adsorpsi dapat dilakukan dengan spektrofotometer Uv-Vis.

Karbon aktif dilakukan standarisasi untuk memenuhi standar (SNI) 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis. Hasil karakterisasi karbon aktif ampas kopi didapatkan kadar air sebesar 7%; kadar abu sebesar 3%; kadar zat mudah menguap sebesar 33%; dan kadar karbon sebesar 64%. Selain itu, karbon dan karbon aktif dari ampas kopi dilakukan pengujian XRF untuk mengetahui kadar mineral oksida yang terkandung; BET untuk mengetahui luas permukaan, ukuran pori serta volume pori; dan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang ada. Hasil uji XRF menunjukkan terjadinya penurunan kadar abu setelah mengalami aktivasi sehingga terjadi peningkatan luas permukaan spesifik dan total volume pada karbon aktif yang ditunjukkan dari hasil uji BET; sedangkan uji FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi yang dapat membantu proses adsorpsi Cr(VI) diantaranya gugus karboksil (-COOH), hidroksil (-OH) dan amina (-NH₃). Hasil adsorpsi dalam penurunan logam Cr(VI) dengan variasi massa adsorben pada beragam konsentrasi awal Cr(VI) menunjukkan peningkatan persen penyisihan seiring dengan bertambahnya massa adsorben yang digunakan. Persentase penyisihan terbesar didapatkan dengan menggunakan massa adsorben sebanyak 1 gram. Namun terjadi penurunan persentase penyisihan seiring dengan meningkatnya konsentrasi awal adsorbat. Adsorpsi menggunakan karbon aktif dengan massa 0.1 gram, 0.5 gram dan 1 gram diperoleh persentase penyisihan logam Cr(VI) terbesar pada konsentrasi awal adsorbat 70 ppm, diikuti dengan 90 ppm, 100 ppm, 110 ppm dan 130 ppm.

Kata Kunci : adsorpsi, aktivator asam klorida, ampas kopi, karbon aktif, kromium heksavalen.

SUMMARY

Adiatma Adummaendra & Muhammad Alif Ghiffary, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, October 2019, *Adsorption of Cr(VI) using Coffee Waste based Activated Carbon of Varied Adsorbent dosage and Initial Cr(VI) Concentration*. Academic supervisor: Ir. Bambang Ismuyanto, MS.,IPM. and Nurul Faiqotul Himma, ST., MT.

One of developing metal industry is electroplating industry. As production increases, other than useful products, this industry also generate undesirable products such as wastewater that contains heavy metal Cr(VI). Chromium, as one of heavy metals, in hexavalent form (Cr(VI)) is a risk factor for genetic change and carcinogenic hazard. hexavalent chromium concentration in wastewater from electroplating industry averages at 105.65 ppm. That value exceeds threshold governed by Environmental Ministry Regulation Number 5 Year 2014 about Quality Standards for Enterprise and/or Electroplating and galvanic activity. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Pelapisan Logam Dan Galvanis, which is determined to be 0,1 mg/L. Therefore, Cr(VI) concentration needs to be reduced via adsorption to meet quality standards for clean water.

Cr(VI) concentration can be reduced using adsorption method by utilizing activated carbon. Activated carbon is produced from coffee wastes with two steps, namely carbonization and activation. Carbonization of coffee wastes happens at temperature of $600 \pm 10^\circ \text{C}$ for 120 minutes, And chemical impregnation with 0.1M HCl for 48 hours with stirring speed $\omega=500$ rpm at room temperature. Synthetic Cr(VI) wastewater is produced using $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ with varied concentration of 70 ppm, 90 ppm, 100 ppm, 110 ppm and 130 ppm; and adsorbent mass variation of 0.1 gram, 0.5 gram and 1 gram. Measurement of Cr(VI) concentration is done using UV-Vis spectrophotometer.

Standardization of activated carbon is done to meet SNI 06-3730-1995 about technical activated carbon. Coffee wastes based activated carbon has moisture content of 7%; ash content of 3%; volatile matter content of 33%; and fixed carbon content of 64%. Furthermore, XRF measurement is done to deduce mineral content of activated carbon, BET measurement to deduce surface area, pore size and pore volume, and FTIR to deduce existing functional groups. XRF result shows a reduction in total ash content after activation, that leads to increasing specific surface area and total pore volume in activated carbon shown in BET result. Meanwhile, FTIR result shows the emergence of functional groups that facilitates Cr(VI) adsorption, such as : carboxyl (-COOH), hydroxyl (-OH) and amine (-NH₃). Adsorption result in regard to Cr(VI) reduction with variation in adsorbent mass and initial Cr(VI) concentration shows that percent removal increases as adsorbent mass increases. The most significant removal is achieved with adsorbent mass of 1 gram. In contrast, percent removal decreases as initial adsorbate concentration increases. Adsorption using activated carbon with mass of 0.1 gram, 0.5 gram and 1 gram, the most significant Cr(VI) removal is obtained at initial adsorbate concentration of 70 ppm, followed by 90 ppm, 100 ppm, 110 ppm and 130 ppm.

Keyword: adsorption, hydrochloric acid activator, activated carbon, coffee wastes, chromium hexavalent.

PENGANTAR

Segala puji serta rasa syukur penulis panjatkan ke Hadirat Allah SWT yang senantiasa memberi rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **‘Adsorpsi Cr(VI) Menggunakan Karbon Aktif Limbah Ampas Kopi dengan Variasi Massa Adsorben dan Konsentrasi Cr(VI)’**. Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menempuh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Dalam penyusunan skripsi ini, tidak terlepas dari beberapa hambatan yang penulis hadapi karena segala keterbatasan dan kemampuan dari penulis. Namun, berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara moral maupun spiritual sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Ir. Bambang Poerwadi, MS. selaku ketua jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik – Universitas Brawijaya.
2. Ir. Bambang Ismuyanto, MS., IPM dan Nurul Faiqotul Himma, ST., MT selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan arahan selama penyusunan skripsi.
3. Seluruh jajaran dosen dan staff Jurusan Teknik Kimia – Universitas Brawijaya
4. Kedua Orang tua beserta kakak dan adik yang telah memberikan doa dan dukungan selama proses pembuatan skripsi.
5. Sahabat-sahabat baikku terutama Diana dan Putri yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan selama proses pembuatan skripsi.
6. Teman-teman Keluarga Besar Teknik Kimia (KBMTK) terkhusus teknik kimia angkatan 2015 yang telah banyak memberikan hiburan, pelajaran dan tentunya kenangan selama berkuliah di Universitas Brawijaya.
7. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, namun telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Akhir kata, dengan segala kerendahan hati, penulis ucapkan beribu terima kasih pada semua pihak yang terlibat, dengan harapan semoga penelitian ini bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, 17 Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR NOTASI DAN SATUAN.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Kopi	5
2.1.1 Selulosa.....	6
2.1.1 Hemiselulosa	7
2.1.2 Lignin	8
2.2 Karbon Aktif.....	9
2.3. Persiapan Karbon	10
2.4 Aktivasi Karbon Secara Kimia.....	11
2.5 Adsorpsi.....	12
2.5.1 Adsorpsi Fisika.....	13
2.5.2 Adsorpsi Kimia.....	13
2.6 Adsorpsi Isotermal	15
2.6.1 Isotermal Langmuir	17
2.6.2 Isotermal Freundlich.....	18
2.7 Kromium Heksavalen.....	19

2.7	Uji Karakterisasi Karbon Aktif	21
2.7.1	Uji Spektrofotometri UV-Vis	21
2.7.2	Uji FTIR	24
2.7.3	Uji BET	24
2.7.4	Uji X-Ray <i>Fluorescence</i>	24
2.8	Penelitian Terdahulu.....	26
BAB III METODE PENELITIAN		29
3.1	Metode Penelitian.....	29
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	29
3.3	Variabel Penelitian	29
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	30
3.4.1.	Alat Penelitian	30
3.4.2.	Bahan Penelitian	31
3.4.3.	Rangkaian Alat Penelitian	31
3.5	Prosedur Penelitian.....	32
3.5.1	Persiapan Ampas Kopi	32
3.5.2.	Karbonisasi Ampas Kopi.....	32
3.5.3.	Proses Aktivasi Karbon Ampas Kopi.....	33
3.5.4.	Karakterisasi Karbon Sebelum dan Sesudah Aktivasi	34
3.5.5.	Pembuatan Adsorbat Limbah Sintetik Cr(VI).....	40
3.5.6.	Proses Adsorpsi	41
3.5.7.	Analisa Kandungan Cr(VI) dengan Spektrofotometer UV-Vis	42
3.5.8.	Diagram Alir Penelitian.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		45
4.1.	Karakteristik karbon dan karbon aktif ampas kopi	45
4.2.	Karakteristik XRF	46
4.3.	Karakteristik BET.....	48

4.4	Karakteristik FTIR	48
4.5.	Pengaruh massa adsorben dan konsentrasi awal Cr(VI) terhadap persen penyisihan Cr(VI).....	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....		57
LAMPIRAN		65



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi unsur kimia berbagai bahan 6

Tabel 2.2 Komposisi komponen kimia pada ampas kopi..... 6

Tabel 2.3 Ukuran pori pada karbon aktif 10

Tabel 2.4 Spektrum Cahaya Tampak dan Warna Komplementer 23

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu..... 26

Tabel 3.1 Variabel Penelitian..... 30

Tabel 4.1 Hasil uji karakteristik karbon dan karbon aktif 45

Tabel 4.2 Karakteristik XRF karbon dan karbon aktif 47

Tabel 4.3 Karakteristik BET pada karbon dan karbon aktif..... 48

Tabel 4.4 Karakteristik Serapan IR Pada Setiap Sampel 49



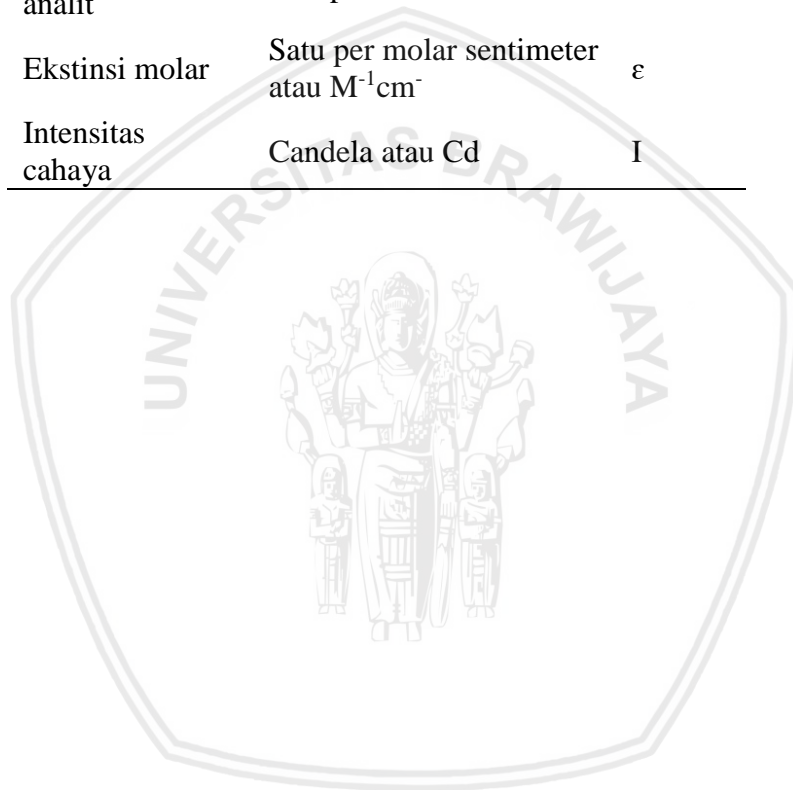
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ampas Kopi (kiri) dan Biji Kopi (kanan)	5
Gambar 2.2 Struktur Selulosa.....	7
Gambar 2.3 Struktur Hemiselulosa	8
Gambar 2.4 Struktur Lignin	9
Gambar 2.5 Skema Karbon Aktif.....	9
Gambar 2.6 Kurva Adsorpsi Isothermal.....	16
Gambar 2.7 Klasifikasi adsorpsi isothermal berdasarkan IUPAC.....	17
Gambar 2.8 Diagram Distribusi Bentuk Cr(VI) Dalam Berbagai pH	20
Gambar 2.9 Diagram Alat Spektrofotometri UV-Vis	22
Gambar 2.10 Reaksi reduksi Cr ⁺⁶ menjadi Cr ⁺²	23
Gambar 3.1 Rangkaian Alat Karbonisasi	31
Gambar 3.2 Persiapan Ampas Kopi.....	32
Gambar 3.3 Proses Karbonisasi Ampas Kopi.....	33
Gambar 3.4 Diagram Alir Aktivasi Karbon Ampas Kopi	34
Gambar 3.5 Diagram Alir Pengujian Kadar Air Karbon Ampas Kopi	36
Gambar 3.6 Diagram Alir Pengujian Kadar Abu Karbon Ampas Kopi.....	37
Gambar 3.7 Diagram Alir Proses Pengujian Kadar Zat Menguap	38
Gambar 3.8 Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Induk Cr(VI) 1000 ppm	40
Gambar 3.9 Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Kerja Cr(VI) 70 ppm.....	40
Gambar 3.10 Proses Adsorpsi.....	41
Gambar 3.11 Rangkaian Alat Adsorpsi	41
Gambar 3.12 Diagram Alir Analisa Kandungan Cr(VI)	43
Gambar 3.13 Diagram Alir Penelitian	44
Gambar 4.1 Hasil Uji FTIR pada ampas kopi.....	49
Gambar 4.2 Grafik hubungan massa adsorben terhadap persentase penyisihan logam Cr(VI) pada konsentrasi adsorbat (a) 70 ppm, (b) 90 ppm, (c) 100 ppm, (d) 110 ppm, (e) 130 ppm	52



DAFTAR NOTASI DAN SATUAN

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatan	Simbol
Massa	Gram atau g	M
Konsentrasi	Miligram per liter atau mg/L atau ppm atau parts per million	C
Absorbansi	-	A
Absorpsitivitas molar	Satu per gram sentimeter atau $\text{g}^{-1} \text{cm}^{-1}$	a
Tebal kuvet	Sentimeter atau cm	b
Konsentrasi analit	Mol per liter atau mol/L	c
Ekstinsi molar	Satu per molar sentimeter atau $\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$	ϵ
Intensitas cahaya	Candela atau Cd	I





BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu industri logam yang berkembang yaitu industri elektroplating. Kegiatan masyarakat saat ini tidak bisa lepas dari peralatan yang dibuat melalui proses elektroplating (Purwanto dan Huda, 2005). Produk yang dihasilkan dari industri ini banyak diminati masyarakat karena memiliki sifat tahan karat. Berdasarkan data Kementerian Perindustrian Indonesia tahun 2018, presentase pertumbuhan industri logam pada triwulan III tahun 2018 sebesar 8,11%. Seiring dengan meningkatnya produksi dari industri elektroplating, selain meningkatkan produk yang bermanfaat, industri ini juga menghasilkan produk yang tidak diinginkan berupa limbah padat maupun limbah cair serta emisi gas. Limbah padat dihasilkan dari proses *polishing* serta penghilangan karat, limbah cair berupa air limbah yang berasal dari pencucian, pembersihan dan proses plating. Limbah cair yang dihasilkan dapat mengandung padatan dan ion logam terlarut atau senyawa-senyawa berbahaya yang lain. Kandungan limbah yang dapat ikut dibuang ke lingkungan yaitu logam berat. Logam berat yang biasanya ikut terbuang yaitu kromium total (Cr), sianida (Cn), timbal (Pb^{2+}), nikel (Ni^{2+}), tembaga (Cu^{2+}), seng (Zn^{2+}) dan kadmium (Cd^{2+}) (Sumada, 2006). Logam berat sangat berbahaya apabila dibuang ke lingkungan karena sangat beracun dan dapat menyebabkan perubahan fisiologis pada organisme. Kromium sebagai salah satu limbah logam berat, dalam bentuk heksavalen (Cr (VI)) dapat menyebabkan resiko kesehatan bagi manusia termasuk resiko perubahan gen dan bahaya karsinogenik (Park dan Jung, 2001).

Senyawa kromium heksavalen selain pada industri elektroplating, dapat ditemukan pada limbah industri penyamakan kulit, tekstil, produksi *stainless steel* dan pengawetan kayu. Untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan akibat kandungan kromium heksavalen pada limbah industri elektroplating, pemerintah Indonesia menetapkan baku mutu kromium heksavalen yang dapat dibuang ke lingkungan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Pelapisan Logam Dan Galvanis yaitu sebesar 0,1 mg/L.

Berbagai macam perlakuan secara fisika, kimia dan biologi dikembangkan untuk menghilangkan atau mengurangi kadar kromium heksavalen yang terkandung pada limbah cair. *Ion exchange*, pengendapan yang memanfaatkan elektrokimia, *reverse osmosis* dan adsorpsi merupakan cara pengolahan yang umum dilakukan. Proses adsorpsi dapat dipakai karena kelebihan yang dimilikinya, seperti selektivitas material, kapasitas jenuh, adsorben yang dapat digunakan kembali dan biaya yang dibutuhkan relatif murah.

Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben yaitu karbon aktif. Karbon aktif ialah material berpori dengan banyak unsur karbon yang dihasilkan dari bahan yang kaya akan karbon setelah mengalami aktivasi secara kimia maupun fisika. Karbon aktif memiliki ruang pori sangat luas dengan ukuran tertentu yang dapat menangkap partikel yang akan diserap (Rouquerol, dkk., 2014). Karbon aktif oleh masyarakat umumnya digunakan untuk penyisihan material organik. Namun, sekarang karbon aktif telah banyak dipakai sebagai material penyisihan logam atau material inorganik yang ada di limbah cair.

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan yang penting di dunia karena populernya minuman dari olahan biji kopi yang dipanggang. Hasil dari pembuatan minuman kopi akan menghasilkan limbah padat berupa ampas bubuk kopi. Mayoritas limbah ampas kopi dibuang ke tempat sampah begitu saja, sedangkan untuk mendegradasi limbah ampas kopi dibutuhkan oksigen dalam jumlah besar. Oleh sebab itu ampas kopi tersebut akan diolah lebih lanjut untuk menghasilkan berbagai macam produk yang bermanfaat. Salah satu pemanfaatan limbah ampas bubuk kopi yaitu sebagai adsorben. Sedangkan menurut Ballesteros, dkk (2014), sampel ampas kopi dalam basis kering mengandung material diantaranya hemiselulosa (39,1%), lignin (23,9 %), selulosa (12,4%), protein (17.44%), nitrogen (2.79%), lemak (2.29%) dan abu (1.3%). Sedangkan komposisi komponen karbon sebesar 69,11% (Djilani, dkk., 2012).

Penggunaan ampas kopi sebagai adsorben telah dikembangkan dalam berbagai penelitian, diantaranya untuk adsorpsi *methylene blue* dan *Nysolan Red* dengan kapasitas adsorpsi 175 mg/g untuk *methylene blue* (Reffas, dkk., 2010); adsorpsi phenol dengan kapasitas adsorpsi 55,56 mg/g (Lamine, dkk., 2014); adsorpsi *methyl orange* dengan kapasitas maksimum adsorpsi 737 mg/g (Rattanapan, dkk., 2017) dan adsorpsi Cu^{2+} dengan kapasitas adsorpsi 18% dari 100 ppm CuSO_4 (Jutakridsada, 2015). Sedangkan adsorpsi Cr (VI) juga telah dikembangkan menggunakan karbon

aktif dari limbah perkebunan seperti *cornelian cherry*, biji apricot, kulit almond yang dapat mengadsorpsi 99% Cr (VI) untuk ketiga bahan (Demirbas, dkk., 2004), limbah teh dengan persentase adsorpsi tertinggi 79,49% (Dhanakumar, dkk., 2007). Kyzas (2012) melakukan penelitian menggunakan ampas kopi sebagai biosorben untuk adsorpsi Cr (VI) dengan kapasitas adsorpsi 40 mg/g. Selain itu Cherdchoo dkk (2018) juga melakukan hal yang sama dengan kapasitas adsorpsi 87,72 mg/g. Pada penelitian pembuatan karbon aktif dari ampas kopi ini difokuskan pada pengaruh variasi massa adsorben karbon aktif dari ampas kopi dan konsentrasi awal Cr(VI) terhadap penurunan Cr(VI) menggunakan adsorben karbon aktif dari ampas kopi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi massa adsorben karbon ampas kopi diaktivasi HCl terhadap penurunan kadar Cr(VI)?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi awal Cr(VI) terhadap penurunan kadar Cr(VI) menggunakan adsorben karbon ampas kopi diaktivasi HCl?

1.3 Batasan Masalah

1. Ampas kopi yang digunakan adalah ampas kopi jenis robusta.
2. Limbah cair yang diuji merupakan limbah sintesis yang dibuat menggunakan larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) untuk mewakili limbah cair industri elektroplating.
3. Adsorpsi dilakukan secara *batch*.
4. Proses adsorpsi menggunakan karbon aktif ampas kopi dalam larutan uji Cr(VI) 50 mL dan kecepatan pengadukan 120 rpm pada suhu ruang.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengidentifikasi pengaruh variasi massa adsorben terhadap penurunan Cr(VI) menggunakan adsorben karbon ampas kopi diaktivasi HCl.
2. Untuk mengidentifikasi pengaruh variasi konsentrasi awal Cr(VI) terhadap penurunan kadar Cr(VI) menggunakan adsorben karbon ampas kopi diaktivasi HCl.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memperoleh massa adsorben karbon ampas kopi diaktivasi HCl terbaik yang dapat digunakan untuk adsorpsi limbah Cr(VI).
2. Memperoleh konsentrasi awal Cr(VI) terbaik pada limbah cair elektroplating yang dapat diadsorpsi menggunakan karbon aktif ampas kopi yang diaktivasi dengan HCl.
3. Meningkatkan nilai guna dan ekonomi ampas kopi.
4. Memberikan kontribusi keilmuan di Indonesia.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kopi

Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Selain itu, kopi juga merupakan sumber penghasilan bagi kurang lebih satu setengah juta jiwa petani kopi di Indonesia (Rahardjo, 2012). Perkembangan kopi di Indonesia mengalami kenaikan produksi yang cukup pesat. Produksi kopi di Indonesia dari tahun 1980-2016 mengalami pertumbuhan produksi kopi rata-rata sekitar 2,44% tiap tahun (Badan Pusat Statistik, 2016). Hasil dari pembuatan minuman kopi akan menghasilkan limbah padat berupa ampas bubuk kopi. Mayoritas limbah ampas kopi ini dibuang ke tempat sampah begitu saja, padahal ampas kopi ini dapat digunakan sebagai berbagai macam produk yang bermanfaat. Ampas kopi adalah bahan yang murah dan mudah didapatkan dan termasuk dalam bahan organik yang dapat dibuat menjadi arang aktif untuk digunakan sebagai adsorben atau bahan penyerap (Irmanto, 2009).



Gambar 2.1 Ampas Kopi (kiri) dan Biji Kopi (kanan)

Sumber: Kang, dkk. (2017)

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Caetano (2012), kandungan ampas kopi meliputi total karbon sebesar 69,11%, total oksigen sebesar 30,35%, dan kalium sebesar 0,54%. Perbandingan kandungan ampas kopi dengan biomassa lain dapat dilihat pada tabel 2.1. Sedangkan menurut Ballesteros, dkk (2014), sampel ampas kopi dalam basis kering mengandung material diantaranya hemiselulosa, lignin, selulosa, protein, nitrogen, lemak dan abu. Komposisi komponen kimia dari ampas bubuk kopi dapat dilihat pada tabel 2.2 .

Tabel 2.1 Komposisi unsur kimia berbagai bahan

Sampel	% Berat elemen								Sumber
	C	O	Si	P	Cl	Ca	K	Mg	
Kulit Jeruk	56,66	42,91	-	-	-	0,24	0,20	-	Djilani dkk (2012)
Ampas Kopi	69,11	30,35	-	-	-	-	0,54	-	
Biji Melon	72	26,42	-	0,44	-	-	0,93	0,20	Borhan (2015)
Kulit Pisang	56,43	29,03	0,43	-	-	-	14,11	-	

Tabel 2.2 Komposisi komponen kimia pada ampas kopi

Komponen	Komposisi(%berat)
Selulosa	12,40 ± 0,79
Hemiselulosa	39,10 ± 1,94
Lignin	23,90 ± 1,70
Lemak	2,29 ± 0,30
Abu	1,30 ± 0,10
Protein	17,44 ± 0,10
Nitrogen	2,79 ± 0,10

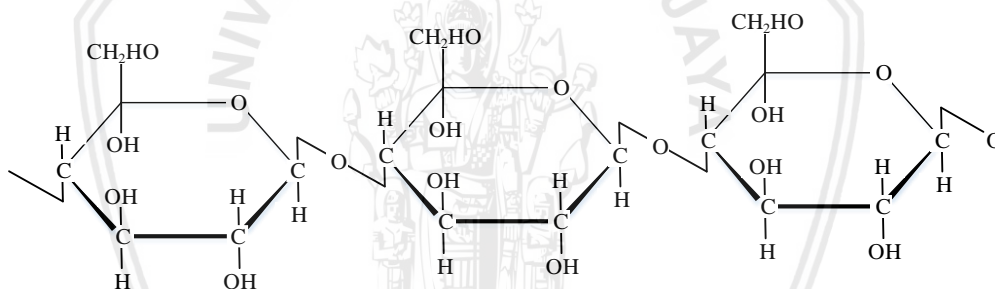
Sumber: Ballesteros, dkk. (2014)

2.1.1 Selulosa

Selulosa merupakan makromolekul dari polisakarida yang tersusun dari D-glukosa dalam bentuk β -1,4-glikosidik. Selulosa memiliki berat molekul sekitar 50.000 sampai 2.500.000, yang setara dengan 300 sampai 15.000 gugus glukosa (Zhang, Gong dan Bin, 2018). Selulosa secara alami terbentuk karena adanya rantai glukosa yang saling terikat satu sama lain sehingga membentuk daerah kristalin dan non kristalin yang dirangkai menjadi struktur orde tinggi seperti mikrofibril. Selulosa umumnya diperoleh dalam bentuk kristal yang memiliki rantai glukosa berikatan sejajar satu sama lain (Brown dan Saxena, 2007). Selulosa memiliki kandungan karbon secara teoritis sebesar 44,4% (Mittal, 2016).

Selulosa dianggap sebagai polimer terbarukan paling berlimpah di bumi. Struktur fisik selulosa mencakup struktur rantai dan struktur agregasi polimer. Struktur rantai, juga dikenal sebagai struktur primer, menunjukkan susunan geometris atom atau kelompok dalam rantai molekul. Struktur agregasi menunjukkan struktur internal polimer, yang meliputi struktur kristal, struktur

amorf, struktur orientasi dan struktur kristal cair (Zhang, Gong an Bin, 2018). Kristal yang terbentuk dan sifat fisik dari senyawa selulosa tergantung oleh gugus hidroksil pada setiap monomer glukosa dan kemampuan dalam membentuk ikatan hidrogen (Mittal,2016). Ketika selulosa dipanaskan terjadi penurunan derajat polimerisasi pada selulosa. Dalam banyak contoh, hidrolisis dan degradasi selulosa terjadi akibat selulosa mengalami degradasi termal. Dekomposisi selulosa mulai terjadi pada suhu 25-150°C, dimana penyerapan air selulosa secara fisik mulai mengalami desorpsi; pada 150-240 °C, beberapa kelompok glukosa dalam struktur selulosa mulai mengalami dehidrasi; pada 240-400 °C ikatan glikosidik dalam struktur selulosa mulai putus, dan beberapa ikatan C-O dan ikatan C-C juga mulai pecah dan menghasilkan beberapa produk baru dan senyawa volatil dengan berat molekul rendah; di atas 400 °C sisa dari struktur selulosa mengalami siklisasi aromatik dan secara bertahap membentuk struktur grafit. (Zhang,Gong dan Bin, 2018).

