

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

**SKRIPSI
TEKNIK KIMIA**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Teknik



ZARIS LAILI HIDAYATI

NIM. 175061101111018

AJENG WULAN SUJENDRO

NIM. 175061101111014

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2021

LEMBAR PENGESAHAN

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

**SKRIPSI
TEKNIK KIMIA**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



ZARIS LAILI HIDAYATI

NIM. 175061101111018

AJENG WULAN SUJENDRO

NIM. 175061101111014

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 25 Juni 2021

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

A.S. Dwi Saptati Nur Hidayati, S.T., M.T.
NIK. 20120183308272001

Ir. Bambang Ismuyanto, M.S., IPM.
NIP. 196005041986031003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia

Ir. Moh. Sholichin, MT., Ph.D.
NIP. 196706021998021001

IDENTITAS TIM PENGUJI

JUDUL SKRIPSI : ADSORPSI Cr (VI) MENGGUNAKAN KARBON AKTIF LIMBAH AMPAS KOPI DIAKTIVASI HCI DENGAN VARIASI TEMPERATUR ADSORPSI DAN MASSA ADSORBEN

Nama Mahasiswa/NIM : 1. Zaris Laili Hidayati /175061101111018
2. Ajeng Wulan Sujendro /175061101111014

Jurusan S1 : Teknik Kimia

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Prof. Dr. Ir. Chandrawati Cahyani, M.S.

Dosen Penguji 2 : Supriyono, S.T., M.T.

Dosen Penguji 3 : Nurul Faiqotul Himma, S.T., M.T.

Saksi Penguji : A.S. Dwi Saptati Nur Hidayati, S.T., M.T.

Tanggal Ujian : Senin, 14 Juni 2021

SK Penguji : No. 871/UN10.F07/KP/2021

PERNYATAAN ORISINILITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepengetahuan 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, 25 Juni 2021

Mahasiswa,



Zaris Laili Hidayati

NIM. 175061101111018

PERNYATAAN ORISINILITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepengetahuan 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, 25 Juni 2021

Mahasiswa,



Ajeng Wulan Sujendro

NIM. 175061101111014

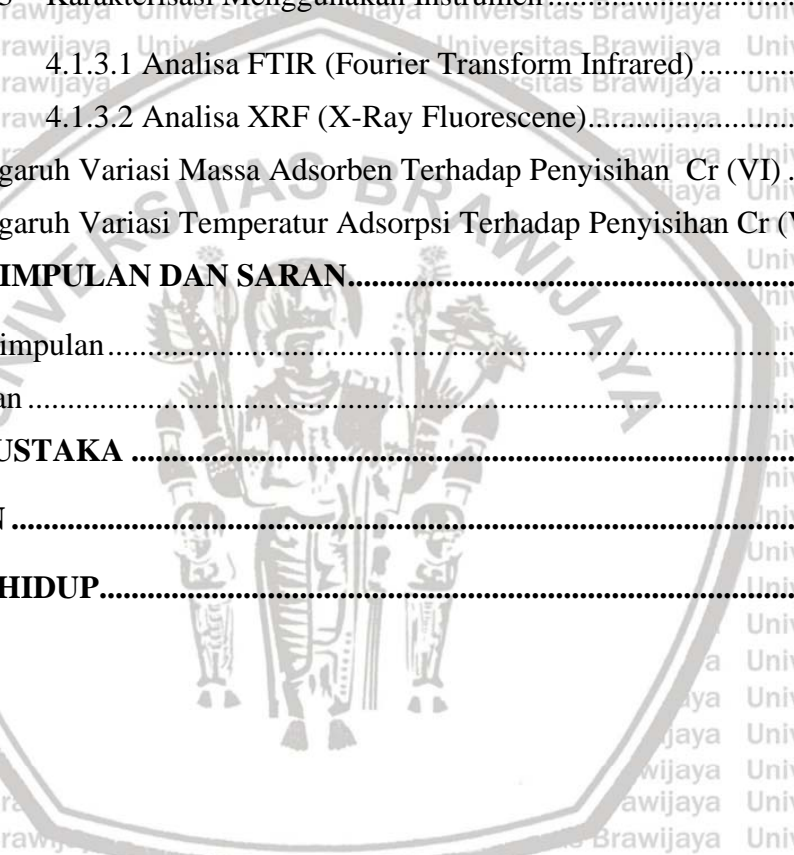


DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
RINGKASAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kopi.....	5
2.2 Karbon Aktif.....	7
2.3 Persiapan Karbon.....	9
2.4 Aktivasi Karbon.....	10
2.5 Adsorpsi.....	12
2.5.1 Pengertian Adsorpsi.....	12
2.5.2 Jenis – Jenis Adsorpsi.....	13
2.5.3 Mekanisme Adsorpsi.....	14
2.5.4 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi.....	16
2.6 Kromium.....	18
2.7 Uji Karakteristik Karbon Aktif.....	21
2.7.1 Uji FTIR.....	21
2.7.2 Uji XRF.....	21
2.8 Uji Spektrofotometri UV-Vis.....	21
2.9 Penelitian Terdahulu.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	27

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	27
3.2	Variabel Penelitian.....	27
3.3	Alat dan Bahan Penelitian.....	28
3.3.1	Alat Penelitian.....	28
3.3.2	Bahan Penelitian.....	28
3.3.3	Rangkaian Alat.....	29
3.3.3.1	Karbonisasi.....	29
3.3.3.2	Adsorpsi.....	29
3.4	Prosedur Penelitian.....	30
3.4.1	Persiapan Bahan Baku (Ampas Kopi).....	30
3.4.2	Karbonisasi Ampas Kopi.....	30
3.4.3	Proses Aktivasi Karbon Ampas Kopi.....	32
3.4.4	Karakterisasi Karbon dan Karbon Aktif.....	34
3.4.4.1	Analisa Kadar Air (SNI 06-3730-1995).....	34
3.4.4.2	Analisa Kadar Abu (SNI 06-3730-1995).....	35
3.4.4.3	Analisa Kadar Bahan yang Hilang Pada Pemanasan 950°C (SNI 06-3730-1995).....	36
3.4.4.4	Kadar Karbon.....	38
3.4.4.5	Yield Karbonisasi.....	38
3.4.4.6	Analisa Pengujian Luas Permukaan dengan Daya Serap Terhadap Methylene Blue.....	38
3.4.4.7	Analisa Karbon dengan Fourier Transform Infrared (FTIR).....	43
3.4.4.8	Analisa Karbon dengan X-Ray Fluorescence (XRF).....	43
3.4.5	Pembuatan Adsorbat Limbah Sintentik.....	43
3.4.6	Proses Adsorpsi.....	44
3.4.7	Analisa Spektrofotometer UV-Visible.....	45
3.4.7.1	Pembuatan Larutan Baku.....	45
3.4.7.2	Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	47
3.4.7.3	Pembuatan Kurva Kalibrasi.....	47
3.4.7.4	Pengukuran Absorbansi Sampel.....	48

3.5	Diagram Alir Penelitian.....	50
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		51
4.1	Karakterisasi Karbon dan Karbon Aktif.....	51
4.1.1	Karakterisasi Berdasarkan SNI 06-3730-1995.....	51
4.1.2	Analisa Pengujian Luas Permukaan dengan Daya Serap Terhadap <i>Methylene Blue</i>	53
4.1.3	Karakterisasi Menggunakan Instrumen.....	55
4.1.3.1	Analisa FTIR (Fourier Transform Infrared).....	55
4.1.3.2	Analisa XRF (X-Ray Fluorescence).....	57
4.2	Pengaruh Variasi Massa Adsorben Terhadap Penyisihan Cr (VI).....	58
4.3	Pengaruh Variasi Temperatur Adsorpsi Terhadap Penyisihan Cr (VI).....	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		64
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN		73
RIWAYAT HIDUP.....		109



DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2. 1	Komposisi Kimia Ampas Kopi	6
Tabel 2. 2	Syarat Mutu Karbon Aktif (SNI 06-3730-1995).....	9
Tabel 2. 3	Penelitian Terdahulu.....	25
Tabel 3. 1	Variabel Penelitian	27
Tabel 4. 1	Hasil Karakterisasi Kadar Air Karbon dan Karbon Aktif Berdasarkan SNI 06-3730-1995	51
Tabel 4. 2	Karakterisasi Padatan Hasil Karbonisasi Pada 600°C.....	51
Tabel 4. 3	Hasil Perhitungan Luas Permukaan Adsorben dengan Daya Serap.....	54
Tabel 4. 4	Karakteristik FTIR Pada Karbon dan Karbon Aktif.....	56
Tabel 4. 5	Karakteristik XRF Pada Karbon dan Karbon Aktif	57
Tabel B. 1	Yield Karbonisasi Ampas Kopi	74
Tabel D. 1	Kadar Air Karbon Ampas Kopi.....	76
Tabel D. 2	Kadar Air Karbon Aktif Ampas Kopi	76
Tabel E. 1	Kadar Abu Karbon Ampas Kopi.....	77
Tabel E. 2	Kadar Abu Karbon Aktif Ampas Kopi	77
Tabel F. 1	Kadar Bahan yang Hilang Pada Pemanasan 950°C Karbon Ampas Kopi.....	78
Tabel F. 2	Kadar Bahan yang Hilang Pada Pemanasan 950°C Karbon Aktif Ampas.....	78
Tabel H. 1	Data Kurva Kalibrasi	80
Tabel H. 2	Data Spektrofotometer UV-Visible Sampel Methylene Blue	82
Tabel H. 3	Daya Serap Methylene Blue	82
Tabel H. 4	Luas Permukaan Karbon dan Karbon Aktif	83
Tabel L. 1	Data Kurva Kalibrasi	87
Tabel M. 1	Massa Adsorben 0,1 gram.....	89
Tabel M. 2	Massa Adsorben 0,5 gram.....	90
Tabel M. 3	Massa Adsorben 1 gram.....	90
Tabel M. 4	Massa Adsorben 1,5 gram.....	90
Tabel M. 5	Massa Adsorben 2 gram.....	91
Tabel M. 6	Massa Adsorben 0,1 gram.....	91
Tabel M. 7	Massa Adsorben 0,5 gram.....	92
Tabel M. 8	Massa Adsorben 1 gram.....	92
Tabel M. 9	Massa Adsorben 1,5 gram.....	93
Tabel M. 10	Massa Adsorben 2 gram.....	93



DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
Gambar 2. 1	Tipe Pori Karbon Aktif.....	8
Gambar 2. 2	Proses Adsorpsi	13
Gambar 2. 3	Mekanisme Adsorpsi	16
Gambar 2. 4	Distribusi Cr (VI) dalam air sebagai fungsi konsentrasi dan pH.....	20
Gambar 2. 5	Diagram Spektrofotometer UV-Visible Single Beam	22
Gambar 2. 6	Diagram Spektrofotometer UV-Visible Double Beam.....	23
Gambar 2. 7	Proses Penyerapan Berkas Cahaya Oleh Sampel	24
Gambar 3. 1	Rangkaian Alat Proses Karbonisasi.....	29
Gambar 3. 2	Alat Adsorpsi (a) Temperatur Ruang; (b) Temperature 40°C.....	29
Gambar 3. 3	Diagram Alir Persiapan Ampas Kopi	30
Gambar 3. 4	Diagram Alir Karbonisasi Ampas Kopi	31
Gambar 3. 5	Diagram Alir Aktivasi Karbon Ampas Kopi	33
Gambar 3. 6	Diagram Alir Analisa Kadar Air Pada Karbon dan Karbon Aktif.....	35
Gambar 3. 7	Diagram Alir Analisa Kadar Abu Pada Karbon dan Karbon Aktif.....	36
Gambar 3. 8	Diagram Alir Analisa Kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C Pada Karbon dan Karbon Aktif.....	37
Gambar 3. 9	Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Induk Methylene Blue 25 ppm.....	39
Gambar 3. 10	Diagram Alir Proses Adsorpsi Methylene Blue	40
Gambar 3. 11	Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Baku Methylene Blue 1 ppm.....	41
Gambar 3. 12	Diagram Alir Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	42
Gambar 3. 13	Diagram Alir Penentuan Absorbansi Larutan Baku Methylene Blue Untuk Kurva Kalibrasi	42
Gambar 3. 14	Diagram Alir Analisa Methylene Blue Menggunakan Spektrofotometer UV-Visible	43
Gambar 3. 15	Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Induk Cr (VI) 20 ppm.....	44
Gambar 3. 16	Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Kerja Cr (VI) 20 ppm	44
Gambar 3. 17	Diagram Alir Proses Adsorpsi	45
Gambar 3. 18	Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Baku Cr (VI) 0,2 ppm.....	46
Gambar 3. 19	Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Baku Cr (VI) 0,5 ppm.....	46
Gambar 3. 20	Diagram Alir Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	47
Gambar 3. 21	Diagram Alir Penentuan Absorbansi Larutan Baku Cr (VI) Untuk Kurva Kalibrasi	48
Gambar 3. 22	Diagram Alir Analisa Cr (VI) Menggunakan Spektrofotometer UV-Visible	49
Gambar 3. 23	Diagram Alir Penelitian.....	50
Gambar 4. 1	Hasil Uji FTIR Karbon dan Karbon Aktif Ampas Kopi.....	55
Gambar 4. 2	Grafik Hubungan Massa Adsorben Terhadap Penyisihan Cr (VI) Pada Temperatur Ruang (27°C)	59
Gambar 4. 3	Grafik Hubungan Massa Adsorben Terhadap Penyisihan Cr (VI) Pada Temperatur 40°C.....	59

Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Temperatur Adsorpsi Terhadap Penyisihan Cr (VI) dengan massa adsorben (a) 0,1 gram; (b) 0,5 gram; (c) 1 gram; (d) 1,5 gram dan (e) 2 gram..... 61

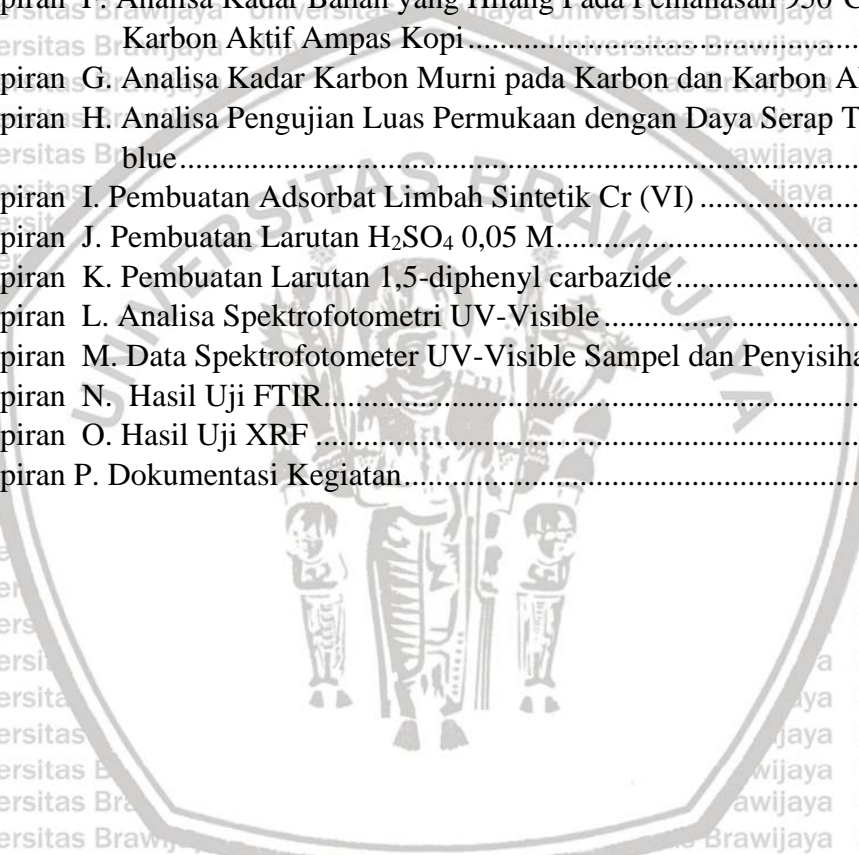
Gambar H. 1 Kurva Kalibrasi Methylene Blue..... 81

Gambar L. 1 Kurva Kalibrasi Cr (VI)..... 88



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran A.	Yield Pengeringan Ampas Kopi.....	73
Lampiran B.	Yield Karbonisasi Ampas Kopi.....	74
Lampiran C.	Pembuatan Larutan Aktivator HCl 0,1 M	75
Lampiran D.	Analisa Kadar Air Karbon dan Karbon Aktif	76
Lampiran E.	Analisa Kadar Abu Karbon dan Karbon Aktif Ampas Kopi.....	77
Lampiran F.	Analisa Kadar Bahan yang Hilang Pada Pemanasan 950°C Karbon dan Karbon Aktif Ampas Kopi.....	78
Lampiran G.	Analisa Kadar Karbon Murni pada Karbon dan Karbon Aktif Ampas Kopi	79
Lampiran H.	Analisa Pengujian Luas Permukaan dengan Daya Serap Terhadap Methylene blue.....	80
Lampiran I.	Pembuatan Adsorbat Limbah Sintetik Cr (VI)	84
Lampiran J.	Pembuatan Larutan H ₂ SO ₄ 0,05 M.....	85
Lampiran K.	Pembuatan Larutan 1,5-diphenyl carbazide.....	86
Lampiran L.	Analisa Spektrofotometri UV-Visible	87
Lampiran M.	Data Spektrofotometer UV-Visible Sampel dan Penyisihan Cr (VI).....	89
Lampiran N.	Hasil Uji FTIR.....	94
Lampiran O.	Hasil Uji XRF	99
Lampiran P.	Dokumentasi Kegiatan.....	104



RINGKASAN

Zaris Laili Hidayati dan Ajeng Wulan Sujendro, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juni 2021, *Adsorpsi Cr (VI) Menggunakan Karbon Aktif Limbah Ampas Kopi Diaktivasi HCl Dengan Variasi Temperatur Adsorpsi dan Massa Adsorben*, Dosen Pembimbing A.S. Dwi Saptati Nur Hidayati, ST., MT. dan Ir. Bambang Ismuyanto, MS.

Industri elektroplating merupakan industri pelapisan logam yang menghasilkan limbah cair dengan kandungan logam kromium lebih besar dibanding logam lainnya. Hal ini dikarenakan bahan baku yang sering digunakan dalam pelapisan adalah logam kromium. Kromium dalam bentuk heksavalen [Cr (VI)] merupakan bahan kimia yang bersifat persisten, bioakumulatif serta tidak mampu terurai dengan sendirinya di lingkungan sehingga dapat terakumulasi dalam tubuh manusia melalui rantai makanan. Penelitian mengenai penggunaan limbah ampas kopi sebagai adsorben telah banyak dilakukan untuk pemenuhan baku mutu air limbah industri pelapisan logam pada parameter kadar Cr (VI). Karbon aktif dari limbah ampas kopi dapat dimanfaatkan sebagai salah satu adsorben karena memiliki kandungan karbon yang tinggi serta mudah diperoleh. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi temperatur adsorpsi dan massa adsorben terhadap penyisihan Cr (VI) menggunakan karbon aktif ampas kopi diaktivasi HCl.

Pembuatan karbon aktif ampas kopi melalui tiga tahapan diantaranya dehidrasi/pengeringan, karbonisasi dan aktivasi menggunakan HCl 0,1 M. Karbon dan karbon aktif kemudian dilakukan karakterisasi melalui uji berdasarkan SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif, analisa luas permukaan dengan uji daya serap *methylene blue*, FTIR dan XRF. Selanjutnya proses adsorpsi dilakukan secara *batch* dengan variasi massa karbon aktif 0,1 gram, 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram dan 2 gram; serta temperatur adsorpsi menggunakan temperatur ruang dan 40 °C. Setelah proses adsorpsi, dilakukan analisa konsentrasi Cr (VI) dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis.

Karakterisasi karbon aktif berdasarkan SNI 06-3730-1995 menghasilkan kadar air sebesar 4,820%, kadar abu sebesar 6,823%, kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C sebesar 35,730% dan kadar karbon murni sebesar 57,447%. Dari hasil karakterisasi tersebut karbon aktif hanya memenuhi beberapa parameter baku yaitu kadar air dan kadar abu. Hasil analisa luas permukaan dengan uji daya serap terhadap *methylene blue* didapatkan luas permukaan karbon sebesar 402,98 m²/g dan karbon aktif sebesar 609,41 m²/g. Sedangkan karakterisasi FTIR menunjukkan bahwa karbon dan karbon aktif memiliki gugus fungsi yang sama beberapa diantaranya asam karboksil (-COOH), alkohol/fenol (O-H) dan amina (N-H) yang berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Proses adsorpsi Cr (VI) menggunakan karbon aktif ampas kopi pada temperatur ruang dan temperatur 40 °C didapatkan penyisihan terbaik pada massa adsorben 2 gram masing-masing sebesar 89,60% dan 99,95%. Penggunaan massa adsorben 2 gram dan temperatur 40 °C pada adsorpsi Cr (VI) selama 40 menit dengan konsentrasi awal 20 ppm dapat memenuhi baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri LH RI No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Pelapisan Logam dan Galvanis sebesar 0,1 mg/L.

Kata kunci: adsorpsi, ampas kopi, karbon aktif, kromium heksavalen



SUMMARY

Zaris Laili Hidayati dan Ajeng Wulan Sujendro, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, June 2021, *Adsorption of Cr (VI) using Activated Coffee Ground Waste Carbon Which Being Activated by HCl with Variations of Adsorption Temperature and Adsorbent Mass*, Supervisor A.S. Dwi Saptati Nur Hidayati, ST., MT. dan Ir. Bambang Ismuyanto, MS.

The electroplating industry is a metal-electroplating industry that generates liquid waste that has a higher chromium content than other metals. It is because the raw material which is often used in plating is chromium metal. Chromium in the hexavalent form [Cr (VI)] is a chemical that is persistent, bioaccumulative, and unable to decompose by itself in the environment so that it can accumulate in the human body through the food chain. Research on the use of coffee grounds waste as an adsorbent has been carried out to meet the quality standards of the electroplating wastewater on the Cr (VI) level parameter. Activated carbon from coffee grounds waste can be used as an adsorbent because it has a high carbon content and is easy to obtain. The purpose of this study is to examine the effect of variations in adsorption temperature and adsorbent mass on Cr (VI) removal using coffee-grounds-activated-carbon that has been activated by HCl.

The process of making coffee-grounds-activated-carbon in three steps, including dehydration/drying, carbonization and activation using 0,1 M HCl. Carbon and activated carbon are further characterized through tests based on SNI 06-3730-1995 on activated charcoal, surface area analysis with absorption test of methylene blue, FTIR and XRF. Furthermore, the adsorption process is carried out in batch with mass variations of activated carbon 0,1 gram, 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram and 2 gram; and the adsorption temperature using room temperature and 40°C. After the adsorption process, analysis of the Cr (VI) concentration was analyzed by UV-Vis spectrophotometry.

Characterization of activated carbon-based on SNI 06-3730-1995 resulted in water content of 4,820%, an ash content of 6,823%, a content of volatile substances of 35,730%, and a pure carbon content of 57,447%. From the results of the characterization, activated carbon only fulfills several standard parameters, moisture content, and ash content. The results of surface area analysis with the absorption test of methylene blue obtained a surface area of carbon of 402,98 m²/g and activated carbon of 609,41 m²/g. Meanwhile, FTIR characterization shows that carbon and activated carbon have the same functional groups, including carboxyl acid (-COOH), alcohol/phenol (O-H), and amines (N-H) which affect the adsorption process. The adsorption process of Cr (VI) using coffee grounds activated carbon at room temperature and temperature of 40°C obtained the best percentage of removal at the 2 gram adsorbent mass of 89,60% and 99,95%, respectively. The use of 2 grams of adsorbent mass and temperature of 40°C in the adsorption of Cr (VI) in 40 minutes with an initial concentration of 20 ppm can meet the quality standards based on the Regulation of the Minister of The Environment Republic of Indonesia No. 5 of 2014 concerning Wastewater Quality Standards for Metal and Galvanized Coating Industry Businesses and/or Activities of 0,1 mg/L.

Keywords : adsorption, coffee waste, activated carbon, chromium hexavalent

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kehidupan manusia sangat terbantu dengan semakin pesatnya perkembangan industri, namun pada sisi lain juga menimbulkan beragam dampak buruk salah satunya pencemaran lingkungan. Logam berat merupakan salah satu komponen limbah cair industri yang berpotensi memicu pencemaran lingkungan, dimana logam berat tersebut berpotensi mengganggu kehidupan biota lingkungan perairan dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan yang akhirnya berpengaruh terhadap kesehatan manusia. Polutan yang mengandung logam berat sebagian besar bersumber dari industri elektroplating, industri pewarna dan cat, serta industri kaca. Industri elektroplating merupakan salah satu industri pelapisan logam yang menghasilkan limbah cair dengan kandungan logam kromium lebih besar dibanding logam lain dalam kegiatan operasionalnya.

Salah satu polutan logam berat yang dapat memicu masalah lingkungan hingga kesehatan manusia adalah kromium. Kromium dalam bentuk heksavalen [Cr (VI)] yang ada di dalam limbah cair hasil industri elektroplating merupakan bahan kimia yang bersifat persisten, bioakumulatif serta tidak mampu terurai dengan sendirinya di lingkungan sehingga dapat terakumulasi dalam tubuh manusia melalui rantai makanan. Cr (VI) dapat menyebabkan timbulnya alergi pada kulit, menyebabkan sel kulit mati, hingga kerusakan kulit jika melakukan kontak secara terus menerus (Amalia, 2015). Kandungan Cr (VI) pada limbah elektroplating berkisar 18,85 mg/L (Herdina dkk (2018). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Pelapisan Logam dan Galvanis sebesar 0,1 mg/L. Sehingga perlu dilakukannya pengolahan limbah hasil industri elektroplating guna memenuhi standar baku mutu sesuai Peraturan Menteri tersebut.

Limbah cair Cr (VI) dapat dihilangkan dengan berbagai metode diantaranya memanfaatkan membran, *ion exchange* hingga adsorpsi. Dari sekian banyak metode, adsorpsi adalah metode efisien dikarenakan pengaplikasian prosesnya yang mudah, ramah lingkungan, dan juga murah (Wiyantoko dkk, 2014).

Adsorpsi dapat menggunakan karbon aktif dengan memanfaatkan berbagai macam bahan alam, salah satu diantaranya yaitu dari limbah ampas kopi. Banyaknya kedai kopi yang mulai bermunculan mengakibatkan banyaknya orang yang mengonsumsi

minuman kopi sehingga jumlah dari limbah ampas kopi yang diproduksi semakin meningkat. Menurut kajian Umayana dan Hendio (2016) setiap kedai kopi rata-rata menghasilkan sekitar 10 kilogram ampas kopi perhari. Ampas kopi merupakan salah satu bahan organik yang dapat dibuat menjadi karbon aktif.

Penelitian mengenai penggunaan limbah ampas kopi sebagai adsorben telah banyak dilakukan untuk mengadsorpsi logam berat, diantaranya seperti adsorpsi kadmium (Cd) dengan penurunan kadar tertinggi sebesar 55,75% (kadar kadmium awal 0,241 mg/L) (Baryatik dkk, 2019); serta berdasarkan kajian Imawati dan Adhithiyarwarman (2015), kapasitas adsorpsi Pb(II) menggunakan adsorben karbon aktif ampas kopi yang diaktivasi aktivator H_3PO_4 dan HCl berturut-turut sebesar 2,9941 mg/g dan 4,68295 mg/g dan 2,9941 mg/g. Berdasarkan kajian Baryatik (2016), kapasitas adsorpsi Cr total oleh karbon aktif ampas kopi menggunakan aktivator HCl 0,1 M sebesar 0,1025 mg/g; serta adsorpsi menggunakan karbon aktif dengan massa 0,1, 0,5, dan 1 gram diperoleh presentase penyisihan logam Cr (VI) terbesar pada konsentrasi awal adsorbat 70 ppm (Adummahendra dan Alif Ghiffary, 2019).

Adsorpsi dipengaruhi oleh beragam faktor, antara lain yaitu temperatur adsorpsi dan massa adsorben. Peningkatan temperatur adsorpsi dan massa adsorben dapat meningkatkan penyerapan adsorbat pada permukaan adsorben. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah ampas kopi guna menurunkan kadar Cr (VI) pada limbah cair hasil industri elektroplating dengan menjadikan ampas kopi menjadi karbon aktif yang diaktivasi secara kimia menggunakan aktivator HCl dengan variasi temperatur adsorpsi dan massa adsorben.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apakah peningkatan temperatur adsorpsi dapat meningkatkan penyisihan Cr (VI) pada adsorpsi menggunakan karbon aktif ampas kopi diaktivasi HCl?
2. Bagaimana pengaruh variasi massa adsorben karbon aktif ampas kopi diaktivasi HCl terhadap penyisihan Cr (VI) hingga memenuhi baku mutu?

1.3 Batasan Masalah

1. Ampas kopi yang digunakan yaitu ampas kopi jenis robusta yang didapat dari By Coffee Indonesia, Malang.

2. Limbah cair yang diuji merupakan limbah sintetis yang dibuat menggunakan larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) untuk mewakili limbah cair industri electroplating.
3. Larutan uji Cr (VI) memiliki konsentrasi 20 ppm dan pH 2.
4. Adsorpsi dilakukan secara *batch*.
5. Ukuran partikel karbon yaitu lolos 100 *mesh*.
6. Proses adsorpsi menggunakan karbon aktif ampas kopi dalam larutan uji Cr (VI) sejumlah 50 mL dan kecepatan pengadukan 140 rpm.
7. Proses karbonisasi ampas kopi dilakukan selama 2 jam.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengkaji pengaruh variasi temperatur adsorpsi terhadap penyisihan Cr (VI) menggunakan adsorben karbon aktif ampas kopi diaktivasi HCl.
2. Mengkaji pengaruh variasi massa adsorben terhadap penyisihan Cr (VI) menggunakan adsorben karbon aktif ampas kopi diaktivasi HCl.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memperoleh temperatur adsorpsi karbon aktif ampas kopi diaktivasi HCl yang terbaik yang dapat digunakan untuk adsorpsi limbah Cr (VI).
2. Memperoleh massa adsorben karbon aktif ampas kopi diaktivasi HCl yang terbaik sehingga dapat digunakan untuk adsorpsi limbah Cr (VI).
3. Meningkatkan nilai guna dan ekonomi ampas kopi.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi

Indonesia menghasilkan biji kopi rata-rata sekitar 639 ribu ton per tahun atau 8% dari produksi kopi di dunia pada tahun 2015, hal ini menjadikan Indonesia adalah produsen kopi terbesar keempat di dunia. Sedangkan pada tahun 2019 total produksi kopi di Indonesia meningkat menjadi 729 ribu ton per tahun (Kementrian Pertanian, 2019). Jenis kopi yang paling banyak dihasilkan di Indonesia adalah kopi robusta sebesar 81,87% dan berasal dari perkebunan rakyat (PDSIP, 2017). Jenis kopi robusta memiliki beberapa kelebihan diantaranya lebih tahan terhadap penyakit, kemudahannya dalam budidaya dan memberikan hasil produksi yang tinggi.

Kopi termasuk minuman terpopuler di seluruh dunia termasuk Indonesia. Tidak sedikit orang yang memulai kegiatan hariannya dengan secangkir kopi saat di kantor maupun untuk bersantai dengan kerabat. Diperkirakan setiap harinya lebih dari 2 miliar cangkir kopi dikonsumsi di seluruh dunia (Schaar, 2019). Konsumsi kopi dalam negeri terus meningkat hingga 13,9% pada tahun 2020. Berdasarkan data pada *Global Agricultural Information Network*, Indonesia mengonsumsi kopi sebesar 294 ribu ton pada tahun 2020. Hal ini sejalan dengan semakin maraknya bisnis industri kopi instan yang berkembang di Indonesia.