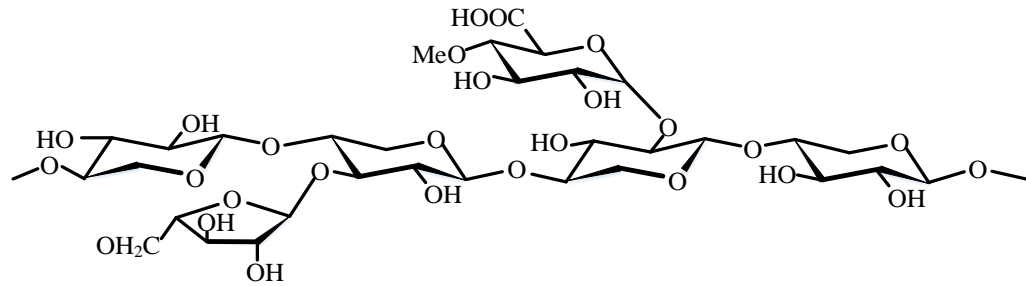


Gambar 2.2 Struktur Selulosa

Sumber: Mittal (2016)

2.1.1 Hemiselulosa

Istilah hemiselulosa adalah istilah kolektif. Istilah tersebut digunakan untuk mewakili keluarga polisakarida seperti *arabinoxylane*, *glucomannans*, dan *galactans* yang membentuk dinding sel tanaman dan memiliki komposisi dan struktur yang berbeda tergantung pada sumbernya (Mittal, 2016). Hemiselulosa tersusun dari monomer seperti *D-glukosa*, *D-mannose*, *L-arabinose*, *D-glucuronic acid*, asam 4-metoksi-D-galakturonat dan asam D-glukuronat. Molekul hemiselulosa pada dasarnya linear tetapi dengan berbagai rantai samping pendek. Massa molekul hemiselulosa relatif kecil, dan derajat polimerisasi umumnya sekitar 200. Hemiselulosa juga merupakan polimer karbohidrat yang tidak berwarna dan relatif stabil (Zhang, Gong dan Bin, 2018).



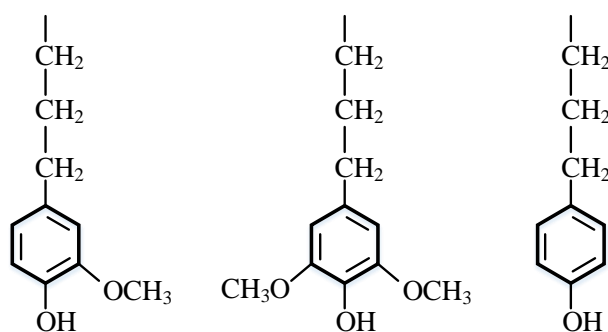
Gambar 2 3 Struktur Hemiselulosa

Sumber: Mittal (2016)

2.1.2 Lignin

Lignin merupakan senyawa polimer organik kompleks yang membentuk bahan struktural penting dalam jaringan pendukung pada tanaman. Istilah lignin berasal dari bahasa latin *Lignum* yang artinya kayu. Senyawa ini sangat terpolimerisasi dan dapat ditemukan pada tanaman kayu (Bajpai, 2017). Kandungan lignin pada tanaman sangat bervariasi tergantung dari bagian morfologi dan jenis tanaman. Kandungan lignin pada kayu jenis conifer adalah 25-35%, kayu keras 20-25%, sedangkan tanaman gramineous umumnya mengandung 15-25%. Lignin merupakan salah satu bahan dari biomassa yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai tujuan, diantaranya membran, serat karbon, pengolahan air limbah, serta salah satu bahan pengisi pada karet (Huang, Fu dan Gan, 2019).

Lignin memiliki kandungan karbon yang tinggi (60-66%) dan kandungan hidrogen yang rendah (5-6,5%), hal ini menunjukkan lignin merupakan senyawa aromatik. Penyusun struktur utama dari lignin yaitu fenilpropana yang saling berikatan dengan membentuk ikatan eter dan ikatan karbin sehingga terbentuk polimer dengan struktur tiga dimensi. Lignin memiliki banyak gugus bersifat polar, terutama gugus hidroksil, yang menghasilkan ikatan hidrogen intramolekul dan intermolekul yang kuat. Hal ini membuat lignin tidak dapat larut pada kebanyakan pelarut. Untuk memisahkan lignin dapat dilakukan dengan cara kondensasi atau degradasi, cara ini dapat mengubah sifat fisika seperti kelarutan pada suatu pelarut (Zhang, Gong dan Bin, 2018).

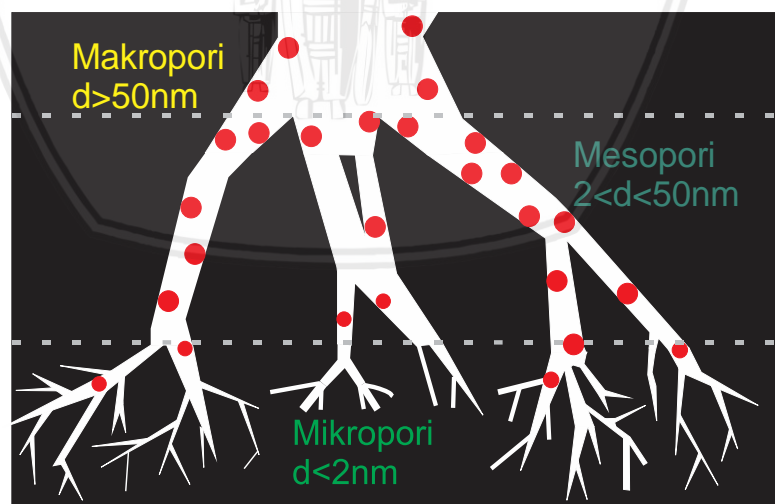


Gambar 2.4 Struktur Lignin

Sumber: Zhang, Gong dan Bin (2018)

2.2 Karbon Aktif

Istilah karbon aktif digunakan untuk menunjukkan material yang memiliki pori-pori dengan jumlah banyak yang dihasilkan dari bahan kaya akan karbon setelah mengalami aktivasi secara kimia maupun fisika (Rouquerol dkk., 2014). Bahan yang dapat dibentuk karbon aktif harus kaya akan karbon, seperti kayu lunak, kayu keras, lignin, sekam padi, batubara, kulit kacang, residu minyak bumi dan tempurung kelapa (Crittenden dan Thomas, 1998). Karbon aktif memiliki tiga jenis ukuran pori seperti pada tabel 2.2. Sebagian besar karbon aktif memiliki ukuran pori berupa mikropori, namun untuk berbagai tujuan, ukuran pori dari karbon aktif dapat diperbesar hingga ke dalam kisaran mesopori dan makropori (Rouquerol dkk., 2014).



Gambar 2.5 Skema Karbon Aktif

Sumber : Aznar (2011)

Tabel 2.3 Ukuran pori pada karbon aktif

	Mikropori	Mesopori	Makropori
Diameter (nm)	<2	2-50	>50
Volume pori (cm ³ /g)	0,15-0,5	0,02-1	0,2-0,5
Luas permukaan (m ² /g)	100-1000	10-100	0,5-2

(Densitas partikel 0,6 – 0,9 g/cm³; porositas 0,4 –0,6)

Sumber : Crittenden dan Thomas (1998)

Karbon aktif merupakan adsorben yang paling banyak digunakan karena biaya yang relatif murah. Pemanfaatan karbon aktif biasa digunakan untuk pengolahan air minum, pemisahan gas, pemulihan kondisi pelarut, tempat penyimpanan gas dan penghilangan senyawa berbahaya seperti logam berat, kafein, serta klorin pada gas atau cairan (Cecen dan Ozgur, 2012). Alasan penggunaan dari karbon aktif dikarenakan luas permukaan internal dari karbon aktif yang sangat besar, yang umumnya dalam ukuran mikropori. Untuk berbagai aplikasi, seperti penghilangan kotoran dari gas dan cairan, struktur mikropori memberikan kapasitas adsorpsi yang besar dan daya adsorpsi yang tinggi. Namun, reaksi kimia yang terjadi pada permukaan karbon aktif juga berpengaruh terhadap sifat dan pemanfaatan karbon aktif (Rouquerol dkk., 2014). Berdasarkan SNI 06-3730-1995 mengenai arang aktif teknis, arang aktif berbentuk serbuk yang berkualitas baik memiliki kadar air maksimal sebesar 15%, kadar zat mudah menguap maksimal 25%, kadar abu maksimal 10% dan kadar karbon minimal 65%. Untuk daya serapnya, arang aktif yang baik memiliki daya serap terhadap iodine (I₂) minimal sebesar 750 mg/gr serta daya serap terhadap metilen biru minimal 120 mg/gr (Sudrajat dan Pari, 2011).

2.3. Persiapan Karbon

Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan dua proses utama yaitu karbonisasi bahan baku dan aktivasi karbon. Karbonisasi atau yang dapat disebut proses pirolisis lambat, merupakan dekomposisi termal pada temperatur 400-600°C dengan lingkungan tanpa adanya oksigen atau oksigen yang ada terbatas (Yuan, 2017). Proses karbonisasi memerlukan temperatur tinggi dan merupakan proses yang lama dan berlangsung lambat (Basu, 2018). Dalam proses karbonisasi pirolisis, bahan baku dipanaskan dengan temperatur kisaran 400 - 800 °C tanpa adanya oksigen. Senyawa

organik yang mudah menguap dari bahan baku akan terlepas secara termal, dan atom karbon akan berikatan untuk meluruskan kembali sehingga membentuk struktur kristalin yang lebih banyak. Produk karbon dalam proses ini sangat dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan (Chowdhury,2012).

Tahapan proses karbonisasi suatu biomassa dibagi menjadi lima tahap menurut Babu (2008):

1. Temperatur 110-200°C : Penghilangan kandungan air, pemutusan rantai pada biomassa, pembentukan gugus karbonil, karboksil, dan hidroperoksida.
2. Temperatur 200-260 °C : Penguraian hemiselulosa
3. Temperatur 240-350 °C : Penguraian selulosa
4. Temperatur 280-500 °C : Penguraian lignin
5. Temperatur diatas 500-1000 °C : Pemurnian karbon

Kualitas karbon dari hasil proses karbonisasi tergolong rendah karena terdapat residu yang menutupi pori-pori karbon. Untuk memaksimalkan daya adsorpsi karbon maka dilakukan proses aktivasi. Proses aktivasi dari karbon terdapat dua cara yaitu secara fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi fisika dilakukan pada suhu di atas 800°C. Proses aktivasi karbon secara fisika dengan menggunakan karbon dioksida atau *steam*, yang dapat digunakan bersamaan atau hanya salah satu. Karbon dioksida dan *steam* akan bereaksi dengan karbon yang akan menghasilkan gas karbon monoksida dan hidrogen. Dengan adanya reaksi ini maka pori-pori dari karbon akan semakin luas (Marsh dan Francisco, 2006).

2.4 Aktivasi Karbon Secara Kimia

Pada aktivasi kimia, karbon diaktivasi menggunakan reagen untuk meningkatkan porositas dari suatu karbon. Agen pengaktivator umumnya berupa material yang mengandung logam alkali atau alkali tanah dan beberapa asam ($ZnCl_2$, H_3PO_4 , $AlCl_3$, $MgCl_2$, $NaOH$, KOH), namun yang biasa digunakan yaitu $ZnCl_2$, H_3PO_4 dan KOH . Aktivasi menggunakan $ZnCl_2$ dan H_3PO_4 biasanya pada rentang temperatur karbonisasi 450-600 °C (Marsh dan Francisco, 2012). Temperatur yang digunakan pada aktivasi kimia lebih rendah dibandingkan aktivasi fisika, kualitas pori karbon yang dihasilkan juga lebih baik. Namun, setelah proses aktivasi perlu dilakukan pencucian karbon untuk menghilangkan aktivator kimia yang ada di dalam pori karbon (Viswanathan dkk., 2009). Aktivasi secara kimia juga mempengaruhi gugus fungsi pada permukaan karbon aktif, sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi dan selektivitas pada adsorbat tertentu dalam fase gas atau cair (Park dan Jang, 2002).

Aktivasi karbon aktif secara kimia memiliki pengaruh terhadap sifat karbon aktif yang dihasilkan. Aktivator yang bersifat asam dapat menimbulkan kerusakan pada oksigen saat proses aktivasi sehingga lebih optimum dalam memperluas permukaan karbon, terutama terhadap bahan yang mengandung lignoselulosa tinggi (Esterlita dan Netti, 2015). Asam klorida (HCl) sebagai zat aktivator kimia bersifat higroskopis yang dapat mengurangi kadar air pada arang aktif yang dihasilkan. Dibandingkan dengan aktivator lainnya seperti H_2SO_4 dan HNO_3 , arang aktif yang diaktivasi HCl memiliki daya serap ion yang lebih baik karena HCl dapat lebih melarutkan pengotor sehingga pori-pori lebih banyak terbentuk dan proses penyerapan adsorbat menjadi lebih maksimal (Rizky, 2015).

2.5 Adsorpsi

Adsorpsi dapat didefinisikan sebagai pemekatan material atau peningkatan satu atau lebih komponen pada suatu bagian di antara dua *bulk phase* (yaitu lapisan interfase atau ruang adsorpsi). Salah satu dari fase ini harus merupakan padatan dan lainnya adalah fluida (misalnya gas atau cairan) (Rouquerol dkk., 2014). Fasa pengadsorpsi disebut adsorben, sedangkan material yang diadsorb dinamakan adsorbat. Pada pengelolaan limbah cair, adsorpsi merupakan proses yang berfungsi untuk mengikat atau menyisihkan komponen tertentu yang terdapat di dalam larutan menggunakan adsorben (Hidayati dan Himma, 2018). Adsorpsi menggunakan karbon aktif, lapisan interfase ada diantara fasa padat dan fluida. Lapisan ini terdiri dari dua daerah: bagian fluida (gas atau cairan) yang berada di medan gaya permukaan padat dan lapisan permukaan karbon aktif (Cecen dan Ozgur, 2012).

Pada proses adsorpsi tidak berlaku hukum Henry berbeda dengan absorpsi, dimana molekul pada adsorpsi hanya melekat di permukaan, sedangkan absorpsi terjadi *dissolution* adsorbat ke dalam medium adsorben (Butt dkk., 2013). Pada kasus tertentu seperti beberapa logam yang terpapar hidrogen, oksigen atau air, proses adsorpsi disertai dengan absorpsi, yaitu penetrasi fluida ke dalam fasa padat (Rouquerol dkk., 2014).

Pada mayoritas pengolahan air dan limbah cair, terdapat dua gaya dorong yang berperan pada proses adsorpsi *solute* atau zat terlarut dari suatu larutan ke fasa padat. *Driving force* yang pertama yaitu karakter *solute* yang *lyophobic* (tidak suka pelarut). Pada sistem yang menggunakan pelarut air, *solute* yang *hydrophilic* (menyukai air) akan sulit untuk teradsorpsi oleh fasa padat dan cenderung tetap bersama pelarut. Sebaliknya *solute* yang *hydrophobic* cenderung teradsorpsi oleh fasa padat

daripada tetap tinggal di pelarut air. *Driving force* yang kedua yaitu afinitas dari *solute* terhadap padatan adsorben akibat adanya gaya elektrostatis dari *solute* (adsorbat) terhadap padatan (adsorben). Jenis adsorpsi ini terjadi karena adanya gaya Van der Waals atau ikatan kimia antara *solute* dengan adsorben (Cecen dan Ozgur, 2012).

2.5.1 Adsorpsi Fisika

Pada adsorpsi fisika (*physisorption*) didominasi oleh interaksi fisik. *Physisorption* tidak tergantung pada sifat elektrositas molekul adsorbat dan adsorben, sehingga pertukaran ion tidak terjadi. Adsorbat menempel pada permukaan adsorben dengan gaya van der Waals yang relatif lemah yang dapat membentuk ikatan *multilayer*. Adsorbat tidak terikat dengan kuat pada adsorpsi fisika, sehingga membuat molekul adsorbat dapat bergerak bebas pada permukaan adsorben (Cecen dan Ozgur, 2012). *Physisorption* merupakan reaksi eksotermis, tetapi energi yang terlibat umumnya tidak jauh lebih besar dari energi kondensasi adsorptif. Namun ini dapat meningkat ketika *physisorption* berlangsung di pori-pori yang sempit. (Rouquerol dkk., 2012).

2.5.2 Adsorpsi Kimia

Pada adsorpsi kimia (*chemisorption*), adsorbat akan mengalami interaksi kimia dengan adsorben, sehingga terjadinya pertukaran elektron antara permukaan adsorben dengan adsorbat yang menyebabkan terbentuknya ikatan kimia. Adsorbat yang teradsorpsi secara kimia tidak dapat bergerak bebas pada permukaan adsorben akibat adanya ikatan kimia (Cecen dan Ozgur, 2012). Energi pada *chemisorption* memiliki urutan besar yang sama dengan perubahan energi dalam reaksi kimia yang sebanding (Rouquerol dkk., 2012).

Proses adsorpsi menggunakan karbon aktif dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya :

1. Luas permukaan adsorben

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh luas permukaan spesifik dari adsorben. Luas permukaan spesifik sebanding dengan total luas permukaan yang dapat terjadi adsorpsi. Semakin halus dan semakin berpori suatu adsorben diharapkan *yield* per satuan berat adsorben semakin meningkat (Cecen dan Ozgur, 2012).

2. Sifat fisika dan sifat kimia adsorbat
 - a. Berat molekul, daya adsorpsi suatu bahan akan meningkat seiring dengan meningkatnya massa molekular dan meningkatnya jumlah gugus fungsional seperti ikatan rangkap atau halogen. Molekul dengan ukuran yang besar lebih mudah diadsorpsi oleh karbon aktif dibandingkan molekul berukuran kecil (Cecen dan Ozgur, 2012).
 - b. Kelarutan (*Solubility*), Kelarutan suatu senyawa yang tinggi dapat diartikan bahwa ikatan zat terlarut lebih kuat dari gaya tarik menarik antara zat terlarut dengan adsorben (Cecen dan Ozgur, 2012).
 - c. Polaritas, zat terlarut yang bersifat polar lebih dipilih untuk diadsorpsi oleh adsorben polar, sedangkan zat terlarut non polar lebih mudah diadsorpsi oleh adsorben non polar. Karbon aktif lebih mudah melakukan adsorpsi terhadap molekul non polar dibandingkan molekul polar (Cecen dan Ozgur, 2012).
 - d. Konstanta disosiasi asam dan basa lemah, Nilai konstanta disosiasi yang lebih besar akan lebih mudah diserap oleh karbon aktif (Cecen dan Ozgur, 2012).
 - e. Adanya gugus substituen juga mempengaruhi adsorpsi senyawa organik. Gugus dengan rantai bercabang akan lebih mudah diadsorpsi daripada rantai lurus. Namun semakin panjang rantai menunjukkan kapasitas adsorpsi yang semakin besar. Senyawa aromatis umumnya akan lebih mudah teradsorpsi daripada senyawa alifatik dengan ukuran molekul yang sama (Cecen dan Ozgur, 2012).
3. pH

Efisiensi dari proses adsorpsi bergantung pada pH. Pengaruh yang terlihat dari parameter ini yaitu dapat mempengaruhi susunan kimia logam serta permukaan adsorben untuk proses adsorpsi (Chen dkk., 2017).
4. Temperatur

Peningkatan temperatur dapat meningkatkan laju difusi zat terlarut ke area adsorpsi sehingga meningkatkan efektifitas adsorpsi. Pada adsorpsi liquid, pengaruh temperatur terhadap afinitas pelarut lebih dominan (Cecen dan Ozgur, 2012).

5. Porositas adsorben

Jumlah total, bentuk dan ukuran pori-pori adsorben menentukan kapasitas adsorpsi serta laju adsorpsi. Sebagian besar adsorben padat memiliki struktur kompleks yang terdiri dari pori dengan berbagai ukuran dan bentuk. Mekanisme adsorpsi pada permukaan makropori hampir sama pada permukaan datar, adsorpsi pada permukaan ini biasanya diabaikan. Adsorpsi pada permukaan mesopori berlangsung dengan mekanisme kondensasi adsorbat secara kapiler. Sedangkan untuk mikropori, proses adsorpsi pada dasarnya adalah proses pengisian pori (Cecen dan Ozgur, 2012).

6. Karakteristik kimiawi permukaan

Keragaman gugus fungsi pada permukaan adsorben memiliki pengaruh terhadap keasaman permukaan, polaritas atau hidrofobisitas dan muatan permukaan, yang berpengaruh terhadap kemampuan adsorpsi sebuah adsorben (Cecen dan Ozgur, 2012).

2.6 Adsorpsi Isotermal

Jika larutan dikontakkan dengan adsorben padat, maka molekul adsorbat akan mengalami perpindahan dari cairan ke padatan hingga konsentrasi adsorbat dalam larutan akan setimbang dengan konsentrasi adsorbat di dalam padatan (Hidayati dan Himma, 2018). Adsorpsi umumnya dilakukan dalam reaktor *batch* dengan tanpa adanya aliran masuk atau keluar serta konsentrasi fluida dalam reaktor seragam (Cecen dan Ozgur, 2012). Pada saat kondisi kesetimbangan, proses adsorpsi dan desorpsi akan berlangsung secara simultan. Konsentrasi adsorben pada saat kesetimbangan dapat dihitung menggunakan persamaan (2-1) berikut:

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} V \quad (2-1)$$

Keterangan : q_c = Kapasitas adsorpsi (mg adsorbat/gr adsorben)

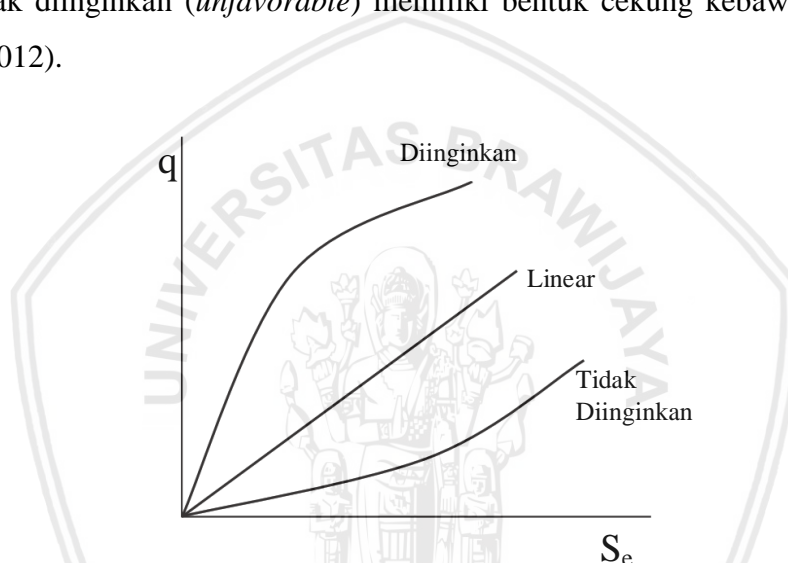
C_0 = Konsentrasi awal adsorbat (mg/L)

C_e = Konsentrasi kesetimbangan adsorbat dalam larutan setelah adsorpsi (mg/liter)

V = Volume adsorbat di dala reactor (L)

m = massa adsorben (gr)

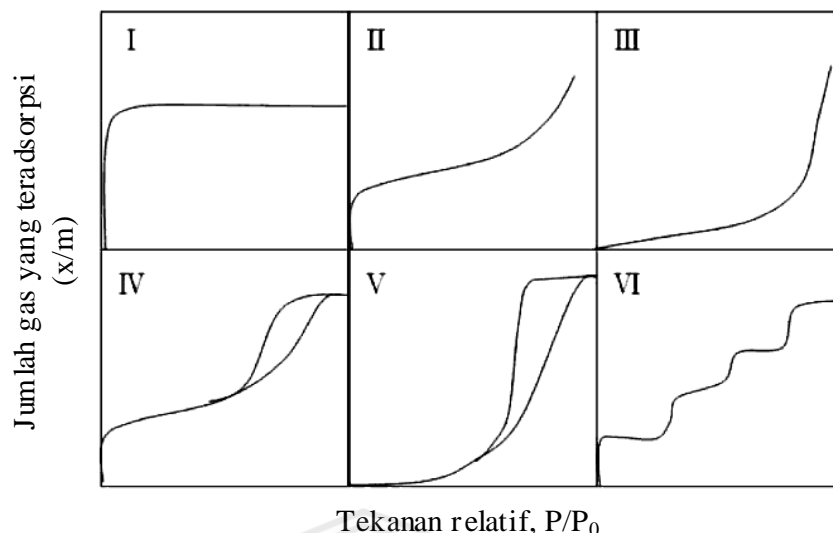
Kesetimbangan akan dicapai jika adsorben kontak dengan adsorbat tertentu dan adsorpsi berlangsung dalam waktu yang relatif lama. Adsorpsi yang terjadi pada temperatur konstan disebut adsorpsi isothermal. Adsorpsi isothermal menunjukkan distribusi material adsorbat berada di antara fase teradsorpsi dan fase larutan pada saat kesetimbangan (Setianingsih, 2018). Adsorpsi isothermal mewakili distribusi bahan yang diadsorpsi antara fase yang diadsorpsi dan fase larutan pada kesetimbangan. Jumlah material yang teradsorpsi tiap berat adsorben akan meningkat seiring meningkatnya konsentrasi namun tidak dalam proporsi langsung. Secara umum, isotherm yang diinginkan (*favorable*) memiliki bentuk cembung keatas, sedangkan yang tidak diinginkan (*unfavorable*) memiliki bentuk cekung kebawah (Cecen dan Ozgur, 2012).



Gambar 2.6 Kurva Adsorpsi Isothermal

Sumber: Cecen dan Ozgur, 2012

Isotermal dapat digunakan untuk menentukan tipe karbon aktif yang tepat, estimasi usia pakai karbon, dan untuk menguji sisa kapasitas adsorpsi dari karbon-adsorber pada operasi aliran kontinyu. Berdasarkan struktur dan heterogenitas permukaan karbon, adsorpsi isothermal dapat dikarakterisasi dengan menggunakan persamaan analitik kompleks (Cecen dan Ozgur, 2012). Dalam adsorpsi fisika, adsorpsi isothermal dapat diklasifikasikan menjadi enam jenis berdasarkan klasifikasi IUPAC. Adsorpsi terjadi karena secara alami menghasilkan energi bebas yang lebih rendah untuk sistem. Isoterm tipe I mencirikan adsorben mikroporous. Tipe II dan III menjelaskan adsorpsi pada adsorben makropori, dengan interaksi adsorbat-adsorben kuat (tipe II) dan lemah (tipe III). Tipe IV dan V mewakili isoterm adsorpsi dengan histeresis. Tipe VI memiliki langkah-langkah (Park dan Seo, 2011).



Gambar 2.7 Klasifikasi adsorpsi isothermal berdasarkan IUPAC

Banyak teori dan pendekatan secara empiris untuk menggambarkan berbagai tipe adsorpsi isothermal, diantaranya adalah Langmuir, Freunlich, Redlich-Peterson (R-P), Brunauer-Emmet-Teller (BET), Temkin dan Dubinin-Radushkevich (D-R). Dari berbagai teori tersebut, Freundlich dan Langmuir merupakan model yang paling banyak digunakan (Hidayati dan Himma, 2018).

2.6.1 Isotermal Langmuir

Model isotermal Langmuir dikembangkan dengan menggunakan beberapa asumsi, yaitu (Hidayati dan Himma, 2018):

- a. Adsorpsi satu lapisan
- b. Adsorpsi berlangsung bolak-balik
- c. Energi adsorpsi pada permukaan adsorben seragam
- d. Molekul yang diadsorpsi tidak saling berinteraksi
- e. Molekul yang diadsorpsi tidak mengalami perpindahan pada permukaan adsorben

Berdasarkan asumsi di atas, maka adsorpsi isothermal model Langmuir dapat ditentukan melalui persamaan (2-2) berikut (Cecen dan Ozgur, 2012):

$$\frac{x}{m} = \frac{q_{max} b C_e}{1 + b C_e} \tag{2-2}$$

Persamaan diatas dapat dilinearkan menjadi:

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_{max}} + \left(\frac{1}{b q_{max}} \right) \left(\frac{1}{C_e} \right) \tag{2-3}$$



Dimana, q_{\max} = Jumlah solute yang teradsorpsi per satuan berat adsorben dalam membentuk lapisan monolayer pada permukaan secara sempurna

b = konstanta yang berhubungan dengan energi adsorpsi.

Kesesuaian model isotermal Langmuir dapat ditentukan melalui konstanta tidak berdimensi (R_L) yang menunjukkan parameter kesetimbangan. R_L dapat ditentukan menggunakan persamaan (2-4) sebagai berikut:

$$R_L = \frac{1}{1+q_{\max}bC_0} \quad (2-4)$$

Dimana C_0 merupakan konsentrasi *solute* awal (mg/L)

Nilai dari R_L mengindikasikan bentuk dari kurva isotermal tergolong sebagai yang tidak diinginkan ($R_L > 1$), linear ($R_L = 1$), diinginkan ($0 < R_L < 1$) atau *irreversible* ($R_L = 0$). Dengan menggunakan konstanta R_L dari persamaan Langmuir, adsorpsi isotermal dapat digunakan untuk mengetahui tingkat *reversible* dari proses adsorpsi (Cecen dan Ozgur, 2012).

2.6.2 Isotermal Freundlich

Pada beberapa proses adsorpsi, terjadi panas adsorpsi mengalami penurunan secara logaritmik seiring dengan peningkatan adsorpsi. Hal ini menunjukkan bahwa titik adsorpsi yang terkait dengan energi adsorpsi terdistribusi secara eksponensial. Kondisi isotermal ini tidak dapat terjadi pada satu lapisan, sehingga tidak memenuhi pendekatan Langmuir. Oleh karena itu, Freundlich mengembangkan pendekatan adsorpsi isotermal seperti ditunjukkan pada persamaan (2-5) (Hidayati dan Himma, 2018):

$$q = \frac{x}{m} = K_f C_e^{1/n} \quad (2-5)$$

Yang dapat dilinearkan menjadi persamaan (2-6) dibawah ini:

$$\log q = \frac{1}{n} \log C_e + \log K_f \quad (2-6)$$

Dimana, q = kapasitas adsorpsi (massa adsorbat yang diadsorpsi per massa adsorben (mg adsorbat/gr adsorben))

C_e = Konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (mg/L)

K_f = Konstanta Freundlich

$1/n$ = gradient atau slope Freundlich

Persamaan dalam bentuk linear dapat diselesaikan melalui kurva dengan $\log(x/m)$ sebagai ordinat dan $\log C_e$ sebagai axis. Sedangkan $(1/n)$ dan $\log K_f$,

masing masing dapat diketahui dari slope dan intersep. Nilai K_f dan n yang tinggi mengindikasikan tingginya adsorpsi yang terjadi pada rentang konsentrasi yang dilakukan (Hidayati dan Himma, 2018).

Model isothermal Freundlich sangat berguna pada larutan encer dengan rentang konsentrasi yang sangat kecil. Model isothermal Freundlich lebih dapat menggambarkan karakteristik adsorpsi kontaminan air dan limbah cair menggunakan karbon aktif, jika dibandingkan model isothermal Langmuir (Hidayati dan Himma, 2018)

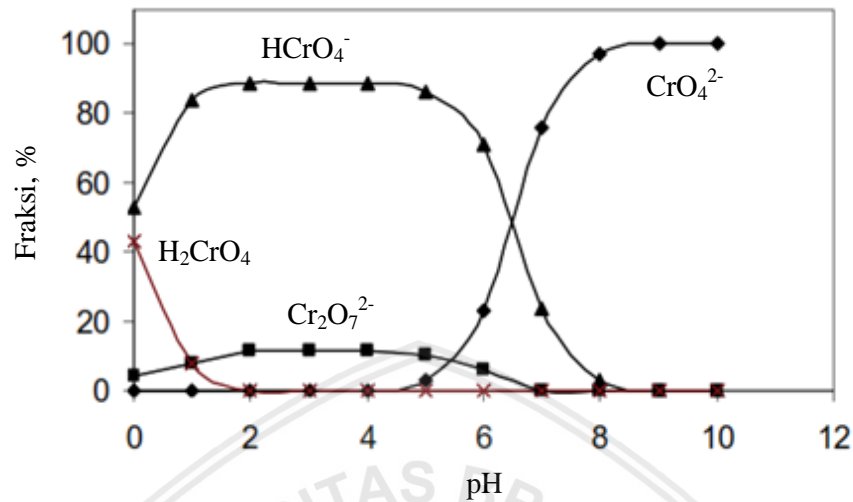
2.7 Kromium Heksavalen

Kromium merupakan elemen yang dapat ditemukan dalam konsentrasi yang rendah pada batuan, hewan, tanah, debu, dan gas. Logam kromium murni tidak dapat ditemukan di alam, namun biasa ditemukan dalam bentuk senyawa padat atau mineral dengan unsur-unsur yang lain (Mukarromah, 2008). Kromium merupakan logam transisi yang memiliki massa atom 51,996 gram/mol, dengan nomor atom 24, titik lebur 1907°C , serta massa jenis $7,19 \text{ g/cm}^3$ (Callister, 2007). Kromium memiliki tingkat oksidasi +2 hingga +6, namun yang paling sering ditemukan ialah pada tingkat oksidasi +3 dan +6 (Cavaco, 2009).

Dalam sebuah larutan, Cr(VI) ditemukan dalam bentuk yang berbeda seperti, asam kromat (H_2CrO_4) dan senyawa anionik hidrogen kromat (HCrO_4^-), kromat (CrO_4^{2-}), dan dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), yang distribusinya bergantung pada pH dan konsentrasi kromium total (Catalin, dkk., 2013). Pada kondisi standard, Cr(VI) memiliki zona stabil pada rentang yang lebih kecil dibanding Cr(III). Pada pH 6 sampai 14, Cr(VI) berwujud ion terlarut sebagai anion kromat (CrO_4^{2-}). Pada pH di bawah 5, Cr_2O_3 larut dalam air membentuk $\text{Cr}_2\text{OH}^{2+}$ yang bersifat mudah larut (Guertin, dkk., 2004). Pada kondisi lingkungan, larutan Cr(VI) encer akan terhidrolisis secara langsung. Sehingga Cr(VI) berwujud sebagai anion yang akan membentuk CrO_4^{2-} dan ion hidrogen kromat (HCrO_4^-).

Kromium heksavalen tergolong substansi yang dapat menyebabkan kematian bagi manusia dan makhluk hidup lainnya dalam paparan yang akut. Kromium heksavalen ini dapat ditemukan dalam limbah industri elektroplating, penyamakan kulit, tekstil dan pengawetan kayu. Baku mutu senyawa Cr(VI) berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Pelapisan Logam Dan Galvanis yaitu sebesar 0,1 mg/L. Namun hasil dari penelitian kadar krom heksavalen

pada limbah cair industri pelapisan logam CV Gemilang Chrom yang terletak di Kecamatan Jaten Kabupaten Karanganyar melebihi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu sebesar 105,65 ppm (Rosleini, 2011).



Gambar 2.8 Diagram Distribusi Bentuk Cr(VI) Dalam Berbagai pH

Sumber :Catalin, dkk.(2013)

Occupational Safety and Health Administration (OSHA) 3373-10 (2009) menyatakan, adanya Cr(VI) pada air limbah industri dapat menyebabkan berbagai potensi masalah kesehatan, antara lain:

- Kanker paru-paru bagi pekerja yang menghirup udara di sekitar area yang mengandung Cr(VI).
- Jika Cr(VI) terhirup dapat menyebabkan iritasi atau kerusakan hidung, kerongkongan, serta paru-paru (saluran pernafasan).
- Iritasi atau merusak mata dan kulit jika Cr(VI) mengalami kontak langsung dengan organ-organ ini.
- Cr(VI) dapat menyebabkan luka bakar.
- Jika Cr(VI) terpapar dengan organ dalam manusia, dapat menyebabkan kerusakan genetik turunan yang mengakibatkan kerusakan kesuburan dan membahayakan janin.
- Bahan ini bersifat toksik dan jika terkontak dengan bahan yang mudah terbakar dapat mengakibatkan kebakaran.

2.7 Uji Karakterisasi Karbon Aktif

2.7.1 Uji Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis merupakan metode yang digunakan untuk menentukan struktur molekul senyawa organik (Hartati, 2017). Spektrofotometri UV-Vis merupakan salah satu metode yang paling bermanfaat untuk analisis kuantitatif. Karakteristik yang penting terkait dengan spektrofotometri UV-Vis ini antara lain (Gandjar dan Rohman, 2018):

- a. Penggunaannya luas
- b. Sensitivitasnya cukup tinggi
- c. Selektivitas cukup tinggi
- d. Akurasi yang tinggi
- e. Mudah dan nyaman

Sinar ultraviolet (UV) mempunyai panjang gelombang antara 200-350 nm dan sinar tampak (*Visible*) antara 350-700 nm. Sinar radiasi monokromatik akan melewati larutan yang mengandung zat yang dapat menyerap sinar radiasi tersebut (Nielsen, 2017). Spektrofotometri UV-Vis umumnya digunakan untuk mengukur konsentrasi suatu sampel. Konsentrasi dari suatu sampel didapatkan dengan mengukur absorbansi dengan panjang gelombang tertentu menggunakan hukum Lambert-Beer. Hukum Lambert-Beer menyatakan bahwa absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi larutan analit dan berbanding terbalik dengan transmitan. Hukum Lambert-Beer tersebut memiliki beberapa batasan (Gandjar dan Rohman, 2007) yaitu:

- a. Sinar dianggap monokromatis
- b. Penyerapan terjadi dalam sebuah volume yang memiliki penampang yang sama.
- c. Senyawa yang menyerap dalam larutan tersebut tidak tergantung terhadap yang lain
- d. Tidak terjadi fluoresensi atau fosforisensi
- e. Indeks bias tidak terpengaruh oleh konsentrasi larutan

Hukum Lambert-Beer dapat dinyatakan dalam persamaan (Suhartati, 2017):

$$A = \log \frac{I_0}{I} = a \times b \times c = \varepsilon \times b \times c \quad (2-7)$$

Dimana,

A = absorbansi

a = absorpsivitas molar ($\text{g}^{-1} \text{cm}^{-1}$)

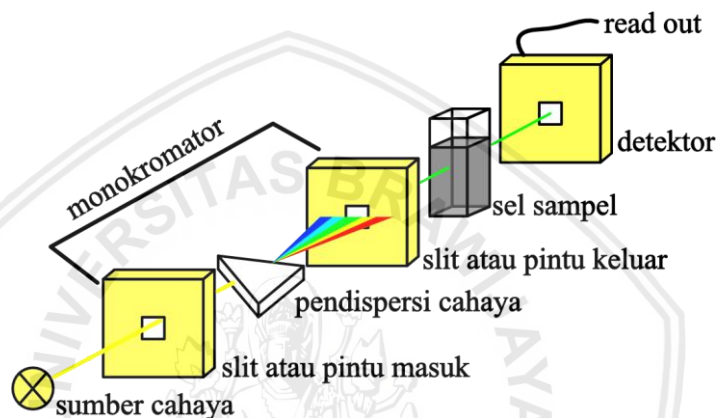
b = tebal kuvet atau lebar sel yang dilalui sinar (cm)

c = konsentrasi analit (mol/L)

ϵ = ekstinsi (absorptivitas) molar ($\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$)

I_0 = intensitas sinar sebelum melalui sampel

I = intensitas sinar setelah melalui sampel

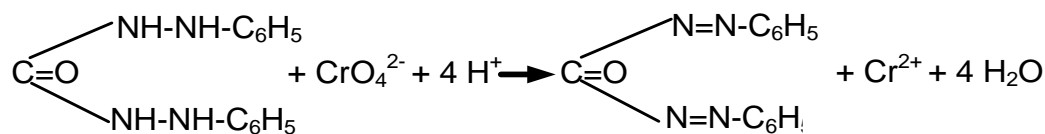


Gambar 2.9 Diagram Alat Spektrofotometri UV-Vis

Sumber: Suhartati (2017)

Dalam pengujian spektrofotometri UV-VIS dengan sampel yang memiliki kandungan senyawa yang beragam, untuk menganalisa senyawa yang diinginkan maka perlu ditambahkan suatu reagen. Reagen yang paling banyak digunakan untuk penentuan kromium (VI) adalah *diphenylcarbazide*, tetapi mengalami gangguan serius dari Fe (III), Mo (VI), Cu (II) dan Hg (II). Penentuan kromium dengan metode spektrofotometri berdasarkan oksidasi senyawa organik dan pada pembentukan ion. Pereaksi lainnya termasuk asam citrazinic, trifluoroperazine hidroklorida, dan leuco xylene cyanol FF (Nagaraj, dkk., 2009). Penentuan Cr dapat dilakukan dengan menambahkan pengompleks *diphenylcarbazide* pada pH asam sehingga akan memberikan warna merah violet. Intensitas warna yang terbentuk dipengaruhi oleh konsentrasi Cr, waktu reaksi, pH, dan volume pengompleks. Sistem dibuat pH antara 0,5-2,5 agar Cr^{+6} kompleks dapat terjadi dengan *diphenylcarbazide* sebagai pengompleks. Dimana pada larutan asam reaksi Cr^{+6} dengan

diphenylcarbazide akan mereduksi Cr^{+6} menjadi Cr^{+2} dan membentuk *diphenylcarbazone*, dimana dari sinilah warna violet terbentuk. (Prasetyo, 2006).



Gambar 2.10 Reaksi reduksi Cr^{+6} menjadi Cr^{+2}

Sumber: (Vogel, 1990)

Kompleks *Cr-Diphenylcarbazone* mempunyai λ_{maks} sebesar 542 nm dimana terjadi absorpsi maksimum. Pada pengukuran harus dipilih panjang gelombang maksimum karena pada panjang gelombang ini kepekaan tertinggi dan kurva baku akan tetap linear (memenuhi hukum lambert beer) (Prasetyo, 2006). Dimana berdasarkan spectrum cahaya tampak dan warna komplementer pada rentang panjang gelombang 500-550 memiliki warna ungu atau violet (Nielsen, 2017).

Tabel 2.4 Spektrum Cahaya Tampak dan Warna Komplementer

No	Warna	Panjang Gelombang (nm)	Warna Komplementer
1	Ultraviolet	< 380	
2	Violet	380-420	Kuning-Hijau
3	Violet-Biru	420-440	Kuning
4	Biru	440-470	Orange
5	Biru-Hijau	470-500	Merah
6	Hijau	500-520	Ungu
7	Kuning-Hijau	520-550	Violet
8	Kuning	550-580	Violet-Biru
9	Orange	580-620	Biru
10	Merah	620-680	Biru-Hijau
11	Ungu	680-780	Hijau
12	Inframerah	>780	

Sumber: Nielsen (2017)

2.7.2 Uji FTIR

Spektroskopi inframerah (IR) atau Fourier transform infrared (FTIR) sebagai sejumlah besar aplikasi, dari analisis molekul kecil atau kompleks hingga analisis sel atau jaringan (Berthomieu dan Hienerwadel, 2009). Kebanyakan spektrometer FTIR ialah jenis *single beam*. Untuk mengumpulkan spektrum sampel, spektrum blanko pertama-tama diperoleh dengan transformasi Fourier dari interferogram pada larutan blanko (pelarut, air sekitar, dan karbon dioksida). Kemudian, rasio spektrum sampel *single beam* dan spektrum blanko dihitung dan didapatkan absorbansi atau transmitansi dan panjang gelombang yang kemudian diplot ke dalam grafik. Keuntungan utama instrumen FTIR dibandingkan spektrometer dispersif meliputi kecepatan dan sensitivitas yang lebih baik, daya pengumpul cahaya yang lebih baik, kalibrasi panjang gelombang yang lebih akurat, desain mekanis yang lebih sederhana, dan penghapusan berkas virtual lain dari cahaya lain dan emisi IR. Karena keunggulan ini, hampir semua instrumen IR baru adalah sistem FTIR. Spektrometer transformasi Fourier mendeteksi semua panjang gelombang IR sepanjang waktu (Skoog, dkk., 2014).

2.7.3 Uji BET

BET merupakan metode untuk menentukan luas permukaan padatan berpori yang dikembangkan oleh Brunner, Emmett, dan Teller dan merupakan alat yang banyak digunakan untuk menentukan volume *monolayer* (V_m) dan luas permukaan spesifik (S) (Seepe, 2015). BET menunjukkan bahwa permukaan adsorben seragam, sehingga panas adsorpsi dari monolayer pertama konstan. Kemudian diasumsikan bahwa tidak ada interaksi lateral dari partikel yang teradsorpsi dan molekul yang teradsorpsi dapat bertindak sebagai permukaan adsorpsi baru untuk lapisan berikutnya; dan ini adalah proses berulang. Akhirnya, panas adsorpsi pada semua lapisan tunggal terpisah dari yang pertama (Seepe, 2015).

2.7.4 Uji X-Ray Fluorescence

X-Ray Fluorescence (XRF) adalah metode analisis untuk menentukan komposisi senyawa anorganik dari seluruh jenis bahan. Bahan yang diuji bisa berwujud padat, cair, bubuk, serta hasil filtrasi. XRF juga dapat digunakan untuk menentukan ketebalan dan komposisi dari tiap layer dan coating. Metode ini cepat, akurat, dan tidak merusak serta hanya membutuhkan persiapan

sampel yang minimalis. Secara umum, unsur-unsur dengan nomor atom yang tinggi memiliki batas deteksi yang lebih baik dari daripada elemen yang lebih ringan. *X-ray* dapat dilihat sebagai gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang yang terletak di antara sinar- γ dan ultraviolet yaitu antara 0,01 hingga 10nm. Energi *X-ray* berbanding terbalik dengan panjang gelombangnya yang didasarkan pada persamaan $E \times \lambda = hc$, dimana hc merupakan konstanta dengan nilai 1,23985 (Brouwer, 2003).



2.8 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu

No	Sumber	Judul	Metode	Hasil
1	Kyzas, 2012	<i>Commercial Coffee Wastes as Materials for Adsorption of Heavy Metals from Aqueous Solutions</i>	Ampas kopi diperlakukan dua cara ; (i) Ampas kopi dikeringkan pada suhu ruang dan diayak , (ii) Ampas kopi di cuci dengan aquades kemudian dikeringkan pada suhu 105°C selama 5 jam dalam oven.	persen penyisihan Cu dan Cr konsentrasi 50 ppm sebesar 76% dan 62% untuk ampas kopi dengan perlakuan (ii) dengan kondisi optimum pH 5; kecepatan agitasi 140 rpm; waktu kontak 24 jam; dan suhu dijaga 25°C
2	Imawati dan Adhitiyawar man, 2015	Kapasitas Adsorpsi Maksimum Ion Pb(II) Oleh Arang Aktif Ampas Kopi Teraktivasi HCl Dan H ₃ PO ₄	Bubuk kopi diseduh dengan air panas selama 10 menit dan disaring. dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 5 jam dan dikarbonisasi pada suhu 600°C selama 4 jam. Didinginkan dan diayak dengan ukuran 100 mesh. kemudian direndam dengan larutan aktivator HCl 0,1 M dan H ₃ PO ₄ 0,1 M sebanyak 500 mL selama 48 jam dan	Aktivasi HCl menghasilkan 302,1308 mg/g (daya serap iodium). Aktivasi H ₃ PO ₄ menghasilkan 344,2158 mg/g (daya serap iodium), pH optimum 4, t = 30 menit dan $\omega = 60$ rpm. Kapasitas adsorpsi maksimum dengan HCl dan H ₃ PO ₄ 3,3255

No	Sumber	Judul	Metode	Hasil
			disaring kemudian dicuci menggunakan air demineral hingga netral dan dioven pada suhu 110°C selama 3 jam.	mg/g dan 2,609 mg/g
3	Cherdcoo, dkk, 2019	<i>Removal of Cr(VI) from synthetic wastewater by adsorption onto coffee ground and mixed waste tea</i>	Adsorpsi menggunakan biosorben dari ampas kopi dan campuran ampas teh, yang masing-masing dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 3 hari dan disimpan dalam desikator hingga digunakan. Biosorben ditambahkan pada larutan Cr sintetis dengan variabel dosis adsorben(0-6gr), konsentrasi awal Cr (5-100 ppm), kecepatan pengadukan (50-350 rpm), suhu operasi (15-80°C, dengan interval 5°C), dan waktu kontak (20-360 min)	Kondisi optimum dalam adsorpsi Cr(VI) menggunakan kedua jenis biosorben yaitu pH 2 selama 180 menit dengan suhu 30°C dan kecepatan pengadukan 250 rpm. Maksimum kapasitas adsorpsi untuk ampas kopi yaitu 87,72 mg/g sedangkan untuk ampas teh sebesar 94,34 mg/g.

No	Sumber	Judul	Metode	Hasil
4	Mariana, dkk., 2018	<i>Activation and characterizat ion of waste coffee grounds as bio-sorbent</i>	Limbah bubuk kopi dikeringkan dibawah sinar matahari, kemudian dikarbonisasi pada suhu 600 °C selama 4 jam. Karbon ampas kopi yang didapat kemudian diayak dengan ukuran 100 mesh. Setelah itu karbon diaktivasi dengan merendam dalam larutan HCl 0,1 M selama 48 jam. Karbon disaring dari larutan HCl dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 105 °C selama 24 jam.	Karbon aktif dari ampas kopi memiliki ukuran pori sebesar 1,592 µm, kadar air 6,38 % dan kadar abu 1,05 %. Daya serap iodin dari karbon aktif sebesar 856,58 mg/gr.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan secara eksperimental dengan analisis kualitatif dan kuantitatif dalam skala laboratorium. Penelitian ini dilakukan berdasarkan variabel-variabel yang telah ditentukan dan bertujuan untuk mengetahui persen penyisihan ion kromium heksavalen [Cr(VI)] pada larutan uji sintetik dengan adsorben karbon dari ampas kopi yang diaktivasi menggunakan HCl.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Sains Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang pada bulan Juni 2019 sampai September 2019. Karakterisasi gugus fungsi yang terkandung pada adsorben melalui uji FTIR dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju, Universitas Negeri Malang. Karakterisasi luas permukaan spesifik dan ukuran pori adsorben melalui uji BET dilakukan di Laboratorium Instrumentasi dan Analisa Institut Teknologi Bandung. Serta karakterisasi kandungan mineral adsorben melalui uji XRF dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju, Universitas Negeri Malang.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Variasi jumlah adsorben karbon aktif ampas kopi sebesar 0,1 gr, 0,5 gr, 1 gr dalam 50 mL larutan Cr(VI)
2. Variasi konsentrasi awal larutan Cr(VI) sebesar 70; 90; 100; 110; 130 ppm

Untuk lebih jelas dalam penggunaan variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Jumlah adsorben [Y]	Konsentrasi Awal Larutan Cr(VI) [X]				
	70 ppm	90 ppm	100 ppm	110 ppm	130 ppm
0,1 gr	X ₁ Y ₁	X ₂ Y ₁	X ₃ Y ₁	X ₄ Y ₁	X ₅ Y ₁
0,5 gr	X ₁ Y ₂	X ₂ Y ₂	X ₃ Y ₂	X ₄ Y ₂	X ₅ Y ₂
1 gr	X ₁ Y ₃	X ₂ Y ₃	X ₃ Y ₃	X ₄ Y ₃	X ₅ Y ₃

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya :

1. *Oven*
2. Desikator
3. Spektrofotometer *UV-Visible*
4. pH meter
5. Neraca Analitik
6. Neraca digital
7. Reaktor karbonisasi
8. Termometer
9. Erlenmeyer
10. *Beaker glass*
11. Labu ukur
12. Pengayak 100 mesh
13. Pipet ukur
14. Pipet volume
15. *Rubber bulb*
16. Pipet tetes
17. *Mortar & Pestel*
18. Corong *Buchner*
19. Cawanporselen
20. *Crucible Tongs*
21. *Stopwatch*
22. Lemari Asam
23. Kaca arloji

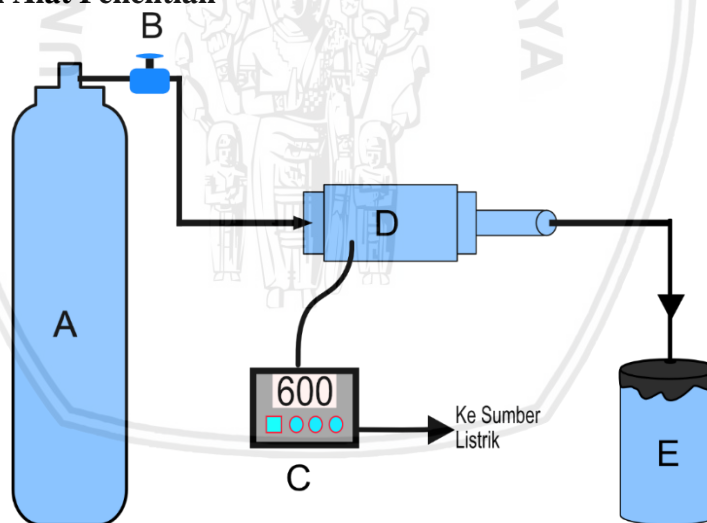
24. *Hot plate*

25. *Magnetic stirrer*

3.4.2. Bahan Penelitian

1. Ampas Kopi
2. Larutan $K_2Cr_2O_7$
3. HCl
4. H_2SO_4
5. H_3PO_4
6. *Aquademin*
7. *1,5-diphenylcarbazine*
8. Gas N_2
9. Kertas Saring *WhatmanNo 41*

3.4.3. Rangkaian Alat Penelitian



Gambar 3.1 Rangkaian Alat Karbonisasi

Keterangan Gambar

A : Tabung gas nitrogen

B : Flowmeter

C : *Thermo controller*

D : Reaktor Karbonisasi

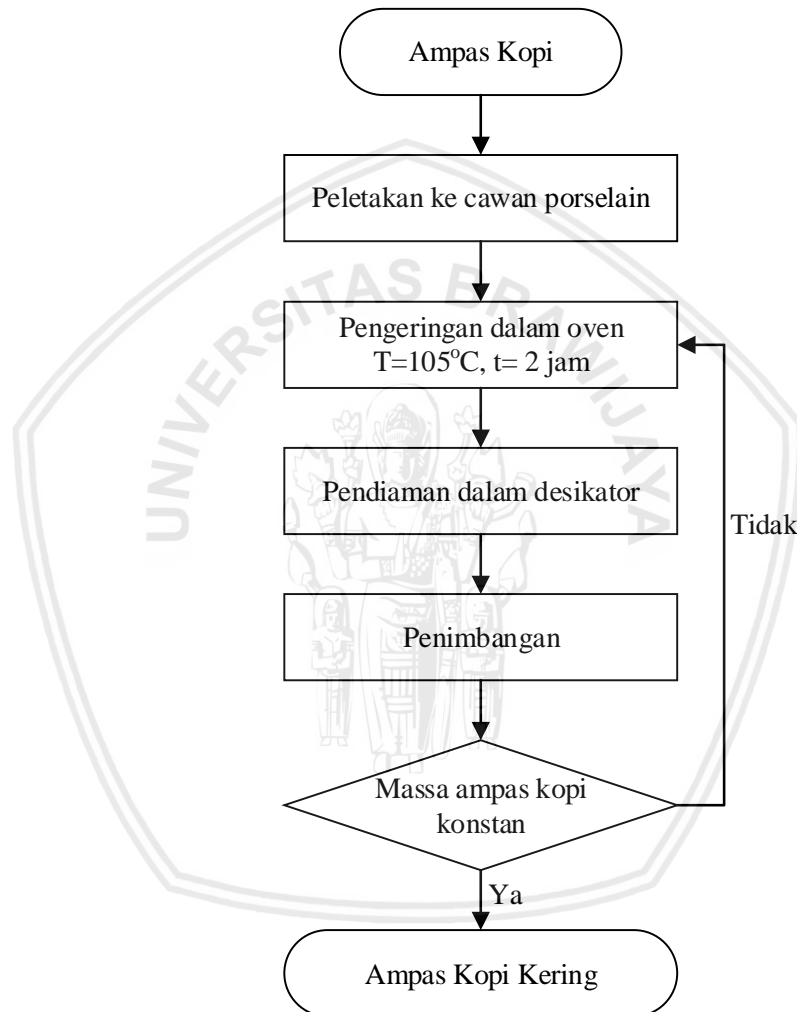
E : *Gas capture* berupa ember

berisi air

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Persiapan Ampas Kopi

Prosedur persiapan ampas kopi didasarkan pada penelitian yang dilakukan Imawati dan Adhitiyawarman (2015). Ampas kopi diletakkan dalam cawan porselen dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 2 jam untuk mengurangi kandungan air yang ada. Ampas kopi kemudian didiamkan dalam desikator dan ditimbang. Berikut ini adalah diagram alir persiapan ampas kopi.