Pembuatan minuman kopi menghasilkan limbah berupa ampas kopi, yaitu residu padat yang diperoleh setelah proses pengolahan bubuk kopi dengan air panas maupun uap untuk menyiapkan kopi instan (Cruz, 2014). Rata-rata setiap kedai kopi menyumbang sekitar 10 kilogram ampas kopi setiap harinya. Sekitar 0,91 gram limbah ampas kopi diproduksi per 1 gram kopi bubuk (OG Indonesia, 2016), dan sekitar 2 kilogram limbah ampas kopi basah diproduksi untuk setiap kilogram kopi instan yang dibuat (Dugmore, 2014). Sebagian besar limbah ampas kopi ini tidak dimanfaatkan kembali untuk produk lain tetapi dibuang begitu saja. Sedangkan limbah ampas kopi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk menghilangkan ion logam dan pewarna (Anastopolous, 2017), sebagai substrat untuk produksi jamur (Laura, 2016), sebagai sumber antioksidan fenol alami (Panusa, 2013).

Kandungan kimiawi kopi bergantung pada efisiensi ekstraksi, yang bergantung pada berbagai faktor diantaranya jenis kopi, tingkat penyangraian, tingkat penggilingan, rasio

kopi / air, kualitas air, temperatur, tekanan dan waktu perkolasi. Sehingga proses ekstraksi yang berbeda akan menghasilkan produk kopi dan limbah ampas kopi yang berbeda (Blinova, dkk, 2017). Pada saat ekstraksi, beberapa senyawa tidak dapat ikut terekstrak, dikarenakan tidak larut dalam air. Senyawa itu antara lain polisakarida seperti selulosa dan hemiselulosa, juga polimer lain seperti senyawa lignin (Fischer, dkk, 2001).

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Ampas Kopi

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

(Sumber : Ballesteros, dkk, 2014)

Tabel 2.1 menunjukkan komposisi kimia limbah ampas kopi robusta dalam basis kering yang dinyatakan dalam persen berat. Berbagai komponen kimia limbah ampas kopi robusta diantaranya bahan lignoselulosa (hemiselulosa, selulosa, dan lignin), lemak, protein, nitrogen dan abu. Dari beberapa komponen tersebut hemiselulosa merupakan bahan yang memiliki komposisi tertinggi pada limbah ampas kopi robusta dan menjadi sumber karbon. Kandungan karbon yang tinggi menjadikan limbah ampas kopi robusta sebagai salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben pada proses adsorpsi (Ballesteros, dkk, 2014).

Selulosa merupakan molekul homopolimer glukosa yang terdiri dari β -1,4-*glucosidic* dari selobiosa (β -1,4-D-*glucosyl-D-glucose*). *Glucose* dan *cellodextrin* adalah produk hasil hidrolisis selulosa. Selulosa memiliki derajat polimerisasi hingga 15000 (Kuhad dan Ajay, 2007).

Hemiselulosa merupakan salah satu komponen lignoselulosa yang tersusun dari heteropolisakarida heksosa dan pentosa. *D-glucose*, *D-galactose* dan *D-mannose* adalah komponen utama pada heksosa. Sedangkan *D-xylose* dan *L-arabinose* adalah komponen

utama pada pentosa (Kuhad dan Ajay, 2007). Hemiselulosa dikenal sebagai komponen penting dari dinding sel tumbuhan yang digunakan untuk memperkuat dinding sel, terletak di dinding sel primer dan bersifat hidrofilik (Tezara, 2016).

Lignin adalah salah satu penyusun utama biomassa lignoselulosa, bersama dengan selulosa dan hemiselulosa. Letak lignin berada di antara selulosa dan hemiselulosa untuk mengikat keduanya. Lignin tahan terhadap hidrolisis asam, mudah teroksidasi, larut dalam basa panas, bisulfit, serta tidak larut dalam air (Fachuang, 2010). Lignin merupakan polimer bercabang banyak yang tersusun dari monomer berbasis fenil-propana yang berikatan dengan beragam jenis ikatan, termasuk ikatan alkil-aril, alkil-alkil dan aril-aril. Berat molekul lignin berkisar 100 kDa atau lebih (Kuhad dan Ajay, 2007).

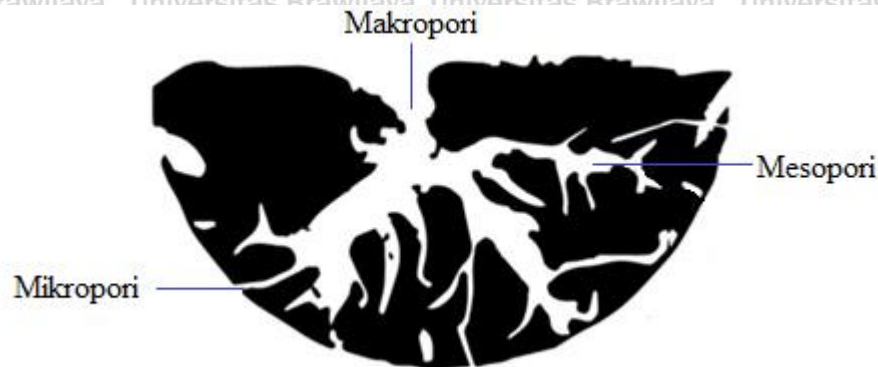
2.2 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah material yang di dalamnya diisi dengan "lubang" (rongga, ruang, pori-pori) ukuran molekular dimana memiliki kemampuan untuk menyerap zat lain yang dekat dengannya seperti kation, anion, hingga molekul dalam senyawa organik dan anorganik. Daya serap karbon aktif terjadi dikarenakan terdapat gaya *Van der Waals* antar molekul ion, ataupun atom dalam kedua fasa dimana pada saat fasa tertentu, ion, atom atau molekul mengalami ketidakseimbangan gaya pada daerah *interface* yang mengakibatkan atom, ion ataupun molekul mampu menarik molekul lain sehingga dapat mencapai keseimbangan kembali. Karbon aktif digunakan dalam aplikasi fasa gas dan cair. Bahan baku penyusun karbon aktif harus mengandung sejumlah besar unsur karbon. Terdapat beragam sumber daya yang dapat dimanfaatkan untuk produksi karbon aktif, termasuk batu bara dengan berbagai tingkatan, kayu, biji buah dan kulit kacang, juga batok kelapa, serta beberapa polimer organik sintetis. Sumber daya lain yang sering muncul untuk dipertimbangkan adalah kulit pisang, jerami, potongan kayu, kulit dari biji kopi, dan banyak bahan limbah organik lainnya (Marsh, 2006).

Karbon aktif harus memiliki pori-pori bervolume besar, dengan distribusi ukuran pori yang sesuai, untuk menyerap molekul dengan ukuran berbeda. Oleh karena itu, diperlukannya aktivasi guna mengembangkan distribusi ukuran pori yang optimal atau membuka pori yang terbentuk saat proses karbonisasi. Hasil karbonisasi yaitu karbon biasanya masih mengandung zat yang menutupi pori-pori pada permukaan karbon tersebut.

Dengan proses aktivasi, karbon menjadi karbon aktif yang memiliki daya adsorpsi semakin

tinggi dan telah terjadi perubahan sifat kimia maupun fisika yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi suatu material (Marsh, 2006).



Gambar 2. 1 Tipe Pori Karbon Aktif

(Sumber: Bullo, 2019)

Ukuran pori menentukan bagaimana adsorpsi berlangsung di dalam pori. Berdasarkan ukuran porinya, karbon aktif dikelompokkan menjadi tiga jenis yang ditunjukkan pada gambar 2.1 diantaranya (Marsh, 2006):

1. Mikropori, memiliki ukuran pori-pori < 2.0 nm,
2. Mesopori, memiliki ukuran pori-pori 2.0–50 nm,
3. Makropori, memiliki ukuran pori-pori > 50 nm.

Sifat fisika karbon aktif antara lain adalah mempunyai fasa padat, berwarna hitam, tidak berasa maupun berbau, memiliki sifat higroskopis atau kemampuan menyerap air dari lingkungannya, dan tidak larut dalam air. Ciri-ciri atom karbon aktif memiliki struktur kristal karbon pada karbon aktif berbentuk pelat heksagonal (Lempang, 2014). Sedangkan untuk sifat kimia karbon aktif yaitu selain terdapat atom karbon, juga terdapat sebagian kecil hidrogen dan oksigen yang terikat secara kimia pada variasi bentuk gugus fungsional, contohnya gugus karboksil (COO), gugus ester, gugus fenol, gugus karbonil (CO), serta gugus lakton, selain itu perubahan sifat kimia dapat terjadi karena bahan kimia yang digunakan saat proses aktivasi (Lempang, 2014).

Terdapat beberapa persyaratan mutu karbon aktif yang disajikan dalam Tabel 2.2 (SNI.06-3730-1995).

Tabel 2. 2 Syarat Mutu Karbon Aktif (SNI 06-3730-1995)

JENIS UJI	PERSYARATAN	
	Butiran	Serbuk
Kadar Air	Maksimal 4,5 %	Maksimal 15%
Kadar Abu	Maksimal 2,5 %	Maksimal 10%
Kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C	Maksimal 15 %	Maksimal 25%
Kadar Karbon Murni / Terikat	Minimal 80 %	Minimal 65%
Daya serap Yodium	> 750 mg/g	> 750 mg/g
Daya Serap Metilen Biru	> 60 mg/g	> 120 mg/g

Tabel 2.2 menunjukkan syarat mutu yang harus terpenuhi oleh karbon aktif untuk dapat digunakan pada proses adsorpsi secara efektif. Syarat mutu karbon aktif berbeda bergantung bentuk dari karbon aktif butiran maupun serbuk yang masing-masing terdiri dari kadar air, kadar abu, kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C, kadar karbon murni/ terikat, daya serap yodium dan daya serap metilen biru.

2.3 Persiapan Karbon

Langkah awal dalam pembuatan karbon aktif ialah dehidrasi bahan baku yang selanjutnya diikuti oleh karbonisasi dan aktivasi. Berdasarkan kajian McLaughin (2011) dehidrasi dilakukan dengan cara pemanasan dengan temperatur 105°C yang biasanya dilakukan di dalam oven untuk menguapkan kadar air. Setelah dilakukan proses dehidrasi selanjutnya adalah proses karbonisasi. Karbonisasi dilakukan pada temperatur tinggi dengan menggunakan gas *inert* (N₂). Kandungan karbon dari bahan baku dipersiapkan dengan menghilangkan materi yang mudah menguap melalui degradasi termal. Parameter penting yang harus diperhatikan dalam proses ini diantaranya temperatur karbonisasi, laju alir gas nitrogen dan waktu tinggal (Reza, Md Sumon dkk, 2020). Temperatur karbonisasi berkisar antara 400°C - 850°C, meskipun terkadang dapat mencapai hingga 1000°C (Tadda dkk, 2016).

Karbonisasi adalah proses dekomposisi secara termal bahan baku pada *furnace* dengan atmosfer *inert* menggunakan gas nitrogen. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan bahan *non*-karbon yang mudah menguap seperti nitrogen, oksigen dan hidrogen sehingga dapat meningkatkan kandungan karbon yang dihasilkan (Radenahmad dkk, 2020). Selama proses devolatilisasi, struktur pori mulai terbentuk bersamaan dengan pengendapan zat – zat sisa ketika temperatur naik (Alhinai dkk, 2018).

Proses karbonisasi terdiri dari beberapa tahap, yaitu (Siahaan, 2013):

1. Pada temperatur 100 °C – 105°C merupakan tahap penguapan air,
2. Pada temperatur 200°C – 240°C merupakan tahap dimana terurainya hemiselulosa dan selulosa menjadi larutan pirolinat,
3. Pada temperatur 240°C – 400°C merupakan tahap terjadinya depolimerisasi serta pemutusan ikatan C = O dan C – C. Selain itu, juga mulai terjadi penguraian lignin menjadi tar,
4. Pada temperatur diatas 400°C merupakan tahap terjadinya pembentukan lapisan aromatik dan lignin masih terus terurai hingga temperatur 600°C,
5. Pada temperatur diatas 600°C terjadinya tahap pembesaran luas permukaan pada karbon, dan karbon dijadikan arang aktif atau dimurnikan di temperatur 800°C – 1000°C.

Selama proses karbonisasi, beberapa bahan atau senyawa yang telah terdekomposisi berada di dalam pori-pori karbon. Hal tersebut dapat menurunkan kemampuan adsorben untuk mengikat adsorbat, sehingga diperlukan proses aktivasi untuk menghilangkan residu dalam pori karbon (Reza, Md Sumon dkk, 2020).

2.4 Aktivasi Karbon

Jenis produk-produk dekomposisi atau tar yang berada dalam pori akan mengganggu proses adsorpsi, maka diperlukan aktivasi. Proses aktivasi digunakan untuk mengubah karbon menjadi karbon aktif yang memiliki porositas dan luas permukaan spesifik besar. Proses aktivasi dapat dilakukan dengan cara fisika ataupun kimia. Pada aktivasi kimia dilakukan perendaman karbon menggunakan senyawa kimia. Terdapat beragam bahan aktivator untuk mengaktivasi karbon. Proses aktivasi kimia biasanya memanfaatkan alkali hidroksida, sulfida, karbonat, asam sulfat, $ZnCl_2$ asam klorida, dan asam fosfat yang

merupakan *dehydrating agent* dimana masing-masing senyawa tersebut berpengaruh terhadap karakteristik karbon aktif yang dihasilkan.

Pada proses aktivasi kimia dilakukan proses perendaman menggunakan bahan aktivator. Bahan ini akan menembus ke dalam struktur karbon sehingga menyebabkan pembentukan pori – pori kecil dan meningkatkan luas permukaan karbon aktif (Aryani dkk, 2019). Asam klorida (HCl) biasa digunakan aktivator karena keefektifannya dalam melarutkan logam pengotor agar nantinya dapat memaksimalkan penyerapan adsorbat saat proses adsorpsi, karena luas permukaan karbon menjadi lebih besar. Logam pengotor antara lain logam alkali (Na, K), alkalin (Ca, Mg) serta logam transisi (Fe) yang tidak dapat dihindari pada karbon dari bahan lignoselulosa (Viswanathan dkk, 2009). Selain itu, asam klorida adalah aktivator kimia higroskopis yang meningkatkan dehidrasi, mengurangi kadar air dari karbon aktif yang dihasilkan (Hanum dkk, 2017). Berdasarkan kajian Erlina, dkk (2016), semakin tinggi konsentrasi aktivator maka mengakibatkan pori-pori serta luas permukaan yang dikembangkan semakin besar, namun pada konsentrasi aktivator yang besar/berlebih akan mengakibatkan jumlah pori dan luas permukaan yang terbentuk akan berkurang, pori-pori yang sebelumnya telah terbentuk menjadi terdispersi dikarenakan terjadi serangan kimia berlebih.

Aktivasi kimia memiliki keuntungan dibandingkan aktivasi fisika, yang dapat diringkas sebagai berikut: (1) menggunakan temperatur yang lebih rendah; (2) waktu aktivasi yang cenderung singkat, dan (3) hasil karbon yang diperoleh biasanya lebih tinggi. Kelemahan aktivasi secara kimia yaitu: (1) diperlukannya proses pencucian yang bertujuan untuk menghilangkan bahan aktivator yang tersisa; (2) menimbulkan permasalahan korosi (Radovic, 2008).

Aktivasi fisika dilakukan menggunakan oksidator lemah antara lain uap air, O_2 , dan gas CO_2 , serta gas pengoksidasi lain. Pada aktivasi secara fisika berlangsung proses oksidasi komponen yang menutupi permukaan pori karbon seperti tar, sulfur dan lainnya, dimana pada proses aktivasi fisika terjadi pemanasan karbon pada temperatur 800 – 1000 °C dalam *retort* (Lempang, 2014). Aktivasi secara fisika memiliki beberapa keunggulan, antara lain yaitu: (1) jumlah pengotor anorganik yang terbentuk sedikit; (2) proses aktivasi cenderung tidak menimbulkan korosi; (3) tidak memerlukan proses pencucian. Kelemahannya yaitu: (1) membutuhkan temperatur aktivasi tinggi (hingga 100 °C); (2) sulit mengontrol porositas karbon (Hidayati dan Himma, 2018).

2.5 Adsorpsi

2.5.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses terjadinya difusi molekul atau atom pada fase fluida pada permukaan padatan yang sangat berpori. Padatan yang mengadsorpsi suatu komponen disebut adsorben, dan komponen yang teradsorpsi disebut adsorbat. Dengan mengubah beberapa sifat fase cair (misalnya konsentrasi, temperatur, pH) dari adsorbat, maka adsorbat dapat dilepaskan dari permukaan adsorben dan kembali ke fase cair. Fenomena ini disebut desorpsi (Worch, Ekhard, 2012).

Adsorben yang dapat digunakan pada proses adsorpsi beragam diantaranya sebagai berikut :

1. Karbon aktif

Bahan mikrokristal yang didapatkan melalui dekomposisi termal dari kayu, tanaman, batu bara dll. Karbon aktif memiliki luas permukaan $450-1800 \text{ m}^2/\text{g}$ dan memiliki rata-rata diameter pori $10-60 \text{ \AA}$ (Cheremisinoff, 2002).

2. Silika gel

Luas permukaan silika gel berkisar $600-800 \text{ m}^2/\text{g}$ dan memiliki rata-rata diameter pori $20-50 \text{ \AA}$ (Geankoplis, 1993).

3. Alumina aktif

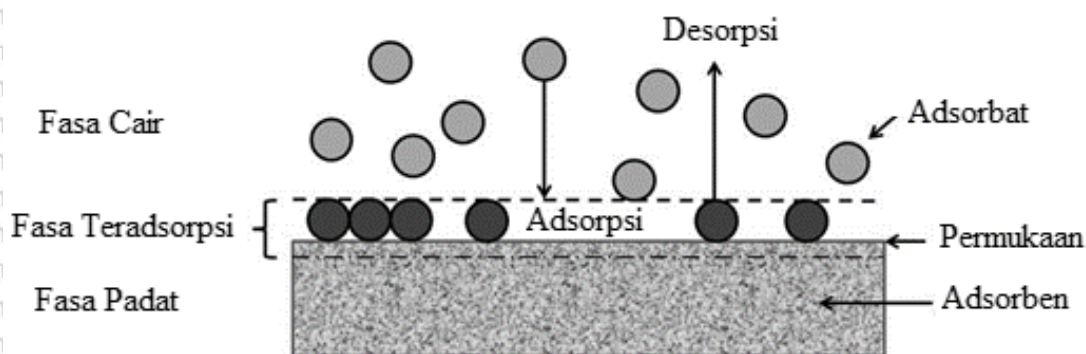
Luas permukaan alumina aktif berkisar $200-500 \text{ m}^2/\text{g}$ dan rata-rata diameter pori $20-140 \text{ \AA}$ (Geankoplis, 1993).

4. Zeolit

Ukuran pori zeolit berkisar $3-10 \text{ \AA}$, berfungsi pada proses pengeringan serta pemisahan hidrokarbon dll (Geankoplis, 1993).

5. Polimer atau resin

Dapat dibentuk melalui 2 tipe monomer berbeda yaitu *styrene* dan *divinylbenzene* serta digunakan untuk mengadsorpsi senyawa organik nonpolar (Geankoplis, 1993).



Gambar 2. 2 Proses Adsorpsi

(Sumber : Worch, Ekhard, 2012)

Gambar 2.2 mengilustrasikan sistem proses adsorpsi yang terdiri dari adsorben pada fase padat dan adsorbat yang berada pada fase cair. Pada proses adsorpsi terjadi difusi adsorbat di fase cair ke permukaan adsorben fase padat. Daerah permukaan adsorben yang telah ditempati oleh adsorbat yang berdifusi disebut fasa teradsorpsi. Ketika adsorben berada dalam kondisi jenuh atau sudah tidak dapat menyerap adsorbat kembali maka akan terjadi peristiwa lepasnya adsorbat pada fase teradsorpsi ke fase cair yang disebut proses desorpsi.

Proses adsorpsi menggunakan adsorben dapat terjadi karena adanya beberapa gugus fungsional yang terkandung di dalamnya. Gugus fungsional tersebut diantaranya adalah gugus hidroksil (-OH), karboksil (COOH) dan amina (NH₃). Adanya interaksi elektrostatik pada gugus fungsi permukaan adsorben dengan adsorbat yang berada pada fase cair menyebabkan proses adsorpsi dapat berlangsung. Gugus fungsi tersebut dapat diidentifikasi dengan menggunakan uji FTIR, XRD atau XPS (Iftekhar dkk, 2018).

2.5.2 Jenis – Jenis Adsorpsi

Adsorpsi diklasifikasikan menjadi 2 jenis berdasarkan kekuatan interaksi antara adsorben dan adsorbat.

1. Adsorpsi Fisika (*Physisorption*)

Proses adsorpsi menggunakan karbon aktif pada pengolahan limbah cair industri merupakan salah satu contoh adsorpsi secara fisik. Pada prinsipnya, adsorpsi ini diakibatkan adanya gaya Van der Waals dan termasuk proses *reversible*. Apabila gaya tarik molekul antara adsorbat dan adsorben lebih besar daripada zat adsorbat

dan pelarut, maka akan berakibat teradsorpsi adsorbat pada permukaan adsorben (Hung dkk, 2005; Hidayati dan Himma, 2018). Adsorpsi fisika tidak melibatkan transfer elektron, adsorbat menempel pada permukaan adsorben dan membentuk *multilayer*. Adsorpsi Cr (VI) adalah salah satu contoh adsorpsi fisika yang melibatkan gaya elektrosatik antara permukaan adsorben yang bermuatan positif dan senyawa anionik kromat atau dikromat (Brandhuber, dkk. 2004).

2. Adsorpsi Kimia (*Chemisorption*)

Adsorpsi kimia terjadi akibat adanya interaksi kuat antar adsorbat dan permukaan adsorben, sehingga adsorbat melekat pada permukaan adsorben akibat adanya ikatan kimia berupa ikatan kovalen (Shofa, 2012). Adsorpsi ini melibatkan adanya pertukaran elektron antara sisi aktif adsorben dengan molekul pada adsorbat, sehingga menyebabkan adanya ikatan kimia. Pada adsorpsi kimia hanya terbentuk *monolayer* juga adsorbat tidak bisa bergerak bebas dipermukaan adsorben (Cecen dan Ozgur, 2012). Jenis adsorpsi ini bersifat *irreversible*, yang artinya ketika proses desorpsi dilakukan pada adsorpsi jenis ini maka adsorbat yang diperoleh kembali tidak akan memiliki kondisi yang sama dengan kondisi awal (Iftekhar dkk, 2017).

2.5.3 Mekanisme Adsorpsi

Mekanisme perpindahan atau *transport* zat terlarut (adsorbat) ke pori padatan (adsorben) terdiri dari beberapa tahapan diantaranya perpindahan larutan *bulk* (*advection*), difusi eksternal, difusi internal dan adsorpsi, berikut penjejalannya pada Gambar 2.3 (Cecen dan Ozgur, 2012).

1. Perpindahan Larutan Bulk (*Advection*)

Proses diawali dengan terjadinya pergerakan adsorbat pada *bulk liquid* menuju lapisan film (*liquid film*) yang mengelilingi adsorben. Adsorben yang berada dalam keadaan diam akan membentuk suspensi sehingga difusi akan terjadi. Proses difusi juga dapat terjadi akibat adanya pengadukan yang diberikan ke sistem tersebut (Cecen dan Ozgur, 2012).

2. Difusi Eksternal

Pada adsorpsi terdapat hambatan perpindahan massa zat terlarut dari larutan ke permukaan karbon melintasi lapisan stasioner air yang disebut *liquid film*.

Perpindahan massa pada lapisan ini terjadi akibat adanya difusi molekular dengan adanya gaya dorong berupa perbedaan konsentrasi (Cecen dan Ozgur, 2012).

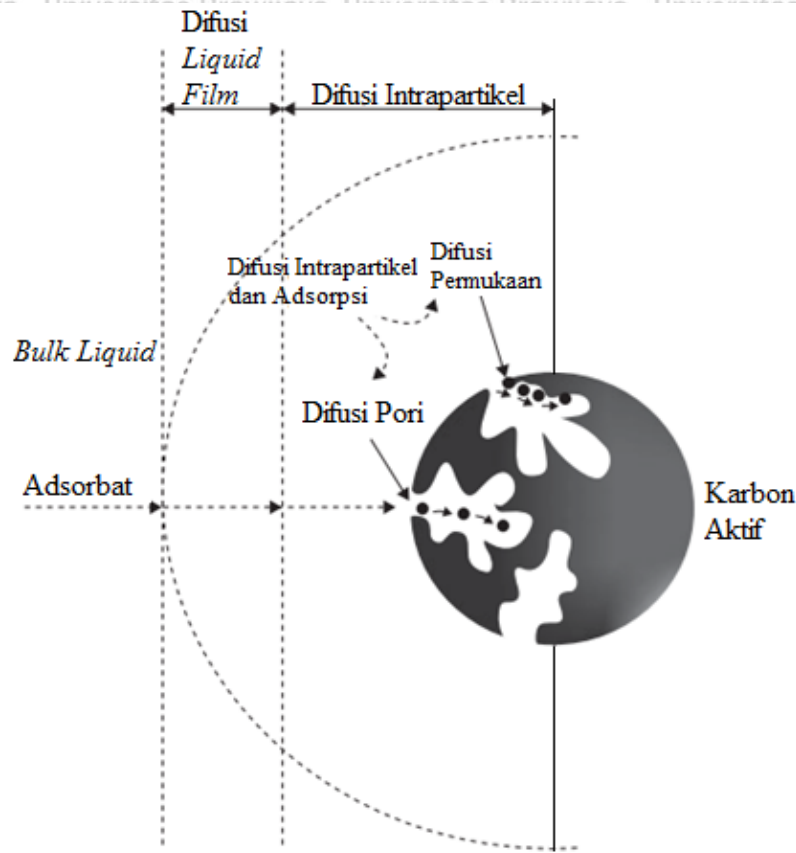
3. Difusi Internal atau Intrapartikel

Pada tahap ini, terjadi proses difusi adsorbat dari permukaan partikel karbon aktif (adsorben) ke dalam sisi aktif pori karbon. Hal ini bergantung pada ukuran dan struktur pori partikel. Difusi intrapartikel ini dikenal dengan difusi pori, dimana difusi molekular zat terlarut pada larutan ke dalam pori karbon.

Selain itu pada difusi intrapartikel terdapat istilah difusi permukaan atau difusi padat. Difusi permukaan merupakan difusi zat terlarut disepanjang permukaan adsorben setelah adsorpsi berlangsung. Difusi permukaan hanya terjadi ketika gaya tarik permukaan tidak cukup kuat untuk mencegah mobilitas molekul pada permukaan (Cecen dan Ozgur, 2012).

4. Adsorpsi

Adsorbat yang telah berpindah ke sisi aktif pori karbon, maka akan terbentuk ikatan adsorpsi. Jika proses adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi fisika maka pengikatan adsorbat pada adsorben akan berlangsung secara cepat. Sebaliknya jika proses adsorpsi terjadi dengan adanya reaksi kimia yang dapat merubah sifat adsorben maka proses adsorpsi akan berlangsung lebih lambat (Cecen dan Ozgur, 2012).



Gambar 2. 3 Mekanisme Adsorpsi
(Sumber : Cecen dan Ozgur, 2012)

2.5.4 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi

Terdapat berbagai faktor yang berpengaruh pada proses adsorpsi, diantaranya adalah:

1. Massa adsorben

Secara umum, tingkat adsorpsi zat terlarut meningkat seiring dengan peningkatan massa adsorben karena semakin banyaknya sisi aktif pada adsorben, sehingga meningkatkan jumlah adsorbat yang menempel pada daerah tersebut. Untuk mendapatkan hasil adsorpsi yang efektif diperlukan optimalisasi massa adsorben yang umumnya bervariasi antara 1-2 g/L (Iftekhar dkk, 2018).

2. Temperatur adsorpsi

Temperatur larutan dapat mempengaruhi mobilisasi adsorbat ke lapisan *interface* pada adsorben, juga begitu pula sebaliknya (Iftekhar dkk, 2017).

Peningkatan efisiensi adsorpsi dengan kenaikan temperatur dapat terjadi karena

semakin meningkatnya difusi zat terlarut ke adsorben, difusi melewati energi *barrier* dan peningkatan laju penyerapan (Hashemian dkk, 2013).

3. Luas permukaan adsorben

Kapasitas adsorpsi suatu adsorbat oleh adsorben sangat dipengaruhi oleh luas permukaan adsorben. Luas permukaan adsorben berbanding lurus dengan kapasitas adsorpsi yang dihasilkan. Semakin besarnya luas permukaan adsorben, maka semakin besar juga kapasitas adsorpsinya. Untuk adsorben yang tidak berpori, besarnya luas permukaan bergantung pada ukuran adsorben tersebut. Ukuran adsorben yang semakin kecil menyebabkan semakin besarnya luas permukaan material, sehingga dapat menyerap adsorbat dalam jumlah yang lebih besar (Faust dan Osman, 2018).

4. Porositas adsorben

Kapasitas adsorpsi dan laju adsorpsi bergantung pada bentuk, ukuran serta jumlah pori adsorben. Sebagian besar adsorben zat padat mempunyai struktur kompleks yang terdiri dari pori-pori dengan ukuran dan bentuk berbeda. Mekanisme adsorpsi pada permukaan adsorben yang datar dan berpori tidak berbeda. Pada adsorben makropori luas permukaan yang dimiliki sangat kecil berbeda dengan adsorben mesopori dan mikropori (Cecen dan Ozgur, 2012).

Adsorben makropori mengadsorpsi molekul menggunakan permukaannya bukan volume. Volume pori, luas permukaan, serta distribusi ukuran pori merupakan parameter karakteristik adsorben mesopori dimana adsorpsi terjadi dengan terbentuknya *monolayer* dan *multilayer* pada permukaan adsorben. Sedangkan pada adsorben mikropori, volume pori merupakan parameter penting yang harus dikontrol karena proses berlangsung dengan cara pengisian pori oleh senyawa organik dengan berat molekul relatif rendah (Cecen dan Ozgur, 2012).

5. Karakteristik kimia permukaan adsorben

Keberadaan gugus fungsi yang menyebar pada permukaan adsorben dapat mempengaruhi keasaman permukaan, polaritas dan muatan pada permukaan, sehingga mempengaruhi kemampuan adsorpsi suatu adsorben (Cecen dan Ozgur, 2012).

6. Karakteristik kimia dan fisika adsorbat

Sifat kimia dan fisika dari adsorbat dapat mempengaruhi proses adsorpsi.

Sifat – sifat tersebut diantaranya sebagai berikut (Cecen dan Ozgur, 2012):

a) Berat molekul

Kapasitas adsorpsi adsorben terhadap suatu senyawa meningkat dengan peningkatan berat molekul dan jumlah gugus fungsi seperti ikatan rangkap atau halogen.

b) Kelarutan

Derajat kelarutan zat terlarut pada sampel limbah atau larutan termasuk parameter penting pada proses adsorpsi. Derajat kelarutan yang tinggi berarti bahwa ikatan antara *solute* dan *solvent* kuat sehingga menyebabkan gaya interaksi antara zat terlarut dan adsorben rendah.

c) Polaritas

Zat terlarut yang bersifat polar akan cenderung teradsorpsi oleh adsorben yang bersifat polar pula, begitu juga sebaliknya. Karbon aktif dapat mengadsorpsi molekul nonpolar lebih baik dari pada molekul polar.

7. pH

Molekul organik menghasilkan beragam jenis ion pada berbagai rentang pH.

Pada pH tinggi molekul organik menghasilkan ion negatif, sedangkan pada pH rendah dihasilkan ion positif dan ion netral pada pH menengah. Adsorpsi polutan organik pada fase cair dengan menggunakan karbon aktif dapat meningkat seiring dengan penurunan pH. Hal ini dikarenakan penurunan pH dapat menetralkan ion negatif pada permukaan karbon yang menyebabkan berkurangnya hambatan difusi adsorbat ke permukaan adsorben (Cecen dan Ozgur, 2012).

2.6 Kromium

Kromium merupakan jenis logam golongan transisi (VIB) pada tabel periodik yang memiliki No. atom 24 dan massa atom 51,996 g/mol. Logam ini kerap dihasilkan dari limbah cair industri elektroplating, pewarnaan tekstil, penyamakan kulit dan proses akhir logam.

Kromium berasal dari Bahasa Yunani yaitu “*Chroma*” dimana berarti warna dan memiliki lambang simbol “Cr” pada tabel periodik. Logam Cr yang murni tidak ditemukan di alam, namun dalam bentuk persenyawaan padat atau mineral dengan unsur-unsur lainnya (Asmadi,

dkk, 2009). Kromium dalam kadar yang tinggi ditemukan secara alami dalam dua mineral yaitu *chromite* (FeCr_2O_4) dan *crocoite* (PbCrO_4) yang juga dikenal sebagai timbal kromat (Sueker, 1964).