Gambar 3.2 Persiapan Ampas Kopi

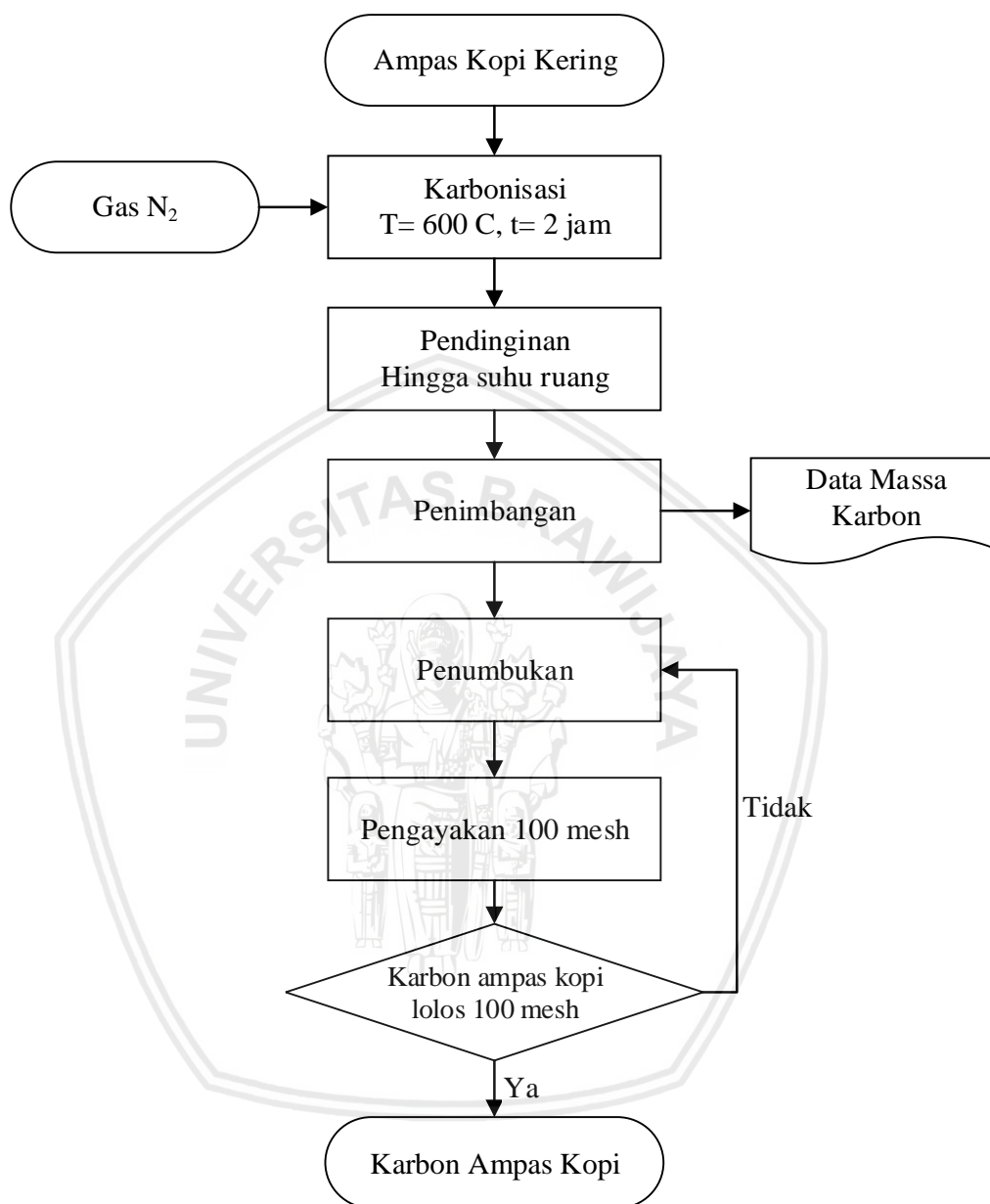
3.5.2. Karbonisasi Ampas Kopi

Proses karbonisasi ampas kopi dilakukan sebagai berikut :

1. Memasukkan ampas kopi ke dalam reaktor karbonisasi yang dialiri dengan gas nitrogen
2. Melakukan proses karbonisasi pada temperatur 600°C selama dua jam.
3. Mendinginkan ampas kopi hasil karbonisasi hingga temperatur ruang.
4. Menimbang karbon dengan menggunakan neraca analitik

5. Menyeragamkan ukuran karbon hingga lolos pada ayakan 100 mesh.

Diagram alir proses karbonisasi ampas kopi dapat dilihat pada gambar 3.3 sebagai berikut

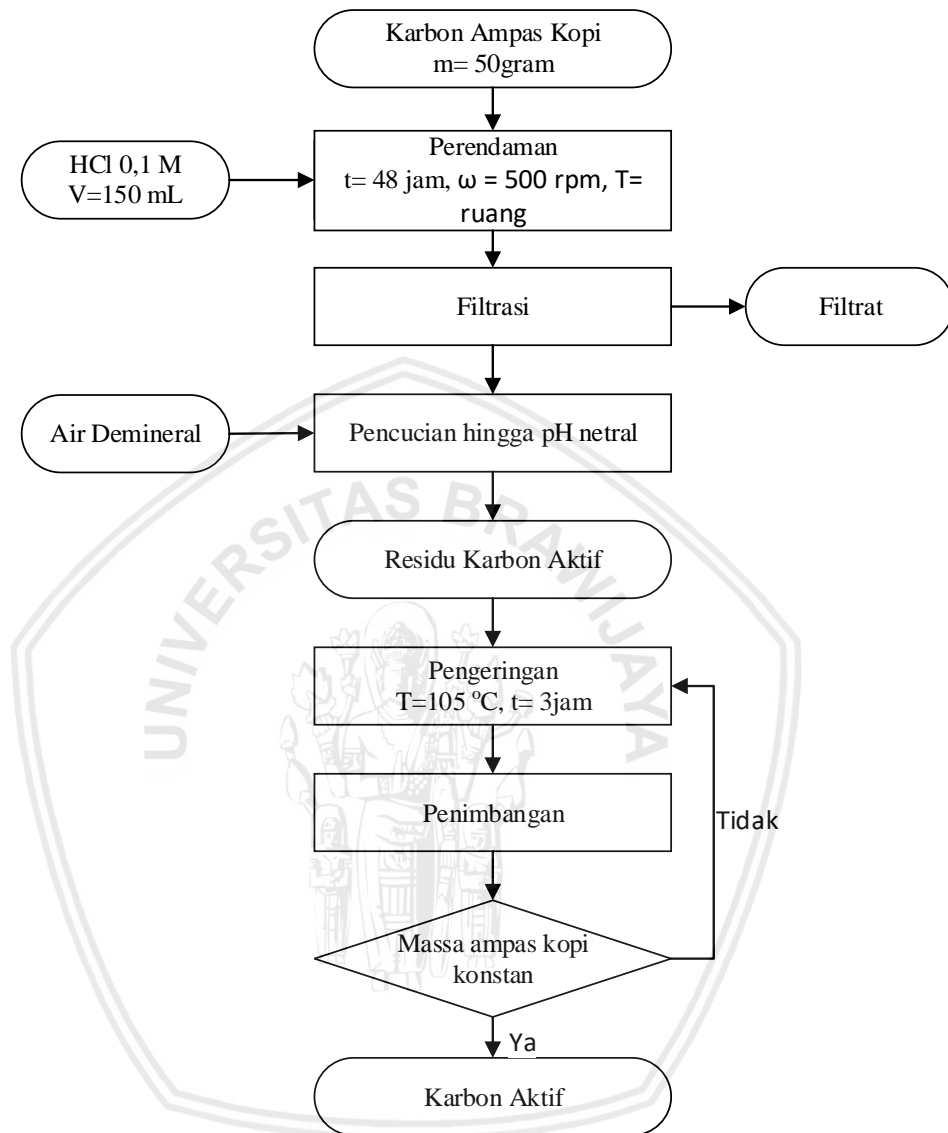


Gambar 3.3 Proses Karbonisasi Ampas Kopi

3.5.3. Proses Aktivasi Karbon Ampas Kopi

Aktivasi karbon ampas kopi dilakukan merupakan aktivasi kimia dengan merendam sebanyak 50 gr karbon dalam larutan aktivator HCl 0,1 M sebanyak 150 mL selama 48 jam dengan pengadukan $\omega = 500$ rpm pada suhu ruang, setelah

itu disaring. Kemudian dicuci menggunakan air demineral hingga netral dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 3 jam. Diagram alir proses aktivasi karbon ampas kopi dapat dilihat pada gambar 3.4 sebagai berikut.



Gambar 3.4 Diagram Alir Aktivasi Karbon Ampas Kopi

3.5.4. Karakterisasi Karbon Sebelum dan Sesudah Aktivasi

3.5.4.1. Kadar Air

Penentuan kadar air dilakukan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon baik yang tanpa aktivasi maupun yang telah diaktivasi (Maryono, dkk. 2013). Prosedur penentuan kadar air didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif. Kadar air ditentukan dengan cara pengeringan di dalam oven. Karbon dengan

massa 5 gram yang telah dihaluskan dan ditimbang, ditempatkan dalam cawan porselen yang telah diketahui massanya. Kemudian karbon dikeringkan pada suhu 105 °C selama 2 jam. Karbon kemudian dimasukkan dalam desikator dan ditimbang hingga massa konstan. Kadar air dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$\text{Kadar air(\%)} = \frac{M_0 - M}{M_0} \times 100\% \quad (3-1)$$

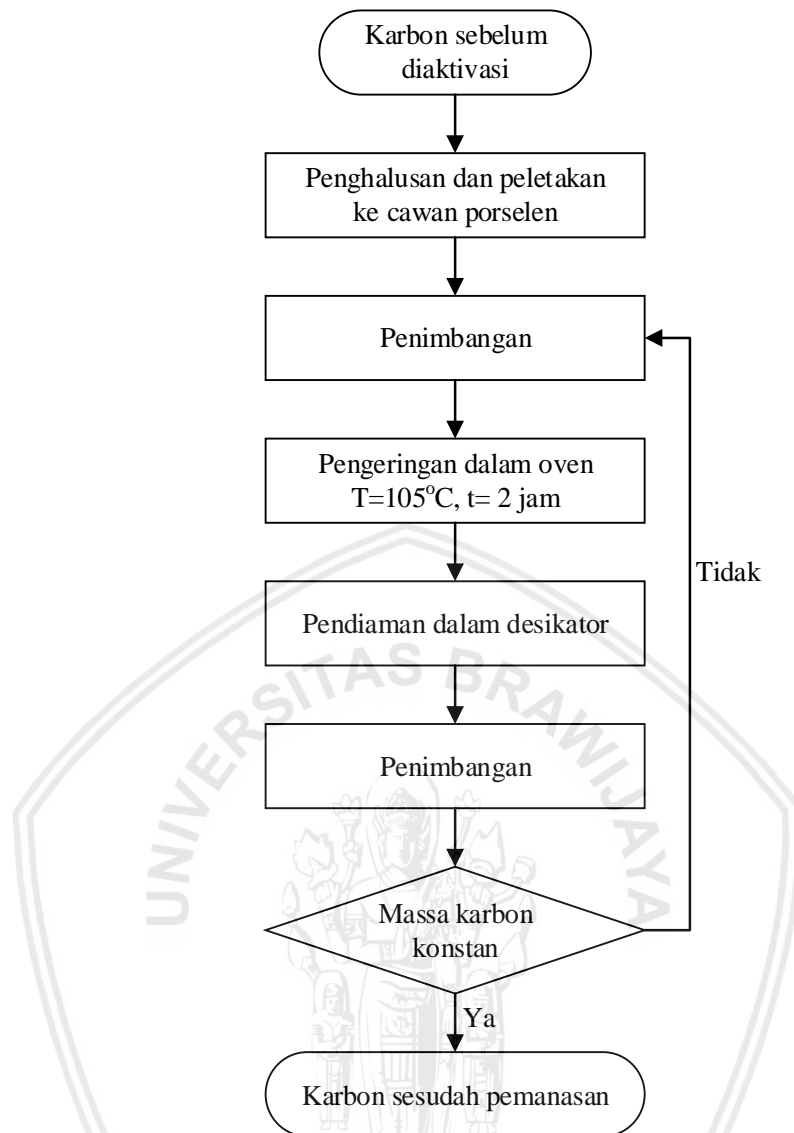
Dimana,

M_0 = Massa ampas kopi/karbon/karbon aktif sebelum pengeringan dalam oven (gr)

M = Massa ampas kopi/karbon/karbon aktif setelah pengeringan dalam oven (gr)

Berikut merupakan diagram alir proses pengujian kadar air pada karbon ampas kopi yang ditunjukkan pada gambar 3.5.





Gambar 3.5 Diagram Alir Pengujian Kadar Air Karbon Ampas Kopi
Keterangan : Prosedur ini diulang untuk sampel ampas kopi dan karbon setelah diaktivasi menggunakan larutan HCl

3.5.4.2. Kadar Abu

Penentuan kadar abu pada karbon aktif didasarkan pada *CEFIC test Methods for Activate Carbon 2003* dan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif. Karbon hasil dari uji kadar air diletakkan dalam cawan porselen yang sudah diketahui massa kosongnya. Setelah itu karbon dalam cawan porselen dibakar dalam furnace dengan suhu 650 °C selama 3 jam dan setelah dingin cawan porselen berisi abu hasil pembakaran ditimbang. Jumlah kadar abu ditentukan melalui persamaan berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{F-G}{B-G} \times 100\% \quad (3-2)$$

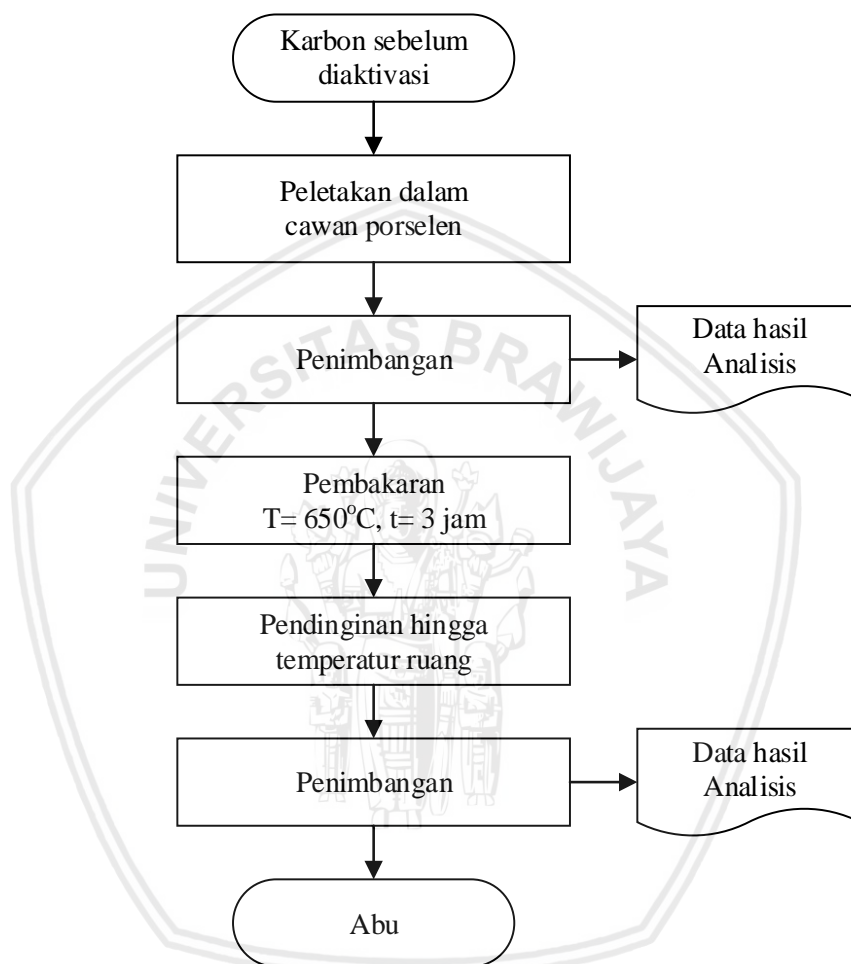
Dimana,

B = Massa cawan porselin ditambah sampel kering (gr)

F = Massa cawan porselin ditambah abu (gr)

G = Massa cawan porselin kosong (gr)

Diagram alir proses pengujian kadar abu dapat dilihat pada gambar 3.6 sebagai berikut.



Gambar 3.6 Diagram Alir Pengujian Kadar Abu Karbon Ampas Kopi
Keterangan : Prosedur ini diulang untuk sampel ampas kopi dan karbon setelah diaktivasi menggunakan larutan HCl

3.5.4.3. Kadar Zat Menguap

Penentuan kadar zat menguap didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif. Kadar zat menguap ditentukan dengan pemanasan di dalam tanur listrik. Karbon aktif

dengan massa 1 gram yang sudah dihaluskan dan ditimbang, ditempatkan dalam cawan porselen yang telah diketahui massanya. Kemudian karbon aktif dipanaskan pada suhu 950°C selama 7 menit. Karbon aktif kemudian dilakukan pendinginan dengan suhu ruang hingga massa konstan. Kadar zat menguap dapat ditentukan dalam persen (%) dengan persamaan sebagai berikut :

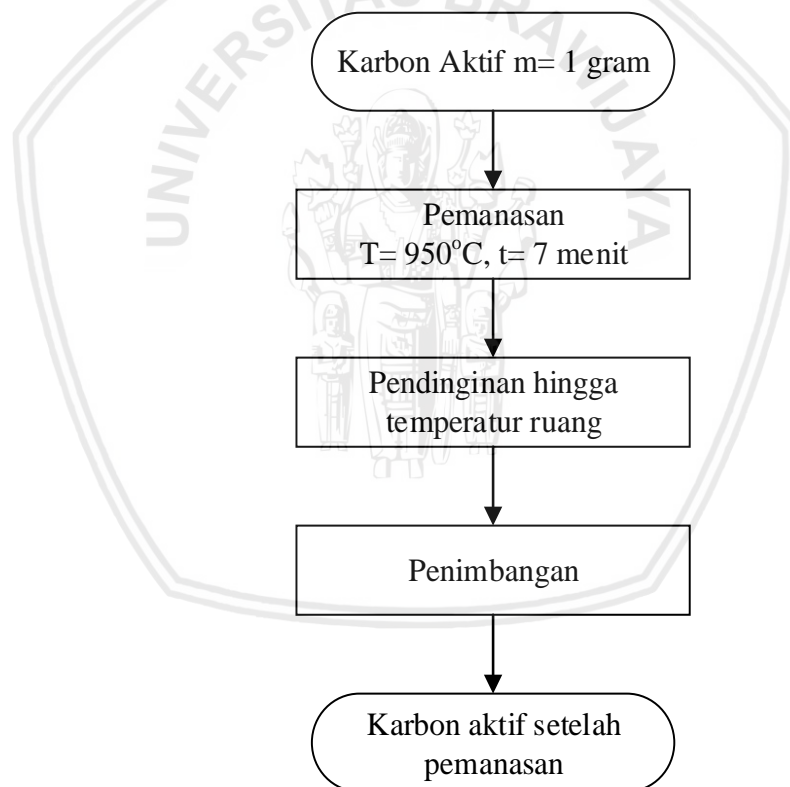
$$\text{Kadar zat menguap}(\%) = \frac{M}{M_0} \times 100\% \quad (3-3)$$

Dimana :

M = bobot karbon aktif yang hilang selama pemanasan

M₀ = bobot karbon aktif awal sebelum pemanasan

Berikut proses pengujian kadar zat menguap pada karbon dari ampas kopi yang ditunjukkan pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Diagram Alir Proses Pengujian Kadar Zat Menguap
Keterangan: Prosedur ini diulang untuk semua sampel karbon sebelum dan setelah aktivasi menggunakan larutan HCl.

3.5.4.4. Kadar Karbon Terikat

Kadar karbon terikat adalah hasil dari proses karbonisasi selain air, abu, dan zat mudah menguap (Sahara, dkk., 2017). Penentuan kadar karbon terikat bertujuan untuk mengetahui kadar karbon murni yang terkandung pada arang

aktif yang dihasilkan. Kadar karbon terikat dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\text{Kadar karbon terikat(\%)} = 100\% - (\% \text{Kadar volatil} + \% \text{Kadar Abu}) \quad (3-4)$$

3.5.4.5. Yield Karbonisasi

Yield karbonisasi adalah rasio massa karbon dari ampas kopi setelah karbonisasi terhadap massa awal ampas kopi pada basis kering, dan dapat ditentukan melalui persamaan berikut :

$$\text{Yield (\%)} = \frac{W_1}{W_0} \times 100\% \quad (3-5)$$

Dimana,

W_0 = massa awal ampas kopi dalam basis kering (gr)

W_1 = massa karbon (gr)

3.5.4.6. Analisa Karbon Aktif dengan Fourier Transform Infrared (FTIR)

Analisa FTIR menggunakan prinsip spektroskopi inframerah yang berguna untuk identifikasi gugus-gugus fungsi yang terdapat pada ampas kopi dan karbon ampas kopi sebelum diaktivasi maupun setelah diaktivasi. Uji FTIR dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Malang.

3.5.4.7. Analisa Karbon Aktif dengan Brunauer Emmette Teller (BET)

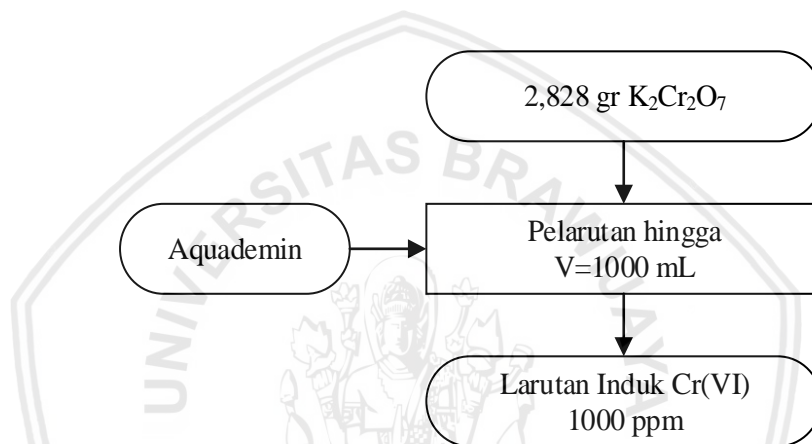
Analisa Brunauer Emmett Teller (BET) ditentukan dari isoterm adsorpsi-desorpsi nitrogen pada $-196,15^\circ\text{C}$ menggunakan *Micrometrics* (Tristar 3000). Uji BET pada karbon aktif ampas kopi dilakukan untuk karakterisasi pori yang meliputi luas permukaan spesifik, ukuran diameter pori, volume pori, serta distribusi pori dari karbon ampas kopi sebelum diaktivasi dan sesudah diaktivasi. Uji BET dilakukan di Laboratorium Instrumentasi dan Analisa Institut Teknologi Bandung.

3.5.4.8. Analisa Karbon Aktif dengan X-Ray Fluorescence

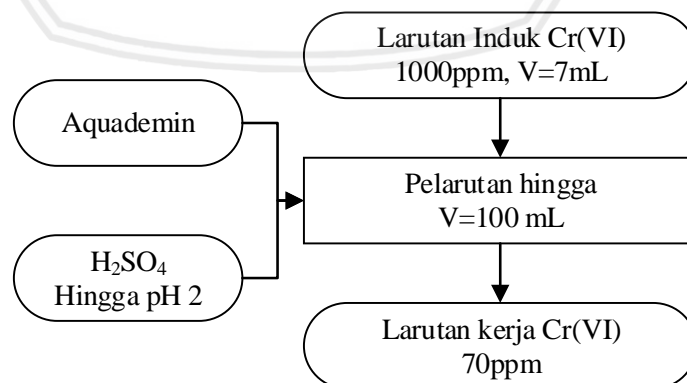
Analisa XRF dilakukan untuk mengetahui dan menganalisa komposisi unsur yang terdapat pada karbon ampas kopi sebelum diaktivasi dan setelah teraktivasi HCl. Uji XRF dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Malang.

3.5.5. Pembuatan Adsorbat Limbah Sintetik Cr(VI)

Berdasarkan *Standard Method* (1999), pembuatan larutan induk sampel sintetik Cr(VI) 1000 ppm dilakukan dengan melarutkan sebanyak 2,8292 gram ke dalam aquademin hingga volumenya 1000 mL. Limbah sintetik Cr(VI) dibuat dengan dengan mengambil 7 mL larutan induk Cr(VI) 1000 ppm yang kemudian diencerkan dengan aquademin hingga volumenya 100 mL. Kemudian ditambahkan H_2SO_4 untuk mengatur pH larutan hingga didapatkan pH 2. Diagram alir proses pembuatan larutan kerja Cr(VI) dapat dilihat pada gambar 3.8 dan 3.9 berikut



Gambar 3.8 Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Induk Cr(VI) 1000 ppm



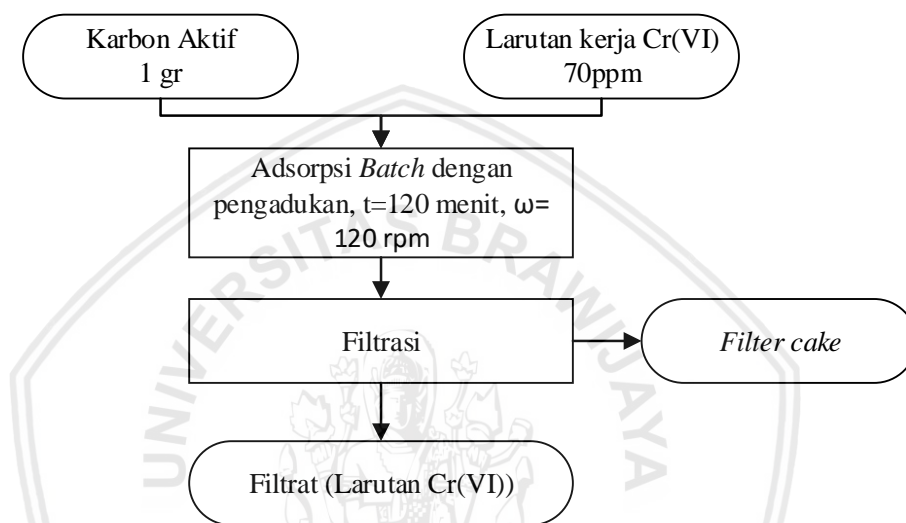
Gambar 3.9 Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Kerja Cr(VI) 70 ppm

Keterangan: Prosedur diulang dengan variasi konsentrasi larutan Cr(VI)

sebesar 90, 100, 110 dan 130 ppm.

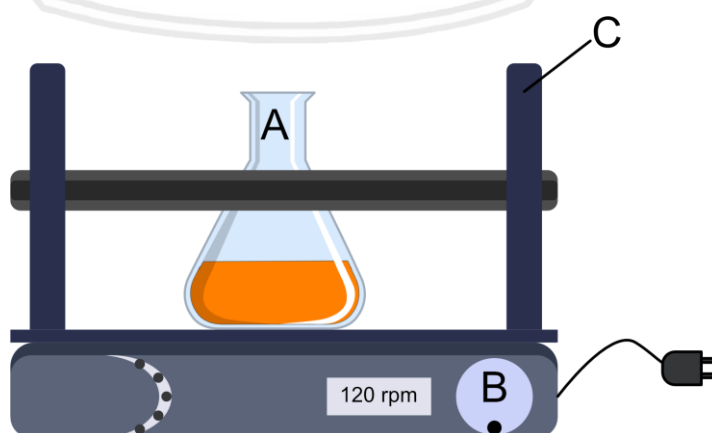
3.5.6. Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi krom heksavalen (Cr(VI)) dilakukan menggunakan karbon aktif terbuat dari ampas kopi sebanyak 1 gram yang ditambahkan ke dalam larutan kerja krom heksavalen (Cr(VI)) sebanyak 50 mL. Proses adsorpsi dilakukan dalam kondisi batch dengan pengadukan $\omega=120$ rpm selama 120 menit pada *rotary shaker*. Selanjutnya karbon aktif dipisahkan dari larutan dengan cara filtrasi. Diagram alir proses adsorpsi ion krom heksavalen (Cr(VI)) dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Proses Adsorpsi

Keterangan: Prosedur diulang dengan variasi konsentrasi larutan Cr(VI) sebesar 90, 100, 110 dan 130 ppm dan variasi jumlah karbon aktif sebesar 0,1 dan 0,5 gram



Gambar 3.11 Rangkaian Alat Adsorpsi

Keterangan gambar

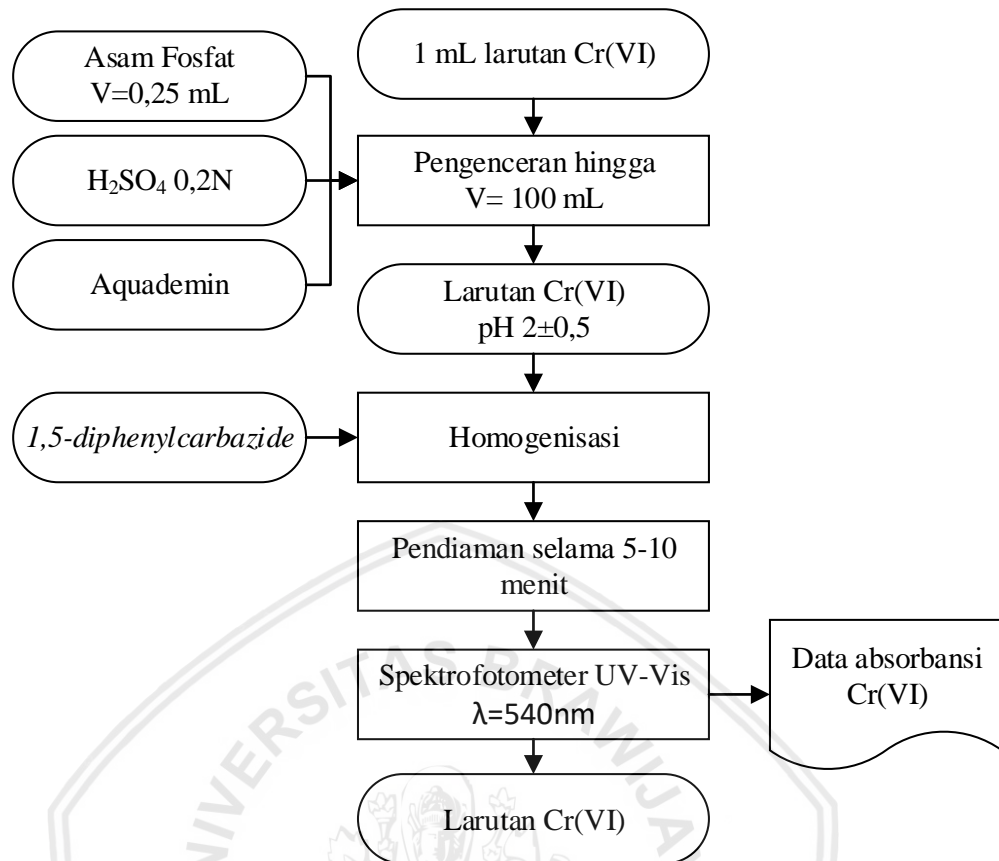
A : Erlenmeyer C : *Shaker*

B : Pengatur Kecepatan

3.5.7. Analisa Kandungan Cr(VI) dengan Spektrofotometer UV-Vis

Berdasarkan prosedur yang ada pada *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater No. 3-70* (APHA, 2012), pengujian ini menggunakan *1,5-diphenylcarbazide* sebagai agen pengkompleks. Sampel limbah sintetik Cr(VI) sebanyak 1 mL yang telah melewati proses adsorpsi ditambahkan asam fosfat (H_3PO_4) 5 tetes (0,25 mL) dan ditambahkan aquademin hingga volume larutan sebanyak 100 mL. Selanjutnya pH larutan diatur hingga $2 \pm 0,5$ dengan menambahkan asam sulfat (H_2SO_4) 0,2 N. Setelah pH larutan 2, *1,5-diphenylcabazide* sebanyak 2 mL ditambahkan dan didiamkan selama 5-10 menit agar terbentuk kompleks yang menghasilkan warna merah keunguan. Selanjutnya larutan sampel limbah sintetik Cr(VI) dilakukan pengukuran nilai absorbansi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 540 nm. Penentuan kadar Cr(VI) pada larutan sampel didasari dari nilai absorbansi yang didapatkan dan dibandingkan dengan kurva kalibrasi Cr(VI) dari larutan standar krom heksavalen dengan konsentrasi 0 ppm; 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,6 ppm; 0,8 ppm; 1 ppm; 1,2 ppm; 1,4 ppm.

Diagram alir analisa kandungan Cr(VI) menggunakan spektrofotometer UV-Vis ditunjukkan seperti gambar 3.11.



Gambar 3.12 Diagram Alir Analisa Kandungan Cr(VI)

Persentase penyisihan logam Cr(VI) pada larutan sampel dapat ditentukan melalui persamaan berikut :

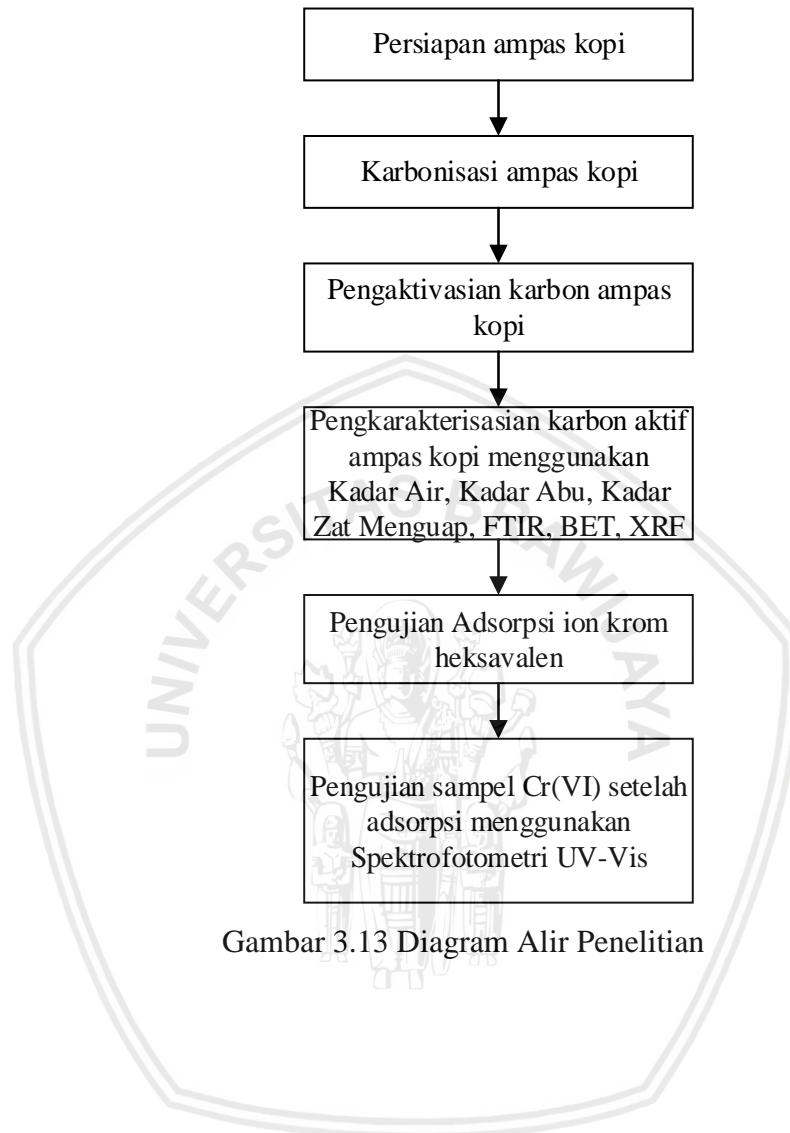
$$\text{Persentase Penyisihan Cr(VI)} = \frac{c_0 - c_1}{c_0} \times 100\% \quad (3-6)$$

Dimana, C_0 = Konsentrasi Cr(VI) sebelum adsorpsi

C_1 = Konsentrasi Cr(VI) setelah adsorpsi

3.5.8. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.12 sebagai berikut.



Gambar 3.13 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik karbon dan karbon aktif ampas kopi

Karakterisasi karbon dan karbon aktif ampas kopi ini bertujuan untuk mengetahui kualitas dari karbon dan karbon aktif ampas kopi yang dihasilkan. Karakterisasi ini dilakukan dengan landasan SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat menguap, dan kadar karbon terikat. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil uji karakteristik karbon dan karbon aktif

	SNI	Karbon	Karbon Aktif
Kadar Zat Menguap,%	Maks. 25	39	33
Kadar air, %	Maks. 15	5	7
Kadar abu, %	Maks. 10	6	3
Karbon terikat, %	Min. 65	55	64

Penentuan kadar air dilakukan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon baik yang tanpa aktivasi maupun yang telah diaktivasi (Maryono, dkk. 2013). Tabel 4.1 menunjukkan kadar air yang terdapat pada karbon tanpa aktivasi dan karbon yang teraktivasi, yang mana persentase kadar air yang terdapat pada kedua jenis karbon telah memenuhi standar (SNI) 06-3730-1995 yaitu maksimal kadar air yang terdapat pada karbon aktif sebesar 15%. Kadar air yang ditunjukkan oleh karbon aktif dalam penelitian ini lebih besar dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi. Hal ini dapat disebabkan oleh kontak karbon aktif dengan udara pada proses pendinginan. Sifat higroskopis menyebabkan arang aktif pada kondisi dan kelembaban tertentu akan mencapai suatu keseimbangan kadar air, keseimbangan kadar air ini merupakan sebuah ukuran higroskopisitas (Tsoumis, 1991).

Penentuan kadar abu akan menunjukkan kandungan mineral yang terkandung dalam arang aktif (Jankowsk, dkk., 1991), dimana kadar abu sebanding dengan kandungan bahan anorganik yang terdapat di dalam karbon. Dari tabel 4.1 didapatkan bahwa kadar abu pada karbon teraktivasi memiliki kadar abu yang lebih rendah dibandingkan karbon tanpa aktivasi. Seperti pada penelitian Kosting dan

Conrad (1931) menyatakan bahwa HCl dapat menyebabkan kandungan logam terkikis pada saat aktivasi sehingga menyebabkan kadar abu arang aktif yang lebih rendah daripada arang yang tidak diaktivasi. Walaupun demikian, hasil kadar abu dari kedua jenis karbon tersebut telah memenuhi persyaratan yang diperbolehkan SNI yaitu maksimal 10%. Selain itu, kadar abu pada karbon aktif yang lebih kecil dibanding pada karbon menunjukkan aktivasi yang dilakukan pada penelitian ini berhasil karena pori-pori karbon yang sebelumnya tertutup oleh abu pengotor menjadi lebih terbuka setelah diaktivasi menggunakan HCl.

Penetapan kadar zat menguap bertujuan untuk mengetahui kandungan zat yang mudah menguap saat pemanasan pada suhu 950°C (Permatasari, 2014). Dari tabel 4.1 didapatkan kadar zat menguap masih belum memenuhi persyaratan yang diperbolehkan SNI yaitu maksimal 25%. Dimana hal ini disebabkan oleh putusnya ikatan atom-atom seperti oksigen, nitrogen dan hidrogen pada gugus-gugus yang terbentuk dan menguap akibat pemanasan yang diberikan (Sudirjo, 2006). Selain itu, kadar zat menguap yang tinggi disebabkan oleh proses karbonisasi yang tidak sempurna. Semakin besar suhu dan waktu karbonisasi maka semakin banyak zat menguap yang terbuang sehingga pada saat pengujian kadar zat menguap akan diperoleh kadar zat menguap yang rendah.

Kadar karbon terikat adalah hasil dari proses karbonisasi selain air, abu, dan zat mudah menguap (Sahara, dkk., 2017). Penentuan kadar karbon terikat bertujuan untuk mengetahui kadar karbon murni yang terkandung pada arang aktif yang dihasilkan. Dari tabel 4.1 didapatkan kandungan karbon terikat dari kedua jenis karbon belum memenuhi persyaratan yang diperbolehkan SNI yaitu minimal 65%. Hal ini disebabkan karena kandungan zat mudah menguap yang tinggi, dimana mengakibatkan kandungan dalam karbon lebih banyak yang menguap.

4.2. Karakteristik XRF

Analisa XRF dilakukan untuk mengetahui dan menganalisa komposisi unsur terutama senyawa oksida yang terdapat pada karbon ampas kopi sebelum diaktivasi dan setelah teraktivasi HCl. Senyawa mineral oksida merupakan pengotor yang ada pada karbon ampas kopi. Berikut adalah hasil uji XRF pada karbon ampas kopi sebelum dan setelah teraktivasi HCl.

Tabel 4.2 Karakteristik XRF karbon dan karbon aktif

Komponen	Karbon (%)	Karbon Aktif (%)
P ₂ O ₅	7,3	9,5
SO ₃	N.A*	3,7
K ₂ O	43,2	27,5
CaO	36,4	46,8
Cr ₂ O ₃	0,4	0,58
MnO	0,56	0,69
Fe ₂ O ₃	5,89	7,45
NiO	0,22	0,43
CuO	0,81	1,3
ZnO	0,07	0,1
Eu ₂ O ₃	N.A*	0,6
Re ₂ O ₇	0,8	N.A*
MoO ₃	4,1	N.A*
Yb ₂ O ₃	0,3	N.A*

*) Nilai tidak terbaca oleh alat

Hasil uji XRF pada tabel di atas menunjukkan kandungan mineral oksida terbesar pada karbon ampas kopi ialah K₂O dan CaO masing-masing 43,2% dan 36,4%. Pada karbon ampas kopi yang telah teraktivasi terjadi penurunan yang signifikan dari kandungan K₂O dimana hal ini disebabkan oleh aktivator HCl yang merupakan asam kuat dapat menyebabkan terkikisnya kandungan logam serta mineral oksida (Kosting dan Conrad, 1931). Namun pada beberapa kandungan lain terjadi peningkatan seperti pada CaO, P₂O₅, SO₃, dan Fe₂O₃ dimana hal ini karena kandungan mineral oksida pada K₂O yang berkurang dengan signifikan menyebabkan persentase kandungan senyawa mineral oksida yang mengalami penurunan namun tidak signifikan atau bahkan tidak terjadi penurunan menjadi meningkat. Hal ini disebabkan karena data yang diperoleh dari analisa XRF ditampilkan dalam bentuk persentase dari mineral oksida.

4.3. Karakteristik BET

Tabel 4.3 Karakteristik BET pada karbon dan karbon aktif

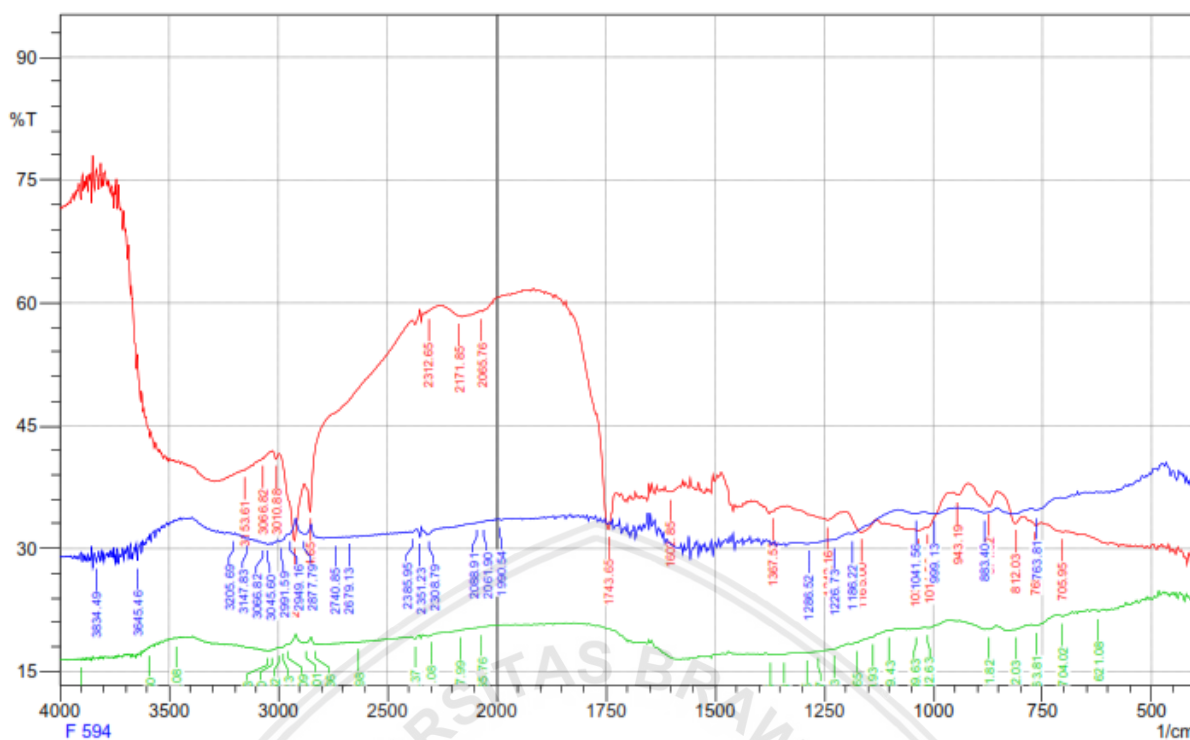
Sampel	Luas Permukaan (m ² /gr)	Radius pori rata- rata (nm)	Total Volume (cc/gr)
Karbon Tanpa Aktivasi	N.A*	20,3	0,0016225
Karbon setelah diaktivasi HCl 0.1 M	5,21777	18,81	0,0057768

*) Luas permukaan sangat kecil, tidak terbaca dengan alat yang digunakan

Analisa BET pada penelitian ini ditujukan untuk mengetahui luas permukaan spesifik, ukuran diameter pori, volume pori, serta distribusi pori dari karbon ampas kopi sebelum diaktivasi dan sesudah diaktivasi. Berdasarkan hasil analisa BET didapatkan hasil seperti pada tabel 4.3. Dimana dari hasil analisa tersebut luas permukaan pada karbon tanpa aktivasi memiliki nilai yang sangat kecil dengan nilai mendekati nol sehingga menyebabkan tidak terlihat pada alat analisa BET yang digunakan. Sementara untuk karbon yang telah diaktivasi memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan karbon tanpa aktivasi dimana disebabkan HCl yang bersifat asam dapat memutus ikatan oksigen saat proses aktivasi sehingga lebih optimum dalam memperluas permukaan karbon, terutama terhadap bahan yang mengandung lignoselulosa tinggi (Esterlita dan Netti, 2015). Sedangkan untuk radius pori pada karbon tanpa aktivasi memiliki nilai yang tidak terlalu berbeda jauh dibandingkan dengan karbon yang telah diaktivasi. Hal ini disebabkan HCl yang digunakan sebagai aktivator bersifat higroskopis yang dapat mengurangi kadar air pada arang aktif yang dihasilkan sehingga dapat lebih melarutkan pengotor dan menghasilkan pori-pori lebih banyak terbentuk dan proses penyerapan adsorbat menjadi lebih maksimal (Rizky, 2015).

4.4 Karakteristik FTIR

Pada uji ini dilakukan untuk tiga sampel diantaranya ampas kopi, karbon ampas kopi dan karbon aktif ampas kopi. Hasil uji FTIR yang dilakukan di Laboratorium Mineral dan Material Maju Universitas Negeri Malang ditunjukkan pada gambar 4.1.



Keterangan :

- Ampas kopi
- Karbon ampas kopi
- Karbon aktif ampas kopi

Gambar 4.1 Hasil Uji FTIR pada ampas kopi

Pada ampas kopi, rentang $900-1400\text{ cm}^{-1}$ ditemukan gugus fungsi C-H, C-O-C, serta C-N yang merupakan karakteristik dari polisakarida (Haussard, dkk., 2003). Pita yang tajam pada 1743 cm^{-1} menunjukkan vibrasi dari gugus fungsi karbonil (C=O) pada ester alifatik (Lyman, dkk., 2003) atau trigliserida (Kemsley, Ruault, dan Wilson, 1995). Oleh karena itu, pita ini dapat dikaitkan dengan lipid (Pujol, dkk., 2013). Intensitas pita yang rendah pada frekuensi 1602.9 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi gugus fungsi C=C dari cincin aromatik senyawa lignin (Wang dan Lim, 2007). Pada spektrum IR antara $1000-1300\text{ cm}^{-1}$ sulit ditentukan secara tepat, dikarenakan gugus fungsi C-O pada rentang gelombang tersebut dapat berupa alkohol, asam karboksilat, eter dan ester (Rivas, Moldes, Dominguez, dan Parajo, 2004). Keberadaan dari gugus metil dan metilena dapat ditemukan pada ampas kopi dengan adanya 2 *peak* tajam pada spektrum IR 2926 dan 2854.7 cm^{-1} yang dikaitkan dengan peregangan asimetris dan simetri gugus C-H dalam rantai alifatik (Pujol, dkk., 2013).

Tabel 4.4 Karakteristik Serapan IR Pada Setiap Sampel

Daerah serapan	Gugus fungsi	sampel		
		ampas kopi	Karbon sebelum aktivasi	Karbon teraktivasi
675-995	C-H, Alkena	√	√	√
690-900	C-H, Cincin Aromatik	√	√	√
1050-1300	C-O, Alkohol/Eter/Asam			√
	Karboksil/Ester	√	√	
1180-1360	C-N, Amina/Amida	√	√	√
	C=O,			
1690-1760	Aldehyd/Keton/Asam	√	-	-
	Karboksil/Ester			
2500-3000	-COOH, Asam Karboksil	√	√	√
2580-2970	C-H, Alkana	√	√	√
3200-3650	O-H, Alkohol/Fenol	-	√	√

Karakteristik serapan IR dapat dilihat pada tabel 4.4 diatas. Ampas kopi sebelum mengalami karbonisasi ditemukan gugus fungsi C=O namun setelah proses karbonisasi tidak ditemukan lagi puncak gelombang dari gugus fungsi C=O (1743.65 cm^{-1}). Hal ini disebabkan ketika karbonisasi pada suhu $280 \text{ }^\circ\text{C}$ berlangsung pemutusan ikatan C=O melalui reaksi radikal bebas (Morgan, 2005). Setelah karbonisasi terjadi pembentukan gugus fungsi O-H dengan ditemukannya puncak gelombang pada daerah serapan $3200\text{-}3650 \text{ cm}^{-1}$, gugus hidroksil ini merupakan bagian dari gugus fenol karena memiliki nilai gelombang di atas 3000 cm^{-1} (Abdurrahman, Suhendrayatna, dan S, 2016). Pada hasil FTIR karbon sebelum aktivasi dan karbon teraktivasi memiliki bentuk pita yang serupa dan gugus fungsi yang sama. Proses aktivasi karbon ampas kopi menggunakan HCl tidak mengubah gugus fungsi namun bertujuan untuk memperluas luas permukaan dari karbon dengan menghilangkan senyawa pengotor seperti K_2O , MoO_3 , dan Yb_2O_3 . Hal ini diperkuat dengan data analisa XRF dan BET.

Keberadaan gugus fungsi asam karboksil (-COOH), gugus hidroksil (-OH) dan gugus amina (C-N) berperan penting dalam adsorpsi Cr(VI) (Silaen, dkk., 2019). Adsorpsi yang dilakukan pada pH 2 membuat gugus fungsi asam karboksilat, hidroksil serta amina mengalami protonasi dan bertindak sebagai pendonor elektron (Liu, dkk.,

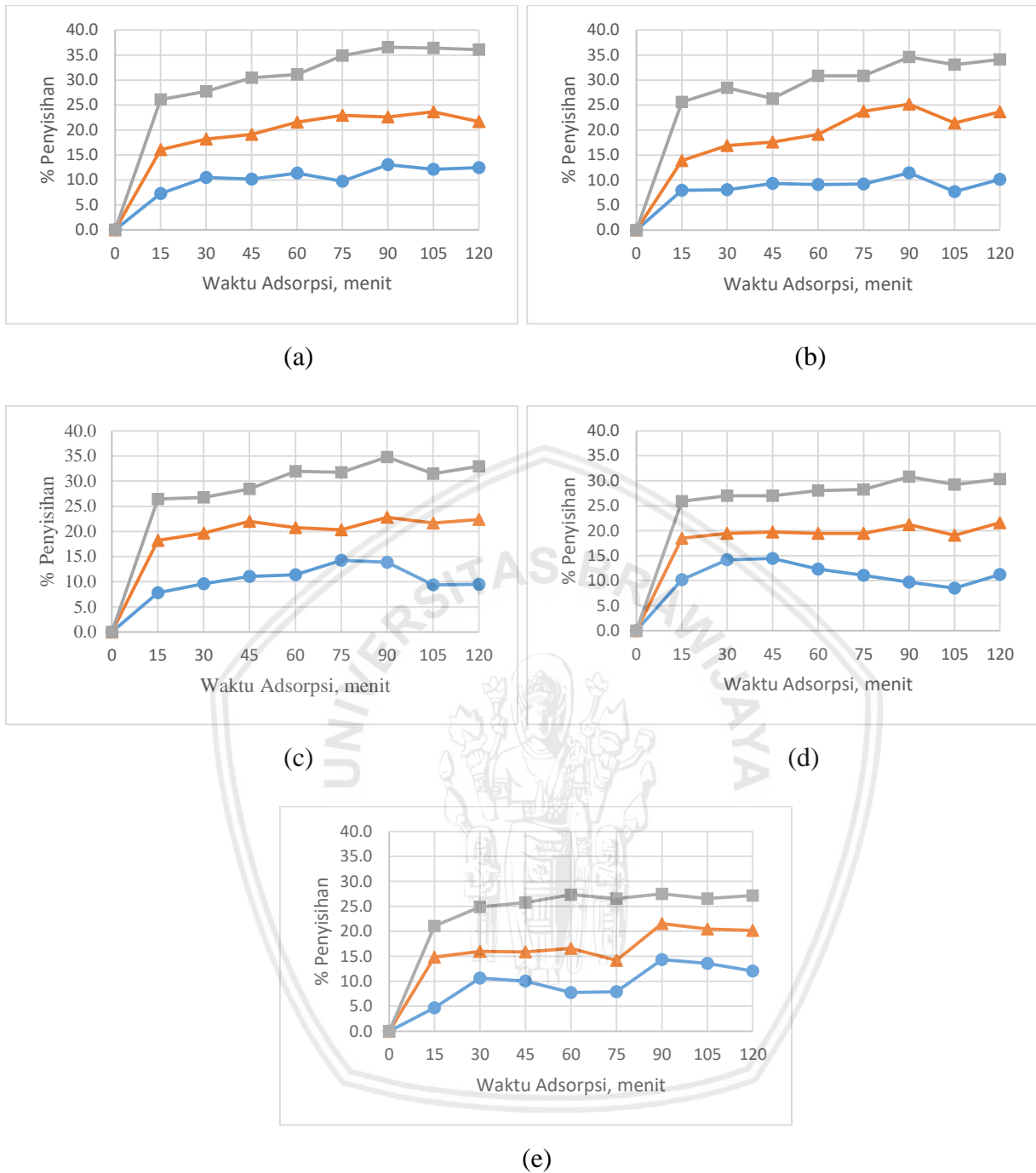
2014). Hal ini menyebabkan Cr(VI) yang memiliki bentuk dominan HCrO_4^- pada pH 2 akan mengalami gaya elektrostatis sehingga terjadi penyerapan Cr(VI) pada karbon. Interaksi elektrostatis yang terjadi pada penyerapan Cr(VI) digambarkan dengan persamaan oleh Gueye, dkk(2014) sebagai berikut :



4.5. Pengaruh massa adsorben dan konsentrasi awal Cr(VI) terhadap persen penyisihan Cr(VI)

Pengaruh massa adsorben terhadap persen penyisihan logam Cr(VI) dapat dilihat pada gambar 4.2. Jumlah adsorbat yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu sebesar 0,1; 0,5; dan 1 gram. Pada konsentrasi adsorbat 70 ppm, persentase penyisihan untuk massa adsorben 0.1; 0.5; dan 1 gram berturut-turut sebesar 12.4%; 21.7%; dan 36.1%. Berdasarkan gambar 4.2 dapat dilihat pada berbagai konsentrasi awal adsorbat, seiring dengan meningkatnya massa adsorben yang digunakan untuk proses adsorpsi maka persentase penyisihan juga semakin meningkat. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya massa adsorben untuk konsentrasi Cr(VI) yang digunakan tetap maka luas permukaan adsorben akan semakin besar sehingga logam Cr(VI) yang diserap semakin banyak (Khosravi, dkk., 2014).