Sifat dari kromium diantaranya berbentuk padatan berwarna abu-abu, memiliki massa jenis sebesar $7,3 \text{ g/cm}^3$ pada temperatur 28°C , titik leleh pada 1857°C , titik didih pada 2672°C , pada temperatur 1616°C memiliki tekanan uap 1 mmHg, memiliki kelarutan dalam air yang rendah dan termasuk logam yang mengkilap, keras serta tahan karat (Wilbur dkk, 2000).

Kromium ditemukan dalam tanah, air dan udara dikarenakan adanya erosi dari bebatuan yang memuat kromium, serta letusan gunung berapi (Sembel, Dantje T. 2015). Kromium memiliki tingkat oksidasi yang beragam mulai dari -2 hingga +6, tetapi yang paling stabil diantaranya adalah kromium Cr (0), kromium trivalen Cr (III) dan kromium heksavalen Cr (VI). Cr (0) sering digunakan pada pembuatan baja dan paduan lain karena mempunyai titik lebur tinggi, jenis logam yang diproduksi dalam industri dan jarang ditemui di alam (Oliveira, 2012). Logam kromium di dalam air dapat membentuk ion yang berbeda diantaranya:

1. Ion Cr (II)

Cr (II) merupakan senyawa kation yang memiliki bilangan oksidasi +2 contohnya adalah kromium (II) klorida CrCl_2 dan bersifat stabil dalam air. Logam Cr (II) bersifat sebagai zat pereduksi dan berwarna biru langit ketika larut dalam HCl atau H_2SO_4 (Brandhuber, dkk. 2004).

2. Ion Cr (III)

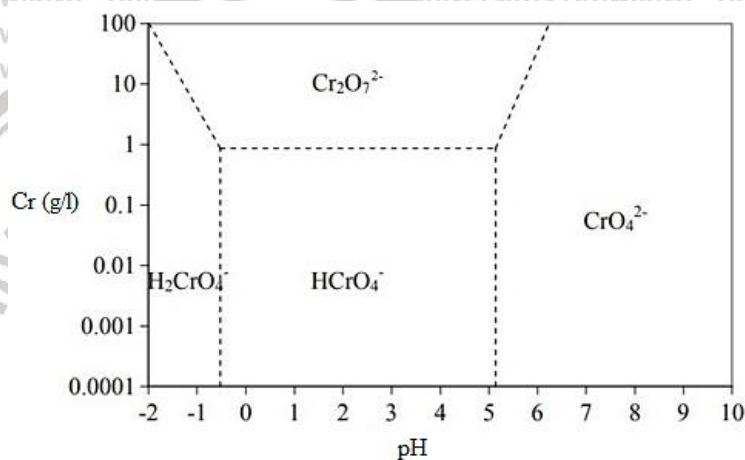
Kation yang dapat berbentuk senyawa anhidrat dan memiliki kelarutan rendah dalam air. Umumnya ditemukan dalam warna hijau dan berwarna ungu pada senyawa $(\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6)^{3+}$ (Brandhuber, dkk. 2004). Ion logam Cr (III) tidak berbahaya karena merupakan mikronutrien yang dibutuhkan bagi manusia dan hewan mamalia untuk memperlancar metabolisme gula, lipid dan protein. Tetapi apabila terlalu banyak terpapar kromium (III) dapat menyebabkan efek kesehatan, misalnya ruam pada kulit (IRIS, 2000).

3. Ion Cr (VI)

Kromium heksavalen merupakan anion dalam bentuk kromat ($\text{HCrO}_4^-/\text{CrO}_4^{2-}$) atau dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Kedua anion tersebut memiliki kelarutan yang tinggi dan

dapat berubah bentuk bergantung pada kondisi pH. Jenis kromium ini jauh lebih beracun dibandingkan dengan Cr (III) (IRIS, 2000).

Keberadaan ion logam Cr (VI) pada limbah cair industri dapat menimbulkan masalah kesehatan untuk masyarakat dan juga para pekerja yang berada pada sekitar industri tersebut. Beberapa permasalahan kesehatan yang dapat terjadi yaitu apabila Cr (VI) terhirup dapat menyebabkan iritasi hidung, kerongkongan dan paru-paru, iritasi pada mata dan kulit apabila berkontak secara langsung, bersifat toksik dan termasuk bahan yang mudah terbakar (Friis, 2016).



Gambar 2. 4 Distribusi Cr (VI) dalam air sebagai fungsi konsentrasi dan pH

(Sumber; Brandhuber, dkk. 2004)

Berdasarkan pengaruh konsentrasi Cr (VI) dan pH, distribusi senyawa Cr (VI) disajikan pada Gambar 2.4. Pada kondisi pH larutan dan konsentrasi Cr (VI) tertentu terbentuk senyawa anionik Cr (VI) yang berbeda-beda. Diantaranya H_2CrO_4 , $HCrO_4^-$, $Cr_2O_7^{2-}$ dan CrO_4^{2-} . Contohnya pada pH 2 dengan konsentrasi larutan Cr (VI) sebesar 20 ppm, maka jenis senyawa Cr yang terbentuk pada larutan tersebut adalah $HCrO_4^-$ (Brandhuber, dkk. 2004).

Kandungan Cr (VI) pada limbah elektroplating berkisar 18,85 mg/L. Herdina dkk (2018). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Pelapisan Logam dan Galvanis sebesar 0,1 mg/L. Sehingga perlu dilakukannya pengolahan limbah hasil industri elektroplating guna memenuhi standar baku mutu sesuai Peraturan Menteri tersebut.

2.7 Uji Karakteristik Karbon Aktif

2.7.1 Uji FTIR

Analisa FT-IR (*Fourier Transform Infrared*) merupakan teknik analisis yang bertujuan untuk mengidentifikasi material organik, polimer, maupun inorganic serta mengetahui ikatan (gugus fungsi) yang terdapat pada sampel. Metode ini menggunakan sinar infrared untuk meninjau sampel dan mengetahui sifat kimia pada sampel. FTIR bekerja dengan mengirim radiasi infrared 10.000 hingga 100 cm^{-1} melaluj sampel, dimana sebagian radiasi akan diabsorb dan menembus melewati sampel lalu ditangkap oleh detektor (RTI Lab, 2015).

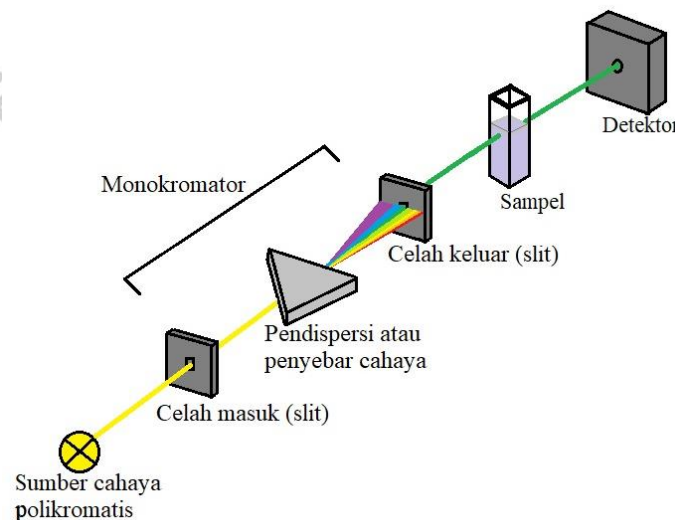
2.7.2 Uji XRF

X-Ray Fluorescent sekarang menjadi metode analisis untuk pemeriksaan komposisi unsur bahan dan juga untuk karakterisasi sistem pelapisan. Sampel uji berupa padatan atau serbuk dan cairan. Salah satu kelebihan XRF yaitu tidak merusak sampel atau disebut juga *non destructive test* (Haschke, 2014). Prinsip dasar analisa XRF yaitu terjadinya tumbukan antar atom pada permukaan bahan oleh sinar-X dari sumber pengekstiasi yaitu sinar-X. Jika terjadi eksitasi sinar-X primer dari sumber *radioactive* atau tabung X-ray mengenai sampel, sinar-X dapat dihamburkan maupun diabsorpsi oleh sampel. Terabsorpsinya sinar-X oleh atom dengan mentransfer energi dalam elektron yang ada pada kulit yang lebih dalam disebut fotolistrik *effect*, dimana selama proses ini, elektron akan pindah dari kulit yang di dalam bila sinar-X primer jika memiliki cukup energi, sehingga menghasilkan keadaan atom yang tidak stabil yang menimbulkan kekosongan. Apabila atom kembali pada keadaan stabil, elektron dari kulit luar pindah ke kulit yang lebih dalam dan proses ini menghasilkan energi sinar-X yang khas, emisi sinar X dihasilkan dari proses yang disebut *X-Ray Fluorescence* (XRF), dimana sinar X yang khas ini dipancarkan oleh bahan selanjutnya ditangkap detektor untuk dianalisis kandungan unsur dalam sampel (Sari, 2015).

2.8 Uji Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk sampel berupa gas, larutan, maupun uap. Sinar polikromastis yang digunakan pada sinar UV dan *visible* berbeda. Pada sinar UV digunakan lampu deuterium atau lampu tungsten, sedangkan lampu *wolfram* untuk sinar *visible* atau sinar tampak.

Terdapat dua desain dasar untuk *dispersive type spectrophotometer*, instrumen tipe *single beam* dan *double beam*. Istilah dispersif menunjukkan bahwa instrumen "menyebarkan" cahaya putih baik dengan prisma atau kisi difraksi monokromator. Spektrofotometer UV-Vis memiliki empat komponen dasar yaitu sumber cahaya, monokromator, sampel dan detektor. Monokromator pada instrumen terdiri dari celah masuk (untuk mempersempit sinar ke ukuran yang dapat digunakan), perangkat dispersi (biasanya kisi difraksi atau prisma yang memisahkan cahaya putih polikromatik menjadi pita cahaya monokromatik dengan panjang gelombang tunggal), dan celah keluar (untuk memilih panjang gelombang monokromatik yang diinginkan). Gambar 2.5 di bawah diagram Spektrofotometer UV-Vis (*single-beam*) (Shimadzu, 2021).

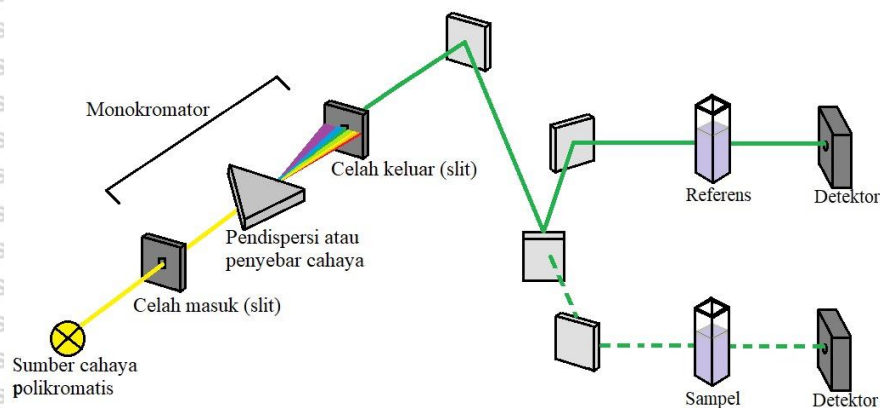


Gambar 2. 5 Diagram Spektrofotometer *UV-Visible Single Beam*
(Shimadzu, 2021)

Pendispersi cahaya atau monokromator pada spektrofotometer UV-Vis menggunakan lensa prisma. Sampel berupa kuvet yang terbuat dari kuarsa maupun bahan gelas. Fungsi dari detektor foto yang digunakan adalah menangkap cahaya yang selanjutnya diteruskan dari sampel dan mengubahnya menjadi arus listrik (Suhartati, 2017).

Dalam sistem *single-beam*, cahaya monokromatik dari monokromator hanya satu sinar sampel yang memasuki kompartemen sampel dan mengenai detektor secara langsung. Sedangkan dalam sistem *double-beam*, cahaya monokromatik dari monokromator dibagi menjadi *sample beam* (S) dan *reference beam* (R) sebelum memasuki kompartemen sampel dan mengenai detektor. Sistem *single-beam* memiliki desain yang lebih sederhana karena

tidak memerlukan mekanisme pemecahan sinar pada kompartemen sampel. Gambar 2.6 menunjukkan diagram spektrofotometer UV-Vis *double-beam* (Shimadzu, 2021).



Gambar 2. 6 Diagram Spektrofotometer *UV-Visible Double Beam* (Shimadzu, 2021)

Beberapa persyaratan pelarut yang digunakan diantaranya adalah (Suhartati, 2017):

1. Dapat melarutkan sampel dengan sempurna
2. Pelarut tidak berwarna (Tidak boleh mengabsorpsi sinar yang dipakai oleh sampel)
3. Tidak terjadi interaksi terhadap senyawa yang diuji atau dianalisis
4. Memiliki kemurnian tinggi

Metode analisa fotometrik didasarkan pada hukum Lambert-Beer, yang mengatakan bahwa absorbansi larutan berbanding lurus terhadap konsentrasi analit. Dengan kata lain, jumlah radiasi cahaya tampak (UV, Infrared) yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan sebanding dengan konsentrasi zat yang dianalisis. Hukum Lambert-Beer dinyatakan dalam (Gandhimathi, R. dkk, 2012):

$$A = \epsilon \times l \times c \quad (2-1)$$

Dengan:

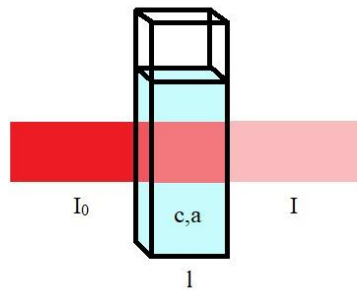
A = absorptivitas

ϵ = absorptivitas molar

l = *pathlength* (lebar kuvet)

c = konsentrasi sampel

Pada analisa spektrofotometri, perbandingan berkas cahaya masuk dengan berkas cahaya yang melewati sampel dinyatakan dalam I/I_0 . Dimana I merupakan intensitas cahaya yang keluar dari sampel sedangkan I_0 merupakan intensitas cahaya yang memasuki sampel.



Gambar 2. 7 Proses Penyerapan Berkas Cahaya Oleh Sampel

(Setyawan, G.A. 2015)

Gambar 2.7 mengilustrasikan proses penyerapan berkas cahaya oleh sampel. Dimana dapat dilihat bahwa sebelum melewati sampel, berkas cahaya lebih terang jika dibandingkan dengan berkas cahaya setelah melewati sampel (Setyawan, G.A. 2015). Ukuran dari seberapa banyak cahaya yang diserap oleh sampel disebut absorbansi, sedangkan transmitansi adalah berkas cahaya yang dihamburkan. Berdasarkan hukum Lambert-Beer, transmitansi dapat ditentukan menggunakan persamaan (2-2) (Gandhimathi, R. dkk, 2012):

$$T = \frac{I}{I_0} \text{ atau } \%T = \frac{I}{I_0} \times 100\% \quad (2-2)$$

Hubungan antara transmitansi dan absorbansi yaitu (Gandhimathi, R. dkk, 2012):

$$A = -\log T = -\log_{10} \frac{I}{I_0} = \epsilon \times l \times c \quad (2-3)$$

Dimana:

T = Transmitansi

I = Intensitas berkas cahaya sesudah melewati sampel

I_0 = Intensitas berkas cahaya sebelum melewati

2.9 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.3 menjelaskan beberapa penelitian sebelumnya terkait dengan pembuatan arang aktif limbah ampas kopi, adsorpsi Cr(VI), maupun aktivasi yang menjadi rujukan pada penelitian ini.

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

No.	Nama	Metode	Hasil
1.	Saraswati, Yuliana. 2018.	Ampas kopi dikarbonisasi pada temperatur 500°C selama 20 menit dan diaktivasi dengan larutan HCl 0,5 M dan direndam selama 48 jam serta memiliki ukuran 40 - 60 mesh.	Adsorpsi logam berat besi (Fe) karbon aktif ampas kopi dengan tingkat efisiensi mencapai 87,76% (kadar besi awal 8,5 mg/L).
2.	Cherdchoo., W. Nithettham, S., dan Charoenpanich, J. 2019	Adsorpsi dilakukan pada pH=2 ; T=30°C selama 180 menit dan massa adsorben 5 – 6 gram.	Kapasitas adsorpsi Cr (VI) terbesar yaitu 87,10 mg/g pada konsentrasi awal Cr (VI) 250 ppm.
3.	Imawati dan Adhityarwar man 2015	Ampas kopi dikeringkan dalam temperatur 105°C selama 5 jam dan dikarbonisasi selama 4 jam pada temperatur 600°C, lalu dilakukan <i>screening</i> dengan ukuran 100 mesh. Aktivasi dilakukan dengan perendaman karbon oleh larutan HCl 0,1 M dan H ₃ PO ₄ 0,1 M 500 mL selama 48 jam.	Kapasitas adsorpsi maksimum Pb(II) oleh karbon aktif ampas kopi yang diaktivasi aktivator HCl dan H ₃ PO ₄ berturut-turut sebesar 4,68295 mg/g dan 2,9941 mg/g, pH optimum = 4, dengan waktu 30 menit dan $\omega = 60$ rpm.

No.	Nama	Metode	Hasil
4.	Adummahendra, A., dan Ghiffary, M. A. 2019.	Karbonisasi ampas kopi dilakukan pada temperatur $600 \pm 10^\circ\text{C}$ selama 2 jam dan diaktivasi selama 48 jam dengan $\omega = 500$ rpm pada temperatur ruang.	Adsorpsi menggunakan karbon aktif dengan massa 0,1, 0,5, dan 1 gram diperoleh presentase penyisihan logam Cr (VI) terbesar pada konsentrasi awal adsorbat 70 ppm, diikuti oleh 90 ppm, 100 ppm, 110 ppm, dan 130 ppm.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Desember 2020 hingga Mei 2021 dengan rincian tempat penelitian sebagai berikut:

- a. Laboratorium Sains, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang: pembuatan karbon, aktivasi karbon, proses adsorpsi, analisa karbon sesuai karakterisasi SNI 06-3730-1995, analisa luas permukaan menggunakan adsorpsi *methylene blue* analisa kandungan Cr (VI) setelah adsorpsi dengan uji spektrofotometri UV-Vis.
- b. Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang: karakterisasi gugus fungsi yang terkandung pada adsorben melalui analisa FT-IR (*Fourier Transform InfraRed*) dan karakterisasi kandungan mineral adsorben melalui analisa XRF (*X-Ray Fluoresence*).

3.2 Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan beberapa variasi variabel, diantaranya:

1. Variasi temperatur adsorpsi Cr (VI) oleh karbon aktif ampas kopi yaitu temperatur ruang ($27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) dan 40°C .
2. Variasi massa adsorben karbon aktif ampas yaitu 0,1 gram, 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram dan 2 gram/50 mL larutan Cr (VI) 20 ppm.

Tabel 3.1 menunjukkan variasi variabel penelitian yang digunakan.

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian

	Massa Adsorben (X)				
Temperatur Adsorpsi (Y)	0,1 gram	0,5 gram	1 gram	1,5 gram	2 gram
Ruang	X_1Y_1 (a)	X_2Y_1 (b)	X_3Y_1 (c)	X_4Y_1 (d)	X_5Y_1 (e)
40°C	X_1Y_2 (f)	X_2Y_2 (g)	X_3Y_2 (h)	X_4Y_2 (i)	X_5Y_2 (j)

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya :

1. *Beaker glass*
2. Cawan porselen
3. Corong *buchner*
4. *Crucible tang*
5. Desikator
6. Erlenmeyer
7. *Furnace*
8. *Orbital Shaker*
9. Kaca arloji
10. Labu ukur
11. Lemari asam
12. *Mortar & Pestel*
13. Neraca digital analitik
14. Neraca digital
15. *Oven*
16. Pipet ukur
17. Pipet volume
18. Reaktor karbonisasi
19. *Sieve 100 mesh*
20. Spektrofotometri *UV-Visible*
21. *Stopwatch*
22. Termometer
23. *Hotplate & Stirrer*
24. *Centrifuge*
25. *Tube centrifuge*

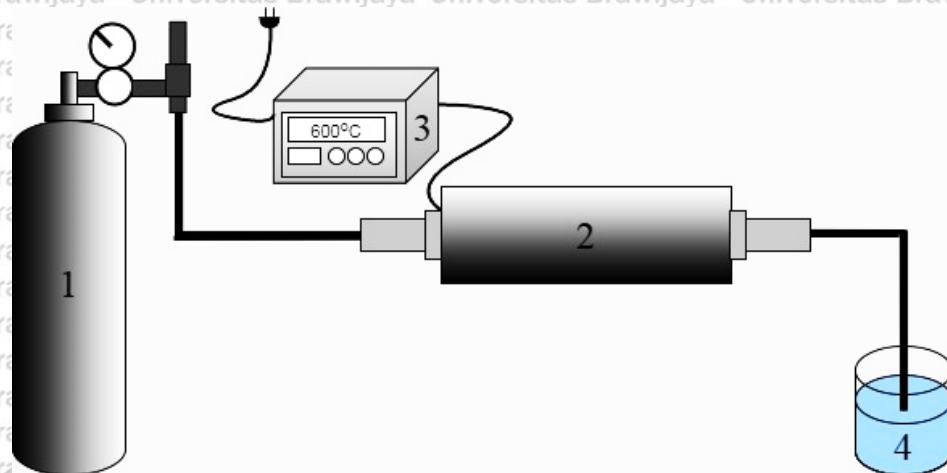
3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan – bahan yang digunakan dalam peneitian ini diantaranya :

1. *1,5-diphenylcarbazide*
2. *Aquademin*
3. Gas N_2
4. H_2SO_4 0,05 M
5. H_3PO_4
6. HCl 0,1 M
7. Kertas Saring *Whatman No 41*
8. $K_2Cr_2O_7$
9. Limbah ampas kopi robusta
10. *Methylene blue*
11. Indikator Universal

3.3.3 Rangkaian Alat

3.3.3.1 Karbonisasi

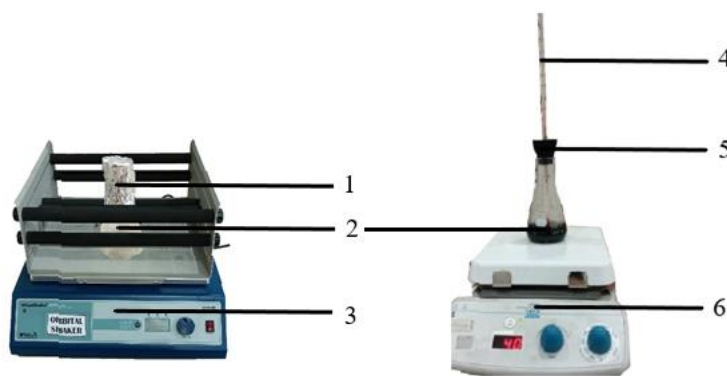


Gambar 3. 1 Rangkaian Alat Proses Karbonisasi

Keterangan :

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1. Tabung gas nitrogen | 3. <i>Thermocouple</i> |
| 2. Reaktor karbonisasi | 4. <i>Gas trap</i> |

3.3.3.2 Adsorpsi



(a) (b)

Gambar 3. 2 Alat Adsorpsi (a) Temperatur Ruang; (b) Temperature 40°C

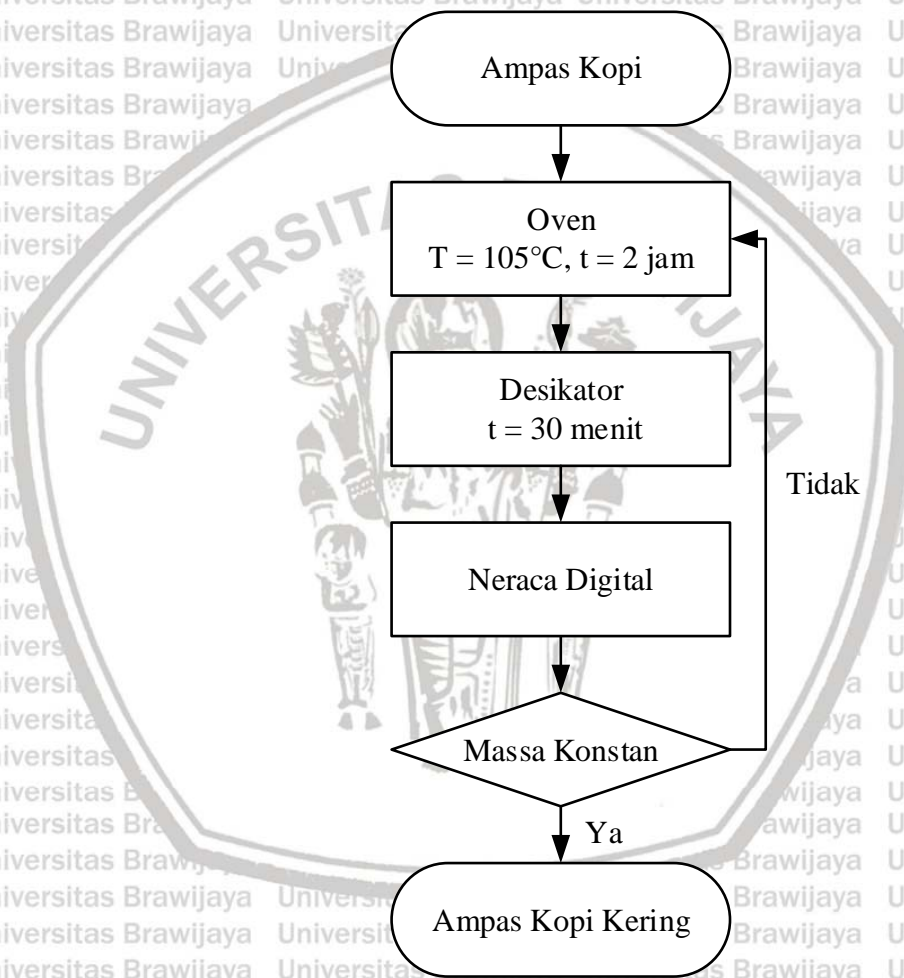
Keterangan :

- | | |
|----------------------------|----------------------------------|
| 1. <i>Aluminium Foil</i> | 4. Termometer |
| 2. Erlenmeyer | 5. Penutup Karet |
| 3. <i>Incubator Shaker</i> | 6. <i>Hotplate & Stirrer</i> |

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Bahan Baku (Ampas Kopi)

Limbah ampas kopi sebagai bahan baku utama melalui tahap pengeringan menggunakan oven dengan temperatur 105°C dalam waktu 2 jam untuk mengurangi kadar air dalam adsorben. Proses pengeringan ampas kopi dilanjutkan dengan pendiaman dalam desikator dan penimbangan hingga didapatkan massa ampas kopi yang konstan. Gambar 3.3, menunjukkan diagram alir proses persiapan ampas kopi.

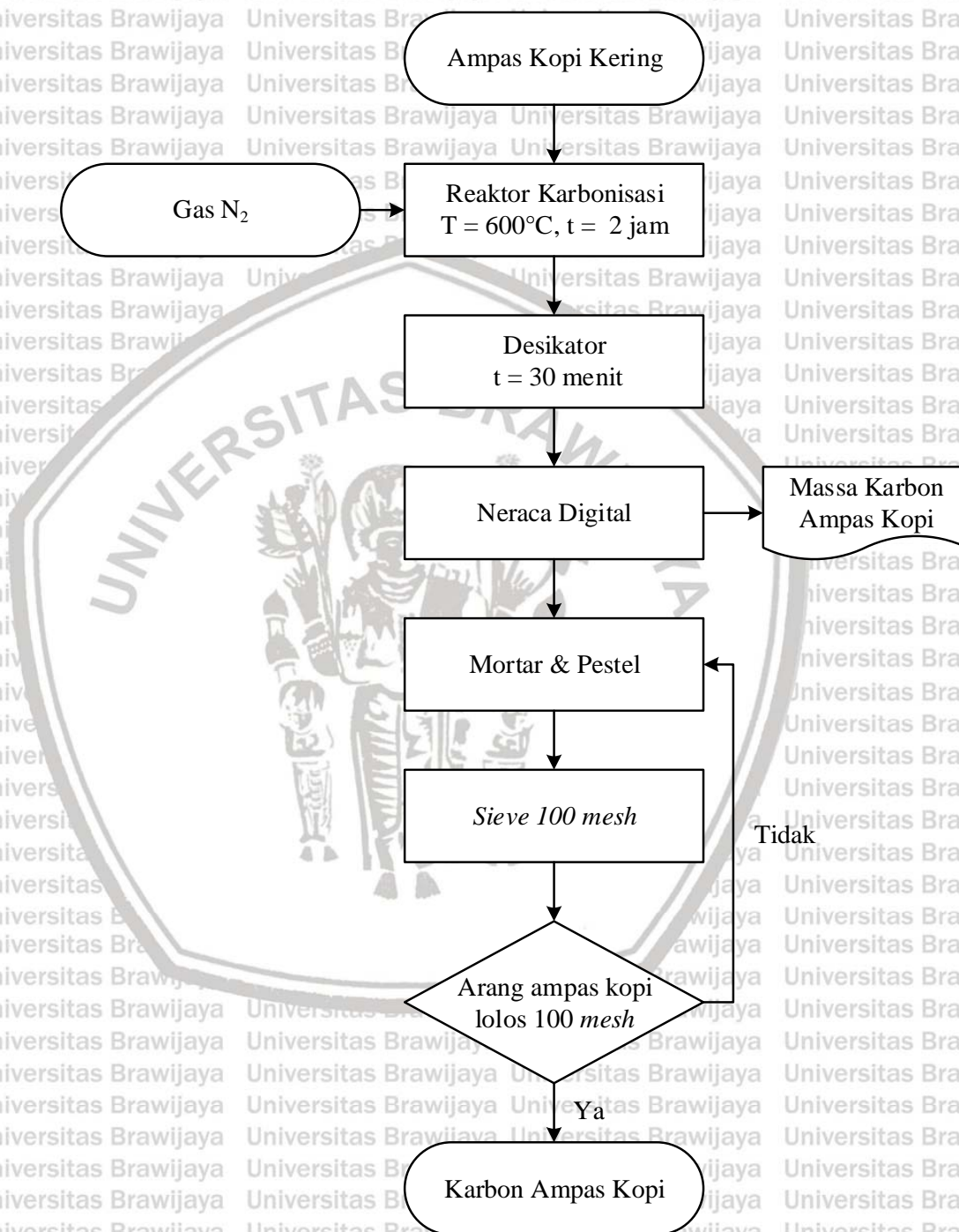


Gambar 3. 3 Diagram Alir Persiapan Ampas Kopi

3.4.2 Karbonisasi Ampas Kopi

Proses karbonisasi dilakukan dengan memasukkan ampas kopi kering ke dalam reaktor karbonisasi yang dialiri dengan gas nitrogen pada temperatur 600°C selama 2 jam. Kemudian karbon ampas kopi dilakukan pendinginan hingga temperatur ruang dan dilakukan penimbangan. Prosedur ini diakhiri dengan proses penyeragaman ukuran

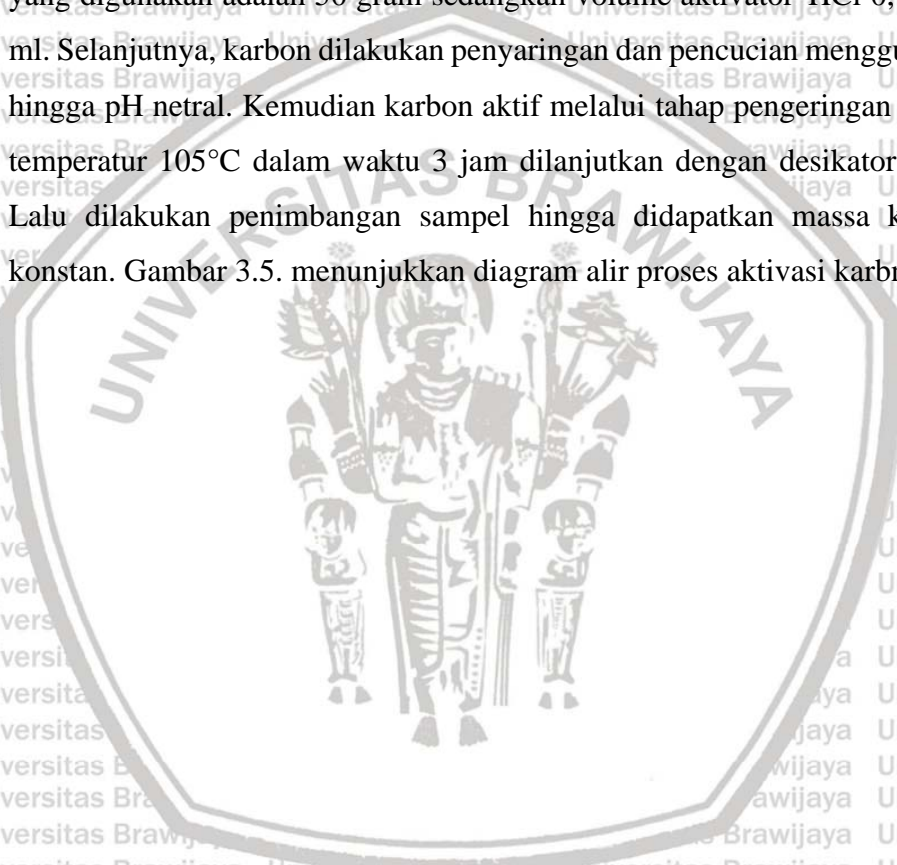
karbon ampas kopi hingga lolos pada ayakan 100 *mesh*. Gambar 3.4. menunjukkan diagram alir proses karbonisasi ampas kopi.