Setelah dilakukan proses adsorpsi selama 120 menit, menunjukkan bahwa semakin meningkatnya konsentrasi awal Cr(VI) maka persentase penyisihan akhir yang didapatkan semakin menurun. Penurunan persentase penyisihan ini dapat disebabkan karena terbatasnya luas permukaan adsorben untuk menyerap logam Cr(VI) yang ada pada larutan (Owalude dan Tella, 2016). Persentase penyisihan terbesar setelah 120 menit proses adsorpsi terjadi pada konsentrasi awal larutan 70 ppm sebesar 36.1%. Sedangkan persentase penyisihan Cr(VI) setelah dilakukan 120 menit adsorpsi untuk konsentrasi lain berturut-turut sebesar 34.1% (90 ppm); 32.9% (100 ppm); 30.3% (110 ppm); dan 27.2% (130 ppm).



Gambar 4.2 Grafik hubungan massa adsorben terhadap persentase penyisihan logam Cr(VI) pada konsentrasi adsorbat (a) 70 ppm, (b) 90 ppm, (c) 100 ppm, (d) 110 ppm, (e) 130 ppm.

Keterangan: karbon aktif ● 0.1 gram; ▲ 0.5 gram; ■ 1 gram

Pada gambar 4.2 dapat diketahui bahwa proses adsorpsi mengalami kenaikan secara signifikan pada awal proses yang kemudian kenaikan berlangsung lambat dan bahkan mengalami penurunan. Kenaikan secara signifikan diakibatkan permukaan karbon aktif belum tertempel logam Cr(VI) serta pori pada karbon aktif yang belum

terisi oleh logam Cr(VI) sehingga pada 15 menit pertama ion logam Cr(VI) dapat dengan mudah menempel pada permukaan karbon dan mengisi pada pori karbon. Untuk massa adsorben 1 gram, proses adsorpsi mengalami kenaikan hingga menit ke-90. Setelah menit ke-90, untuk semua konsentrasi awal mengalami penurunan persen penyisihan. Untuk massa adsorben 0.5 gram dengan konsentrasi awal 70 ppm, 90 ppm, 100 ppm, 110 ppm, dan 130 ppm mencapai persentase penyisihan secara berturut-turut tercapai pada menit ke-105, 90, 90, 120 dan 90. Untuk massa adsorben 0.1 gram dengan konsentrasi awal 70 ppm, 90 ppm, 100 ppm, 110 ppm dan 130 ppm secara berturut-turut mencapai persentase penyisihan maksimal pada menit ke-90, 90, 75, 45 dan 90. Hal ini dapat disebabkan karena pori-pori karbon aktif telah terisi logam Cr(VI) sehingga mengalami kejenuhan dan telah mencapai titik equilibrium (Kumar, 2017). Ketika karbon aktif pada kondisi jenuh maka tidak dapat melakukan proses adsorpsi sehingga ion Cr(VI) yang terjauh dari permukaan karbon akan terlepas ke larutan. Pelepasan ion Cr(VI) ke larutan ini dapat disebabkan karena terisinya pori-pori karbon aktif dengan adsorbat bermuatan negatif (HCrO_4^-) sehingga menimbulkan gaya elektrostatis yang saling menolak antar ion (HCrO_4^-) dan terjadi penurunan persen penyisihan adsorpsi (Hamadi, dkk., 2001).

Ampas kopi memiliki potensi digunakan sebagai adsorben dalam bentuk karbon aktif. Berdasarkan data adsorpsi yang didapatkan, penggunaan karbon aktif dari ampas kopi masih belum maksimal. Hal ini disebabkan masih tingginya kadar zat mudah menguap yang masih melebihi SNI sebesar 25%. Selain itu, luas permukaan pada karbon aktif serta total volume pori yang masih rendah, sehingga mempengaruhi hasil adsorpsi yang kurang maksimal. Diharapkan penelitian terhadap karbon aktif dari ampas kopi kedepannya dapat memaksimalkan potensi ampas kopi dengan mempertimbangkan proses karbonisasi serta aktivasi yang dilakukan.



(Halaman Ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Massa adsorben yang semakin besar yakni 0,1 gram, 0.5 gram dan 1 gram dapat menghasilkan persen penyisihan Cr(VI) yang semakin besar pula pada setiap konsentrasi awal Cr(VI).
2. Konsentrasi awal Cr(VI) yang memiliki persentase penyisihan terbaik digunakan pada penyisihan Cr(VI) adalah konsentrasi Cr(VI) yang paling rendah yaitu sebesar 70 ppm, diikuti dengan 90 ppm, 100 ppm, 110 ppm dan 130 ppm pada setiap massa adsorben yang digunakan.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh suhu karbonisasi ampas kopi terhadap penyisihan Cr(VI).
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi aktivator yang digunakan pada proses aktivasi serta suhu aktivasi terhadap persen penyisihan Cr(VI)
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh massa adsorben lebih dari 1 gram dalam 50 mL adsorbat.
4. Untuk pH pada proses adsorpsi disesuaikan dengan pH limbah aktual.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, Suhendrayatna, & S, S. D. (2016). Pengaruh Aktivasi Adsorben Biomassa terhadap Gugus Hidroksil pada Proses Adsorpsi Ion Logam Timbal (Pb). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 7-11.
- Association, A. P. (2012). *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater: 22th Edition*. Washington DC: APHA.
- Aznar, J. S. (2011). *Characterization of Activated Carbon Produced from Coffee Residues by Chemical and Physical Activation [Tesis]*. Sweden: Chemical Engineering Stockholm.
- Babu, B. V. (2008). Biomass Pyrolysis: A State-of-the-art Review. *Biofpr*, 393-414.
- Bajpai, P. (2017). *Carbon Fiber from Lignin*. India: Springer.
- Ballesteros, L. F., Teixeira, J. A., & Musatto, S. I. (2014). Chemical, Functional, and Structural Properties of Spent Coffee Grounds and Coffee Silverskin. *Food Bioprocess Technol*, 3493-3503.
- Basu, P. (2018). *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction: Practical Design and Theory*. London: Elsevier Inc.
- Berthomieu, C., & Hienerwadel, R. (2009). Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. *Photosynth Res*, 157-170.
- Brouwer, P. (2003). *Theory of XRF Getting Acquainted with the Principles*. Netherland: Panalytical B.V.
- Brown, R. M., & Saxena, I. M. (2007). *Cellulose: Molecular and Structural Biology*. Belanda: Springer Science.
- Butt, H.-J., Graf, k., & Kappl, M. (2003). *Physics and Chemistry of Interfaces*. Weinheim: WILEY-VCH GmbH & Co. KGaA.
- Caetano, N. S., Mata, T. M., & Silva, V. (2012). Valorization of Coffee Grounds for Biodiesel Production. *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS*, 267-272.

- Callister, W. D. (2007). *Material Science and Engineering An Introduction*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Catalin, B., Volf, I., & Bilba, D. (2013). Chromium (VI) Removal from Aqueous Solutions by Purolite Base Anion--Exchange Resins with Gel Structure. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 615–628.
- Cavaco, S. A. (2009). Evaluation of Chelating Ion-exchange Resins for Separating Cr(III). *Journal of Hazardous Materials* 169, 516-523.
- Cecen, F., & Aktas, O. (2012). *Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment Integration of Adsorption and Biological Treatment*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA.
- Chen, J. P., Wang, L. K., Wang, M.-H. S., Hung, Y.-T., & Shamas, N. K. (2017). *Remediation of Heavy Metals in the Environment*. Florida: CRC Press.
- Cherdcoo, W., Nithettham, S., & Charoenpanich, J. (2019). Removal of Cr(VI) from Synthetic Wastewater by Adsorption onto Coffee Ground and Mixed Waste Tea. *Chemosphere*, 758-767.
- Chowdhury, Z. K., Summers, R. S., Westerhoff, G. P., Leto, B. J., & Nowack, K. O. (2013). *Activated Carbon: Solutions for Improving Water Quality*. USA: American Water Works Association.
- Crittenden, B., & Thomas, W. J. (1998). *Adsorption Technology and Design*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Cruz-Lopes, L., Ferreira, J. V., Domingos, I., & Esteves, B. (2017). A New Way of Using Spent Coffee Ground. *Journal of International Scientific Publications*, 5, 85-93.
- Demirbas, E., Kobya, M., Senturk, E., & Ozkan, T. (2004). Adsorption Kinetics for the Removal of Chromium (VI) from Aqueous Solutions on the Activated Carbons Prepared from Agricultural Wastes. *Water SA*, 30, 533-539.
- Dhanakumar, S., Solaraj, G., Mohanraj, R., & Pattabhi, S. (2007). Removal of Cr (VI) from Aqueous Solution by Adsorption Using Cooked Tea Dust. *Indian Journal of Science and Technology*, 1, 1-5.

- Djilani, C., Zaghdoudi, R., Modarresi, A., Rogalski, M., Djazi, F., & Lallam, A. (2012). Elimination of Organic Micropollutants by Adsorption on Activated Carbon Prepared from Agricultural Waste. *Chemical Engineering Journal*, 203-212.
- Esterlita, M. O., & Herlina, N. (2015). Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl₂, KOH, dan H₃PO₄ dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Aren (*Arenga pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4, 47-52.
- Gandjar, I. G., & Rohman, A. (2018). *Spektroskopi Molekuler untuk Analisis Farmasi*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Giraldo, L., & Moreo-pirajan, J. C. (2012). Synthesis of Activated Carbon Mesoporous from Coffee Waste and Its Application in Adsorption Zinc and Mercury Ions from Aqueous Solution. *Journal of Chemistry*, 938-948.
- Guertin, J., Jacobs, J. A., & Avakian, C. P. (2005). *Chromium (VI) Handbook*. Florida: 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*, 273-281.
- Haussard, M., Gaballah, I., Kanari, N., de Donato, P., Barrès, O., & Villieras, F. (2003). Separation of Hydrocarbon and Lipid from Water Using Treated Bark. *Water Res*, 37, 362-374.
- Hidayati, A. S. D. N., & Himma, N. F. (2018). *Perlakuan Fisiko-Kimia Limbah Cair Industri*. Malang: UB Press.
- Huang, J., Fu, S., & Gan, L. (2019). *Lignin Chemistry and Application*. USA: Elsevier.
- Imawati, A., & Adhitiyawarman. (2015). Kapasitas Adsorpsi Maksimum Ion Pb(II) oleh Arang Aktif Ampas Kopi Teraktivasi HCl dan H₃PO₄. *JKK*, 4, 50-61.
- Indonesia, K. P. (2018). *Analisis Perkembangan Industri Edisi IV*. Jakarta: PUSDATIN KEMENPERIN.
- Irmanto, & Suyata. (2009). Penurunan Kadar Amonia, Nitrit, dan Nitrat Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi. *Molekul*, Vol. 4. No. 2, 105-114.

- Jain, M., Garg, V. K., & Kadirvelu, K. (2009). Chromium(VI) Removal from Aqueous System Using *Helianthus annuus*(Sunflower) Stem Waste. *Journal Hazard Mater*, 365-372.
- Jankwoska, H., Swiatkowski, A., and Choma, J. (1991). *Active Carbon*. Canada: Ellis Hardwood.
- Jutakridsada, P., Prajaksud, C., Kuboonya-Aruk, L., Theerakulpisut, S., & Kamwilaisak, K. (2016). Adsorption Characteristics of Activated Carbon Prepared from Spent Ground Coffee. *Clean Techn Environ Policy*, 18, 639–645.
- Kadirvelu, K., Palanivel, M., Kalpana, R., & Rajeswari, S. (2000). Activated Carbon from an Agricultural by Product, For the Treatment of Dyeing Industry Wastewater. *Bioresource Technologies*, 263-265.
- Kang, S. B., Oh, H. Y., Kim, J. J., & Choi, K. S. (2017). Characteristics of Spent Coffee Ground as a Fuel and Combustion Test in a Small Boiler (6.5 kW). *Renewable Energy*, 1208-1214.
- Kemsley, E. K., Ruault, S., & Wilson, R. H. (1995). Discrimination between Coffee Anaphora Variant Robusta Beans Using Infrared Spectroscopy. *Food Chem*, 321-326.
- Khosravi, R., Fazlzadehdavil, M., Barikbin, B., & Taghizadeh, A. A. (2014). Removal of Hexavalent Chromium from Aqueous Solution by Granular and Powdered Peganum Harmala. *Application Surface Science*, 670-677.
- Kosting, P.R., dan Conrad H. (1931). Corrosion of Metals by Phosphoric Acid. *Industrial and Engineering Chemistry*, 23, 2.
- Kumar, A. (2017). Adsorption of Cr(VI) from Aqueous Phase by High Surface Area Activated Carbon Prepared by Chemical Activation with ZnCl₂. *Process Safety and Environmental Protection* 109, 63-71.
- Kyzas, G. G. (2012). Commercial Coffee Wastes as Materials for Adsorption of Heavy Metals from Aqueous Solutions. *materials*, 5, 1826-1840.
- Lamine, S. M., Ridha, C., Mahfoud, H.-M., Mouad, C., Lotfi, b., & Al-Dujaili, A. H. (2014). Chemical Activation of an Activated Carbon Prepared from Coffee Residue. *Energy Procedia*, 393-400.

- Liu, H., Liang, S., Gao, J., Ngo, H. H., Guo, W., Guo, Z., . . . Li, Y. (2014). Enhancement of Cr(VI) Removal by Modifying Activated Carbon Developed from *Zizania caduciflora* with Tartaric Acid During Phosphoric Acid Activation. *Chemical Engineering Journal*, 168-174.
- Lyman, D. J., Benck, R., Dell, S., Merle, S., & Murray-Wijelath, J. (2003). FTIR-ATR Analysis of Brewed Coffee: Effect of Roasting Conditions. *Food Chem*, 3268-3272.
- Mariana, Marwan, Maulana, F., Ismail, T. A., & Hafdiansyah, M. F. (2018). Activation and Characterization of Waste Coffee Grounds as Bio-sorbent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (pp. 1-8). Banda Aceh: IOP Publishing.
- Marsh, H., & Reinoso, F. R. (2006). *Activated Carbon*. Oxford: Isevier Science & Technology Books.
- Maryono, Sudding & Raahmawati. (2013). Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tepurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji. *Jurnal Chemica Vol. 14 Nomor 1*, 74-83.
- Mittal, V. (2016). *Spherical and Fibrous Filler Composites*. Abu Dhabi: John Willey&Sons.
- Mukarromah, L. (2008). *Efektifitas Bioflokulan Biji Kelor dalam Mengurangi Kadar Cr(VI)*. Malang: Universitas Islam Negeri Malang.
- Nielsen, S. S. (2017). *Food Analysis*. Indiana: Springer.
- Ogata, F., Tominaga, H., Yabutani, H., & Kawasaki, N. (2011). Removal of Fluoride Ions from Water by Adsorption onto Carbonaceous Materials Produced from Coffee Grounds. *Journal of Oleo Science*, 619-625.
- OSHA, O. S. (2009). *Hexavalent Chromium*. U.S: U.S. Department of Labor.
- Owalude, S. O., & Tella, A. C. (2016). Removal of Hexavalent Chromium from Aqueous Solutions by Adsorption on Modified Groundnut Hull. *Beni-suef Univ J Appl*. 5, 377-388.
- Park, S.-J., & Jang, Y.-S. (2002). Pore Structure and Surface Properties of Chemically Modified Activated Carbons for Adsorption Mechanism and Rate of Cr(VI). *Journal of Colloid and Interface Science*, 458-463.

- Park, S.-J., & Jung, W.-Y. (2001). Removal of Chromium by Activated Carbon Fibers Plated with Copper Metal. *Carbon Science Vol. 2, No. 1*, 15-21.
- Permatasari, A.R., Khasanah, L.U., Widowati, E. (2014). Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Singkong Dengan Variasi Jenis Aktivator. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, Vol. VII, No. 2.
- Pujol, D., Liu, C., Gominho, J., Olivella, M., Fiol, N., Villaescusa, I., & Pereira, H. (2013). The Chemical Composition of Exhausted Coffee Waste. *Industrial Corps and Products 50*, 423-429.
- Purwanto, & Huda, S. (2005). *Teknologi Industri Elektroplating*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Rahardjo, P. (2012). *Kopi Panduan Budidaya & Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rasdiansyah, Darmadi, & Supardan, M. D. (2014). Optimasi Proses Pembuatan Karbon Aktif dari Ampas Bubuk Kopi Menggunakan Aktiator $ZnCl_2$. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 54-58.
- Rattanapan, S., Srikarm, J., & Kongsune, P. (2017). Adsorption of Methyl Orange on Coffee grounds Activated Carbon. *Energy Procedia*, 138, 949–954.
- Reffas, A., Bernardet, V., David, B., Lehocine, M. B., Dubois, M., Batische, N., & Duclaux, L. (2010). Carbons Prepared from Coffee grounds by H_3PO_4 Activation: Characterization and Adsorption of Methylene Blue and Nylosan Red N-2RBL. *Journal of Hazardous Materials*, 779-788.
- Rivas, B., Moldes, A. B., Dominguez, J. M., & Parajo, J. C. (2004). Lactic Acid Production from Corn cobs by Simultaneous Sacharification and Fermentation: A Mathematica Interpretation. *Enzyme and Microbial Technology*, 627-634.
- Rizky, I. P. (2015). Aktivasi Arang Tongkol Jagung Menggunakan HCl sebagai Adsorben Ion Cd(III) (Skripsi). Semarang : UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG .
- Rouquerol, J., Rouquerol, F., Llewlllyn, P., Maurin, G., & Sing, K. S. (2014). *Adsorption by Powders and Porous Solids : Principles, Methodology and Applications Second Edition*. Oxford: Elsevier.

- Sahara, E., Sulihingtyas, W. D., dan Mahardika, I. P. A. S. (2017). Pembuatan dan Karakteristik Arang Aktif dari Batang Tanaman Gunitir (*Tagetes erecta*) yang Diaktivasi dengan H₃PO₄. *Indonesia E-Journal of Applied Chemistry*, 11, 1. 1-9.
- Seepe, L. (2015). *The Use of Cassava Waste in The Removal of Cobalt, Chromium, and Vanadium Metal Ions from Synthetic Effluents*. Johannesburg: University of the Witwatersrand.
- Silaen, P. S., Karlina, D., Ismuyanto, B., & Hidayati, A. D. (2019). Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Singkong untuk Menurunkan Kadar Cr (VI) dengan Variasi Konsentrasi Awal Limbah Cr (VI) dan Aktivator ZnCl₂. *Jurnal Mahasiswa Teknik Kimia*, -.
- Skoog, D. A. (2014). *Fundamentals of Analytical Chemistry*. USA: Brooks.
- Soemantojo, R. W., Wulan, P., & Yulianti. (2008). Presipitasi Bertahap Logam Berat Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Larutan Kaustik Soda. 1-7.
- Statistik, B. P. (2016). *Outlook Kopi*. Jakarta: BPS.
- Sudirjo, M. (2006). *Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Kacang Tanah (*Arachis Hypogaeae*) dengan Aktivator Asam Sulfat*. Tugas Akhir Universitas Diponegoro.
- Suhartati, T. (2017). *Dasar-Dasar Spektrofotometri UV-VIS dan Spektrometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Lampung: CV. Anugrah Utama Raharja.
- Tsoumis, G. 1991. *Science and Technology of Wood*. USA: Van Nostrand Reinhold.
- Viswanathan, B., Neel, P. I., & Varadarajan, T. K. (2009). *Methods of Activation and Specific Applications*. India: National Centre for Catalysis Research.
- Wang, N., & Lim, L. T. (2007). Fourier Transform Infrared and Physicochemical Analyses of Roasted Coffee. *Environmental Science Technologie*, 3559-3565.
- Yuan, Z. (2017). *Bioenergy Volume 2 of GREEN-Alternative Energy Resources*. China: China Science Publishing & Media Ltd.
- Zhang, L., Gong, C., & Bin, D. (2018). *Green Chemistry and Technologies*. Berlin: De Gruyter.



(Halaman Ini Sengaja dikosogkan)

LAMPIRAN

Lampiran A. Yield Karbonisasi Ampas Kopi

Karbonisasi yang telah dilakukan sebanyak 12 kali. Berikut massa karbon yang didapatkan setiap karbonisasi

No	Massa (g)		Yield (%)
	Ampas Kopi Kering	Karbon Ampas Kopi	
1	50	12.92	25.84
2	60	15.41	25.68
3	60	16.25	27.08
4	60	15.45	25.75
5	60	17.01	28.35
6	70	18.2	26.00
7	65	16.25	25.00
8	60	15.45	25.75
9	70	18.17	25.96
10	70	17.93	25.61
11	50	13.03	26.06
12	70	18.79	26.84

Sehingga didapatkan Yield Karbonisasi Rata-rata sebesar :

Yield Karbonisasi Rata-rata =

$$\frac{25.84+25.68+27.08+25.75+28.35+26+25+25.75+25.96+25.62+26.06+26.84}{12} = 26.16 \%$$

Lampiran B. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

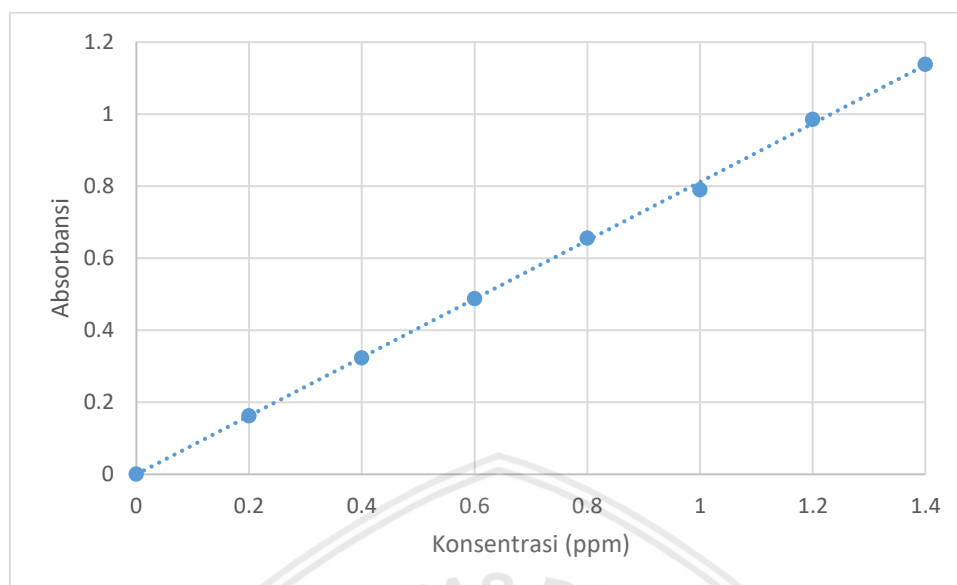
Penentuan panjang gelombang Cr(VI) dilakukan dengan range panjang gelombang 540 – 545 menggunakan larutan Cr(VI) 2 ppm. Penentuan panjang gelombang didasarkan pada absorbansi optimum yang didapatkan. Didapatkan panjang gelombang maksimum 540 nm.

Lampiran C. Kurva Kalibrasi Cr(VI)

Pembuatan kurva kalibrasi menggunakan larutan standar Cr(VI) dengan konsentrasi 0 ppm, 0.2 ppm, 0.4 ppm, 0.6 ppm, 0.8 ppm, 1 ppm. Pembuatan kurva kalibrasi menggunakan panjang gelombang dengan absorbansi paling tinggi yang telah didapat sebelumnya. Kurva kalibrasi yang telah didapatkan, selanjutnya digunakan untuk mendapatkan konsentrasi larutan kerja.

Tabel C.1 Hasil Absorbansi pada pembuatan kurva kalibrasi.

No	Konsentrasi Cr(VI) (ppm)	Absorbansi (Abs.)
1	0	0.001
2	0.2	0.163
3	0.4	0.324
4	0.6	0.488
5	0.8	0.656
6	1	0.790
7	1.2	0.986
8	1.4	1.138



Gambar C.1 Kurva Kalibrasi

Berdasarkan Gambar C.1, didapatkan persamaan kurva kalibrasi $y = 0.816630x - 0.000214895$ dengan nilai $R = 0.99989$. Persamaan linear tersebut digunakan untuk menentukan konsentrasi Cr(VI) (x) dari nilai absorbansi (y) yang didapat dari pengujian UV-Vis.

Lampiran D. Pembuatan Larutan Aktivator HCl 0.1 M

Data:

Massa atom relative (Ar)

Ar H : 1 g/gmol

Ar Cl : 35,5 g/gmol

Volume : 1000 mL = 1 L

Mr HCl : (Ar H) + (Ar Cl) = (1) + (35,5) = 36,5 g/gmol

HCl PA : 37% berat

Massa Jenis HCl 37% pada 20°C : 1,185 g/cm³

$$M = \frac{1000 \times \rho \times \% \text{massa}}{Mr \text{ HCl}} = \frac{1000 \times 1,185 \times 0,37}{36,5} = 12,01 \text{ M}$$

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

$$12,01 \times V_1 = 0,1 \times 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = 100/12,01$$

$$V_1 = 8,3264 \text{ mL}$$

$$= 8,33 \text{ mL}$$

- Kebutuhan HCl PA untuk membuat HCl 0.1 M sebanyak 8.33 mL

Lampiran E. Pembuatan Limbah Sintetis Cr(VI)

Berdasarkan standard method (1999), untuk membuat larutan induk Cr(VI) 1000 ppm dibutuhkan 2.828 gram $K_2Cr_2O_7$ dilarutkan hingga 1000 mL. Larutan limbah sintetis yang dibuat adalah 70 ppm, 90 ppm, 100 ppm, 110 ppm dan 130 ppm. Larutan limbah sintetis tersebut dibuat melalui pengenceran dari larutan induk Cr(VI) 1000 ppm. Berikut perhitungan pengenceran larutan induk Cr(VI) 500 ppm menjadi larutan limbah sintetis.

- Larutan Cr(VI) 60 ppm

Data:

M1 (Konsentrasi Larutan Induk Cr(VI)) : 1000 ppm

M2 (Konsentrasi Limbah Sintetis) : 70 ppm

V2 (Volume yang dibutuhkan) : 1000 mL

Rumus pengenceran : $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1} = \frac{70 \text{ ppm} \times 1000 \text{ mL}}{1000 \text{ ppm}} = 70 \text{ mL}$$

- Jadi volume yang dibutuhkan untuk pembuatan larutan Cr(VI) 70 ppm adalah 70 mL larutan induk Cr(VI) 1000 ppm.

- Larutan Cr(VI) 90 ppm

Data:

M1 (Konsentrasi Larutan Induk Cr(VI)) : 1000 ppm

M2 (Konsentrasi Limbah Sintetis) : 90 ppm

V2 (Volume yang dibutuhkan) : 1000 mL

Rumus pengenceran : $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1} = \frac{90 \text{ ppm} \times 1000 \text{ mL}}{1000 \text{ ppm}} = 90 \text{ mL}$$

- Jadi volume yang dibutuhkan untuk pembuatan larutan Cr(VI) 90 ppm adalah 90 mL larutan induk Cr(VI) 1000 ppm.