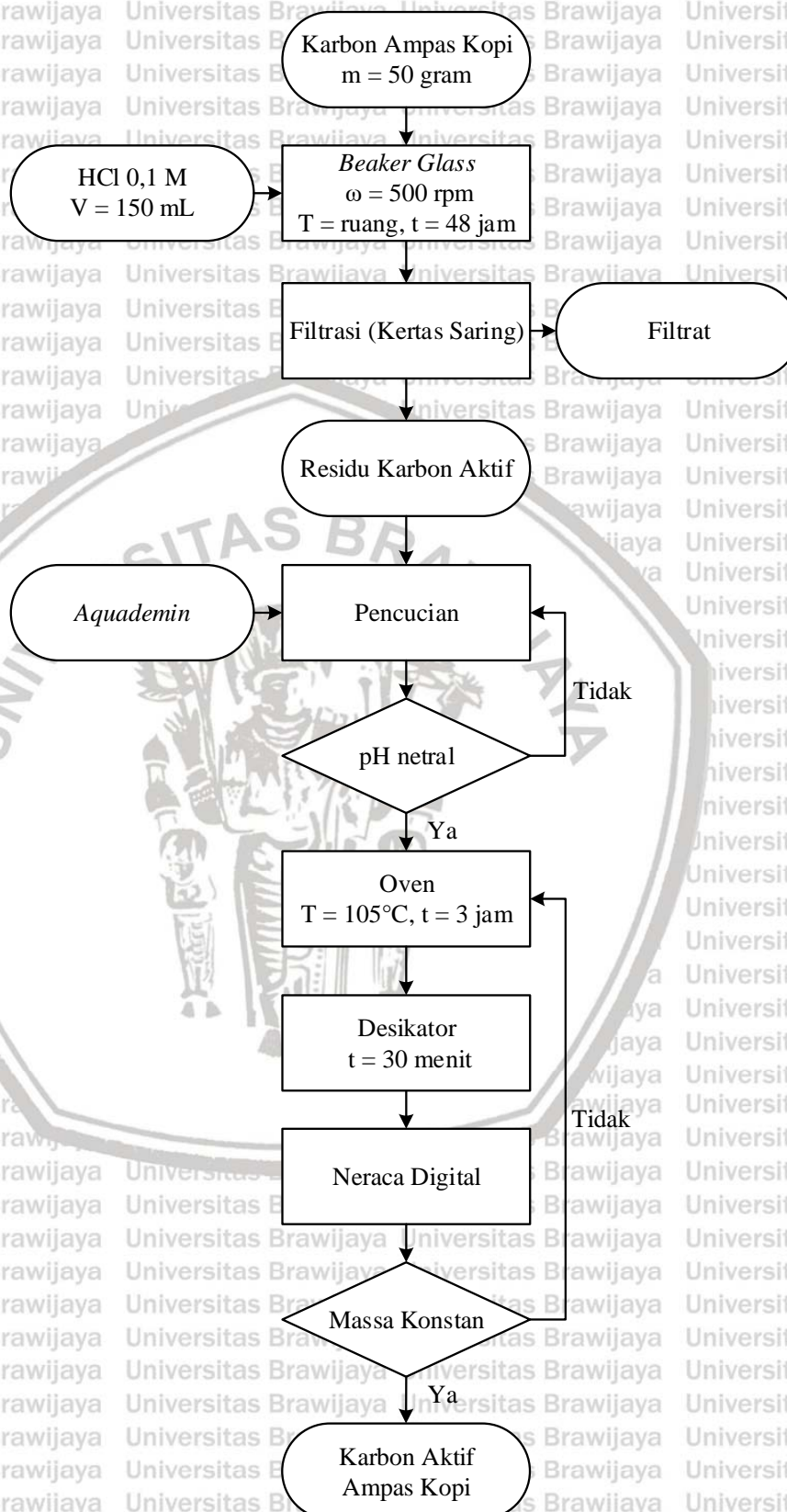


Gambar 3.4 Diagram Alir Karbonisasi Ampas Kopi

3.4.3 Proses Aktivasi Karbon Ampas Kopi

Karbon yang dihasilkan dilakukan aktivasi secara kimia dengan menggunakan HCl 0,1 M dengan tujuan guna mengubah karbon menjadi karbon aktif dengan porositas dan luas permukaan spesifik yang lebih besar. Proses aktivasi ini dilakukan dengan perendaman karbon menggunakan larutan aktivator disertai pengadukan dengan kecepatan 500 rpm selama 48 jam pada temperatur ruang. Proses dilakukan dengan rasio perbandingan massa karbon terhadap volume larutan aktivator sebesar 1:3. Massa karbon yang digunakan adalah 50 gram sedangkan volume aktivator HCl 0,1 M sebanyak 150 ml. Selanjutnya, karbon dilakukan penyaringan dan pencucian menggunakan *aquademin* hingga pH netral. Kemudian karbon aktif melalui tahap pengeringan dengan oven pada temperatur 105°C dalam waktu 3 jam dilanjutkan dengan desikator selama 30 menit. Lalu dilakukan penimbangan sampel hingga didapatkan massa karbon aktif yang konstan. Gambar 3.5. menunjukkan diagram alir proses aktivasi karbn ampas kopi.





Gambar 3.5 Diagram Alir Aktivasi Karbon Ampas Kopi

3.4.4 Karakterisasi Karbon dan Karbon Aktif

3.4.4.1 Analisa Kadar Air (SNI 06-3730-1995)

Karbon dan karbon aktif yang dihasilkan dilakukan analisis kadar air dengan menggunakan prosedur sebagai berikut:

1. Penimbangan karbon sebanyak 1 gr
2. Peletakan karbon yang telah ditimbang pada cawan porselen yang telah diketahui massanya.
3. Pemanasan karbon menggunakan oven pada temperatur 105°C dalam waktu 3 jam
4. Pendinginan karbon pada desikator selama 5 menit
5. Penimbangan karbon menggunakan neraca analitik. Jika massa belum konstan maka dilakukan pengeringan kembali hingga didapatkan massa konstan
6. Prosedur 1 – 5 diulang dengan menggunakan karbon aktif.

Persamaan (3-1) digunakan untuk penentuan kadar air.

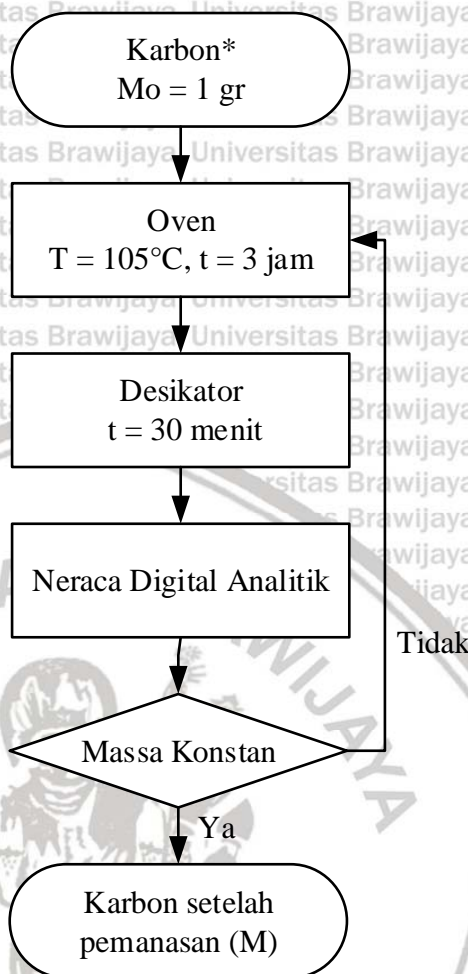
$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{M_0 - M}{M_0} \times 100\% \quad (3-1)$$

Dimana,

M_0 = Massa sampel sebelum pengeringan (gr)

M = Massa sampel sesudah pengeringan (gr)

Gambar 3.6. menunjukkan diagram alir analisa kadar air pada karbon dan karbon aktif.



Keterangan :

*Prosedur dilakukan kembali untuk karbon aktif

Gambar 3. 6 Diagram Alir Analisa Kadar Air Pada Karbon dan Karbon Aktif

3.4.4.2 Analisa Kadar Abu (SNI 06-3730-1995)

Karbon dan karbon aktif yang dihasilkan dilakukan analisis kadar abu dengan menggunakan prosedur sebagai berikut :

1. Penimbangan karbon sebanyak 2 gr
2. Peletakan karbon yang telah ditimbang pada cawan porselen yang telah di-*treatment* pada temperatur 650°C.
3. Pemanasan karbon dalam *furnace* dengan temperatur 650°C selama 2 jam
4. Peletakan karbon pada desikator selama 30 menit
5. Penimbangan karbon menggunakan neraca analitik
6. Prosedur 1 – 5 diulang dengan menggunakan karbon aktif.

Persamaan 3-2 digunakan untuk penentuan kadar abu :

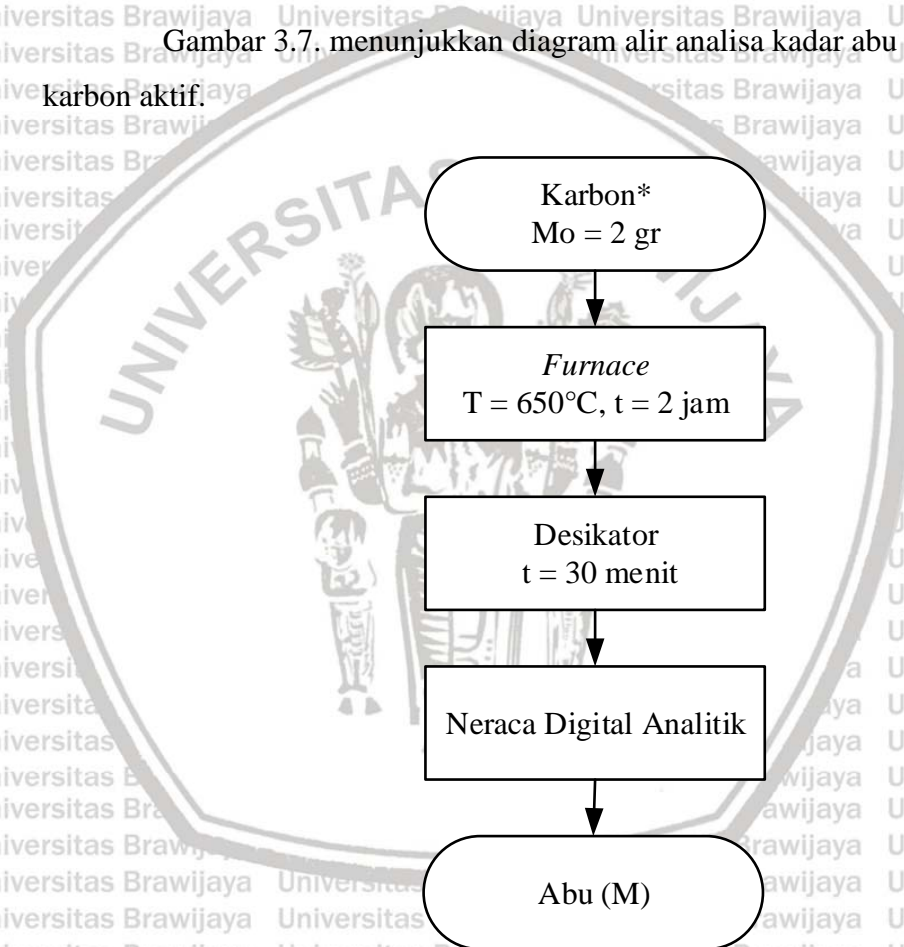
$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{M}{M_0} \times 100\% \quad (3-2)$$

Dimana,

M_0 = Massa sampel sebelum pemanasan (gram)

M = Massa sampel sesudah pemanasan (gram)

Gambar 3.7. menunjukkan diagram alir analisa kadar abu pada karbon dan karbon aktif.



Keterangan :

*Prosedur dilakukan kembali untuk karbon aktif

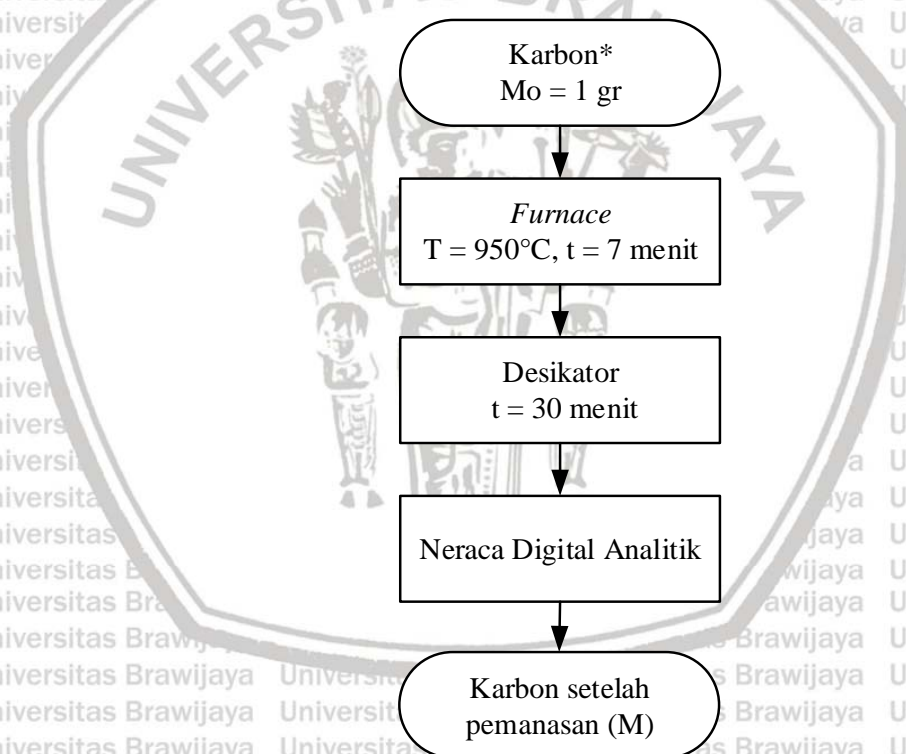
Gambar 3. 7 Diagram Alir Analisa Kadar Abu Pada Karbon dan Karbon Aktif

3.4.4.3 Analisa Kadar Bahan yang Hilang Pada Pemanasan 950°C (SNI 06-3730-1995)

Karbon aktif yang dihasilkan akan dilakukan analisa kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C dengan menggunakan prosedur sebagai berikut :

1. Menimbang karbon dengan massa 1 gram
2. Menimbang cawan kosong dan tutup cawan
3. Meletakkan karbon ke dalam cawan
4. Menutup cawan dengan tutup cawan
5. Melakukan pemanasan karbon menggunakan *furnace* dengan temperatur 950°C dengan waktu 7 menit.
6. Melakukan pendinginan pada karbon hingga temperatur ruang
7. Menimbang karbon yang dihasilkan
8. Prosedur 1-7 diulang dengan menggunakan karbon aktif

Gambar 3.8. menunjukkan diagram alir analisa kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C pada karbon dan karbon aktif.



Keterangan :

*Prosedur dilakukan kembali untuk karbon aktif

Gambar 3. 8 Diagram Alir Analisa Kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C Pada Karbon dan Karbon Aktif

Analisa kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C yang terdapat dalam karbon aktif didapatkan perhitungan dengan persamaan (3-3),

$$\text{Kadar Bahan yang Hilang Pada Pemanasan } 950^{\circ}\text{C. (\%)} = \frac{M_0 - M}{M_0} \times 100\% \quad (3-3)$$

Dimana,

M_0 = Massa sampel sebelum pemanasan (gr)

M = Massa sampel sesudah pemanasan (gr)

3.4.4.4 Kadar Karbon

Kadar karbon dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (3-4):

$$\text{Kadar karbon (\%)} = 100 - (\text{kadar abu} + \text{kadar bahan yang hilang pada pemanasan } 950^{\circ}\text{C}) \quad (3-4)$$

3.4.4.5 Yield Karbonisasi

Yield karbonisasi atau hasil dari karbonisasi merupakan rasio massa karbon ampas kopi setelah karbonisasi terhadap massa awal ampas kopi pada basis kering, menggunakan persamaan (3-5) :

$$\text{Yield (\%)} = \frac{M_1}{M_0} \times 100\% \quad (3-5)$$

Keterangan:

M_0 = Massa awal ampas kopi dalam basis kering (gr)

M_1 = Massa karbon setelah karbonisasi (gr)

3.4.4.6 Analisa Pengujian Luas Permukaan dengan Daya Serap Terhadap Methylene Blue

Salah satu cara untuk dapat mengetahui sifat permukaan dari material adalah dengan penentuan luas permukaan suatu material. Sifat permukaan material meliputi luas permukaan dan morfologi permukaan. Analisa luas permukaan karbon dan karbon aktif dilakukan dengan mengetahui daya serapnya terhadap larutan *methylene blue*. Luas permukaan material didapatkan dengan terlebih dahulu menghitung daya serap karbon dan karbon aktif terhadap larutan *methylene blue* (X_m) seperti pada persamaan (3-6) kemudian luas permukaan spesifik (S) pada persamaan (3-7) (Ramdja,dkk, 2008).

$$X_m = \frac{(C_0 - C) \times V}{m} \quad (3-6)$$

Dimana,

X_m = Daya serap *methylene blue* (mg/g)

C_0 = Konsentrasi awal *methylene blue* (ppm)

C = Konsentrasi akhir adsorpsi *methylene blue* (ppm)

V = Volume larutan sampel *methylene blue* (L)

m = Massa adsorben (g)

$$S = \frac{X_m \times N \times A}{BM} \quad (3-7)$$

Dimana,

S = Luas permukaan spesifik adsorben (m^2/g)

X_m = Daya serap *methylene blue* (g/g)

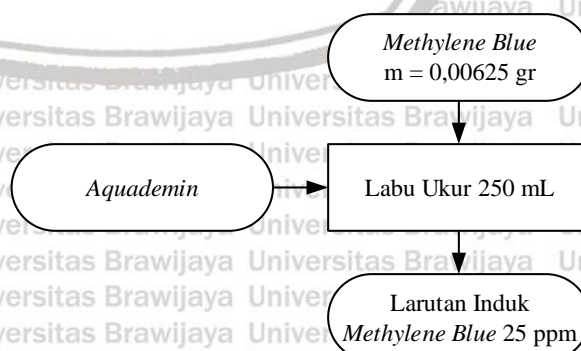
N = Bilangan avogadro ($6,02 \times 10^{23}$)

A = Luas penampang molekul *methylene blue* ($197 \times 10^{-20} m^2/mol$)

BM = Berat molekul *methylene blue* (319,85 g/mol)

A. Pembuatan Larutan Induk *Methylene Blue*

Larutan induk *methylene blue* ini dibuat dalam konsentrasi 25 ppm dengan melarutkan *methylene blue* sebesar 0,00625 gram dengan *aquademin* hingga 250 mL sehingga mendapatkan larutan induk 25 ppm. Gambar 3.9. menunjukkan diagram alir pembuatan larutan induk *methylene blue*.

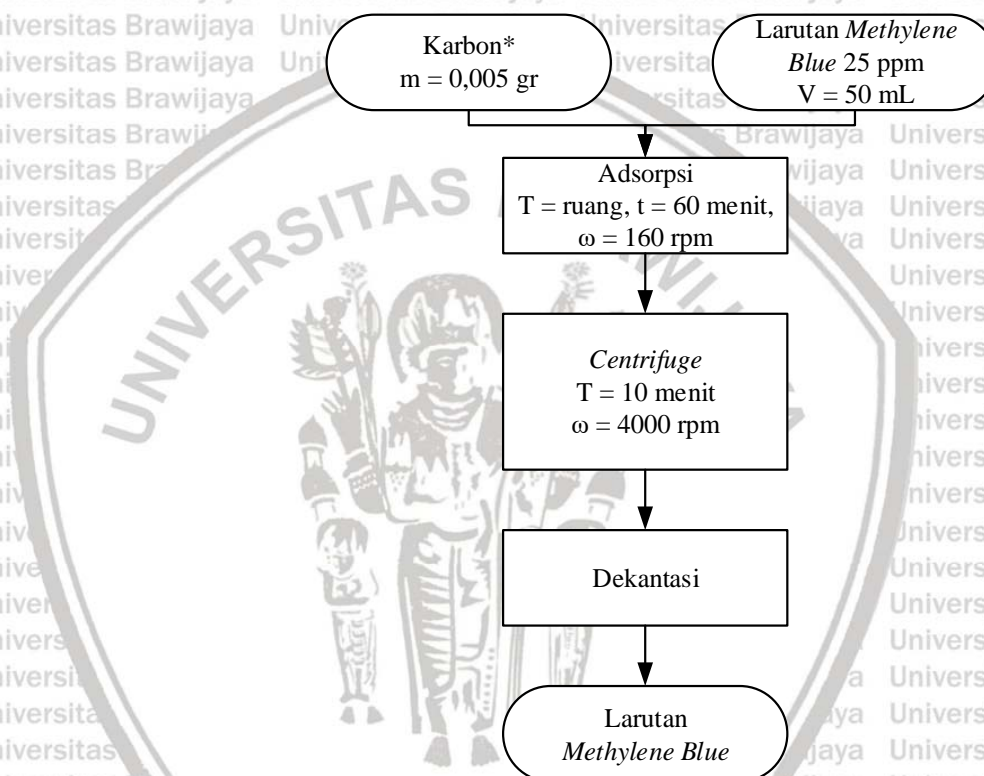


Gambar 3.9 Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Induk *Methylene Blue* 25 ppm

B. Proses Adsorpsi *Methylene Blue*

Proses adsorpsi *methylene blue* menggunakan karbon dan karbon aktif ampas kopi sebanyak 0,005 gr. Karbon serta karbon aktif ini ditambahkan pada

larutan *methylene blue* 25 ppm dengan volume 50 mL. Proses adsorpsi dilakukan selama 60 menit sistem *batch* pada *orbital shaker* dengan kecepatan pengadukan 160 rpm. Setelah proses adsorpsi, karbon dan karbon aktif yang telah digunakan lalu dipisahkan menggunakan alat *centrifuge* dengan waktu 10 menit dan kecepatan 4000 rpm yang diikuti oleh proses dekantasi sehingga dihasilkan larutan *methylene blue* setelah adsorpsi. Gambar 3.10. menunjukkan diagram alir proses adsorpsi *methylene blue*.



Keterangan :

*Prosedur dilakukan kembali menggunakan karbon aktif

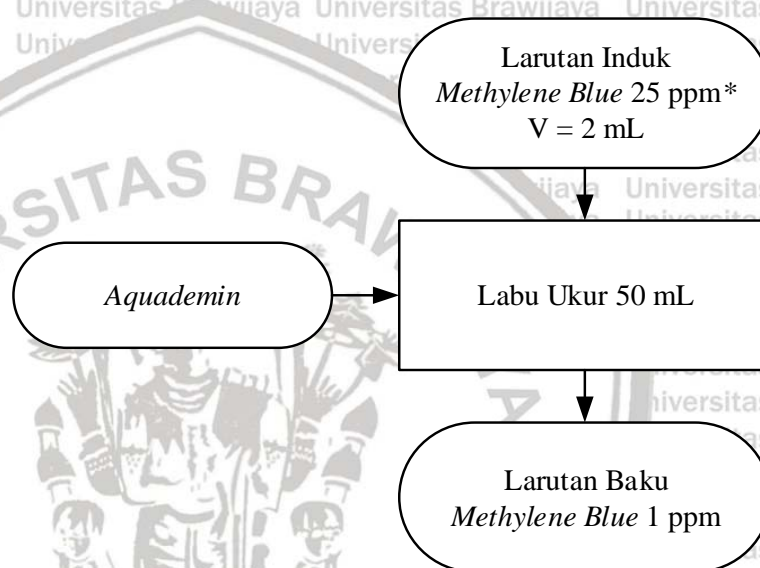
Gambar 3.10 Diagram Alir Proses Adsorpsi *Methylene Blue*

C. Analisa Spektrofotometer UV-Visible Larutan *Methylene Blue*

a. Pembuatan Larutan Baku *Methylene Blue*

Larutan baku yang digunakan adalah larutan *methylene blue* yang konsentrasinya sudah diketahui dan selanjutnya digunakan untuk mengetahui adsorptivitas molar dan untuk pembuatan kurva kalibrasi. Dalam pembuatan larutan baku, diawali dengan pengenceran larutan induk *methylene blue* 25 ppm. Konsentrasi larutan baku diantaranya 0 ppm; 1 ppm; 2 ppm; 3 ppm; 4

ppm; serta 5 ppm. Larutan baku 1 ppm diperoleh dengan mengencerkan larutan induk *methylene blue* 25 ppm sebanyak 2 mL dengan *aquademin* hingga volume 50 mL. Selain itu juga dilakukan pembuatan larutan baku 3 ppm yang digunakan sebagai sampel pada prosedur penentuan panjang gelombang maksimum. Larutan baku 3 ppm dibuat dengan mengencerkan 6 mL larutan induk 25 ppm dengan *aquademin* hingga 50 mL. Gambar 3.11. menunjukkan diagram alir pembuatan larutan baku *methylene blue*.



Keterangan :

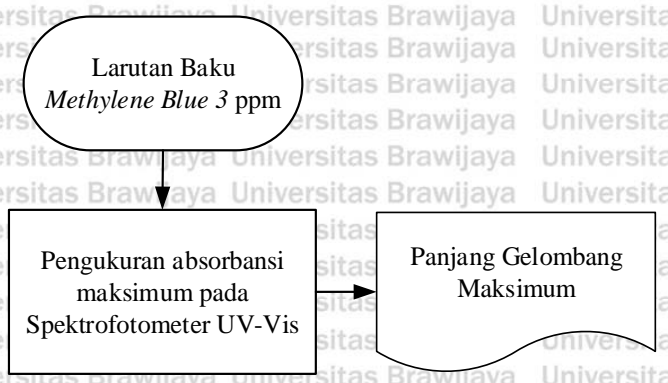
*Prosedur dilakukan kembali untuk konsentrasi larutan baku 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm dan 5 ppm

Gambar 3. 11 Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Baku *Methylene Blue* 1 ppm

b. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Pengukuran panjang gelombang maksimum pada Spektrofotometer UV-Vis menggunakan larutan baku *methylene blue* 3 ppm yang telah dibuat.

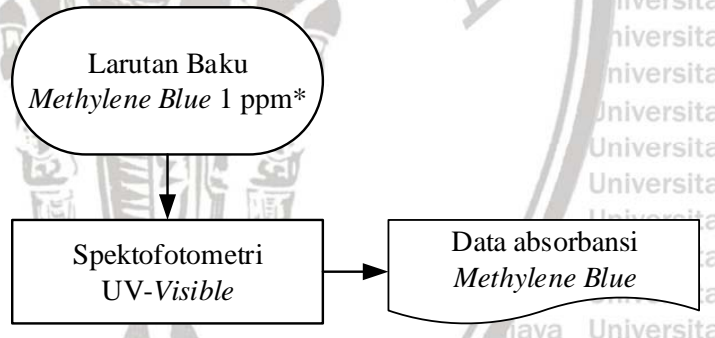
Gambar 3.12. menunjukkan diagram alir penentuan panjang gelombang maksimum untuk analisa *methylene blue* menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.



Gambar 3. 12 Diagram Alir Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

c. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Dibuat dengan hasil pembacaan absorbansi larutan baku *methylene blue* yang telah dibuat mulai dari konsentrasi 1-5 ppm yang nantinya akan didapatkan persamaan linear dari *fitting* kurva antara absorbansi dan konsentrasi. Gambar 3.13. menunjukkan diagram alir proses analisa kandungan *methylene blue* menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.



Keterangan :

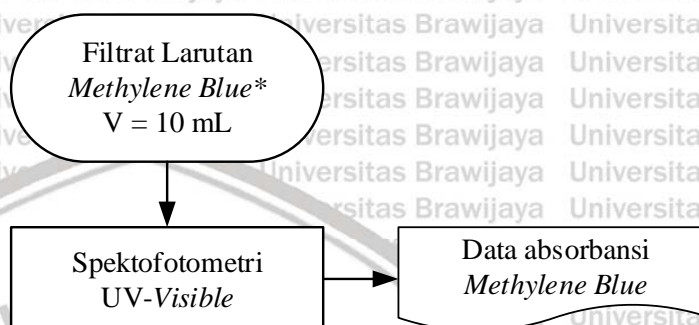
*Prosedur dilakukan kembali untuk konsentrasi larutan baku 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm dan 5 ppm

Gambar 3. 13 Diagram Alir Penentuan Absorbansi Larutan Baku *Methylene Blue* Untuk Kurva Kalibrasi

Setelah didapatkan data absorbansi untuk masing-masing larutan baku, selanjutnya dilakukan pembuatan kurva kalibrasi untuk larutan *methylene blue* dengan *fitting* data antara konsentrasi larutan baku (sumbu X) dan absorbansi (sumbu Y). Dilanjutkan dengan *trendline linear* untuk mendapatkan persamaan kurva kalibrasi.

d. Pengukuran Absorbansi Sampel

Sampel hasil proses adsorpsi sebanyak 10 mL kemudian diuji pada alat Spektrofotometer UV-Vis sehingga nantinya didapatkan data konsentrasi akhir larutan *methylene blue*. Gambar 3.14. menunjukkan diagram alir proses analisa kandungan *methylene blue* menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.



Keterangan :

*Prosedur dilakukan untuk filtrat larutan *methylene blue* yang telah melalui proses adsorpsi menggunakan karbon dan karbon aktif

Gambar 3. 14 Diagram Alir Analisa *Methylene Blue* Menggunakan Spektrofotometer UV-Visible

3.4.4.7 Analisa Karbon dengan Fourier Transform Infrared (FTIR)

Analisa FTIR (*Fourier Transform Infrared*) digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada karbon dan karbon aktif ampas kopi. Analisa FTIR ini menggunakan sinar *infrared* untuk meninjau sampel dan mengetahui sifat kimia pada sampel, dimana dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang.