- Larutan Cr(VI) 100 ppm

Data:

M1 (Konsentrasi Larutan Induk Cr(VI)) : 1000 ppm

M2 (Konsentrasi Limbah Sintetis) : 100 ppm

V2 (Volume yang dibutuhkan) : 1000 mL

Rumus pengenceran : $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1} = \frac{100 \text{ ppm} \times 1000 \text{ mL}}{1000 \text{ ppm}} = 100 \text{ mL}$$

- Jadi volume yang dibutuhkan untuk pembuatan larutan Cr(VI) 100 ppm adalah 100 mL larutan induk Cr(VI) 1000 ppm.

- Larutan Cr(VI) 120 ppm

Data:

M1 (Konsentrasi Larutan Induk Cr(VI)) : 1000 ppm

M2 (Konsentrasi Limbah Sintetis) : 110 ppm

V2 (Volume yang dibutuhkan) : 1000 mL

Rumus pengenceran : $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1} = \frac{110 \text{ ppm} \times 1000 \text{ mL}}{1000 \text{ ppm}} = 110 \text{ mL}$$

- Jadi volume yang dibutuhkan untuk pembuatan larutan Cr(VI) 110 ppm adalah 110 mL larutan induk Cr(VI) 1000 ppm.

- Larutan Cr(VI) 140 ppm

Data:

M1 (Konsentrasi Larutan Induk Cr(VI)) : 1000 ppm

M2 (Konsentrasi Limbah Sintetis) : 130 ppm

V2 (Volume yang dibutuhkan) : 1000 mL

Rumus pengenceran : $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1} = \frac{130 \text{ ppm} \times 1000 \text{ mL}}{1000 \text{ mL}} = 130 \text{ mL}$$

- Jadi volume yang dibutuhkan untuk pembuatan larutan Cr(VI) 130 ppm adalah 130 mL larutan induk Cr(VI) 1000 ppm.

Lampiran F. Pembuatan Larutan H₂SO₄ 2 M

Untuk mengontrol pH pada larutan Cr(VI) dibutuhkan larutan H₂SO₄ 2 M

- Molaritas H₂SO₄ p.a

Data :

Massa Atom Relatif (Ar) :

Ar H : 1 g/gmol

Ar S : 32 g/gmol

Ar O : 16 g/gmol

H₂SO₄ : 98 %

Massa Jenis H₂SO₄ 98% pada 20°C : 1,84 g/cm³

Mr H₂SO₄ : (2 x Ar H) + (Ar S) + (4 x O) = (2) + (32) + (4 x 16) = 98 g/gmol

$$M = \frac{1000 \times \rho \times \% \text{massa}}{\text{Mr H}_2\text{SO}_4} = \frac{1000 \times 1,84 \times 0,98}{98} = 18 \text{ M}$$

- Data:

M1 (Konsentrasi Larutan H₂SO₄ p.a) : 18 M

M2 (Konsentrasi Laurant H₂SO₄ 2 M) : 2 M

V2 (Volume yang dibutuhkan) : 500 mL

Rumus pengenceran : $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1} = \frac{2 \text{ M} \times 500 \text{ mL}}{18 \text{ M}} = 55,56 \text{ mL}$$

- Volume larutan H_2SO_4 98% yang dibutuhkan untuk pembuatan larutan H_2SO_4 2 M adalah 55,56 mL

Lampiran G. Pembuatan Larutan H_3PO_4 1.5 M

- Molaritas H_2SO_4 p.a

Data :

Massa Atom Relatif (Ar) :

Ar H : 1 g/gmol

Ar P : 31 g/gmol

Ar O : 16 g/gmol

H_2SO_4 : 85 %

Massa Jenis H_2SO_4 85% pada 20°C : $1,71 \text{ g/cm}^3$

Mr H_2SO_4 : $(3 \times \text{Ar H}) + (\text{Ar P}) + (4 \times \text{O}) = (3) + (31) + (4 \times 16) = 98 \text{ g/gmol}$

$$M = \frac{1000 \times \rho \times \% \text{massa}}{\text{Mr } \text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1000 \times 1,71 \times 0,85}{98} = 14,832 \text{ M}$$

- Data:

M1 (Konsentrasi Larutan H_2SO_4 p.a) : 14.832 M

M2 (Konsentrasi Laurant H_2SO_4 2 M) : 1.5 M

V2 (Volume yang dibutuhkan) : 250 mL

Rumus pengenceran : $M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$

$$V_1 = \frac{M_2 \times V_2}{M_1} = \frac{1,5 \text{ M} \times 250 \text{ mL}}{14,832 \text{ M}} = 25,284 \text{ mL} = 25,3 \text{ mL}$$

- Volume larutan H_2SO_4 85% yang dibutuhkan untuk pembuatan larutan H_2SO_4 1.5 M adalah 25,3 mL

Lampiran H. Pengujian Kadar Air

- Ampas Kopi

Data :

M_o (Massa Ampas Kopi Setelah Pemanasan) = 0.96 gram

M (Massa Ampas Kopi Sebelum Pemanasan) = 1 gram

$$\text{Kadar Air (\%)} : \text{Kadar air (\%)} = \frac{M_o - M}{M_o} \times 100\% = \frac{1 - 0,96}{1} \times 100\% = 4 \%$$

- Karbon

Data :

Mo (Massa Karbon Setelah Pemanasan) = 0.95 gram

M (Massa Karbon Sebelum Pemanasan) = 1 gram

$$\text{Kadar Air (\%)} : \text{Kadar air (\%)} = \frac{M_o - M}{M_o} \times 100\% = \frac{1 - 0.95}{1} \times 100\% = 5 \%$$

- **Karbon Aktif**

Data :

Mo (Massa Karbon Setelah Pemanasan) = 0.93 gram

M (Massa Karbon Sebelum Pemanasan) = 1 gram

$$\text{Kadar Air (\%)} : \text{Kadar air (\%)} = \frac{M_o - M}{M_o} \times 100\% = \frac{1 - 0.93}{1} \times 100\% = 7 \%$$

Lampiran I. Pengujian Kadar Abu

- **Karbon**

Data :

M1 (massa *crucible* kosong) = 33.68 gram

M2 (massa *crucible* dan sampel sebelum dipanaskan) = 34.68 gram

M3 (massa *crucible* dan sampel setelah pemanasan) = 33.74 gram

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1} \times 100\% = \frac{33.74 - 33.68}{34.68 - 33.68} = 6 \%$$

- **Karbon Aktif**

Data :

M1 (massa *crucible* kosong) = 39.16 gram

M2 (massa *crucible* dan sampel sebelum dipanaskan) = 40.16 gram

M3 (massa *crucible* dan sampel setelah pemanasan) = 39.19 gram

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1} \times 100\% = \frac{39.19 - 39.16}{40.16 - 39.16} = 3 \%$$

Lampiran J. Pengujian Kadar Zat Volatil

- **Karbon**

Data :

M1 (massa *crucible* kosong) = 22.80 gram

M2 (massa *crucible* dan sampel sebelum dipanaskan) = 23.80 gram

M3 (massa *crucible* dan sampel setelah pemanasan) = 23.41 gram

$$\text{Kadar zat volatil (\%)} = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1} \times 100\% = \frac{23.41 - 22.80}{33.80 - 22.80} = 39 \%$$

- **Karbon Aktif**

Data :

M1 (massa *crucible* kosong) = 24.19 gram

M2 (massa *crucible* dan sampel sebelum dipanaskan) = 25.19 gram

M3 (massa *crucible* dan sampel setelah pemanasan) = 24.86 gram

$$\text{Kadar zat volatil (\%)} = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1} \times 100\% = \frac{24.86 - 24.19}{25.19 - 24.19} = 33 \%$$

Lampiran K. Persen Penyisihan Cr(VI)

Untuk mengetahui persen penyisihan sampel larutan Cr(VI) setelah dilakukan adsorpsi dilakukan hal berikut:

Panjang Gelombang yang digunakan pada spektrofotometri UV-VIS sebesar 542nm.

- Persamaan Linear pada Kurva Kalibrasi : $y = 0.816630x - 0.00021489$
dimana y dinyatakan dalam konsentrasi Cr(VI) dalam ppm sementara x dinyatakan dalam Absorbansi (Abs.).

Setelah konsentrasi Cr(VI) diketahui maka dilakukan perhitungan penyisihan Cr(VI) dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penyisihan CR(VI)} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%,$$

dimana C₀: Konsentrasi Awal dan C₁: Konsentrasi Cr(VI) setelah adsorpsi

Lampiran L. Konsentrasi Awal Cr(VI)

Konsentrasi Awal Teoritis (ppm)	Konsentrasi di UV-VIS	Konsentrasi Faktual
70	0.659	65.9
90	0.858	85.8
100	0.960	96
110	1.023	102.3
130	1.178	117.8

Tabel diatas merupakan hasil dari uji UV-Vis konsentrasi awal larutan awal Cr(VI) yang dibuat pada penelitian ini. Larutan yang diuji UV-Vis sebelumnya dilakukan pengenceran sebanyak 100 kali.

Lampiran M. Data UV-VIS Cr(VI)

Berikut merupakan data UV-Vis untuk larutan Cr(VI) setelah proses adsorpsi menggunakan karbon aktif dari ampas kopi teraktivasi HCl. Sampel yang diuji UV-Vis sebelumnya dilakukan pengenceran 100 kali.

→ Massa Adsorben 0,1 gram

Konsentrasi Awal Cr(VI) 70 ppm

Waktu	Konsentrasi	Konsentrasi Faktual	persen penyisihan
15	0.611	61.1	7.3
30	0.59	59	10.5
45	0.592	59.2	10.2
60	0.584	58.4	11.4
75	0.595	59.5	9.7
90	0.573	57.3	13.1
105	0.579	57.9	12.1
120	0.577	57.7	12.4

Konsentrasi Awal Cr(VI) 90 ppm

Waktu	Konsentrasi	Konsentrasi Faktual	persen penyisihan
15	0.79	79	7.9
30	0.789	78.9	8.0
45	0.778	77.8	9.3
60	0.78	78	9.1
75	0.779	77.9	9.2
90	0.76	76	11.4
105	0.792	79.2	1.1
120	0.771	77.1	10.1

Konsentrasi Awal Cr(VI) 100 ppm

Waktu	Konsentrasi	Konsentarsi Faktual	persen penyisihan
15	0.885	88.5	7.8
30	0.868	86.8	9.6
45	0.854	84.4	11
60	0851	85.1	11.4
75	0.823	82.3	14.3
90	0.827	82.7	13.9
105	0.87	87	9.4
120	0.869	86.9	9.5

Konsentrasi Awal Cr(VI) 110 ppm

Waktu	Konsentrasi	Konsentrasi Faktual	persen penyisihan
15	0.919	91.9	10.2
30	0.878	87.8	14.2
45	0.875	87.5	14.5
60	0.897	89.7	12.3
75	0.91	91	11
90	0.924	92.4	9.7
105	0.936	93.6	8.5
120	0.908	90.8	11.2

Konsentrasi Awal Cr(VI) 130 ppm

Waktu	Konsentrasi	Konsentrasi Faktual	persen penyisihan
15	1.123	112.3	4.7
30	1.053	105.3	10.6
45	1.06	106	10
60	1.087	108.7	7.7
75	1.085	108.5	7.9
90	1.009	100.9	14.3
105	1.018	101.8	13.6
120	1.036	103.6	12.1

→ Massa Adsorben 0,5 gram**Konsentrasi Awal Cr(VI) 70 ppm**

Waktu	Konsentrasi	Konsentrasi Faktual	persen penyisihan
15	0.553	55.3	16.1
30	0.539	53.9	18.2
45	0.533	53.3	19.1
60	0.517	51.7	21.5
75	0.508	50.8	22.9
90	0.51	51	22.6
105	0.503	50.3	23.7
120	0.516	51.6	21.7

Konsentrasi Awal Cr(VI) 90 ppm

Waktu	Konsentrasi	Konsentrasi Faktual	persen penyisihan
15	0.739	73.9	13.9
30	0.713	71.3	16.9
45	0.707	70.7	17.6
60	0.694	69.4	19.1
75	0.654	65.4	23.8
90	0.642	64.2	25.2

Waktu	Konsentrasi	Konsentrasi Faktual	persen penyisihan
105	0.674	67.4	21.4
120	0.655	65.5	23.7

Konsentrasi Awal Cr(VI) 100 ppm

Waktu	Konsentrasi	Konsentarsi Faktual	persen penyisihan
15	0.785	78.5	18.2
30	0.771	77.1	19.7
45	0.749	74.9	22
60	0.761	76.1	20.7
75	0.765	76.5	20.3
90	0.741	74.1	22.8
105	0.752	75.2	21.7
120	0.745	74.5	22.4

Konsentrasi Awal Cr(VI) 110 ppm

Waktu	Konsentrasi	Konsentrasi Faktual	persen penyisihan
15	0.834	83.4	18.5
30	0.824	82.4	19.5
45	0.821	82.1	19.7
60	0.824	82.4	19.5
75	0.824	82.4	19.5
90	0.806	80.6	21.2
105	0.828	82.8	19.1
120	0.802	80.2	21.6

Konsentrasi Awal Cr(VI) 130 ppm

Waktu	Konsentrasi	Konsentrasi Faktual	persen penyisihan
15	1.003	100.3	14.9
30	0.99	99	16
45	0.991	99.1	15.9
60	0.983	98.3	16.6
75	1.011	101.1	14.2
90	0.924	92.4	21.6
105	0.937	93.7	20.5
120	0.94	94	20.2

→ Massa Adsorben 1 gram

Konsentrasi Awal Cr(VI) 70 ppm

Waktu	Konsentrasi	Konsentrasi Faktual	persen penyisihan
15	0.487	48.7	26.1
30	0.476	47.6	27.8
45	0.458	45.8	30.5
60	0.454	45.4	31.1
75	0.429	42.9	34.9
90	0.418	41.8	36.6
105	0.419	41.9	36.4
120	0.421	42.1	36.1

Konsentrasi Awal Cr(VI) 90 ppm

Waktu	Konsentrasi	Konsentrasi Faktual	persen penyisihan
15	0.638	63.8	25.6
30	0.614	61.4	28.4
45	0.632	63.2	26.3
60	0.593	59.3	30.9
75	0.593	59.3	30.9
90	0.561	56.1	34.6
105	0.574	57.4	33.1
120	0.565	56.5	34.1

Konsentrasi Awal Cr(VI) 100 ppm

Waktu	Konsentrasi	Konsentarsi Faktual	persen penyisihan
15	0.706	70.6	26.5
30	0.703	70.3	26.8
45	0.687	68.7	28.4
60	0.653	65.3	32
75	0.655	65.5	31.8
90	0.626	62.6	34.8
105	0.658	65.8	31.5
120	0.644	64.4	32.9

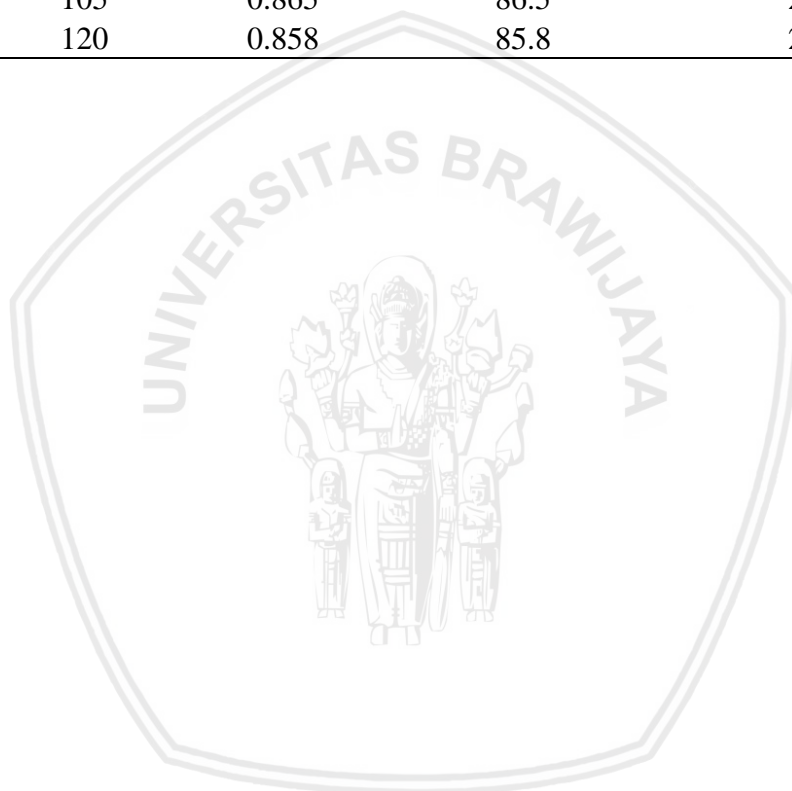
Konsentrasi Awal Cr(VI) 110 ppm

Waktu	Konsentrasi	Konsentrasi Faktual	persen penyisihan
15	0.758	75.8	34.2
30	0.747	74.7	35.3
45	0.747	74.7	35.3
60	0.736	73.6	36.4
75	0.734	73.4	36.6
90	0.708	70.8	39.2
105	0.724	72.4	37.6

Waktu	Konsentrasi	Konsentrasi Faktual	persen penyisihan
120	0.713	71.3	30.3

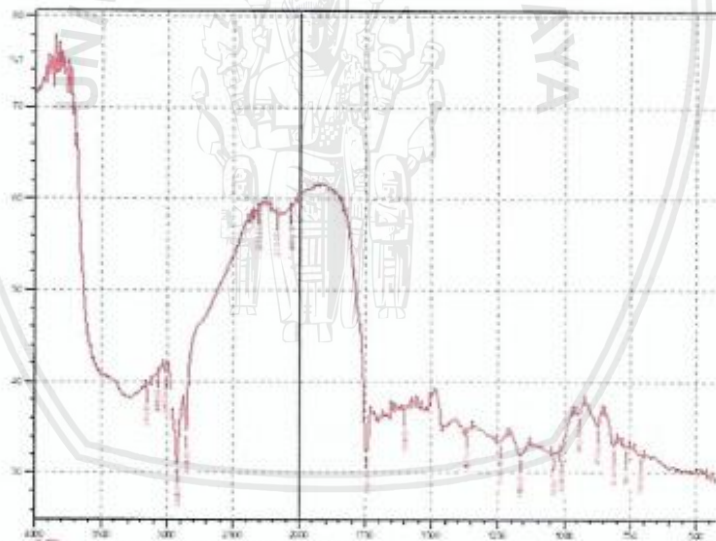
Konsentrasi Awal Cr(VI) 130 ppm

Waktu	Konsentrasi	Konsentrasi Faktual	persen penyisihan
15	0.93	93	21.1
30	0.885	88.5	24.9
45	0.875	87.5	25.7
60	0.856	85.6	27.3
75	0.865	86.5	26.6
90	0.854	85.4	27.5
105	0.865	86.5	26.6
120	0.858	85.8	27.2



Lampiran N. Hasil Uji FTIR

	UNIVERSITAS NEGERI MALANG FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL) <small>Jalan Semang 5, Malang 65145 Telp. 0341-551312 (psw 200) 574895/ 085106001088 E-mail : laboratoriumsentralum@ yahoo.co.id Website : central-laboratory.um.ac.id</small>
---	---

LAPORAN HASIL UJI	
LSUM.LHU.F.00615.2019	
Customers	: Adiatma Adummaheindra - UB
Contact Customer	: 081252703208/ email : adiatma09@gmail.com
Methods	: IK.F.1
Test Equipment	: FT IR
Received Date	: Agustus 30, 2019
Order Number	: LHU.P.00972.2019
SPECIMEN DESCRIPTION	
Condition of Samples	: Sampel serbuk hitam dalam plastik klip
Sample Code	: F 592
Material Name	: Uji FT-IR Ampas kopi kering
Measurement time	: September 02, 2019
OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR	
Analyzer	: Mailinda A.H., S.Si
Supervisor	: Dra. Surjani Wonorahardjo, Ph.D.
RESULTS	
Remark	
*Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji	

Mengetahui,
Manajer Teknis



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

Malang, 02 September 2019

Menyetujui
a.n. Dekan

Kepala Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM

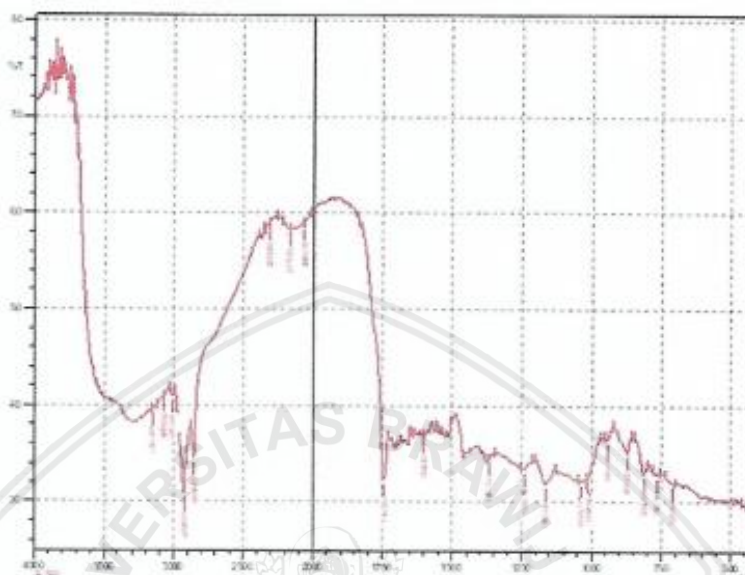


Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197208152005011001



UNIVERSITAS NEGERI MALANG
 FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
 LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)

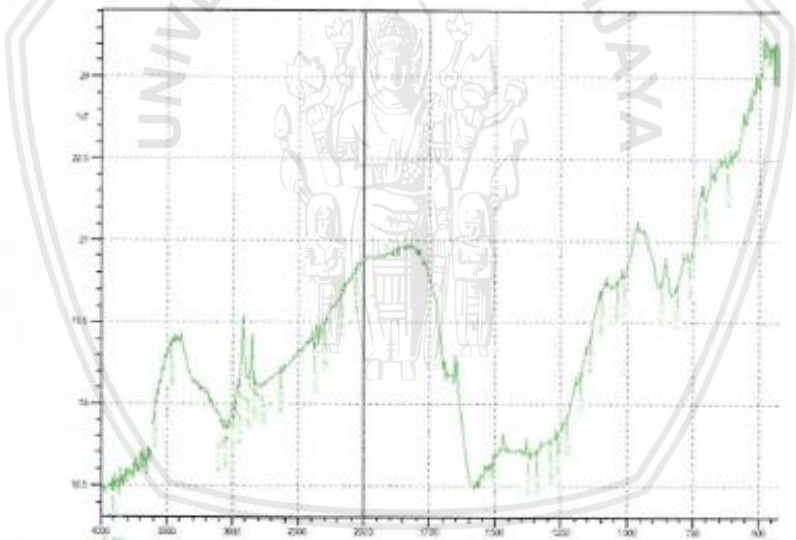
Jalan Semarang 5, Malang 65145
 Telp. 0341-551312 (paw 200) 574895/ 085106001088
 E-mail : labcentral@sentralum@ yahoo.co.id
 Website : central-laboratory.um.ac.id



1. Muncul puncak pada panjang gelombang 675-995 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi C-H Alkena yang biasanya muncul pada panjang gelombang 3010-3095 & 675-995 cm^{-1} .
2. Muncul puncak pada panjang gelombang 690-900 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi C-H cincin aromatik yang biasanya muncul pada panjang gelombang 3010-3100 & 690-900 cm^{-1} .
3. Muncul puncak pada panjang gelombang 1050-1300 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi C-O Alkohol/ eter/ asam karboksilat/ ester yang biasanya muncul pada panjang gelombang tersebut.
4. Muncul puncak pada panjang gelombang 1690-1760 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi C=O Aldehyd/ keton/ asam karboksilat/ ester yang biasanya muncul pada panjang gelombang tersebut.
5. Muncul puncak pada panjang gelombang 2850-2970 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi C-H Alkana yang biasanya muncul pada panjang gelombang 2850-2970 & 1340-1470 cm^{-1} .
6. Muncul puncak pada panjang gelombang 3200-3600 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi O-H Alkohol ikatan hidrogen/ fenol yang biasanya muncul pada panjang gelombang tersebut.
7. Muncul puncak pada panjang gelombang 3300-3500 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi N-H Amina/amida yang biasanya muncul pada panjang gelombang tersebut.