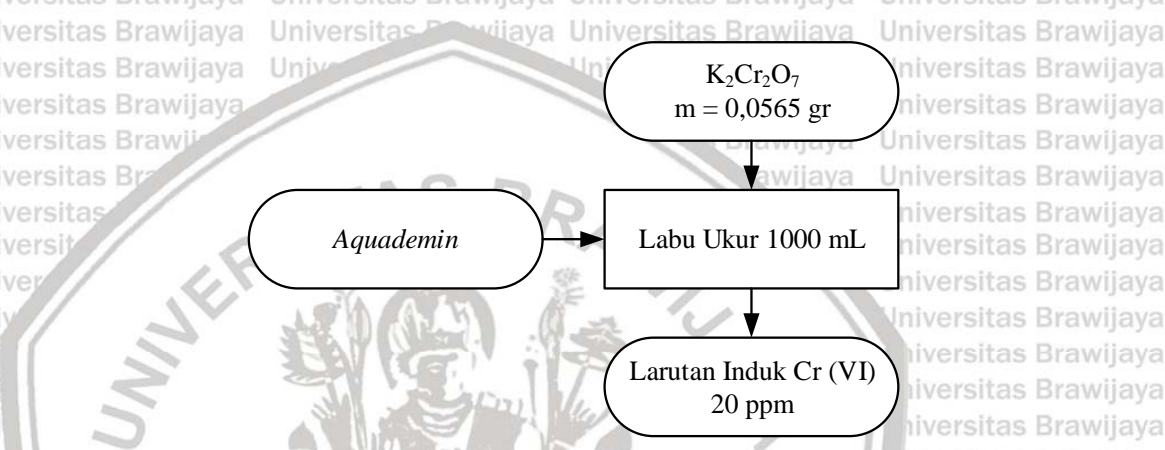
3.4.4.8 Analisa Karbon dengan X-Ray Fluorescence (XRF)

Analisa *X-Ray Fluorescence* (XRF) digunakan untuk mengetahui dan menganalisa komposisi unsur yang terdapat pada karbon dan karbon aktif ampas kopi, dimana dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang.

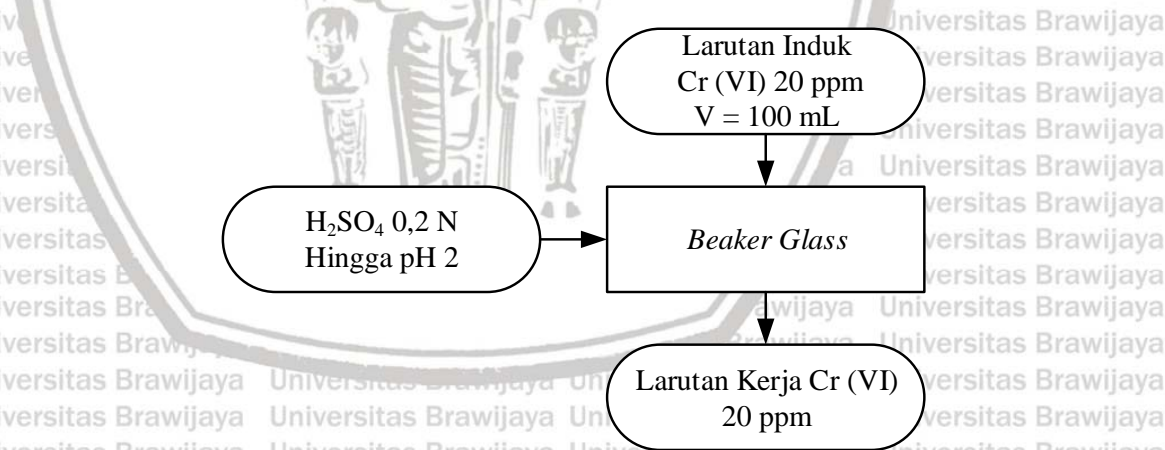
3.4.5 Pembuatan Adsorbat Limbah Sintentik

Berdasarkan *Standard Method* (1999), larutan induk sampel sintetik Cr (VI) sebagai larutan uji dibuat dengan cara melarutkan $K_2Cr_2O_7$ ke dalam aquademin. Larutan

induk sampel sintetik Cr (VI) ini dibuat dalam konsentrasi 20 ppm, hal ini dilakukan untuk merepresentasikan limbah cair industri elektroplating. Limbah sintetik Cr (VI) 20 ppm dibuat dengan cara melarutkan $K_2Cr_2O_7$ sebanyak 0,0565 gram dengan *aquademin* sebanyak 1000 mL sehingga mendapatkan larutan induk 20 ppm. Larutan kerja 20 ppm dibuat dengan pencampuran 100 mL larutan induk 20 ppm dengan H_2SO_4 0,2 N untuk mengatur pH menjadi 2. Gambar 3.15 dan 3.16. menunjukkan diagram alir proses pembuatan adsorbat limbah sintetik.



Gambar 3. 15 Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Induk Cr (VI) 20 ppm



Gambar 3. 16 Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Kerja Cr (VI) 20 ppm

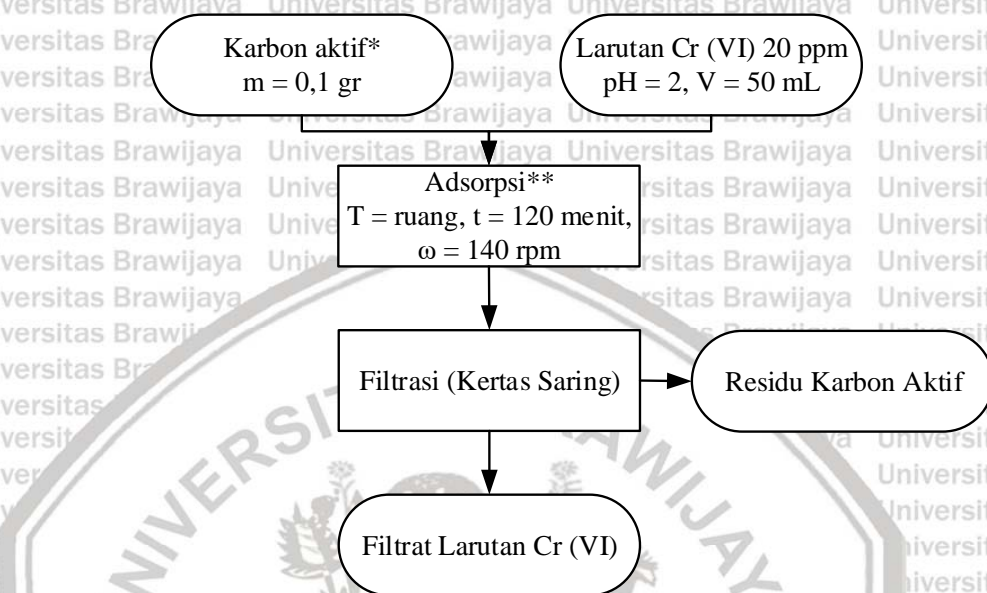
3.4.6 Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi Cr (VI) menggunakan karbon aktif ampas kopi yang telah diaktivasi menggunakan HCl dengan variasi massa 0,1 gram; 0,5 gram; 1 gram; 1,5 gram serta 2 gram. Karbon aktif ini ditambahkan pada larutan Cr (VI) dengan volume 50 mL. Proses adsorpsi dilakukan dengan waktu 120 menit sistem *batch* pada *orbital shaker* dengan kecepatan pengadukan 140 rpm pada pH 2. Karbon aktif yang telah digunakan

lalu dipisahkan melalui proses filtrasi sehingga dihasilkan filtrat larutan Cr (VI) sisa.

Gambar 3.2. menunjukkan rangkaian alat adsorpsi sedangkan untuk Gambar 3.17.

menunjukkan diagram alir proses adsorpsi.



Keterangan :

*Prosedur dilakukan kembali untuk variabel massa karbon aktif 0,5 gr, 1 gr, 1,5 gr, dan 2 gr

**Prosedur dilakukan pengulangan pada variabel temperatur adsorpsi 40°C

Gambar 3. 17 Diagram Alir Proses Adsorpsi

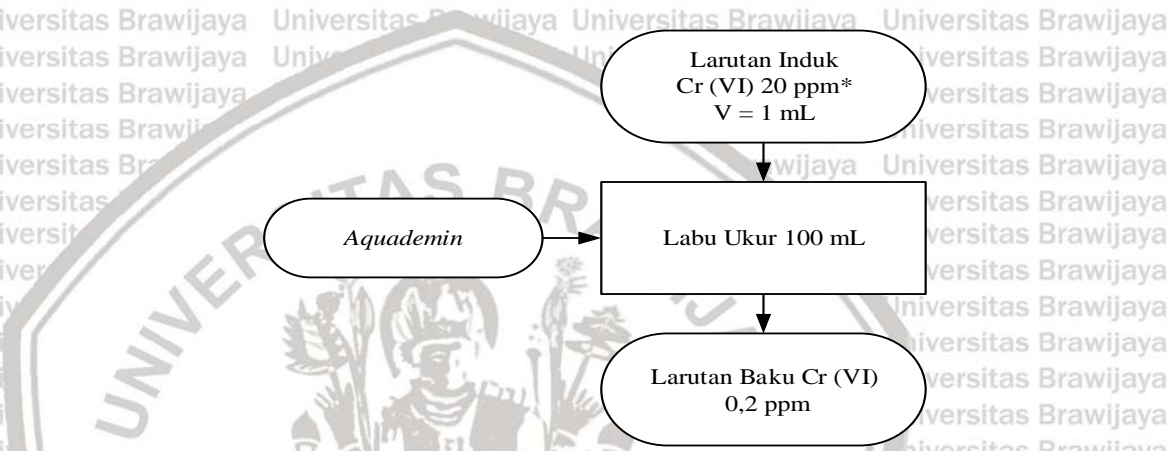
3.4.7 Analisa Spektrofotometer UV-Visible

Analisa Spektrofotometer UV-Visible digunakan untuk mengetahui kadar Cr(VI) pada larutan yang telah melalui proses adsorpsi. Pengujian dilakukan dengan mengikuti prosedur *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* tahun 1999 no. 3500-Cr dimana pengujian kadar Cr(VI) pada larutan dapat menggunakan *diphenylcarbazide* dalam suasana asam. Metode analisa ini terdiri dari beberapa tahap diantaranya:

3.4.7.1 Pembuatan Larutan Baku

Larutan baku menggunakan larutan Cr (VI) yang sudah diketahui konsentrasinya dan berguna untuk menentukan adsorpsivitas molar logam Cr (VI) dan untuk membuat kurva kalibrasi. Dalam pembuatan larutan baku, diawali dengan pengenceran larutan induk Cr (VI) 20 ppm. Knsentrasi larutan baku yang digunakan yaitu 0 ppm; 0,2 ppm; 0,4 ppm; 0,6 ppm; 0,8 ppm; serta 1 ppm. Larutan baku 0,2 ppm

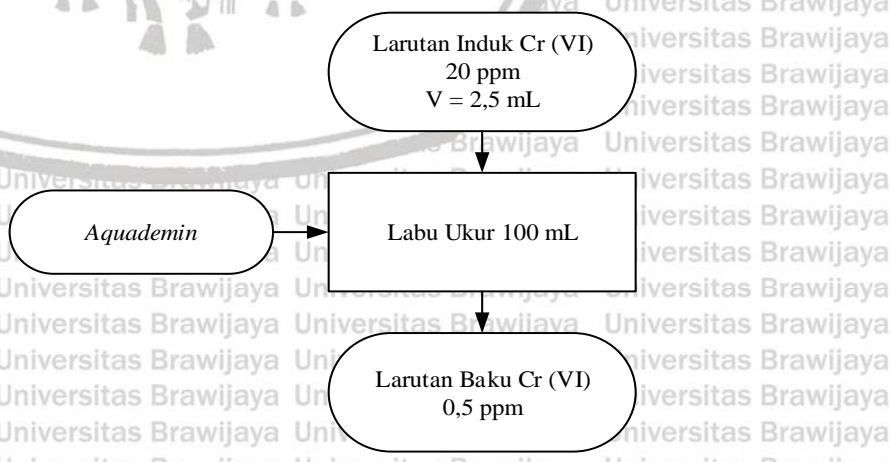
diperoleh dengan mengencerkan larutan induk Cr (VI) 20 ppm sebanyak 1 mL dengan *aquademin* hingga volume 100 mL. Selain itu juga dilakukan pembuatan larutan baku 0,5 ppm yang digunakan sebagai sampel pada prosedur penentuan panjang gelombang maksimum. Pembuatan larutan baku 0,5 ppm dengan mengencerkan 2,5 mL larutan induk 20 ppm dengan *aquademin* hingga 100 mL. Gambar 3.18. dan 3.19. menunjukkan diagram alir proses pembuatan larutan baku untuk kurva kalibrasi serta larutan baku untuk penentuan panjang gelombang maksimum.



Keterangan :

*Prosedur dilakukan kembali untuk konsentrasi larutan baku 0,4 ppm, 0,6 ppm, 0,8 ppm dan 1 ppm

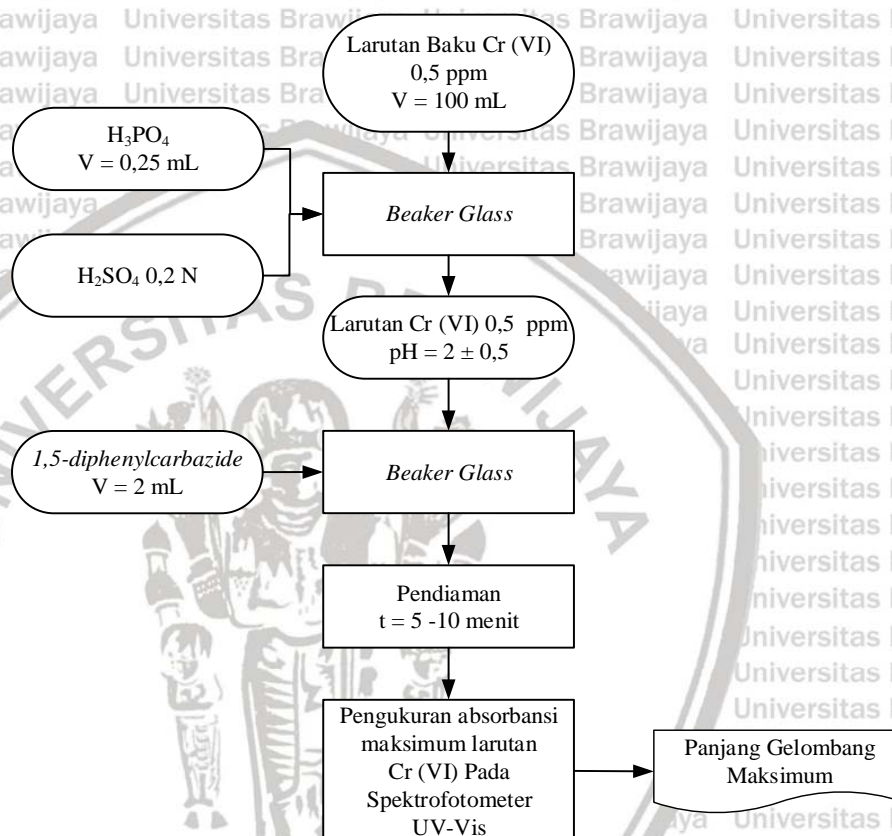
Gambar 3. 18 Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Baku Cr (VI) 0,2 ppm



Gambar 3. 19 Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan Baku Cr (VI) 0,5 ppm

3.4.7.2 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

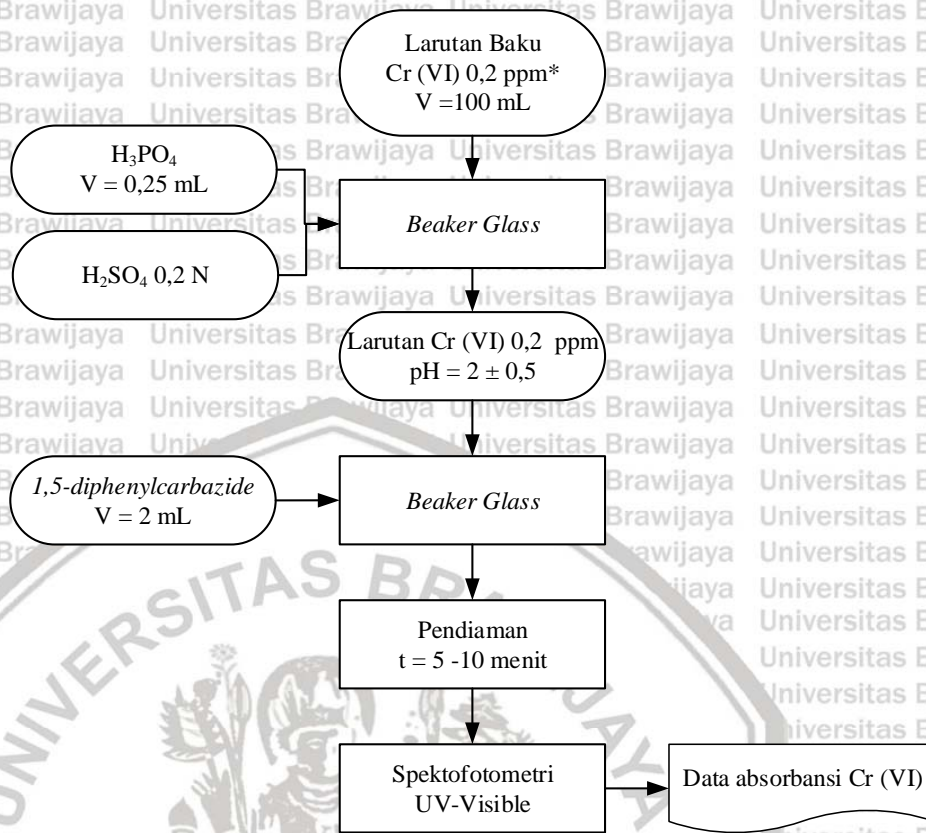
Pengukuran panjang gelombang maksimum pada Spektrofotometer UV-Vis menggunakan larutan Cr(VI). Gambar 3.20. menunjukkan diagram alir penentuan panjang gelombang maksimum untuk analisa Cr (VI) menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.



Gambar 3. 20 Diagram Alir Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

3.4.7.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi

Dibuat dengan hasil pembacaan absorbansi larutan baku Cr(VI) yang telah dibuat mulai dari konsentrasi 0-1 ppm yang nantinya akan didapatkan persamaan linear dari *fitting* kurva antara absorbansi dan konsentrasi. Gambar 3.21. menunjukkan diagram alir proses analisa kadar Cr (VI) menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.



Keterangan :

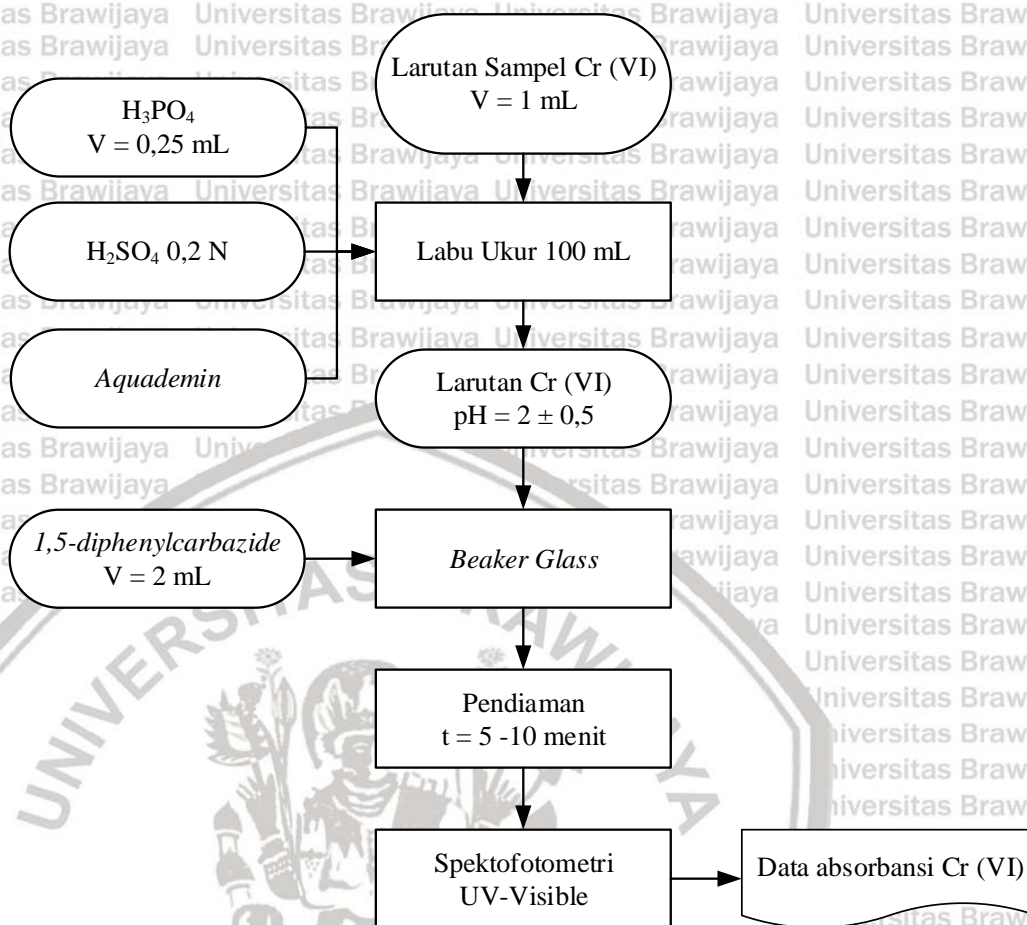
*Prosedur dilakukan kembali untuk konsentrasi larutan baku 0,4 ppm, 0,6 ppm, 0,8 ppm dan 1 ppm

Gambar 3. 21 Diagram Alir Penentuan Absorbansi Larutan Baku Cr (VI) Untuk Kurva Kalibrasi

Setelah didapatkan data absorbansi untuk masing-masing larutan baku Cr (VI), selanjutnya dilakukan pembuatan kurva kalibrasi untuk Cr (VI) dengan *fitting* data antara konsentrasi larutan baku (sumbu X) dan absorbansi (sumbu Y). Dilanjutkan dengan *trendline linear* untuk mendapatkan persamaan kurva kalibrasi.

3.4.7.4 Pengukuran Absorbansi Sampel

Gambar 3.22. menunjukkan diagram alir proses analisa kadar Cr (VI) menggunakan Spektrofotometer UV-Visible.



Gambar 3. 22 Diagram Alir Analisa Cr (VI) Menggunakan Spektrofotometer UV-Visible

Setelah didapatkan data absorbansi larutan sampel Cr (VI) kemudian penentuan konsentrasi sampel dilakukan dengan menggunakan persamaan garis linear yang telah didapatkan pada kurva kalibrasi. Konsentrasi tersebut adalah konsentrasi larutan Cr (VI) setelah proses adsorpsi (C_1). Sedangkan konsentrasi larutan Cr (VI) sebelum adsorpsi (C_0) ditentukan dengan cara yang sama namun menggunakan larutan Cr (VI) sebelum proses adsorpsi. Perhitungan peyisihan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3-8) :

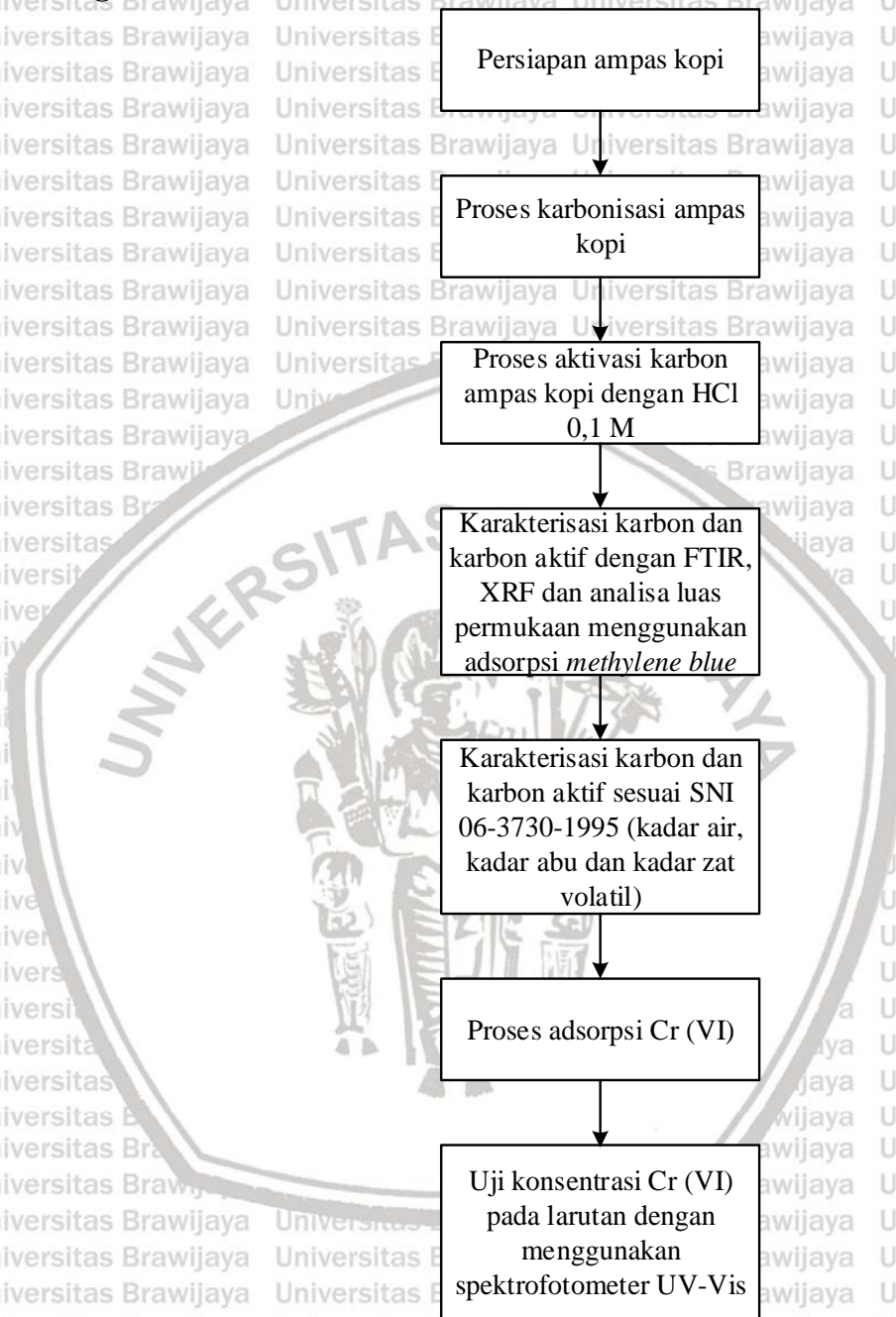
$$\text{Peyisihan (\%)} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (3-8)$$

Dimana,

C_0 = Konsentrasi larutan Cr (VI) sebelum adsorpsi

C_1 = Konsentrasi larutan Cr (VI) setelah adsorpsi

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 23 Diagram Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Karbon dan Karbon Aktif

Karakterisasi ini berguna untuk mengetahui perbedaan kualitas dari karbon dan karbon aktif ampas kopi yang dihasilkan.

4.1.1 Karakterisasi Berdasarkan SNI 06-3730-1995

Hasil pengujian karakterisasi yang didasarkan SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Hasil Karakterisasi Kadar Air Karbon dan Karbon Aktif Berdasarkan SNI 06-3730-1995

SNI 06-3730-1995 (Serbuk)		Karbon	Karbon Aktif
Kadar Air, %	Maksimal 15 %	9,070%	4,820%

Berdasarkan Tabel 4.1, kadar air karbon yang didapat sebesar 9,070% dan pada karbon aktif sebesar 4.820%, dimana hasil ini sudah memenuhi standar kualitas SNI 06-3730-1995 yaitu maksimum adalah 15%. Karbon memiliki kadar air yang lebih besar dibandingkan karbon aktif dengan selisih 4,25%, hal ini disebabkan karena sifat higroskopis dari aktivator yang digunakan yaitu HCl. HCl merupakan aktivator kimia higroskopis yang meningkatkan dehidrasi, mengurangi kadar air dari karbon aktif yang dihasilkan (Hanum dkk, 2017).

Tabel 4. 2 Karakterisasi Padatan Hasil Karbonisasi Pada 600°C

SNI 06-3730-1995 (Serbuk)		Karbon	Karbon Aktif
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C, %	Maksimal 25 %	43,885%	35,730%
Kadar Abu, %	Maksimal 10 %	7,395%	6,823%
Kadar Karbon, %	Minimal 65 %	48,720%	57,447%

Kadar abu dapat dikatakan sebagai sisa dari mineral-mineral yang tertinggal pada saat proses pembakaran bahan dasar alam yaitu ampas kopi sebagai dasar pembuatan karbon aktif yang tidak hanya terdiri dari karbon saja, melainkan banyak terdapat

mineral. Mineral-mineral ini masih tertinggal dalam karbon aktif walaupun setelah proses karbonisasi serta aktivasi. Sesuai dengan Tabel 4.2, kadar abu yang diperoleh pada karbon yaitu 7,395%, sedangkan karbon aktif 6,823%. Hasil yang diperoleh memenuhi standar kualitas SNI 06-3730-1995 yaitu maksimum adalah 10%. Karbon memiliki kadar abu lebih besar dibanding karbon aktif ampas kopi, dikarenakan pada saat aktivasi oleh aktivator HCl, dapat menghilangkan sebagian mineral pengotor yang ada pada karbon. Mineral yang terdapat pada karbon maupun karbon aktif, seperti kalium, kalsium dan lainnya yang menyebar pada kisi-kisi arang aktif, sehingga menyebabkan penyumbatan pada pori. Kadar abu yang besar dapat mempengaruhi daya serap karbon aktif dan juga menyebabkan berkurangnya luas permukaan karbon aktif (Alimah, 2015).

Pengujian kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C dilakukan agar dapat mengetahui kadar zat-zat pada karbon maupun karbon aktif yang mudah menguap ketika dilakukan pemanasan dengan temperatur 950°C . Kadar bagian yang hilang pada pemanasan 950°C yang dimaksud adalah zat-zat organik yang terikat dalam sampel dan menguap pada pemanasan tanpa oksigen pada 950°C (SNI 06-3730-1995).

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C tidak memenuhi persyaratan standar SNI 06-3730-1995 yaitu maksimal 25%. Nilai kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C pada karbon lebih besar dibandingkan karbon aktif. Tingginya nilai kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C saat pengujian disebabkan karena kurang tingginya penggunaan temperatur pada proses karbonisasi bahan dasar ampas kopi. Temperatur karbonisasi yang semakin tinggi berakibat pada semakin banyaknya kadar zat volatil yang hilang, sehingga saat dilakukan pengujian mendapatkan hasil yang rendah (Alimah, 2015). Pada temperatur karbonisasi 600°C , kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C yang dihasilkan masih tinggi dikarenakan temperatur yang digunakan belum mampu menguapkan keseluruhan senyawa-senyawa kompleks seperti senyawa nitrogen, belerang dan senyawa lainnya yang terdapat pada karbon (Polli, 2017). Nilai kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C berpengaruh terhadap kemurnian karbon yang dihasilkan.

Ketika nilai kadar tersebut tinggi maka kemurnian karbon akan semakin rendah dan

banyak mengandung zat-zat pengotor sehingga proses adsorpsi menggunakan karbon tidak berlangsung secara maksimal.

Kadar karbon ditentukan untuk mengetahui berapa kadar karbon yang dihasilkan, dimana karbon dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar abu dan kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C (Alimah, 2015). Nilai kadar karbon yang terdapat pada karbon berdasarkan Tabel 4.2 yaitu 48,720%, sedangkan karbon aktif 57,447%. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa kadar karbon tidak memenuhi persyaratan standar SNI 06-3730-1995 yaitu minimal 65%. Rendahnya kadar karbon ini dikarenakan senyawa-senyawa non karbon belum sepenuhnya menguap pada saat proses karbonisasi sehingga menyebabkan tingginya kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C saat dilakukan pengujian, hal ini mempengaruhi rendahnya kadar karbon yang dihasilkan (Alimah, 2015).

4.1.2 Analisa Pengujian Luas Permukaan dengan Daya Serap Terhadap *Methylene Blue*

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui perubahan luas permukaan spesifik adsorben karbon dan karbon aktif ampas kopi. Luas permukaan spesifik adalah keseluruhan luas permukaan per unit massa suatu padatan. Luas permukaan spesifik terdiri dari luas permukaan internal dan luas permukaan eksternal. Luas permukaan internal adalah keseluruhan luas permukaan dinding pori sedangkan luas permukaan eksternal adalah luas permukaan padatan diluar semua pori (Setyawati dan Rakhman, 2015).