	<p style="text-align: center;">UNIVERSITAS NEGERI MALANG FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL) Jalan Senayang 5, Malang 65145 Telp. 0341-551312 (pau 200) 574895/ 085106001088 E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id Website : central-laboratory.um.ac.id</p>

LAPORAN HASIL UJI	
LSUM.LHU.F.00616.2019	
Customers	: Adiatma Adummahendra - UB
Contact Customer	: 081252703208/ email : adiatma09@gmail.com
Methods	: IK.F.I
Test Equipment	: FT IR
Received Date	: Agustus 30, 2019
Order Number	: LHU.P.00972.2019
SPECIMEN DESCRIPTION	
Condition of Samples	: Sampel serbuk hitam dalam plastik klip
Sample Code	: F 593
Material Name	: Uji FT-IR Karbon Sebelum impregnasi
Measurement time	: September 02, 2019
OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR	
Analyzer	: Mailinda A.H., S.Si
Supervisor	: Dra. Surjani Wonorahardjo, Ph.D.
RESULTS	
Remark	: 
*Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji	

Mengetahui,
Manajer Teknis



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

Malang, 02 September 2019

Menyetujui
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM

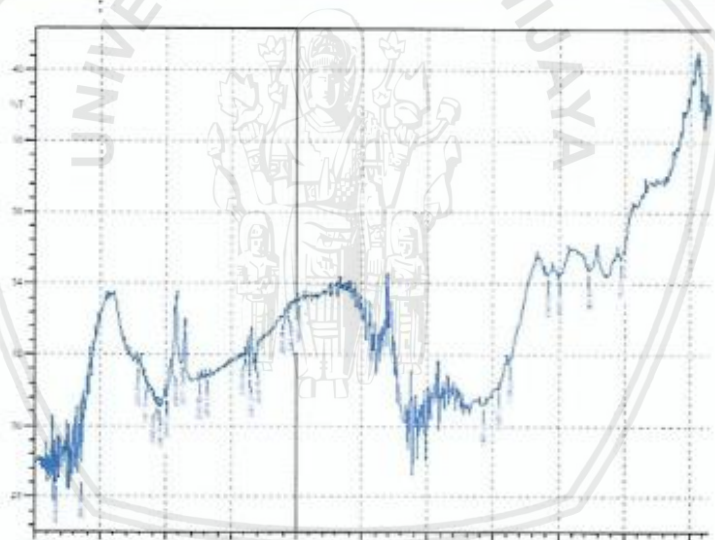


Nandang Mufli, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197208152005011001



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) 574895/085106001088
 E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
 Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI	
LSUM.LHU.F.00617.2019	
Customers	: Adiatma Adummahendra - UB
Contact Customer	: 081252703208/ email : adiatma09@gmail.com
Methods	: IK.F.I
Test Equipment	: FT IR
Received Date	: Agustus 30, 2019
Order Number	: LHU.P.00972.2019
SPECIMEN DESCRIPTION	
Condition of Samples	: Sampel serbuk hitam dalam plastik klip
Sample Code	: F 594
Material Name	: Uji FT-IR Karbon Setelah impregnasi
Measurement time	: September 02, 2019
OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR	
Analyzer	: Mailinda A.H., S.Si
Supervisor	: Dra. Surjani Wonorahardjo, Ph.D.
RESULTS	
Remark	: 

*Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji

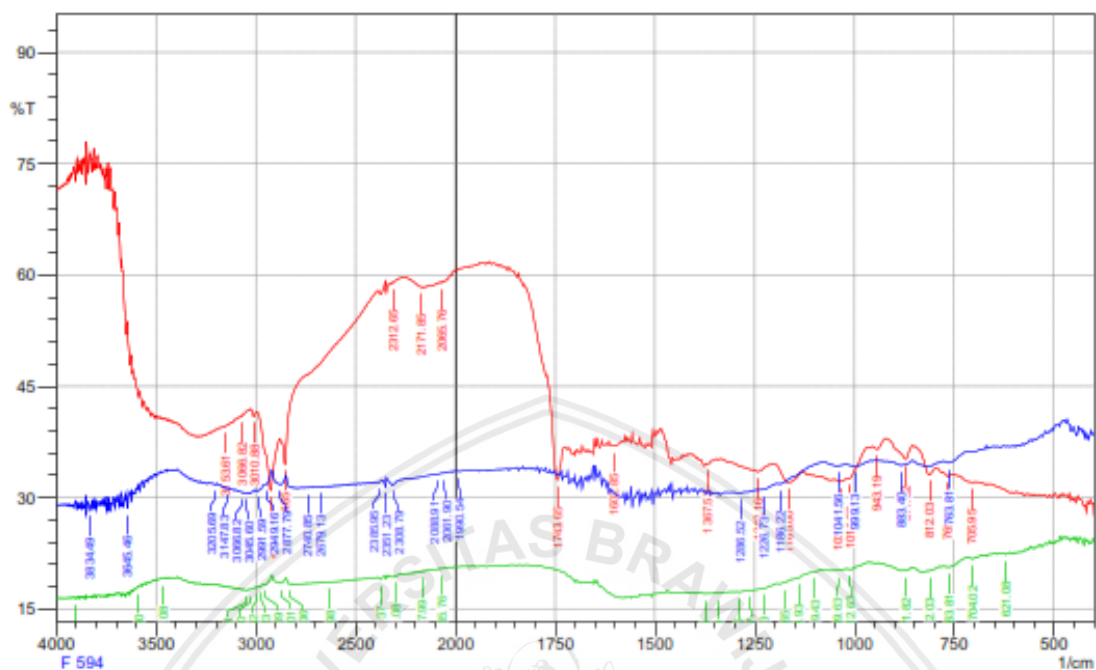
Mengetahui,
 Manajer Teknis

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

Malang, 02 September 2019

Menyetujui
 a.n Dekan
 Kepala Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM

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



Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	
1	705.95	32.046	0.232	736.81	698.23	18.934	0.107
2	765.74	32.802	0.482	777.31	754.17	11.131	0.069
3	812.03	33.067	1.692	846.75	798.53	22.2	0.417
4	871.82	35.175	2.08	920.05	854.47	28.715	0.753
5	943.19	36.55	0.663	952.84	921.97	13.296	0.13
6	1014.56	32.528	0.35	1018.41	968.27	23.227	0.18
7	1035.77	32.124	0.355	1047.35	1020.34	13.251	0.067
8	1165	31.989	2.035	1201.65	1130.29	34.403	0.986
9	1242.16	33.481	0.458	1253.73	1213.23	19.052	0.127
10	1367.53	34.561	0.113	1371.39	1346.31	11.475	0.015
11	1602.85	36.949	0.067	1604.77	1581.63	9.94	0.028
12	1743.65	32.353	7.821	1826.59	1728.22	33.986	1.654
13	2065.76	58.916	0.216	2071.55	2021.4	11.354	0.058
14	2171.85	58.355	0.118	2216.21	2166.06	11.606	0.034
15	2312.65	58.937	0.047	2314.58	2264.43	11.355	0.002
16	2854.65	34.496	4.447	2879.72	2387.87	152.669	0.815
17	2926.01	30.973	8.37	2995.45	2881.65	50.35	4.661
18	3010.88	40.908	0.831	3026.31	2997.38	11.092	0.114
19	3066.82	41.017	0.134	3070.68	3037.89	12.552	0.014
20	3153.61	39.574	0.121	3159.4	3124.68	13.887	0.025
Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	
1	621.08	22.3384	0.2229	630.72	611.43	12.5088	0.0376
2	704.02	21.7342	0.3486	715.59	682.8	21.6108	0.1409
3	763.81	20.6299	0.303	773.46	717.52	37.7239	0.2016
4	812.03	20.0929	0.107	815.89	786.96	19.9955	0.0427
5	871.82	20.1583	0.0707	873.75	856.39	12.007	0.0309
6	1012.63	20.3354	0.1748	1018.41	964.41	36.8845	0.1265
7	1039.63	20.18	0.0605	1045.42	1020.34	17.376	0.0149
8	1099.43	19.974	0.088	1103.28	1082.07	14.7831	0.0207
9	1139.93	19.1952	0.0567	1141.86	1105.21	25.9041	0.0094
10	1174.65	18.5113	0.0536	1176.58	1157.29	14.0225	0.0146
11	1226.73	17.7183	0.0429	1228.66	1195.87	24.3614	0.0218
12	1263.37	17.4188	0.0241	1265.3	1246.02	14.5986	0.01

Date/Time; 9/2/2019 9:13:33 AM

No. of Scans; 40



13	1288.45	17.262	0.0678	1292.31	1269.16	17.6097	0.0155
14	1340.53	17.0763	0.0532	1342.46	1325.1	13.279	0.007
15	1375.25	17.0245	0.1601	1382.96	1367.53	11.8407	0.0341
16	2065.76	20.4116	0.0418	2071.55	2052.26	13.2939	0.0089
17	2167.99	20.0175	0.0299	2171.85	2154.49	12.1059	0.0032
18	2301.08	19.4083	0.0199	2303.01	2283.72	13.6904	0.0031
19	2374.37	18.9909	0.3216	2391.73	2360.87	22.1665	0.1241
20	2628.98	18.5984	0.0153	2630.91	2609.69	15.4802	0.0019
21	2835.36	18.3784	0.2618	2848.86	2829.57	14.1028	0.0827
22	2872.01	18.4844	0.1673	2877.79	2850.79	19.6583	0.093
23	2951.09	18.3184	0.1788	2954.95	2920.23	25.238	0.1797
24	2974.23	17.98	0.043	2976.16	2958.8	12.8348	0.0004
25	2993.52	17.891	0.0611	2999.31	2981.95	12.9586	0.0141
26	3032.1	17.5726	0.0793	3035.96	3001.24	26.0727	0.0369
27	3047.53	17.5018	0.1092	3061.03	3037.89	17.4898	0.0336
28	3466.08	19.0776	0.0693	3473.8	3452.58	15.2435	0.0188
29	3587.6	17.9348	0.1255	3591.46	3572.17	14.3079	0.0133
30	3903.92	16.3893	0.2162	3913.57	3898.14	12.072	0.0387
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	763.81	34.681	0.5	775.38	719.45	25.31	0.199
2	883.4	34.368	0.196	889.18	854.47	16.022	0.086
3	999.13	34.219	0.105	1002.98	960.55	19.599	0.056
4	1041.56	34.245	0.179	1053.13	1022.27	14.326	0.039
5	1186.22	31.822	0.076	1188.15	1082.07	50.571	0.025
6	1226.73	31.076	0.057	1228.66	1195.87	16.46	0.014
7	1286.52	30.581	0.152	1300.02	1273.02	13.865	0.029
8	1990.54	33.497	0.118	1992.47	1969.32	10.964	0.013
9	2061.9	33.26	0.078	2065.76	2042.62	11.04	0.009
10	2088.91	33.167	0.018	2090.84	2067.69	11.076	0.007
11	2308.79	31.759	0.048	2310.72	2289.5	10.49	0.006
12	2351.23	31.402	1.167	2366.66	2345.44	10.492	0.143
13	2385.95	32.01	0.178	2395.59	2368.59	13.315	0.04
14	2679.13	31.395	0.065	2684.91	2663.69	10.665	0.01
15	2740.85	31.319	0.057	2750.49	2723.49	13.601	0.011
16	2877.79	31.776	1.432	2918.3	2850.79	33.26	0.995
17	2949.16	31.717	0.335	2954.95	2920.23	16.993	0.157
18	2991.59	30.85	0.326	3001.24	2956.87	22.441	0.12
19	3045.6	30.543	0.122	3059.1	3037.89	10.913	0.022
20	3066.82	30.635	0.094	3082.25	3061.03	10.875	0.011
21	3147.83	31.216	0.165	3157.47	3138.18	9.736	0.025
22	3205.69	31.72	0.184	3219.19	3197.98	10.553	0.028
23	3645.46	28.529	2.09	3649.32	3630.03	10.119	0.219
24	3834.49	28.385	0.964	3842.2	3822.91	10.391	0.112

Comment;

F 592

F 593

F 594

9/2/2019 9:38:59 AM

40

Apodization; Happ-Genzel

Happ-Genzel

Happ-Genzel

Lab Sentral UM

Lab Sentral UM



Lampiran O. Hasil Uji XRF

→ Karbon

	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) / 574895 / 085106001088 E-mail : laboratoriumsentral@ums.ac.id / lab.sentral@um.ac.id Website : central-laboratory.um.ac.id
---	---

LAPORAN HASIL UJI																													
LSUM.LHU.E.01049.2019																													
Customers	: Adiatma Adummahendra - UB																												
Contact Customer	: 081252703208 / email: adiatma09@gmail.com																												
Methods	: IKM.E.I																												
Test Equipment	: XRF																												
Received Date	: Agustus 30, 2019																												
Order Number	: LHU.P.00972.2019																												
SPECIMEN DESCRIPTION																													
Condition of Samples	: Sampel serbuk hitam dalam plastik klip																												
Sample Code	: E 1054																												
Material Name	: Uji XRF karbon sebelum impregnasi																												
Measurement time	: September 04, 2019																												
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>E 1054</th> <th>E 1054 HELIUM</th> </tr> <tr> <th>Compound</th> <th>Compound</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>P</td><td>Mg</td></tr> <tr><td>K</td><td>P</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>S</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>K</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>Ca</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>Cr</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>Mn</td></tr> <tr><td>Cu</td><td></td></tr> <tr><td>Zn</td><td></td></tr> <tr><td>Mo</td><td></td></tr> <tr><td>Yb</td><td></td></tr> <tr><td>Re</td><td></td></tr> </tbody> </table>	E 1054	E 1054 HELIUM	Compound	Compound	P	Mg	K	P	Ca	S	Cr	K	Mn	Ca	Fe	Cr	Ni	Mn	Cu		Zn		Mo		Yb		Re	
	E 1054	E 1054 HELIUM																											
	Compound	Compound																											
	P	Mg																											
	K	P																											
	Ca	S																											
	Cr	K																											
	Mn	Ca																											
	Fe	Cr																											
	Ni	Mn																											
	Cu																												
	Zn																												
	Mo																												
	Yb																												
	Re																												
*Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji																													
*Pengujian juga diminta dalam kondisi gas Helium																													

Mengetahui,
Manajer Teknis



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

Malang, 09 September 2019

Menyetujui
a.n. Dekan
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM



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

04-sep-2019 10:34:45

Sample results

Page 1

Sample ident
E 1054

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	04-sep-2019 09:08:35
Position	10

Compound	P	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Yb	Re
Conc	3,7	46,9	36,7	0,39	0,62	5,94	0,25	0,94	0,10	3,4	0,3	0,8
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

26-sep-2019 09:49:31

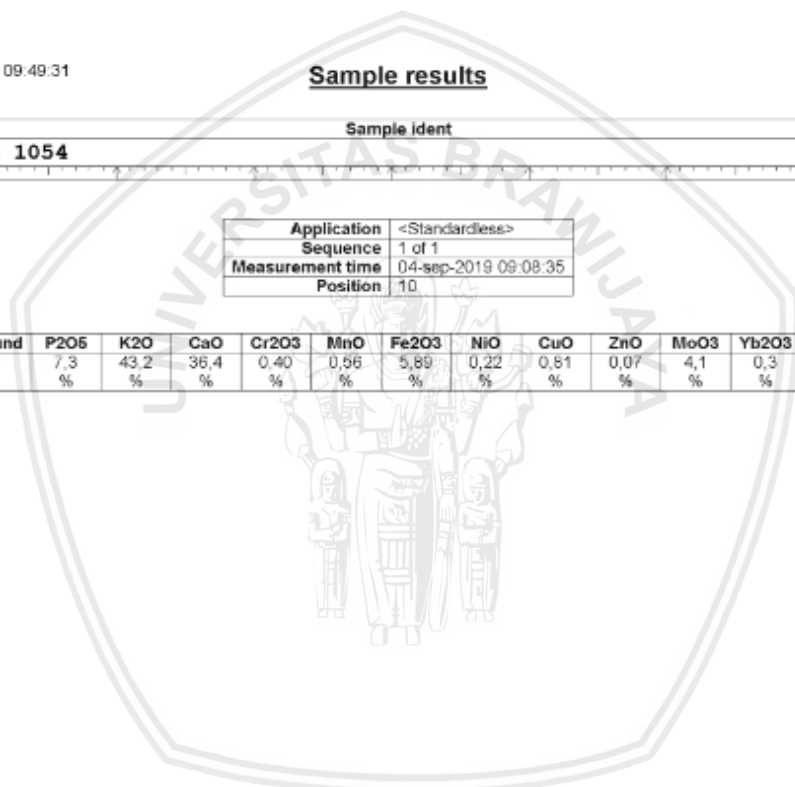
Sample results

Page 1

Sample ident
E 1054

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	04-sep-2019 09:08:35
Position	10

Compound	P2O5	K2O	CaO	Cr2O3	MnO	Fe2O3	NiO	CuO	ZnO	MoO3	Yb2O3	Re2O7
Conc	7,3	43,2	36,4	0,40	0,66	5,89	0,22	0,81	0,07	4,1	0,3	0,8
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%



→ Karbon Aktif

	UNIVERSITAS NEGERI MALANG FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL) Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telp. 0341-551312 (psw 200) 574895/ 085106001088 E-mail : laboratoriumsentral@um.ac.id , lab.sentral@um.ac.id Website : central-laboretoy.um.ac.id
---	--

LAPORAN HASIL UJI																													
LSUM.LHU.E.01050.2019																													
Customers	: Adiatma Adummahendra - UB																												
Contact Customer	: 081252703208 / email: adiatma09@gmail.com																												
Methods	: IKM.E.1																												
Test Equipment	: XRF																												
Received Date	: Agustus 30, 2019																												
Order Number	: LHU.P.00972.2019																												
SPECIMEN DESCRIPTION																													
Condition of Samples	: Sampel serbuk hitam dalam plastik klip																												
Sample Code	: E 1055																												
Material Name	: Uji XRF karbon setelah impregnasi																												
Measurement time	: September 04, 2019																												
OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR																													
Analyzer	: Mailinda A.H., S.Si																												
Supervisor	: Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D																												
RESULTS																													
Remark	: <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">E 1055</th> <th style="text-align: center;">E 1055 HELIUM</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Compound</th> <th style="text-align: center;">Compound</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">P</td><td style="text-align: center;">Mg</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">S</td><td style="text-align: center;">P</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">K</td><td style="text-align: center;">S</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Ca</td><td style="text-align: center;">K</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Cr</td><td style="text-align: center;">Ca</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Mn</td><td style="text-align: center;">Cr</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Fe</td><td style="text-align: center;">Mn</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Ni</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Cu</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Zn</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Eu</td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">Re</td><td></td></tr> </tbody> </table>	E 1055	E 1055 HELIUM	Compound	Compound	P	Mg	S	P	K	S	Ca	K	Cr	Ca	Mn	Cr	Fe	Mn	Ni		Cu		Zn		Eu		Re	
E 1055	E 1055 HELIUM																												
Compound	Compound																												
P	Mg																												
S	P																												
K	S																												
Ca	K																												
Cr	Ca																												
Mn	Cr																												
Fe	Mn																												
Ni																													
Cu																													
Zn																													
Eu																													
Re																													
*Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji *Pengujian juga diminta dalam kondisi gas Helium																													

Mengetahui,
Manajer Teknis



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

Malang, 09 September 2019

Menyetujui

dan Dekan

Kepala Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM



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

04-sep-2019 10:35:19

Sample results

Page 1

Sample ident
E 1055

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	04-sep-2019 09:10:34
Position	11

Compound	P	S	K	Ca	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Eu	Re
Conc	5,1	1,9	30,9	48,6	0,60	0,86	7,94	0,53	1,6	0,2	0,6	1,3
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

26-sep-2019 09:49:49

Sample results

Page 1

Sample ident
E 1055

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	04-sep-2019 09:10:34
Position	11

Compound	P2O5	SO3	K2O	CaO	Cr2O3	MnO	Fe2O3	NiO	CuO	ZnO	Eu2O3	Re2O7
Conc	9,5	3,7	27,5	46,8	0,58	0,69	7,45	0,43	1,3	0,1	0,6	1
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%



Lampiran P. Hasil Uji BET

→ Karbon

LABORATORIUM TEKNIK KIMIA			
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG			
Quantachrome TouchWin v1.2			
Report date:	Rab Sep 18 2019	Operator:	operator
Filename:	44 Pts Full isotherm - St3_20190910_154253.qcuPhysIso		
Analysis Information			
Sample ID	karbon_aif	Weight	0,0467 _g
Description			
Analysis Data ID	{bcf1fb37-3aeb-43fb-8b1c-846ced525941}	Date	2019.09.10
Operator	operator	Duration	190,517 _{min}
Instrument	St 3 on NOVA touch 4LX [s/n:17018063001]	Firmware	1.04
Comments			
Ambient Temp.	39,5498 _{°C}	Void Volume Mode	NOVA mode
Cell Type	9mm with rod	Thermal Delay	600 _{sec}
Adsorbate Name	Nitrogen	Molecular Weight	28,013 _{g/mol}
Non-ideality	6,58e-005 _{1/bar}	Bath Temperature	77,35 _K
Degas information Type	Vacuum Degassing	Cross Section Area	16,2 _{A/m²}
Operator Description			
Data Reduction Parameters			
Thermal Transpiration	no		
Adsorbate Model		Molecular Weight	28,0134 _g
Name	Nitrogen	Cross Section Area	16,2 _{A/m²}
Bath Temperature	77,35 _K		
BET Multi-point BET results			
Isotherm Branch	Adsorption		
Slope	-686.546		
Intercept	-62.0566		
Correlation coeff., r	0.980832		
C constant	12.0632		
Surface area	0 m ² /g		
Table - BET Multi-point BET			
Relative Pressure	Volume Adsorbed @STP	1 / [W((P/Po) - 1)]	
	cc/g		
0.0257962	-0.332360	-63.7450	
0.0704258	-0.550683	-110.0770	
0.116523	-0.682229	-154.6813	
0.159337	-0.797406	-190.1803	
0.203943	-0.996625	-205.6761	
0.243573	-1.19482	-215.6310	
0.288267	-1.27080	-255.0067	

LABORATORIUM TEKNIK KIMIA

INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
Quantachrome TouchWin v1.2



Report date: Rab Sep 18 2019 **Operator:** operator
Filename: 44 Pts Full isotherm - St3_20190910_154253.qcuPhysIso

Analysis Information

Sample ID	karbon_aktif	Weight	0,0467 g
Description			
Analysis Data ID	{bcf1fb37-3aeb-43fb-8b1c-846ced525941}	Date	2019.09.10
Operator	operator	Duration	190,517 min
Instrument	St 3 on NOVA touch 4LX [s/n:17018063001]	Firmware	1.04
Comments			
Ambient Temp.	39,5498 °C	Void Volume Mode	NOVA mode
Cell Type	9mm with rod	Thermal Delay	600 sec
Adsorbate Name	Nitrogen	Molecular Weight	28,013 g/mol
Non-ideality	6,58e-005 1/torr	Bath Temperature	77,35 K
Degas information Type	Vacuum Degassing	Cross Section Area	16,2 Å ² /mol
Operator			
Description			

Data Reduction Parameters

Thermal Transpiration	no	Molecular Weight	28,0134 g	Cross Section Area	16,2 Å ² /mol
Temp. Comp	yes				
Thickness Method	deBoer				
Adsorbate Model Name	Nitrogen				
Bath Temperature	77,35 K				

Total Pore Volume results

Total Pore Volume	1,6225e-003 cc/g
for pores smaller than	20,30 nm (radius)
at relative pressure	0,95018

→ Karbon Aktif



LABORATORIUM TEKNIK KIMIA

INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
Quantachrome TouchWin v1.2



Report date: Rab Sep 18 2019 **Operator:** operator
Filename: 44 Pts Full Isotherm - ST1_20190910_154253.qcuPhysIso

Analysis Information

Sample ID	KarbonAktif_aIf	Weight	0,0479 _g
Description			
Analysis Data ID	{3ae6ec6a-6187-489a-961d-ff2ed9552468}		
Operator	operator	Date	2019.09.10
Instrument	St 1 on NOVA touch 4LX [s/n:17018063001]		
Comments			
Ambient Temp.	39,2205 °C	Void Volume Mode	NOVA mode
Cell Type	9mm with rod	Thermal Delay	600 _{sec}
Adsorbate Name	Nitrogen	Molecular Weight	28,013 _{g/mol}
Non-ideality	6,58e-005 _{1/bar}	Bath Temperature	77,35 _K
Degas information Type	Vacuum Degassing		
Operator Description			

Data Reduction Parameters

Thermal Transpiration	no	Adsorbate Model	
Name	Nitrogen	Molecular Weight	28,013 _g
Bath Temperature	77,35 _K	Cross Section Area	16,2 _{A/m²mol}

BET Multi-point BET results

Isotherm Branch	Adsorption
Slope	625.336
Intercept	42.098
Correlation coeff., r	0.984532
C constant	15.8543
Surface area	5.21777 m ² /g

Table - BET Multi-point BET

Relative Pressure	Volume Adsorbed @STP cc/g	1 / [W((P/Po) - 1)]
0.0246181	0.333826	60.4937
0.0703121	0.635833	95.1700
0.115367	0.902598	115.6040
0.158623	1.20426	125.2585
0.204194	1.29577	158.4376
0.245929	1.33068	196.0982
0.287342	1.36994	235.4859



LABORATORIUM TEKNIK KIMIA

INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
Quantachrome TouchWin v1.2



Report date: Rab Sep 18 2019 **Operator:** operator
Filename: 44 Pts Full Isotherm - St1_20190910_154253.qcuPhysIso

Analysis Information

Sample ID	KarbonAktif_aIf	Weight	0,0479 _g		
Description					
Analysis Data ID	{3ae6ec6a-6187-489a-961d-ff2ed9552468}	Date	2019.09.10	Duration	192,317 _{min}
Operator	operator			Firmware	1.04
Instrument	St 1 on NOVA touch 4LX [s/n:17018063001]				
Comments					
Ambient Temp.	39,2205 _{°C}	Void Volume Mode	NOVA mode	Cell ID	12
Cell Type	9mm with rod	Thermal Delay	600 _{sec}	Po Mode	Continuous
Adsorbate Name	Nitrogen	Molecular Weight	28,013 _{g/mol}	Cross Section Area	16,2 _{Å²/mol}
Non-ideality	6,58e-005 _{1/torr}	Bath Temperature	77,35 _K		
Degas information Type	Vacuum Degassing				
Operator					
Description					

Data Reduction Parameters

Thermal Transpiration	no				
Temp. Comp	yes				
Thickness Method	deBoer				
Adsorbate Model Name	Nitrogen	Molecular Weight	28,013 _g	Cross Section Area	16,2 _{Å²/mol}
Bath Temperature	77,35 _K				





Total Pore Volume results


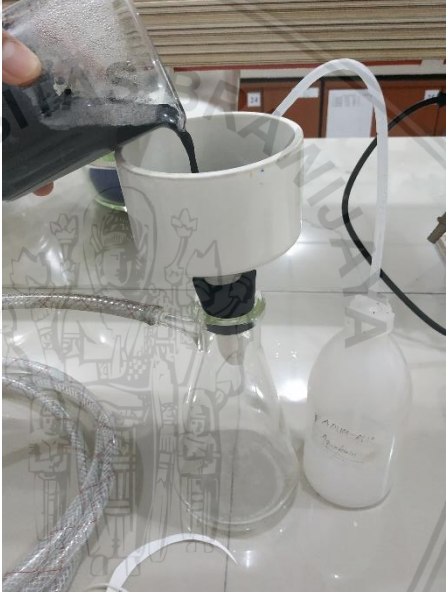

Total Pore Volume	5,7768e-003 _{cc/g}
for pores smaller than	18,81 _{nm (radius)}
at relative pressure	0,94608









(Halaman ini sengaja dikosongkan)



No	Kegiatan	Dokumentasi
1.	Persiapan Ampas Kopi	
2.	Pengeringan ampas kopi pada suhu 105°C	
3.	Karbonisasi Ampas Kopi Kering pada suhu 600°C	
4.	Pengecilan Ukuran Karbon Ampas Kopi	

No	Kegiatan	Dokumentasi
5.	Aktivasi Karbon Ampas Kopi	
6.	Pencucian Karbon setelah diaktivasi	
7.	Karbon Aktif Ampas Kopi yang telah dikeringkan	

No	Kegiatan	Dokumentasi
8.	Proses Adsorpsi Cr(VI) dengan menggunakan Karbon Aktif Ampas Kopi.	
8.	Contoh sampel yang telah dilakukan adsorpsi	
9.	Contoh Larutan Cr(VI) yang telah dilakukan preparasi sebelum pengujian UV-VIS	

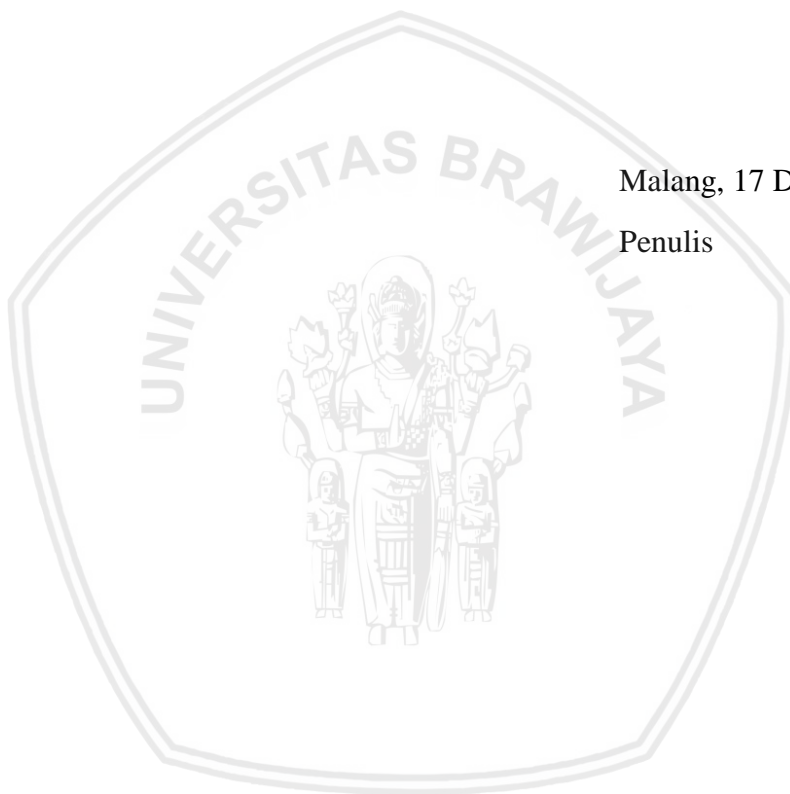
No	Kegiatan	Dokumentasi
10.	Pengujian Kadar Air	
11.	Pengujian Kadar Abu	
12.	Pengujian Kadar Zat Volatile	

RIWAYAT HIDUP

Adiatma Adummaendra, lahir di Malang, 8 September 1997, merupakan anak dari ayah Sutrisno dan Ibu Anik Setyowati. Mengampu pendidikan dasar di SDN Mergosono 1 Malang, pendidikan menengah pertama di SMPN 6 Malang, dan pendidikan menengah atas di SMAN 2 Malang lulus tahun 2015. Lulus program sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2019. Memiliki pengalaman kerja sebagai asisten Praktikum Kimia Analisis di Laboratorium Sains Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya bulan September hingga Oktober 2019

Malang, 17 Desember 2019

Penulis



RIWAYAT HIDUP

Muhammad Alif Ghiffary, lahir di Jakarta, 31 Juli 1997, merupakan anak dari ayah Dayat Sumanta dan Ibu Yusnizar Rameni. Mengampu pendidikan dasar di SDN 01 Bendungan Hilir-Jakarta, pendidikan menengah pertama di SMPIT Al Kahfi Bogor, pendidikan menengah atas di SMAIT Al Kahfi Bogor lulus tahun 2015. Lulus program sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2019. Memiliki pengalaman kerja sebagai asisten Praktikum Kimia Analisis di Laboratorium Sains Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya bulan September hingga Oktober 2019.

Malang, 17 Desember 2019

Penulis