Analisa pengujian ini menggunakan metode adsorpsi dengan *methylene blue* sebagai adsorbat, sehingga luas permukaan masing-masing adsorben dapat diketahui dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan (3-6) dan (3-7) (Ramdja,dkk, 2008). Tabel 4.3 menunjukkan hasil analisa pengujian luas permukaan adsorben dengan daya serap terhadap *methylene blue* (X_m). Untuk masing-masing adsorben yaitu karbon dan karbon aktif ampas kopi dihasilkan daya serap *methylene blue* (X_m) secara berurutan sebesar 108,58 mg/g dan 164,36 mg/g.

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Luas Permukaan Adsorben dengan Daya Serap

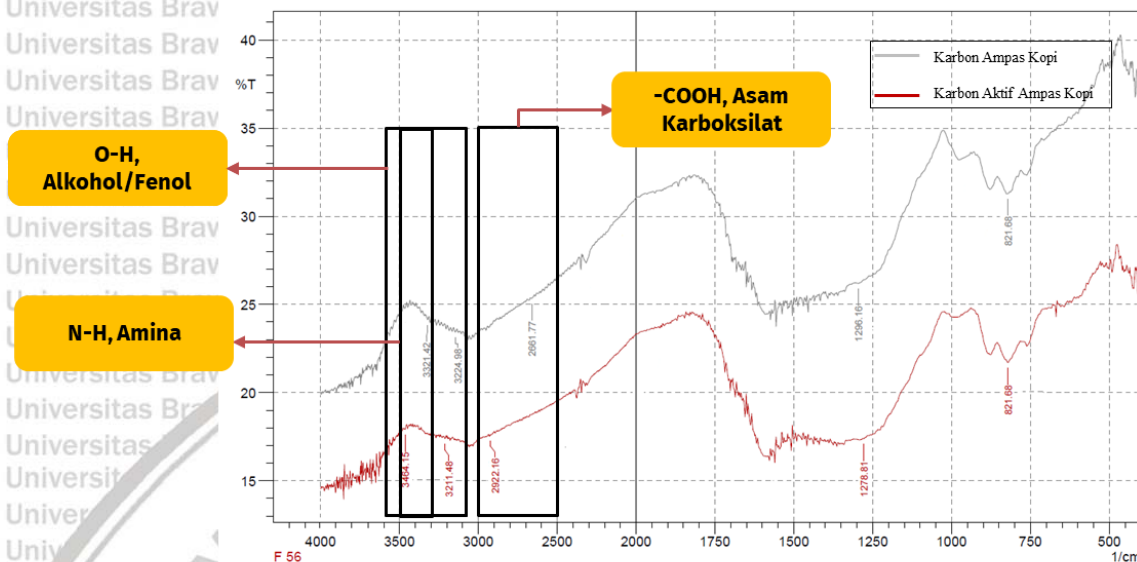
Methylene Blue

Sampel	X_m (mg/g)	S (m^2/g)
Karbon	108,58	402,98
Karbon Aktif	164,36	609,41

Spesifikasi luas permukaan adsorben menurut Chermisinoff (2002) berkisar antara 450 – 1800 m^2/g , sedangkan hasil pengujian luas permukaan menggunakan daya serap *methylene blue* didapatkan sesuai Tabel 4.3 luas permukaan spesifik (S) untuk karbon sebesar 402,98 m^2/g sedangkan pada karbon aktif sebesar 609,41 m^2/g . Hal ini menunjukkan bahwa karbon setelah proses aktivasi memiliki kesesuaian dengan spesifikasi yang telah disebutkan sebelumnya, sedangkan pada karbon tidak memenuhi spesifikasi. Luas permukaan karbon yang lebih kecil dibandingkan dengan karbon aktif dikarenakan terdapatnya mineral pengotor yang masih menutupi pori-pori karbon. Mineral pengotor ini dapat dihilangkan melalui proses aktivasi. Data analisa luas permukaan pada Tabel 4.3 mengindikasikan bahwa proses aktivasi menggunakan HCl berhasil dilakukan, sehingga didapatkan luas permukaan yang lebih besar pada karbon aktif dan daya serap yang tinggi. Bertambahnya luas permukaan karbon setelah proses aktivasi dikarenakan peran aktivator HCl yaitu melarutkan dan menghilangkan senyawa mineral oksida yang menyumbat pori-pori karbon. Hal ini dibuktikan pula dengan hasil analisa XRF pada Tabel 4.5.

4.1.3 Karakterisasi Menggunakan Instrumen

4.1.3.1 Analisa FTIR (*Fourier Transform Infrared*)



Gambar 4. 1 Hasil Uji FTIR Karbon dan Karbon Aktif Ampas Kopi

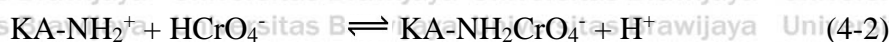
Berdasarkan Gambar 4.1, hasil pengujian FTIR pada karbon dan karbon aktif menunjukkan bahwa terdapat gugus fungsi C-H alkena pada spektrum IR antara 674-995 cm^{-1} . Pada daerah serapan 690-900 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi C-H cincin aromatik. Pada daerah serapan 1050-1300 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi C-O alkohol/eter/asam karboksilat/ester. Pada daerah serapan 1180-1360 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi amina. Pada daerah serapan 2500-3000 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi -COOH asam karboksil. Pada daerah serapan 3200-3600 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi C=C aldehyd/keton/asam karboksilat/ester dan O-H alkohol/fenol. Pada daerah serapan 3300-3500 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi N-H amina.

Tabel 4. 4 Karakteristik FTIR Pada Karbon dan Karbon Aktif

Daerah Serapan (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Sampel	
		Karbon	Karbon Aktif
675-995	C-H, Alkena	√	√
690-900	C-H, Cincin Aromatik	√	√
1050-1300	C-O, Alkohol/ Eter/ Asam Karboksilat/ Ester	√	√
1180- 1360	C-N, Amina/ Amida	√	√
2500-3000	-COOH, Asam Karboksil	√	√
3200-3600	C=C, Aldehyd/ Keton/ Asam Karboksilat/ Ester	√	√
3200-3600	O-H, Alkohol/ Fenol	√	√
3300-3500	N-H, Amina/ Amida	√	√

Tabel 4.4 menunjukkan keseluruhan gugus fungsi yang terdapat pada karbon dan karbon aktif. Sesuai data tersebut karbon dan karbon aktif memiliki gugus fungsi yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa proses aktivasi menggunakan aktivator HCl 0,1 M tidak mempengaruhi perubahan gugus fungsi penyusun karbon ampas kopi. Aktivator HCl yang digunakan hanya bekerja untuk melarutkan dan menghilangkan mineral oksida pengotor yang menutupi pori karbon dan menghambat proses adsorpsi. Hal ini juga dibuktikan dengan data hasil analisa XRF pada Tabel 4.5.

Mekanisme adsorpsi ion kromium [Cr (VI)] pada karbon aktif dengan nilai pH rendah (dalam hal ini pH 2) menyebabkan semakin banyak terjadinya interaksi elektrostatis antara gugus pada permukaan dengan HCrO₄⁻ (ion hidrogen kromat) yang mendominasi dalam larutan (Brandhuber, dkk, 2004). Gugus permukaan tersebut adalah O-H (Alkohol/Fenol), N-H (Amina) dan -COOH (Asam Karboksilat) yang sebelumnya telah mengalami protonasi pada pH asam sehingga bermuatan positif. Interaksi elektrostatis ini dapat dijelaskan dengan persamaan reaksi (4-1) hingga (4-3) (Gueye, 2013):



Proses adsorpsi Cr (VI) menggunakan karbon aktif limbah ampas kopi diaktivasi HCl merupakan adsorpsi fisika dimana terjadi interaksi elektrostatik yang lemah antara adsorbat dengan gugus fungsi permukaan yang telah terprotonasi tanpa adanya melibatkan pertukaran ion.

4.1.3.2 Analisa XRF (*X-Ray Fluorescence*)

Analisa *X-Ray Fluorescence* (XRF) bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa komposisi senyawa mineral oksida yang terdapat pada karbon dan karbon aktif ampas kopi. Senyawa mineral oksida ini merupakan pengotor yang terdapat pada bahan. Hasil uji XRF pada karbon dan karbon aktif ampas kopi disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Karakteristik XRF Pada Karbon dan Karbon Aktif

Komponen	Karbon (%)	Karbon Aktif (%)
P ₂ O ₅	5,60	9,00
K ₂ O	72,20	39,90
CaO	14,80	31,90
Fe ₂ O ₃	3,23	5,70

Senyawa mineral oksida yang terbesar menurut hasil dari uji XRF karbon dan karbon aktif ampas kopi pada Tabel 4.5 adalah K₂O dan CaO. Pada karbon ampas kopi, kandungan K₂O sebesar 72,20% dan CaO sebesar 14,80%, sedangkan pada karbon aktif ampas kopi, kandungan K₂O sebesar 39,90% dan CaO sebesar 31,90%. Kandungan mineral K₂O yang menurun secara signifikan dari karbon ke karbon aktif disebabkan oleh peran aktivator HCl yang digunakan. Aktivator HCl menyebabkan larut dan hilangnya oksida logam yang sebelumnya menutupi permukaan karbon serta terjerap di dalam pori. Hal tersebut membuat luas permukaan bidang kontak semakin besar (Al Muttaqi dkk, 2019).

Selain K₂O dan CaO, senyawa mineral oksida lainnya hanya memiliki persentase kecil dimana hal ini menunjukkan bahwa komposisi kimia karbon setelah

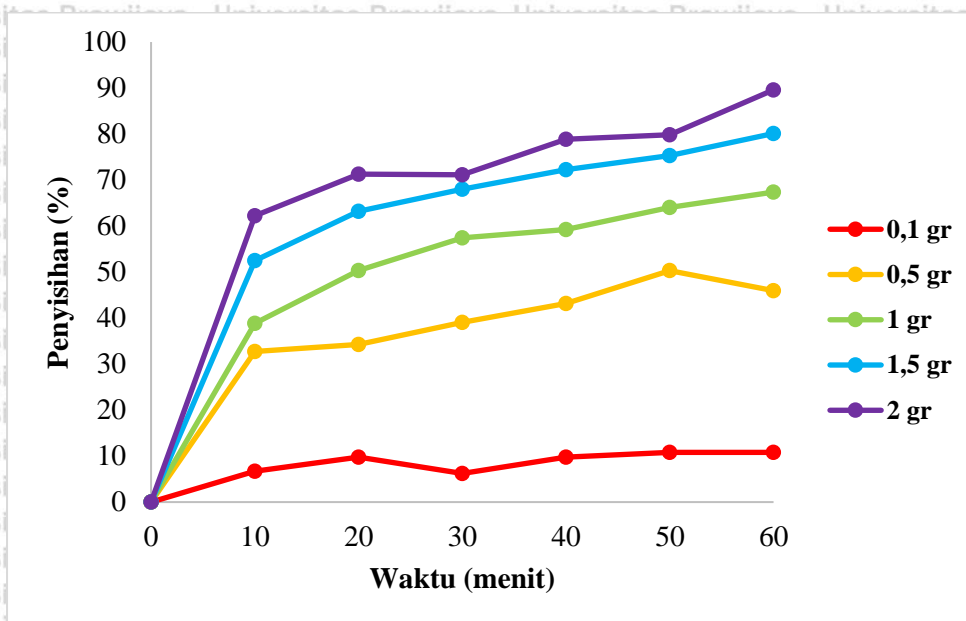
diaktivasi menggunakan aktivator HCl tidak terjadi perubahan yang signifikan.

Persentase senyawa mineral oksida pada karbon aktif mengalami peningkatan, dikarenakan penurunan persentase senyawa K_2O yang sangat signifikan dan menyebabkan seolah-olah persentase mineral oksida lain meningkat.

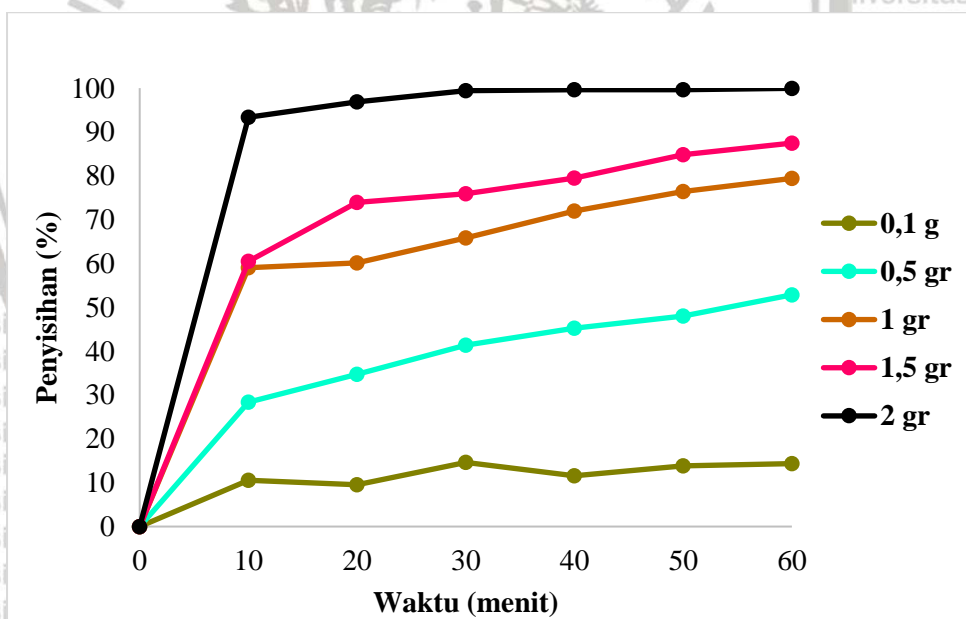
4.2 Pengaruh Variasi Massa Adsorben Terhadap Penyisihan Cr (VI)

Pada penelitian ini proses adsorpsi dilakukan pada kondisi asam, yaitu pada pH 2 dengan konsentrasi awal adsorbat Cr (VI) sebesar 20 ppm. Pengondisian tersebut dalam rangka untuk menyerupai kondisi limbah sintesis yang digunakan dengan kondisi *real* limbah cair industri elektroplating (Radhakrishnan, dkk, 2014). Pada kondisi pH rendah, ion H^+ yang dihasilkan akan semakin banyak. Hal ini memicu terjadinya protonasi gugus fungsi pada permukaan karbon aktif sehingga menyebabkan terbentuknya situs bermuatan positif (Arif & Fauzia, 2020). Gugus fungsi pada permukaan adsorben tersebut diantaranya gugus hidroksil (O-H), karboksil (-COOH) dan amina (N-H) (Gueye, 2013) yang terbukti dalam hasil analisa FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Selain itu pada pH 2 dan konsentrasi Cr (VI) 20 ppm, bentuk senyawa yang paling dominan terbentuk adalah $HCrO_4^-$ (Brandhuber, dkk, 2004). Adanya interaksi elektrostatis pada permukaan adsorben yaitu gugus fungsi yang terprotonasi dan senyawa $HCrO_4^-$ menyebabkan proses adsorpsi dapat terjadi (Iftekhar dkk, 2018). Menurut kajian Gueye, dkk. 2014, $HCrO_4^-$ memiliki sifat mudah larut di dalam air serta mudah terikat pada gugus fungsi yang ada pada permukaan adsorben yang terprotonasi.

Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 memperlihatkan bagaimana pengaruh variasi massa adsorben karbon aktif ampas kopi terhadap penyisihan Cr (VI).



Gambar 4. 2 Grafik Hubungan Massa Adsorben Terhadap Penyisihan Cr (VI) Pada Temperatur Ruang (27°C)



Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Massa Adsorben Terhadap Penyisihan Cr (VI) Pada Temperatur 40°C

Gambar 4.2 dan 4.3 menggambarkan pengaruh variasi massa adsorben dari 0,1 gram hingga 2 gram terhadap penyisihan Cr (VI). Perbedaannya terletak pada temperatur adsorpsi yang digunakan. Pada Gambar 4.2 proses adsorpsi dilakukan pada temperatur ruang (27°C) sedangkan pada Gambar 4.3 adsorpsi dilakukan pada temperatur 40°C. Kedua gambar tersebut menunjukkan bahwa peningkatan penyisihan ion logam Cr (VI) seiring dengan

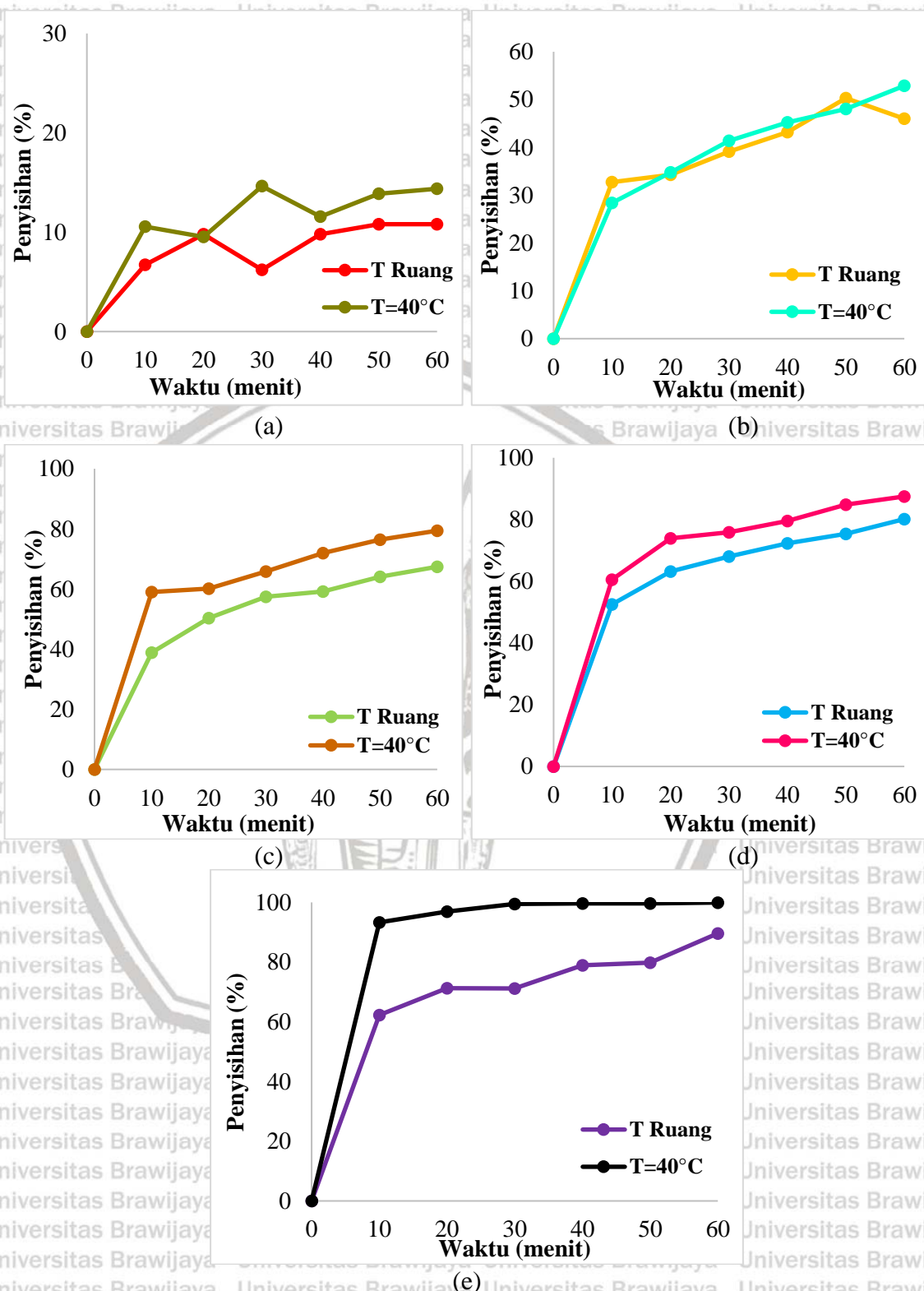
peningkatan massa adsorben. Penyisihan pada massa karbon aktif 0,1 gram; 0,5 gram; 1 gram; 1,5 gram dan 2 gram dengan temperatur ruang pada menit ke-60 berturut-turut adalah 10,81%; 45,97%; 67,38%; 80,12%; dan 89,60%. Sedangkan pada massa karbon aktif 0,1 gram; 0,5 gram; 1 gram; 1,5 gram dan 2 gram dengan temperatur adsorpsi 40°C pada menit ke-60 berturut-turut adalah 14,37%; 52,85%; 79,41%; 87,46%; dan 99,95%. Dapat dilihat bahwa dalam lama waktu adsorpsi 60 menit ini, penyisihan Cr (VI) dalam temperatur ruang dan temperatur 40°C mengalami peningkatan seiring dengan penambahan jumlah adsorben yang digunakan. Tingkat adsorpsi zat terlarut meningkat seiring dengan peningkatan massa adsorben karena semakin banyaknya sisi aktif pada adsorben sehingga meningkatkan jumlah adsorbat yang menempel pada daerah tersebut (Mulani dkk, 2013).

Penyisihan Cr (VI) yang terbaik didapatkan pada massa adsorben sebesar 2 gram. Dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3, konsentrasi Cr (VI) menurun tajam dalam 10 menit pertama, dan pada rentang menit selanjutnya hingga menit ke-60 terjadi penurunan bertahap konsentrasi Cr (VI) yang tidak terlalu tajam, hal ini terjadi karena semakin terbatasnya luas permukaan adsorben yang tersedia untuk menyerap Cr (VI) yang ada.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Kadar Cr (VI) Pada Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Pelapisan Logam dan Galvanis sebesar 0,1 mg/L. Proses adsorpsi Cr (VI) pada temperatur ruang dengan variasi massa adsorben 0,1 gram hingga 2 gram selama 60 menit tidak dapat memberikan penyisihan Cr (VI) hingga memenuhi baku mutu air limbah. Begitu pula pada proses adsorpsi Cr (VI) menggunakan temperatur 40°C dengan variasi massa adsorben 0,1 gram hingga 1,5 gram selama 60 menit. Baku mutu kadar Cr (VI) ini dapat terpenuhi pada adsorpsi menggunakan temperatur 40°C dengan massa adsorben 2 gram dalam kurun waktu 40 menit dimana menghasilkan penyisihan Cr (VI) sebesar 99,64% atau konsentrasi Cr (VI) 0,07 mg/L.

4.3 Pengaruh Variasi Temperatur Adsorpsi Terhadap Penyisihan Cr (VI)

Gambar 4.4, memperlihatkan bagaimana pengaruh variasi temperatur adsorpsi terhadap penyisihan Cr (VI) dengan massa adsorben 0,1 gram; 0,5 gram; 1 gram; 1,5 gram dan 2 gram. Temperatur adsorpsi yang digunakan yaitu pada temperatur ruang (27°C) dan temperatur 40°C.



Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Temperatur Adsorpsi Terhadap Penyisihan Cr (VI) dengan massa adsorben (a) 0,1 gram; (b) 0,5 gram; (c) 1 gram; (d) 1,5 gram dan (e) 2 gram

Adsorpsi Cr (VI) dengan massa adsorben 0,1 gram pada temperatur ruang dan temperatur 40°C menghasilkan penyisihan pada menit ke-60 yaitu 10,81% dan 14,37%; pada massa adsorben 0,5 gram menghasilkan penyisihan 45,97% dan 52,85%; pada massa adsorben 1 gram menghasilkan penyisihan 67,38% dan 79,41%; pada massa adsorben 1,5 gram menghasilkan penyisihan 80,12% dan 87,46% serta pada massa adsorben 2 gram menghasilkan penyisihan 89,60% dan 99,95%. Hal ini menandakan bahwa peningkatan temperatur adsorpsi dapat meningkatkan penyisihan Cr (VI).

Dari grafik pada Gambar 4.4 diketahui bahwa untuk keseluruhan variasi massa adsorben dan temperatur adsorpsi, proses adsorpsi Cr (VI) berlangsung secara optimum pada 10 menit awal dimana ditandai dengan penyisihan Cr (VI) yang sangat signifikan. Namun pada proses adsorpsi selama 10 menit ini belum mampu menyisihkan kadar Cr (VI) hingga memenuhi baku mutu air limbah industri pelapisan logam. Penyisihan Cr (VI) yang sangat signifikan pada 10 menit awal dikarenakan terdapat banyak sisi aktif pada pori karbon aktif yang belum berikatan dengan adsorbat. Hal ini dapat memudahkan terjadinya interaksi antara karbon aktif dan Cr (VI) sehingga proses adsorpsi dapat berlangsung. Proses adsorpsi pada rentang menit selanjutnya hingga menit ke-60, penyisihan Cr (VI) berlangsung secara bertahap dikarenakan semakin terbatasnya sisi aktif adsorben yang tersedia untuk menyerap Cr (VI) yang ada.

Penyisihan pada temperatur adsorpsi 40°C, lebih tinggi dibandingkan adsorpsi pada temperatur ruang pada keseluruhan variabel massa adsorben. Namun pada variabel massa adsorben 0,5 gram pada menit ke-10 dan ke-50 penyisihan pada temperatur ruang lebih besar yang tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan karbon aktif telah mengalami kondisi jenuh sehingga tidak dapat lagi melakukan proses adsorpsi dan Cr (VI) yang teradsorpsi akan terlepas kembali ke dalam larutan.

Menurut kajian (Dula dkk, 2014) peningkatan penyisihan terhadap temperatur adsorpsi disebabkan oleh adanya kenaikan energi kinetik partikel adsorben. Dengan demikian frekuensi terjadinya tumbukan antara adsorben dan adsorbat meningkat, dan menyebabkan meningkatnya adsorpsi pada permukaan adsorben. Penelitian serupa mengenai efek temperatur adsorpsi Cr (VI) oleh karbon aktif dari bambu dengan variasi temperatur 25°C, 27°C, 35°C dan 45°C pada pH 2 menghasilkan penyisihan secara berurutan 97,02%,

98,22%, 98,31% dan 98,39% (Dula dkk, 2014). Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa penyisihan ion logam Cr (VI) meningkat seiring dengan peningkatan temperatur adsorpsi sehingga proses adsorpsi berlangsung secara endotermis.

Selain itu, temperatur adsorpsi juga dapat mempengaruhi difusivitas dalam fasa cair, dimana koefisien difusivitas akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan temperatur adsorpsi. Koefisien difusivitas ini menunjukkan perpindahan massa ion logam Cr (VI) dalam *bulk liquid*. Hal ini dapat dibuktikan dengan persamaan (4-4) yang menjelaskan efek temperatur terhadap koefisien difusivitas (m^2/s) (Geankoplis, 1993):

$$D_{AB} = 1,173 \times 10^{-16} (\varphi M_B)^{1/2} \frac{T}{\mu_B \times V_A^{0,6}} \quad (4-4)$$

Dimana,

- D_{AB} = Koefisien difusivitas (m^2/s)
- φ = Parameter asosiasi pelarut (air = 2,6)
- M_B = Berat molekul pelarut
- T = Temperatur (K)
- μ_B = Viskositas pelarut (air) (Pa.s)
- V_A = Molar volume adsorbat (A) ($m^3/kg \text{ mol}$)

Berdasarkan persamaan (4-4) diketahui bahwa koefisien difusivitas sebanding dengan temperatur, sehingga pada proses adsorpsi Cr (VI) menggunakan karbon aktif ampas kopi pada temperatur 40°C akan didapatkan koefisien difusivitas yang lebih besar dibandingkan pada temperatur ruang (27°C).

Berdasarkan data adsorpsi yang telah didapatkan, penggunaan karbon aktif ampas kopi sebagai adsorben memiliki potensi untuk menyisihkan logam berat Cr (VI) dengan konsentrasi awal 20 ppm, dimana dengan massa adsorben sebanyak 2 gram, temperatur adsorpsi 40°C, didapatkan penyisihan sebesar 99,64% atau konsentrasi Cr (VI) 0,07 mg/L dalam waktu adsorpsi 40 menit. Hal ini telah memenuhi Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Pelapisan Logam dan Galvanis sebesar 0,1 ppm.



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Semakin besar massa adsorben yang digunakan maka semakin besar pula penyisihan Cr (VI).
2. Temperatur adsorpsi yang semakin besar dapat meningkatkan penyisihan adsorbat, yaitu pada proses adsorpsi temperatur 40°C dengan massa adsorben 2 gram dapat mencapai penyisihan Cr (VI) hingga 99,64% (0,07) mg/L pada proses adsorpsi selama 40 menit sehingga memenuhi baku mutu air limbah industri pelapisan logam.
3. Proses adsorpsi pada temperatur ruang dengan massa adsorben yang semakin besar yaitu 2 gram akan menghasilkan penyisihan Cr (VI) yang semakin tinggi yaitu 89,60% (2,04 ppm).

5.2 Saran

1. Perlu dilakukannya penelitian yang lebih lanjut mengenai variasi jenis aktivator yang digunakan guna mengetahui karakteristik karbon aktif dari limbah ampas kopi yang lebih optimal dalam proses adsorpsi kromium heksavalen [Cr (VI)].
2. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh temperatur pada proses karbonisasi terhadap karakteristik karbon aktif dari limbah ampas kopi.
3. Perlu dilakukan *pre-treatment* pencucian awal pada bahan baku ampas kopi sebelum digunakan.
4. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai pengaruh temperatur adsorpsi pada koefisien difusi adsorbat ke adsorben.

DAFTAR PUSTAKA

- Adummahendra, A., dan Ghiffary, M. A. 2019. *Adsorpsi Cr (VI) Menggunakan Karbon Aktif Limbah Ampas Kopi dengan Variasi Massa Adsorben dan Konsentrasi Awal Cr (VI)*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Alhinaï, M., Azad, A.K., Bakar, M.S.A., & Phusunti, N. 2018. *Characterization and Thermochemical Conversion of Rice Husk for Biochar Production*. International Journal of Renewable Energy Sources, 8, 1648-1565.
- Alimah, Dewi. 2015. *Sifat dan Mutu Arang Aktif dari Tempurung Biji Mete*. Banjarbaru: Jurnal Penelitian Hasil Hutan Vol. 35.
- Al Muttaqi, M., Isnugroho, K., Birawida, D.C., dan Amin, M. 2019. *The Effect Of Chemical Activation By Using Acid and Base Solution on Natural Zeolite Characteristics*. Jakarta : Researchgate.
- Amalia, Nurfitriã. 2015. *Adsorpsi Cr(III) Dan Cr(VI) Dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif Dari Biji Trembesi (Samanea Saman)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Anastopolous, I. dkk. 2017. *A Review for Coffee Adsorbents*. Journal of Molecular Liquids, vol. 229, pp. 555-565.
- APHA. 1999. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington DC: American Public Health Association.
- Arif, M. Zuhri dan Fauzia, E. Alvi. *Penyisihan Cr (VI) dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Adsorben Karbon Aktif dengan Variabel Temperatur dan Massa Adsorben*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Aryani, Farida Dkk. 2019. *Aplikasi Metode Aktivasi Fisika Dan Aktivasi Kimia Pada Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa (Cocos Nucifera L)*. Samarinda : Indonesian Journal Of Laboratory.
- Asmadi, dkk. 2009. *Pengurangan Chrom (Cr) Dalam Limbah Cair Industri Kulit Pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali Ca(OH)₂, NaOH dan NaHCO₃ (Studi Kasus PT. Trimulyo Kencana Mas*. Semarang. Jurnal Air Indonesia. 5(1): 41-54.
- Ballesteros, L.F., Teixeira, J.A., Mussatto, S. I. 2014. *Chemical, Functional, and Structural Properties of Spent Coffee Grounds and Coffee Silverskin*. NewYork: Springer Science Business Media New York.

- Baryatik, Puput. 2016. *The Usage of Coffee Waste Activated Charcoal as Adsorbent of Chromium in Batik's Liquid Waste*. Jember: Artikel Ilmiah Hasil Penelitian Mahasiswa.
- Baryatik, Puput. 2019. *The Usage of Coffee Waste Activated Charcoal as Adsorbent of Cadmium in Well Water*. Jember: Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah.
- Blinová, L., Sirotiak M., Bartošová A., Soldán M. 2017. *Review: Utilization Of Waste From Coffee Production*. Slovak: University of Technology In Bratislava.
- Brandhuber, P., Frey M., McGuire, M.J., Chao., PengFei Chao, dkk. 2004. *Low-Level Hexavalent Chromium Treatment Options: Bench-Scale Evaluation*. California: Awwa Research Foundation.
- Bullo, Saifullah. 2019. *Carbon Nanomaterial for the Treatment of Heavy Metal-Contaminated Water and Environmental Remediation*. Malaysia: Elsevier.
- Caetano, N. 2012. *Valorization of Coffee Grounds for Biodiesel Production*. Italia: Chemical Engineering Transactions, Vol. 26.
- Cecen dan Ozgur. 2012. *Activated Carbon for Water and Wastewater Treatment*. Jerman: Wiley-VCH Verlag & Co.
- Chambers, Phoenix. 2020. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. UK: ED TECH PRESS.
- Cherdchoo., W. Nithettham, S., dan Charoenpanich, J. 2019. *Removal of Cr (VI) From Synthetic Wastewater by Adsorption Onto Coffee Ground and Mixed Waste Tea*. Thailand: Elsevier Ltd.
- Cheremisnoff, Nicholas P. 2002. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*. Boston: N&P Limited.
- Cruz, R. 2014. *Coffee by-products: Sustainable Agro-Industrial Recovery and Impact on Vegetables Quality*: dissertation thesis. Universidade de Porto.
- Dugmore, Tom. 2014. *The Business of Food Waste*. Inggris: Waste Valor.
- Dula, T., Siraj K., dan Kitte, S.A. 2014. *Adsorption of Hexavalent Chromium from Aqueous Solution Using Chemically Activated Carbon Prepared from Locally Available*

- Waste of Bamboo (Oxytenanthera abyssinica)*. Ethiopia: Hindawi Publishing Corporation.
- Erlina, Umiatin dkk. 2015. *Pengaruh Konsentrasi Larutan KOH pada Karbon Aktif Tempurung kelapa Untuk Adsorpsi Logam Cu*. Jakarta: Jurnal MIPA UNJ.
- Fachuang, Lu dan John Ralph. 2010. *Cereal Straw as a Resource for Sustainable Biomaterials and Biofuels*. Madison: Elsevier
- Faust, Samuel D., Aly, Osman M. 2018. *Chemistry of Water Treatment*. New York: CRC Press.
- Fischer, M., Reimann S., Trovato, V., dan Redg. 2001. *Polysaccharides of Green Arabisa and Robusta Coffee Beans*. Carbohydrate Research 3301:93-101
- Friis, R. 2016. *Occupational Health and Safety for the 21st Century*. Burlington: Jones & Barlet Learning.
- Gandhimathi, R., Vijayaraj, S., Jyothirmaie, M.P., 2012. *Analytical Process Of Drugs By Ultraviolet (UV) Spectroscopy – A Review*. India. International Journal of Pharmaceutical Research & Analysis.
- Geankoplis, Christie J. 1993. *Transport Processes and Unit Operations*. US: Pretince-Hall International, Inc.
- Gueye, Mbaye., Richardson, Kafack F. & Biln. 2014. *High Efficiency Activated Carbon from African Biomass Residue for removal chromim (VI) from wastewater*. Elsevier
- Hanum, F, dkk. 2017. *Characterization of Activated Carbon from Rice Husk by HCl Activation and Its Application for Lead (Pb) Removal in Car Battery Wastewater*. Medan Chemical Engineering Department, Faculty of Engineering, Universitas Sumatera.
- Haschke, Michael. 2014. *Laboratory Micro-X-Ray-Fluorescence Spectroscopy*. Switzerland: Springer.
- Hashemian, S., Ardakani, M.K., Salehifar, H. 2013. *Kinetics and Thermodynamics of Adsorption Methylene Blue onto Tea Waste/CuFe₂O₄ composite*. Am. J. Anal. Chem. 4, 1-7.

Herdina,dkk. 2018. *Efektivitas Variasi Lama Kontak Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) Dalam Menurunkan Logam Berat Kromium Heksavalen (Cr6+) Pada Limbah Industri Pelapisan Logam*. Semarang: JKM e-journal.

Hidayati, A.S. Dwi Saptati N. & Himma, Nurul F. 2018. *Perlakuan fisiko-Kimia Limbah Cair Industri*. Malang: UB Press.

Iftekhar, S. Farooq, M.U., Sillanpaa, M., Asif, M.B., Habib, R. 2017. *Removal of Ni (II) using multi-walled carbon nanotubes electrodes: relation between operating parameters and capacitive deionization performance*. Arabian J. Sci. Eng 42, 235-240.

Iftekhar, S. Ramasamy, D. L. Srovastava, V. Asif, M.B. Sillanpaa, M. 2018. *Understanding The Factors Affecting The Adsorption Of Lanthanum Using Different Adsorbent: A Critical Review*. Elsevier.

Imawati, Anita dan Adhitiyawarman. 2015. *Kapasitas Adsorpsi Maksimum Ion Pb (II) Oleh Arang Aktif Ampas Kopi Teraktivasi HCl dan H₃PO₄*. Tanjungpura: JKK Volume 4

Integrated Risk Information System (IRIS). 2000. Chromium III. Cincinnati: USEPA.

Kementrian Pertanian Republik Indonesia. 2019. *Statistik Pertanian*. Jakarta. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.

Kuhad, R. C., Ajay, Singh. 2007. *Biotechnology Future Prospects*. New Delhi: IK International Publishing House Pvt. Ltd.

Laura, G. 2016. *Recycled coffee grounds give rise to Fremantle mushroom farm*. [Online]. Available at: <http://www.abc.net.au/news/2016-05-10/perth-mushroom-farm-begins-production/7399456>.

Lempang, Mody. 2014. *Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif*. Makassar: BPK Makassar.

Marsh, Harry. 2006. *Activated Carbon*. Elsevier: United Kingdom.

McLaughin, Hugh. 2011. *Characterizing Biochars: Attributes, Indicators, and At-Home Test*. USA: The Biohar Revolution.

Mulani, K., Daniel, S., Rajdeo, K., Tambe, S. and Chavan,N. (20 13). Adsorption of chromium (V I) from aqueoussoluti on s by coffee po ly-p henol -for maldeh

- aldehyde/acet aldehyde resins. *Journal of Polymers*, 1 -11. India: Hindawi Publishing Corporation
- Oliveira, H. 2012. *Chromium as an Environmental Pollutant. Journal of Botany: Insights on Induced Plant Toxicity*.
- Panusa, A. et al. 2013. *Recovery of natural antioxidants from spent coffee grounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 61, no. 17, pp. 4162–4168.
- PDSIP. 2017. *Komoditas Pertanian Subsektor Holtikultura (Kopi)*. ISSN: 1907-1507.
- Polii, Fahri Ferdinan. 2017. *Pengaruh Temperatur dan Lama Aktifasi Terhadap Mutu Arang Aktif dari Kayu Kelapa*. Manado: Balai Riset dan Standardisasi Industri
- Radenahmad N., Tasfiah, A., Saghir, M., Taweekn, J., Saifullah, M., Bakar, A. 2020. *A review On Biomass Derived Syngas for SOFC Based Combined Heat and Power Application. Renew. Sustain. Energy Rev*
- Radhakrishnan, Kannan, Sethuraman, L. R., Panjanathan, R. 2014. *Biosorption Of Heavy Metals From Actual Electroplating Wastewater Using Encapsulated Moriga Oleifera Beads In Fixed Bed Column*. India: Tayllor & Francis
- Radovic Ljibisa R. 2008. *Chemistry and Physics Of Carbon*. Pennsylvania: CRC Press.
- Ramdja, A. Fuadi., Halim M., Jo Handi. 2008. *Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Kelapa (Cocus nucifera)*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwiaya.
- Reza, Md. S., Sing Yun, C., Afroze, S., Radenahmad, N., Abu Bakar, M.S., Saidur, R., Taweekun, J., Azad, A.K. 2020. *Preparation of Activated Carbon From Biomass And It's Application in Water And Gas Purification, A Review*. Arab: Journal of Basic and Applied Science, 27:1, 208-231.
- RTI Laboratories. 2015. *RTI Environmental, Chemical, Materials Testing*. Livonia: RTILAB All Right Reserved.
- Sanjaya, Ari Susandy. 2015. *Kinetics Study of Fe Content Decrease in Well Water With Activated Carbon Adsorption Of Coffee Waste*. Samarinda: Universitas Mulawarman.

- Saraswati, Yuliana. 2018. *Perbedaan Ketebalan Filter Arang Aktif Ampas Kopi Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Bersih*. Surabaya: Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes
- Sari, 2015. *Pengaruh Efek Scattering Penggunaan Inserted Sample Holder Pada EDXRF Epsilon5*. Bandung: Jurnal Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir 2015 Aula Timur ITB
- Schaar, Van Der. 2019. *Indonesia Investments Research Report (A New Cabinet Arrives)*. Belanda: www.indonesia-investments.com.
- Sembel, Dantje T. 2015. *Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: ANDI.
- Setyawan, G.A. 2015. *Analisa Kadar Glukosa Pada Cabai Merah Dengan Menggunakan Spektrofotometer Visible*. Semarang: Skripsi tidak dipublikasikan.
- Shimadzu, 2021. *UV-Vis Frequently Asked Questions - Instrument Design*. North America: www.ssi.shimadzu.com. Diakses pada 6 Mei 2021.
- Shofa, 2012. *Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida*. Skripsi. Jurusan Teknik Kimia. Fakultas Teknik, UI. Depok.
- Siahaan. Satryani dkk. 2013. *Penentuan Kondisi Optimum Temperatur dan Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi*. Medan: Jurnal Teknik Kimia USU, Vol 2 No. 1.
- Sueker, J.K. 1964. *Chromium Environmental Forensics*, 81-95.
- Suhartati, Tati. 2017. *Dasar-dasar Spektrofotometri Uv-Vis dan Spektrofotometri Massa Untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. Lampung: Penerbit Aura.
- SNI 06-3730-1995. 1995. *Arang aktif teknis*. Jakarta Pusat: 501/IV.2.06/HK/08/1995.
- Tadda, M.A., Ahsan, A., Shitu, A., ElSergany, M., Arunkumar, T., Jose, B., Razzaque, M.A., Daud, N.N. Nik. 2016. *A Review on Activated Carbon: Process, Application And Prospects*. Malaysia: Journal of Advanced Civil Engineering Practice and Research.
- Tezara, dkk. 2016. *Factors that affect the mechanical properties of enaf fiber reinforced polymer*. Pahang: UMP Publisher.

Umaya, S. dan Hendio Oktaviolefi. 2016. *Biodesel dari Ampas Kopi Bisa Listrik Kota Kecil* [online]. Tersedia: www.ogindonesia.com/2016/05/biodesel-dariampas-kopi-bisa-listriki.html?m=1, Diakses pada tanggal 3 Oktober 2020 pukul 19.08.

Viswanathan, B., Neel P. I. 2009. *Method of Activation and Specific Applications of Carbon Materials*. India: Institute Technology Madras.

Wilbur, S., Ingerman, L., Citra, M., Osier, M., & Wohlers, Dave. 2000. *Toxicological Profile for Chromium*. Atlanta, Georgia: Syracuse Research Corporation.

Wiyantoko dkk. 2014. *Adsorption Isotherm of Cr(VI) Using Mg/Al Hydrotalcite with Molar Ratio 2:1*. Yogyakarta: Analisis Kimia UII.

Worch, Eckhard. 2012. *Adsorption Technology in Water Treatment Fundamentals, Processes, a Modeling*. Jerman: Institute of Water Chemistry.



LAMPIRAN

Lampiran A. *Yield Pengeringan Ampas Kopi*

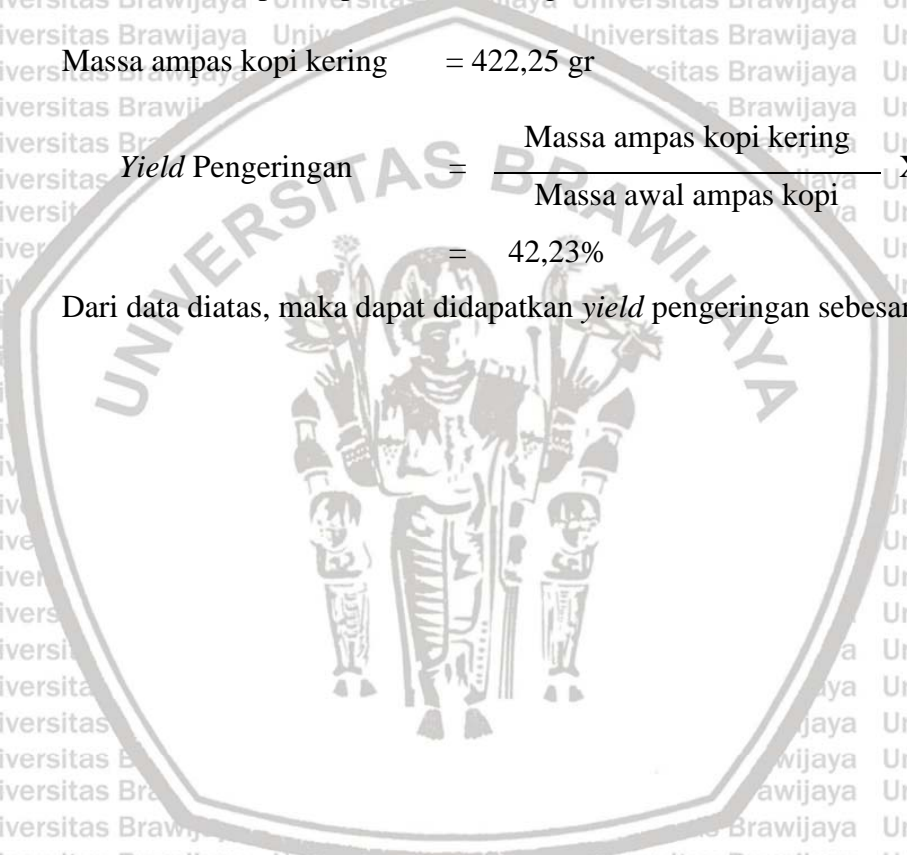
Proses pengeringan ampas kopi dilakukan dengan menggunakan massa awal ampas kopi sebanyak 1000 gram dengan temperatur 105°C hingga didapatkan massa konstan yaitu 422,25 gram.

Massa awal ampas kopi = 1000 gr

Massa ampas kopi kering = 422,25 gr

$$\begin{aligned} \text{Yield Pengeringan} &= \frac{\text{Massa ampas kopi kering}}{\text{Massa awal ampas kopi}} \times 100\% \\ &= 42,23\% \end{aligned}$$

Dari data diatas, maka dapat didapatkan *yield* pengeringan sebesar 42,23%.



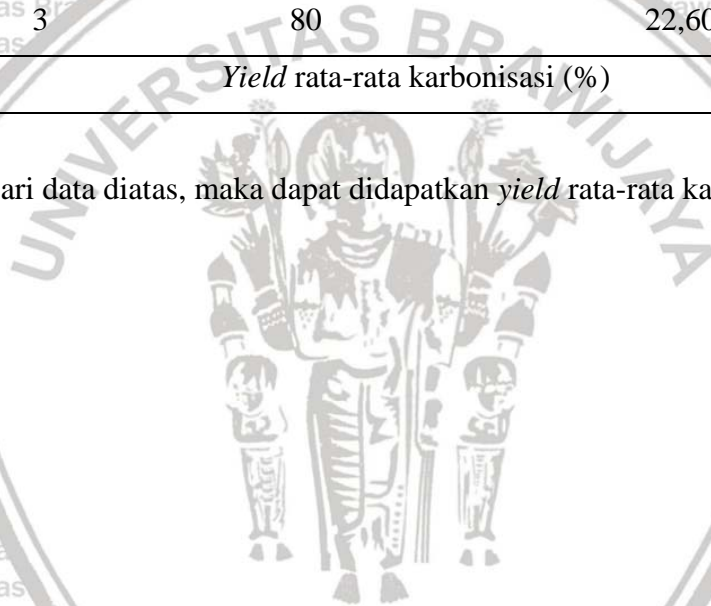
Lampiran B. Yield Karbonisasi Ampas Kopi

Karbonisasi dilakukan sebanyak 6 kali dengan rincian 3 kali karbonisasi gagal dan 3 kali karbonisasi berhasil. Berikut massa karbon yang didapatkan setiap karbonisasi.

Tabel B. 1 Yield Karbonisasi Ampas Kopi

No.	Massa (gr)		Yield (%)
	Ampas Kopi Kering	Karbon Ampas Kopi	
1	100	30,04	30,04
2	100	31,58	31,58
3	80	22,60	28,25
Yield rata-rata karbonisasi (%)			29,96

Dari data diatas, maka dapat didapatkan *yield* rata-rata karbonisasi sebesar 29,96%.



Lampiran C. Pembuatan Larutan Aktivator HCl 0,1 M

Data :

Massa Atom Relatif (Ar)

$$\text{Ar H} = 1 \text{ gr/grmol}$$

$$\text{Ar Cl} = 35,5 \text{ gr/grmol}$$

$$\text{BM HCl} = 36,5 \text{ gr/grmol}$$

$$\rho \text{ HCl} = 1,18 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{HCl Pa} = 37\% \text{ (w/w)}$$

$$\text{Vol. HCl 0,1 M} = 500 \text{ mL}$$

• **Perhitungan Konsentrasi Larutan HCl Pa 37%**

$$M_1 = \frac{\rho \text{ HCl} \times \% \text{HCl Pa} \times 1000}{M_r \text{ HCl}}$$

$$= \frac{1,18 \times 37 \times 1000}{36,5}$$

• **Perhitungan Volume HCl Pa 37% yang dibutuhkan**

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

$$11,9616 \times V_1 = 0,1 \times 500 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{0,1 \times 500}{11,9616}$$

Sehingga HCl Pa 37% yang dibutuhkan untuk membuat larutan HCl 0,1 M

500 mL adalah sebesar 4,18 mL.

Lampiran D. Analisa Kadar Air Karbon dan Karbon Aktif

Pengujian kadar air pada karbon dan karbon aktif dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali dan 4 kali pada masing-masing sampel. Berikut hasil perhitungan kadar air pada karbon dan karbon aktif ampas kopi.

Kadar air dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3-1) :

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

Dimana,

M_0 = Massa karbon / karbon aktif sebelum pengeringan (gr)

M = Massa karbon / karbon aktif sesudah pengeringan (gr)

Tabel D. 1 Kadar Air Karbon Ampas Kopi

No.	Massa Karbon (gr)		Kadar Air (%)
	M_0	M	
1	1,0000	0,9084	9,16
2	1,0000	0,9108	8,92
3	1,0000	0,9088	9,12
Kadar Air rata-rata Karbon Ampas Kopi			9,07

Tabel D. 2 Kadar Air Karbon Aktif Ampas Kopi

No.	Massa Karbon Aktif (gr)		Kadar Air (%)
	M_0	M	
1	1,0000	0,9505	4,95
2	1,0000	0,9527	4,73
3	1,0000	0,9531	4,69
4	1,0000	0,9509	4,91
Kadar Air rata-rata Karbon Aktif Ampas Kopi			4,82

Dari data diatas, maka didapatkan kadar air rata-rata untuk karbon dan karbon aktif ampas kopi berurutan adalah 9,07% dan 4,82%.

Lampiran E. Analisa Kadar Abu Karbon dan Karbon Aktif Ampas Kopi

Pengujian kadar abu pada karbon dan karbon aktif dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali pada masing-masing sampel. Berikut hasil perhitungan kadar abu pada karbon dan karbon aktif ampas kopi.

Kadar abu dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3-2) :

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{M}{M_0} \times 100\% \quad (3-2)$$

Dimana,

M_0 = Massa sampel sebelum pemanasan (gr)

M = Massa sampel sesudah pemanasan (gr)

Tabel E. 1 Kadar Abu Karbon Ampas Kopi

No.	Massa (gr)		Kadar Abu (%)
	M_0	M	
1	2,0000	0,1567	7,835
2	2,0000	0,1391	6,955
Kadar Abu rata-rata Karbon Ampas Kopi			7,395

Tabel E. 2 Kadar Abu Karbon Aktif Ampas Kopi

No.	Massa (gr)		Kadar Abu (%)
	M_0	M	
1	2,0000	0,1204	6,020
2	2,0000	0,1525	7,625
Kadar Abu rata-rata Karbon Ampas Kopi			7,395

Dari data diatas, maka didapatkan kadar abu rata-rata untuk karbon dan karbon aktif ampas kopi berurutan adalah 7,395% dan 6,823%.

Lampiran F. Analisa Kadar Bahan yang Hilang Pada Pemanasan 950°C Karbon dan Karbon Aktif Ampas Kopi

Pengujian kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C pada karbon dan karbon aktif dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali pada masing-masing sampel.

Berikut hasil perhitungan kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C pada karbon dan karbon aktif ampas kopi.

Analisa kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C yang terkandung dalam karbon aktif didapatkan perhitungan dengan persamaan (3-3),

$$\text{Kadar Bahan yang Hilang Pada Pemanasan } 950^{\circ}\text{C} (\%) = \frac{M_0 - M}{M_0} \times 100\% \quad (3-3)$$

Dimana,

M_0 = Massa karbon / karbon aktif sebelum pemanasan (gr)

M = Massa karbon / karbon aktif sesudah pemanasan (gr)

Tabel F. 1 Kadar Bahan yang Hilang Pada Pemanasan 950°C Karbon Ampas Kopi

No.	Massa Karbon (gr)		Kadar Bahan yang Hilang Pada Pemanasan 950°C (%)
	M_0	M	
1	1,0000	0,5817	41,83
2	1,0000	0,5406	45,94
Kadar rata-rata Karbon Ampas Kopi			43,885

Tabel F. 2 Kadar Bahan yang Hilang Pada Pemanasan 950°C Karbon Aktif Ampas Kopi

No.	Massa Karbon (gr)		Kadar Bahan yang Hilang Pada Pemanasan 950°C (%)
	M_0	M	
1	1,0000	0,4556	37,07
2	1,0000	0,4308	34,39
Kadar rata-rata Karbon Aktif Ampas Kopi			35,73

Dari data diatas, maka didapatkan kadar bahan yang hilang pada pemanasan 950°C rata-rata untuk karbon dan karbon aktif ampas kopi berurutan adalah 43,885% dan 35,73%.

Lampiran G. Analisa Kadar Karbon Murni pada Karbon dan Karbon Aktif Ampas Kopi

Kadar karbon terikat dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (3-4) :

$$\text{Kadar karbon terikat (\%)} = 100 - (\text{kadar abu} + \text{kadar bahan yang hilang pada pemanasan } 950^{\circ}\text{C}) \quad (3-4)$$

- **Karbon Ampas Kopi**

$$\text{Kadar Abu (\%)} = 7,395$$

$$\text{Kadar bahan yang hilang pada pemanasan } 950^{\circ}\text{C (\%)} = 43,885$$

$$\text{Kadar Karbon Terikat (\%)} = 48,72$$

- **Karbon Aktif Ampas Kopi**

$$\text{Kadar Abu (\%)} = 6,823$$

$$\text{Kadar bahan yang hilang pada pemanasan } 950^{\circ}\text{C (\%)} = 35,73$$

$$\text{Kadar Karbon Terikat (\%)} = 57,447$$

Dari data diatas, maka didapatkan kadar karbon terikat untuk karbon dan karbon aktif ampas kopi berurutan adalah 48,72% dan 57,447%.

Lampiran H. Analisa Pengujian Luas Permukaan dengan Daya Serap Terhadap *Methylene blue*

a) Pembuatan Larutan Induk *Methylene Blue*

Pembuatan larutan induk *methylene blue* 25 ppm dilakukan dengan cara melarutkan kristal *methylene blue* sebanyak 0,00625 gram dengan aquademin kemudian diencerkan hingga 250 mL. Penimbangan kristal *methylene blue* sebanyak 0,00625 gram berdasarkan perhitungan berikut ini.

$$\text{ppm} = \frac{\text{massa (mg)}}{\text{volume (L)}}$$

$$25 \text{ ppm} = \frac{\text{massa (mg)}}{0,250 \text{ L}}$$

$$\text{massa} = 6,25 \text{ mg}$$

$$= 0,00625 \text{ gram}$$

b) Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan menggunakan larutan standar *Methylene blue* 3 ppm dengan range panjang gelombang 500 nm hingga 700 nm. Penentuan panjang gelombang didasarkan pada nilai absorbansi maksimum yang diperoleh. Sehingga didapatkan panjang gelombang maksimum yaitu 664 nm.

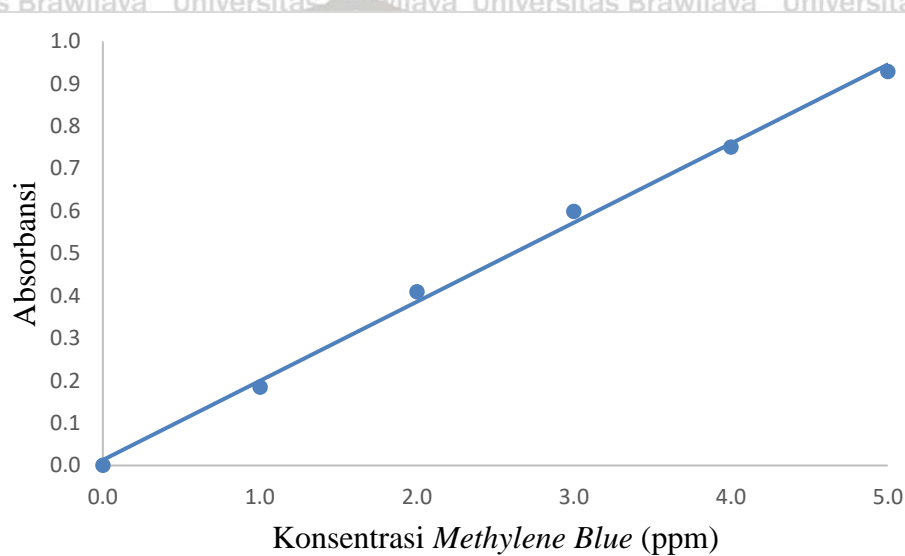
c) Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi menggunakan larutan standar Cr (VI) dengan konsentrasi 0 ppm, 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm. Pembuatan kurva kalibrasi menggunakan panjang gelombang maksimum yang telah didapatkan sebelumnya. Kurva kalibrasi ini kemudian digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan kerja / sampel yang telah dilakukan proses adsorpsi *Methylene blue*.

Tabel H. 1 Data Kurva Kalibrasi

No.	Konsentrasi <i>Methylene Blue</i> (ppm)	Absorbansi (Abs.)
1	0,0	0,001
2	1,0	0,185

No.	Konsentrasi <i>Methylene Blue</i> (ppm)	Absorbansi (Abs.)
3	2,0	0,410
4	3,0	0,599
5	4,0	0,751
6	5,0	0,929



Gambar H. 1 Kurva Kalibrasi *Methylene Blue*

$$y = 0,1865x + 0,013$$

(H-1)

$$R^2 = 0,9968$$

Berdasarkan Gambar H.1, didapatkan persamaan linear kurva kalibrasi *methylene blue* seperti pada (H-1). Persamaan ini kemudian digunakan untuk menentukan konsentrasi *Methylene Blue* pada larutan sampel setelah proses adsorpsi dari nilai absorbansi yang didapatkan pada pengujian menggunakan Spektrofotometer UV-Visible.

d) **Data Spektrofotometer UV-Visible Sampel Methylene Blue**

Tabel H. 2 Data Spektrofotometer UV-Visible Sampel Methylene Blue

Konsentrasi Awal Methylene Blue		19,13 ppm
Sampel	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)
Karbon	1,555	8,272
Karbon Aktif	0,515	2,694

e) **Perhitungan Daya Serap Methylene Blue Oleh Karbon dan Karbon Aktif**

$$X_m = \frac{(C_0 - C) \times V}{m} \quad (3-6)$$

Dimana,

X_m = Daya serap *methylene blue* (mg/g)

C_0 = Konsentrasi awal *methylene blue* (ppm)

C = Konsentrasi akhir adsorpsi *methylene blue* (ppm)

V = Volume larutan sampel *methylene blue* (L)

m = Massa adsorben (g)

Tabel H. 3 Daya Serap Methylene Blue

$C_0 =$	19,13 ppm		
$V =$	0,05 L		
$m =$	0,005 g		
Sampel	C (ppm)	X_m (mg/g)	X_m (g/g)
Karbon	8,272	108,58	0,10858
Karbon Aktif	2,694	164,36	0,16436

Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan nilai daya serap *methylene blue* oleh karbon dan karbon aktif berurutan adalah 108,58 mg/g dan 164,36mg/g.

f) Perhitungan Luas Permukaan Karbon dan Karbon Aktif

$$S = \frac{X_m \times N \times A}{BM} \quad (3-7)$$

Dimana,

S = Luas permukaan adsorben (m²/g)

X_m = Daya serap *methylene blue* (g/g)

N = Bilangan avogadro (6,02 x 10²³)

A = Luas penampang molekul *methylene blue* (197 x 10⁻²⁰ m²/mol)

BM = Berat molekul *methylene blue* (319,85 g/mol)

Tabel H. 4 Luas Permukaan Karbon dan Karbon Aktif

Sampel	X _m (g/g)	S (m ² /g)
Karbon	0,10858	402,98
Karbon Aktif	0,16436	609,41

Sehingga dari perhitungan diatas didapatkan nilai luas permukaan karbon dan karbon aktif berurutan adalah 402,98 m²/g dan 609,41 m²/g.

Lampiran I. Pembuatan Adsorbat Limbah Sintetik Cr (VI)

Berdasarkan Standard Method (1999), larutan induk sampel sintetik Cr (VI) sebagai larutan uji dibuat dengan cara melarutkan $K_2Cr_2O_7$ kedalam aquademin.

Larutan induk sampel sintetik Cr (VI) ini dibuat dalam konsentrasi 20 ppm sebanyak 1000 mL. Berikut merupakan perhitungan massa $K_2Cr_2O_7$ yang harus dilarutkan dalam 1000 mL aquademin untuk membuat Larutan Induk Cr (VI) 20 ppm.

Data :

Massa Atom Relatif (Ar)

$$\text{Ar K} = 39,0983 \text{ gr/grmol}$$

$$\text{Ar Cr} = 51,9961 \text{ gr/grmol}$$

$$\text{Ar O} = 15,9994 \text{ gr/grmol}$$

$$\text{BM } K_2Cr_2O_7 = 294,185 \text{ gr/grmol}$$

$$\text{M Cr (VI)} = 20 \text{ mg/L}$$

$$\text{Volume } K_2Cr_2O_7 = 1000 \text{ mL}$$

$$= 1 \text{ L}$$

$$\text{Massa } K_2Cr_2O_7 = \frac{\text{BM } K_2Cr_2O_7}{2 \times \text{Ar Cr}_2} \times \text{Volume } K_2Cr_2O_7 \times \text{M Cr (VI)}$$

$$= 56,578 \text{ mg}$$

$$= 0,05658 \text{ gram}$$

Sehingga dari perhitungan diatas massa $K_2Cr_2O_7$ yang digunakan untuk membuat Larutan Induk Cr (VI) 20 ppm sebanyak 1000 mL adalah 0,05658 gram.

Lampiran J. Pembuatan Larutan H₂SO₄ 0,05 M

- **Perhitungan Konsentrasi H₂SO₄ Pa 98%**

Data:

Massa Atom Relatif (Ar)

$$\text{Ar H} = 1 \text{ gr/grmol}$$

$$\text{Ar S} = 32,065 \text{ gr/grmol}$$

$$\text{Ar O} = 15,9994 \text{ gr/grmol}$$

$$\text{Mr H}_2\text{SO}_4 = 98,063 \text{ gr/grmol}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ Pa} = 0,98$$

$$\rho \text{ H}_2\text{SO}_4 = 1,83 \text{ gr/cm}^3$$

$$M_1 = \frac{\rho \text{ H}_2\text{SO}_4 \times \% \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ Pa} \times 1000}{\text{Mr H}_2\text{SO}_4}$$

$$= 18,2883 \text{ M}$$

- **Perhitungan Volume H₂SO₄ Pa 98% yang dibutuhkan**

Data:

$$\text{Vol. H}_2\text{SO}_4 \text{ 0,05 M} = 500 \text{ mL}$$

Rumus Pengenceran:

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

$$18,2883 \times V_1 = 0,05 \times 500 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1,3670 \text{ mL}$$

Sehingga H₂SO₄ Pa 98% yang dibutuhkan untuk membuat larutan H₂SO₄ 0,05 M 500 mL sebesar 1,367 mL.

Lampiran K. Pembuatan Larutan 1,5-diphenyl carbazide

Berdasarkan Standard Method (1999), larutan 1,5-diphenyl carbazide dibuat dengan cara dilarutkan pada acetone. Berikut data massa zat terlarut dan larutan yang dibutuhkan sesuai dengan Standar Method (1999).

$$\text{Massa 1,5-diphenyl carbazide} = 0,25 \text{ gram}$$

$$\text{Volume acetone} = 50 \text{ mL}$$



Lampiran L. Analisa Spektrofotometri UV-Visible

a) Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

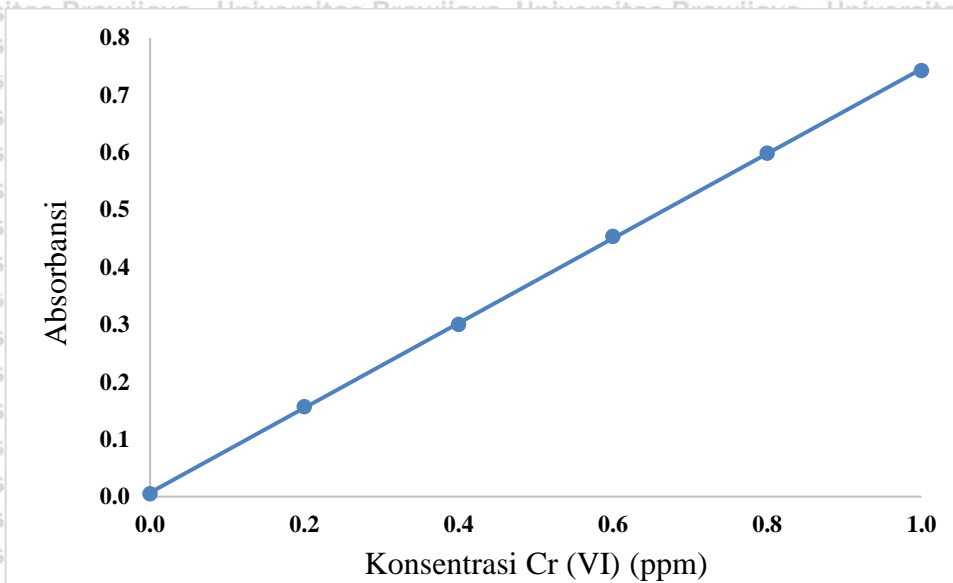
Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan dengan menggunakan larutan standar Cr (VI) 0,5 ppm dengan *range* panjang gelombang 450 nm hingga 600 nm. Penentuan panjang gelombang didasarkan pada nilai absorbansi maksimum yang diperoleh. Sehingga didapatkan npanjang gelombang maksimum yaitu 542,6 nm.

b) Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi menggunakan larutan standar Cr (VI) dengan konsentrasi 0 ppm, 0,2 ppm, 0,4 ppm, 0,6 ppm, 0,8 ppm dan 1 ppm. Pembuatan kurva kalibrasi menggunakan panjang gelombang maksimum yang telah didapatkan sebelumnya. Kurva kalibrasi ini kemudian digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan kerja / sampel yang telah dilakukan proses adsorpsi.

Tabel L. 1 Data Kurva Kalibrasi

No.	Konsentrasi Cr (VI) (ppm)	Absorbansi (Abs.)
1	0,0	0,005
2	0,2	0,157
3	0,4	0,300
4	0,6	0,454
5	0,8	0,599
6	1,0	0,743



Gambar L. 1 Kurva Kalibrasi Cr (VI)

$$y = 0,738944x + 0,00684538 \quad (L-1)$$

$$R^2 = 0,99991$$

Berdasarkan Gambar L.1, didapatkan persamaan linear kurva kalibrasi seperti pada (L-1). Persamaan ini kemudian digunakan untuk menentukan konsentrasi Cr (VI) pada larutan sampel setelah proses adsorpsi dari nilai absorbansi yang didapatkan pada pengujian menggunakan Spektrofotometer UV-Visible.

Lampiran M. Data Spektrofotometer UV-Visible Sampel dan Penyisihan Cr (VI)

Untuk menghitung penyisihan Cr (VI) terlebih dahulu perlu dilakukan beberapa tahapan sebagai berikut :

- Melakukan pengujian dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Visible sesuai dengan panjang gelombang maksimum serta kurva kalibrasi sebelumnya dengan tujuan untuk mendapatkan nilai absorbansi sampel dan konsentrasi
- Melakukan perhitungan konsentrasi faktual dengan cara mengalikan data konsentrasi dari Spektrofotometer UV-Visible masing-masing sampel dengan faktor pengenceran larutan sampel Cr (VI)
- Melakukan perhitungan penyisihan Cr (VI) dengan persamaan (3-8):

$$\text{Penyisihan Cr (VI) (\%)} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (3-8)$$

Dimana,

C_0 = Konsentrasi Awal Cr (VI) (ppm)

C_1 = Konsentrasi Sampel Cr (VI) setelah adsorpsi (ppm)

a) Temperatur Adsorpsi = 27°C (Truang)

Tabel M. 1 Massa Adsorben 0,1 gram

Faktor pengenceran:		100	mL
Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Faktual (ppm)	% Penyisihan
0	0,196	19,62	0,00
10	0,183	18,3	6,73
20	0,177	17,7	9,79
30	0,184	18,4	6,22
40	0,177	17,7	9,79
50	0,175	17,5	1,81
60	0,175	17,5	10,81

Tabel M. 2 Massa Adsorben 0,5 gram

Faktor pengenceran: 50 mL			
Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Faktual (ppm)	Penyisihan (%)
0	0,392	19,62	0,00
10	0,264	13,20	32,72
20	0,258	12,90	34,25
30	0,239	11,95	39,09
40	0,223	11,15	43,17
50	0,195	9,75	50,31
60	0,212	10,60	45,97

Tabel M. 3 Massa Adsorben 1 gram

Faktor pengenceran: 50 mL			
Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Faktual (ppm)	Penyisihan (%)
0	0,392	16,62	0,00
10	0,240	12,00	38,84
20	0,195	9,75	50,31
30	0,167	8,35	57,44
40	0,160	8,00	59,23
50	0,141	7,05	64,07
60	0,128	6,40	67,38

Tabel M. 4 Massa Adsorben 1,5 gram

Faktor pengenceran: 20 mL			
Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Faktual (ppm)	Penyisihan (%)
0	0,981	19,62	0,00
10	0,466	9,32	52,50

Faktor pengenceran: 20 mL

Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Faktual (ppm)	Penyisihan (%)
20	0,361	7,22	63,20
30	0,314	6,28	67,99
40	0,272	5,44	72,27
50	0,242	4,84	75,33
60	0,195	3,90	80,12

Tabel M. 5 Massa Adsorben 2 gram

Faktor pengenceran: 10 mL

Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Faktual (ppm)	% Penyisihan
0	1,962	19,62	0,00
10	0,741	7,41	62,23
20	0,563	5,63	71,30
30	0,566	5,66	71,15
40	0,414	4,14	78,90
50	0,396	3,96	79,82
60	0,204	2,04	89,60

b) Temperatur Adsorpsi = 40°C

Tabel M. 6 Massa Adsorben 0,1 gram

Faktor pengenceran: 50 mL

Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Faktual (ppm)	Penyisihan (%)
0	0,392	16,62	0,00
10	0,351	17,55	10,55
20	0,355	17,75	9,53
30	0,335	16,75	14,63

Faktor pengenceran: 50 mL			
Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Faktual (ppm)	Penyisihan (%)
40	0,347	17,35	11,57
50	0,338	16,90	13,86
60	0,336	16,80	14,37

Tabel M. 7 Massa Adsorben 0,5 gram

Faktor pengenceran: 50 mL			
Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Faktual (ppm)	Penyisihan (%)
0	0,392	19,62	0,00
10	0,281	14,05	28,39
20	0,256	12,80	34,76
30	0,230	11,50	41,39
40	0,215	10,75	45,21
50	0,204	10,20	48,01
60	0,185	9,25	52,85

Tabel M. 8 Massa Adsorben 1 gram

Faktor pengenceran: 20 mL			
Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Faktual (ppm)	Persen Penyisihan (%)
0	0,981	19,62	0,00
10	0,402	8,04	59,02
20	0,391	7,82	60,14
30	0,335	6,70	65,85
40	0,275	5,50	71,97
50	0,231	4,62	76,45

Faktor pengenceran: 20 mL			
Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Faktual (ppm)	Persen Penyisihan (%)
60	0,202	4,04	79,41

Tabel M. 9 Massa Adsorben 1,5 gram

Faktor pengenceran: 10 mL			
Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Faktual (ppm)	Penyisihan (%)
0	1,962	19,62	0,00
10	0,775	7,75	60,50
20	0,511	5,11	73,96
30	0,473	4,73	75,89
40	0,402	4,02	79,51
50	0,298	2,98	84,81
60	0,246	2,46	87,46

Tabel M. 10 Massa Adsorben 2 gram

Faktor pengenceran: 10 mL			
Waktu (menit)	Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Faktual (ppm)	% Penyisihan
0	1,962	19,62	0,00
10	0,131	1,31	93,32
20	0,061	0,61	96,89
30	0,011	0,11	99,44
40	0,007	0,07	99,64
50	0,007	0,07	99,64
60	0,001	0,01	99,95

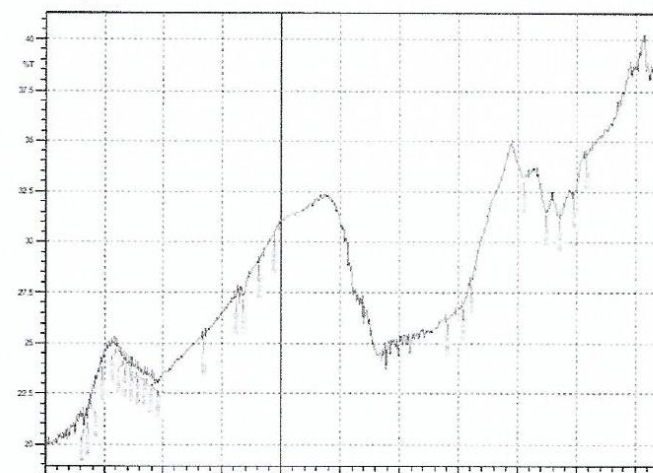
Lampiran N. Hasil Uji FTIR

	<p>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 : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id / lab_sentral@um.ac.id Website : central-laboratory.um.ac.id</p>	
---	---	---

<u>Customers</u>	: Zaris Laili H – Universitas Brawijaya													
<u>Contact Customer</u>	: 089679200420													
<u>Email</u>	: zarislaili08@gmail.com													
<u>Test Equipment</u>	: FTIR													
<u>Received Date</u>	: February 2, 2021													
<u>Order Number</u>	: LSUM.P.00081.2021													
<u>OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR</u>														
<u>Analyzer</u>	: Mailinda Ayu Hana M, S.Si.													
<u>Supervisor</u>	: Dra. Surjani Wonorahardjo, Ph.D.													
<u>SAMPLE CODE</u>														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Nama Sampel</th> <th>Metode</th> <th>Kode Sampel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Kalsinasi Ampas Kopi</td> <td rowspan="2">IK.M.F.1</td> <td>F55</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Kabon Aktif Ampas Kopi</td> <td>F56</td> </tr> </tbody> </table>				No	Nama Sampel	Metode	Kode Sampel	1	Kalsinasi Ampas Kopi	IK.M.F.1	F55	2	Kabon Aktif Ampas Kopi	F56
No	Nama Sampel	Metode	Kode Sampel											
1	Kalsinasi Ampas Kopi	IK.M.F.1	F55											
2	Kabon Aktif Ampas Kopi		F56											
<p>Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji. *Metode pengujian termasuk dalam ruang lingkup akreditasi.</p>														



	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 / 085106601088 E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id Website : central-laboratory.um.ac.id
---	--

LAPORAN HASIL UJI	
LSUM.LHU.F.0082.2021	
Customers	: Zaris Laili H. - UB
Contact Customer	: 089679200420/ email : zarislaili08@gmail.com
Methods	: IK.M.F.I
Test Equipment	: FT IR
Received Date	: 02 Februari 2021
Order Number	: LSUM.P.0081.2021
SPECIMEN DESCRIPTION	
Condition of Samples	: Sampel serbuk hitam dalam plastik klip
Sample Code	: F 55
Material Name	: Karbon ampas kopi
Measurement time	: 02 Februari 2021
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, 04 Februari 2021

Menyetujui
Kepala Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM



Nandani Murti, S.Si, M.T, Ph.D
NIP. 197208152005011001





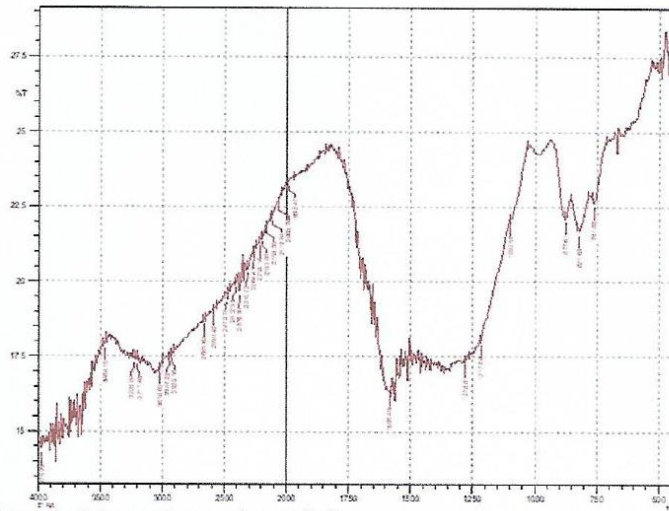
UNIVERSITAS NEGERI MALANG
 FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL)
 Jalan Semarang 5, Malang 65145
 Telp. 0341-551312 (psw 200) / 574895 / 085106001088
 E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id
 Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI
LSUM.LHU.F.0083.2021

Customers	: Zaris Laili H. - UB
Contact Customer	: 089679200420/ email : zarislaili08@gmail.com
Methods	: IK.M.F.1
Test Equipment	: FT IR
Received Date	: 02 Februari 2021
Order Number	: LSUM.P.0081.2021
SPECIMEN DESCRIPTION	
Condition of Samples	: Sampel serbuk hitam dalam plastik klip
Sample Code	: F 56
Material Name	: Kabon aktif ampas kopi
Measurement time	: 02 Februari 2021
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, 04 Februari 2021

Menyetujui
 Kepala Lab. Mineral dan Material Maju FMIPA UM

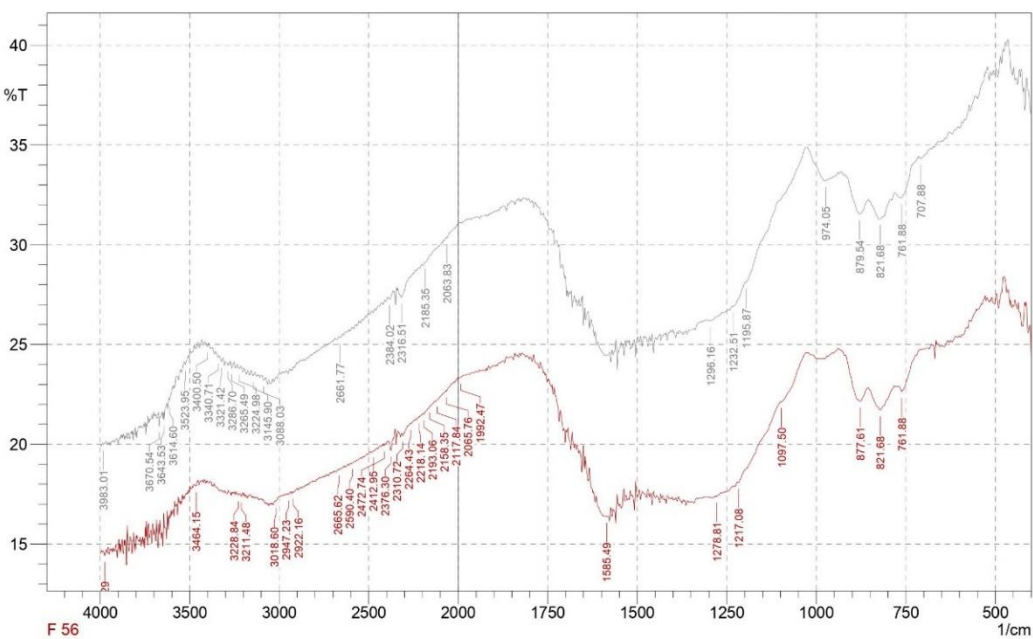


Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D
 NIP. 197208152005011001





SHIMADZU



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	707.88	34.312	0.084	709.8	682.8	12.466	0.018
2	761.88	32.339	0.184	765.74	717.52	22.992	0.059
3	821.68	31.287	0.182	854.47	817.82	18.305	0.066
4	879.54	31.522	1.2	918.12	856.39	30.386	0.547
5	974.05	33.199	0.638	1026.13	952.84	34.589	0.359
6	1195.87	28.099	0.16	1199.72	1028.06	86	0.035
7	1232.51	26.904	0.067	1234.44	1199.72	19.518	0.07
8	1296.16	26.19	0.107	1303.88	1263.37	23.464	0.051
9	2063.83	30.344	0.03	2065.76	2021.4	22.8	0.003
10	2185.35	29.102	0.059	2189.21	2154.49	18.517	0.02
11	2316.51	27.346	0.324	2326.15	2270.22	31.053	0.103
12	2384.02	27.273	0.207	2393.66	2364.73	16.261	0.056
13	2661.77	25.348	0.083	2669.48	2646.34	13.774	0.022
14	3088.03	23.205	0.192	3097.68	3078.39	12.203	0.033
15	3145.9	23.435	0.211	3155.54	3136.25	12.122	0.042
16	3224.98	23.796	0.159	3234.62	3215.34	12.005	0.033
17	3265.49	23.822	0.316	3273.2	3253.91	11.964	0.056
18	3286.7	23.961	0.17	3294.42	3275.13	11.938	0.031
19	3321.42	24.14	0.218	3334.92	3313.71	13.05	0.04
20	3340.71	24.366	0.115	3356.14	3336.85	11.793	0.022
21	3400.5	24.908	0.161	3417.86	3396.64	12.77	0.029
22	3523.95	23.977	0.194	3527.8	3508.52	11.882	0.029
23	3614.6	22.201	0.151	3616.53	3593.38	14.967	0.036
24	3643.53	21.25	0.437	3647.39	3628.1	12.793	0.048
25	3670.54	20.909	0.701	3674.39	3655.11	12.929	0.097
26	3983.01	19.987	0.093	3986.86	3969.5	12.113	0.021
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	761.88	22.63	0.489	769.6	709.8	37.412	0.205
2	821.68	21.702	0.318	827.46	783.1	28.979	0.167
3	877.61	22.157	0.163	881.47	856.39	16.266	0.05
4	1097.5	22.124	0.084	1099.43	1029.99	44.037	0.197
5	1217.08	18.074	0.159	1220.94	1099.43	84.943	0.177
6	1278.81	17.388	0.046	1280.73	1265.3	11.689	0.01

Date/Time; 2/4/2021 9:26:25 AM
No. of Scans; 40

7	1585.49	16.39	0.123	1614.42	1581.63	25.612	0.272
8	1992.47	23.336	0.048	1996.32	1973.18	14.581	0.003
9	2065.76	22.653	0.08	2069.62	2040.69	18.56	0.018
10	2117.84	22.199	0.055	2121.7	2069.62	33.799	0.023
11	2158.35	21.892	0.024	2160.27	2133.27	17.752	0.01
12	2193.06	21.504	0.075	2196.92	2171.85	16.675	0.019
13	2218.14	21.361	0.041	2222	2198.85	15.479	0.01
14	2264.43	21.034	0.031	2266.36	2243.21	15.623	0.007
15	2310.72	20.43	0.179	2316.51	2268.29	32.936	0.06
16	2376.3	19.689	0.692	2389.8	2353.16	25.509	0.267
17	2412.95	19.942	0.084	2416.81	2399.45	12.122	0.013
18	2472.74	19.657	0.022	2474.67	2455.38	13.598	0.005
19	2590.4	19.06	0.011	2592.33	2565.33	19.392	0.006
20	2665.62	18.738	0.031	2671.41	2654.05	12.616	0.008
21	2922.16	17.592	0.038	2924.09	2906.73	13.079	0.017
22	2947.23	17.499	0.055	2953.02	2935.66	13.121	0.015
23	3018.6	17.143	0.053	3022.45	2999.31	17.653	0.009
24	3211.48	17.39	0.159	3221.12	3203.76	13.149	0.03
25	3228.84	17.44	0.109	3238.48	3223.05	11.682	0.022
26	3464.15	17.912	0.186	3477.66	3456.44	15.805	0.044
27	3975.29	14.426	0.252	3983.01	3967.57	12.912	0.054

Comment;

F 55

40

F 56

Resolution; 4 [1/cm]

Apodization; Happ-Genzel

Happ-Genzel

1. Terdapat puncak pada panjang gelombang 675-995 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi C-H Alkena yang biasanya muncul pada panjang gelombang 675-995 cm^{-1} dan 3010-3095 cm^{-1} .
2. Terdapat puncak pada panjang gelombang 690-900 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi C-H Cincin Aromatik yang biasanya muncul pada panjang gelombang 690-900 cm^{-1} dan 3010-3100 cm^{-1} .
3. Terdapat 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 1050-1300 cm^{-1} .
4. Terdapat puncak pada panjang gelombang 1180- 1360 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi C-N Amina/ Amida yang biasanya muncul pada panjang gelombang 1180- 1360 cm^{-1} .
5. Terdapat puncak pada panjang gelombang 2500-3000 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi -COOH Asam Karboksil yang biasanya muncul pada panjang gelombang 2500-3000 cm^{-1} .
6. Terdapat puncak pada panjang gelombang 3200-3600 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi C=C Aldehyd/ Keton/ Asam Karboksilat/ Ester yang biasanya muncul pada panjang gelombang 3200-3600 cm^{-1} .
7. Terdapat puncak pada panjang gelombang 3200-3600 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi O-H Alkohol/ Fenol yang biasanya muncul pada panjang gelombang 3200-3600 cm^{-1} .
8. Terdapat puncak pada panjang gelombang 3300-3500 cm^{-1} yang kemungkinan menunjukkan adanya gugus fungsi N-H, Amina/ Amida yang biasanya muncul pada panjang gelombang 3300-3500 cm^{-1} .

Lampiran O. Hasil Uji XRF

	UNIVERSITAS NEGERI MALANG FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM MINERAL DAN MATERIAL MAJU (LABORATORIUM SENTRAL) Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telp. 0341-551312 (psw 200)/574895/085106001088 E-mail : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id / lab.sentral@um.ac.id Website : central-laboratory.um.ac.id	 Komite Akreditasi Nasional Laboratorium Pengujian LP-1398-1DN

<u>Customers</u>	: Zaris Laili Hidayati - UB													
<u>Contact Customer</u>	: 089679200420													
<u>Email</u>	: zarislaili08@gmail.com													
<u>Test Equipment</u>	: XRF													
<u>Received Date</u>	: February 24, 2021													
<u>Order Number</u>	: LSUM.P.00146.2021													
OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR														
<u>Analyzer</u>	: Mailinda Ayu Hana M, S.Si.													
<u>Supervisor</u>	: Nandang Mufti, S.Si., M.T., Ph.D.													
SAMPLE CODE														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Nama Sampel</th> <th>Metode</th> <th>Kode Sampel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Karbon</td> <td rowspan="2">IK.M.E.1*</td> <td>E145</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Karbon aktif</td> <td>E146</td> </tr> </tbody> </table>				No	Nama Sampel	Metode	Kode Sampel	1	Karbon	IK.M.E.1*	E145	2	Karbon aktif	E146
No	Nama Sampel	Metode	Kode Sampel											
1	Karbon	IK.M.E.1*	E145											
2	Karbon aktif		E146											
Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji. *Metode pengujian termasuk dalam ruang lingkup akreditasi.														



- Karbon Ampas Kopi



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 : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id / lab.sentral@um.ac.id
Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI																													
LSUM.LHU.E.0168.2021																													
<u>Customers</u>	: Zaris Laili Hidayati - UB																												
<u>Contact Customer</u>	: 089679200420/ Email : zarislaili08@gmail.com																												
<u>Methods</u>	: IKM.E.1																												
<u>Test Equipment</u>	: XRF																												
<u>Received Date</u>	: 24 Februari 2021																												
<u>Order Number</u>	: LSUM.P.0146.2021																												
SPECIMEN DESCRIPTION																													
<u>Condition of Samples</u>	: Sampel serbuk hitam dalam botol plastik																												
<u>Sample Code</u>	: E 145																												
<u>Material Name</u>	: Karbon																												
<u>Measurement time</u>	: 25 Februari 2021																												
OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR																													
<u>Analyzer</u>	: Mailinda A.H., S.Si																												
<u>Supervisor</u>	: Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D																												
RESULTS																													
Remark:																													
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th>Compound</th> <th>Compound</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>P</td><td>P₂O₅</td></tr> <tr><td>S</td><td>SO₃</td></tr> <tr><td>K</td><td>K₂O</td></tr> <tr><td>Ca*</td><td>CaO</td></tr> <tr><td>Ti*</td><td>TiO₂</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>Cr₂O₃</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>MnO</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>Fe₂O₃</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>NiO</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>CuO</td></tr> <tr><td>Rb</td><td>Rb₂O</td></tr> <tr><td>Ba</td><td>BaO</td></tr> <tr><td>Yb</td><td>Yb₂O₃</td></tr> </tbody> </table>		Compound	Compound	P	P ₂ O ₅	S	SO ₃	K	K ₂ O	Ca*	CaO	Ti*	TiO ₂	Cr	Cr ₂ O ₃	Mn	MnO	Fe	Fe ₂ O ₃	Ni	NiO	Cu	CuO	Rb	Rb ₂ O	Ba	BaO	Yb	Yb ₂ O ₃
Compound	Compound																												
P	P ₂ O ₅																												
S	SO ₃																												
K	K ₂ O																												
Ca*	CaO																												
Ti*	TiO ₂																												
Cr	Cr ₂ O ₃																												
Mn	MnO																												
Fe	Fe ₂ O ₃																												
Ni	NiO																												
Cu	CuO																												
Rb	Rb ₂ O																												
Ba	BaO																												
Yb	Yb ₂ O ₃																												
-Hasil analisa juga diminta dalam bentuk unsur dan oksida																													
-Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji																													
*Dibawah parameter terakreditasi.																													

Mengetahui,
Manajer Teknis



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

Malang, 26 Februari 2021

Menyetujui
Kepala Laboratorium Mineral dan Material Maju FMIPA UM



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

25-feb-2021 10:47:02

Sample results

Page 1

Sample ident	
E	145

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	25-feb-2021 09:28:39
Position	5

Compound	P	S	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Rb	Ba	Yb
Conc	2,8	0,77	76,3	14,3	0,2	0,44	0,40	3,11	0,15	0,52	0,63	0,1	0,3
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

25-feb-2021 10:45:42

Sample results

Page 1

Sample ident	
E	145

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	25-feb-2021 09:28:39
Position	5

Compound	P2O5	SO3	K2O	CaO	TiO2	Cr2O3	MnO	Fe2O3	NiO	CuO	Rb2O	BaO
Conc	5,6	1,7	72,2	14,8	0,2	0,47	0,38	3,23	0,14	0,47	0,49	0,1
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Compound	Yb2O3
Conc	0,3
Unit	%

- Karbon Aktif Ampas Kopi

	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 : laboratoriumsentralum@yahoo.co.id / lab_sentral@um.ac.id Website : central-laboratory.um.ac.id

LAPORAN HASIL UJI																											
LSUM.LHU.E.0169.2021																											
Customers	: Zaris Laili Hidayati - UB																										
Contact Customer	: 089679200420/ Email : zarislaili08@gmail.com																										
Methods	: IKM.E.1																										
Test Equipment	: XRF																										
Received Date	: 24 Februari 2021																										
Order Number	: LSUM.P.0146.2021																										
SPECIMEN DESCRIPTION																											
Condition of Samples	: Sampel serbuk hitam dalam botol plastik																										
Sample Code	: E 146																										
Material Name	: Karbon aktif																										
Measurement time	: 25 Februari 2021																										
OPERATOR, ANALYZER & SUPERVISOR																											
Analyzer	: Mailinda A.H., S.Si																										
Supervisor	: Nandang Mufti, S.Si, M.T, Ph.D																										
RESULTS																											
Remark:																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Compound</th> <th>Compound</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>P</td><td>P₂O₅</td></tr> <tr><td>K</td><td>K₂O</td></tr> <tr><td>Ca*</td><td>CaO</td></tr> <tr><td>Ti*</td><td>TiO₂</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>Cr₂O₃</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>MnO</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>Fe₂O₃</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>NiO</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>CuO</td></tr> <tr><td>Zn</td><td>ZnO</td></tr> <tr><td>Mo</td><td>MoO₃</td></tr> <tr><td>Re</td><td>Re₂O₇</td></tr> </tbody> </table>		Compound	Compound	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Ca*	CaO	Ti*	TiO ₂	Cr	Cr ₂ O ₃	Mn	MnO	Fe	Fe ₂ O ₃	Ni	NiO	Cu	CuO	Zn	ZnO	Mo	MoO ₃	Re	Re ₂ O ₇
Compound	Compound																										
P	P ₂ O ₅																										
K	K ₂ O																										
Ca*	CaO																										
Ti*	TiO ₂																										
Cr	Cr ₂ O ₃																										
Mn	MnO																										
Fe	Fe ₂ O ₃																										
Ni	NiO																										
Cu	CuO																										
Zn	ZnO																										
Mo	MoO ₃																										
Re	Re ₂ O ₇																										
-Hasil analisa juga diminta dalam bentuk unsur dan oksida																											
-Hasil analisa hanya berlaku untuk sampel yang diuji																											
*Dibawah parameter terakreditasi.																											

Mengetahui,
Manajer Teknis



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

Malang, 26 Februari 2021

Menyetujui
Kepala Laboratorium Mineral dan Material Maju FMIPA UM



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

25-feb-2021 10:23:31

Sample results

Page 1

Sample id
E 146

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	25-feb-2021 09:30:35
Position	6

Compound	P	K	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	Mo	Re
Conc	4,8	44,4	32,3	1,5	1,2	1,1	5,85	0,45	1,6	0,0	5,2	1,7
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

25-feb-2021 10:40:41

Sample results





Page 1

Sample id
E 146

Application	<Standardless>
Sequence	1 of 1
Measurement time	25-feb-2021 09:30:35
Position	6

Compound	P2O5	K2O	CaO	TiO2	Cr2O3	MnO	Fe2O3	NiO	CuO	ZnO	MoO3	Re2O7
Conc	9,0	39,9	31,9	1,7	1,2	0,97	5,70	0,38	1,3	0,0	6,3	1,5
Unit	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Lampiran P. Dokumentasi Kegiatan

No.	GAMBAR	KETERANGAN
1.		Pengeringan ampas kopi
2.		Karbonisasi ampas kopi
3.		Penumbukan karbon ampas kopi
4.		Pengayakan karbon ampas kopi

No.

GAMBAR

KETERANGAN

5.



Aktivasi karbon ampas kopi

6.



Pencucian karbon aktif setelah aktivasi hingga pH=7

7.



Pengeringan karbon aktif

8.



Proses adsorpsi Cr(VI) menggunakan Karbon aktif ampas kopi pada temperatur ruang

No.

GAMBAR

KETERANGAN

9.



Proses adsorpsi Cr(VI) menggunakan Karbon aktif ampas kopi pada temperatur 40°C

10.



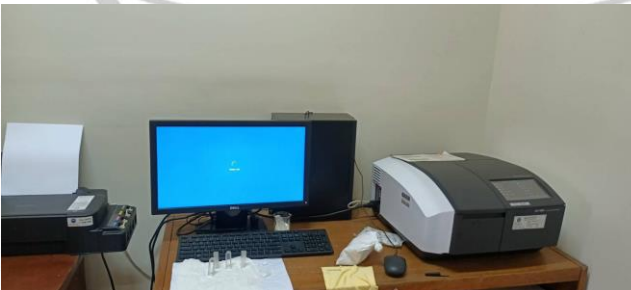
Contoh sampel hasil adsorpsi

11.



Contoh sampel yang telah dilakukan prepasasi sebelum pengujian UV-Vis

12.



Pengujian sampel menggunakan instrumentasi Spektrofotometer UV-Vis

No.

GAMBAR

KETERANGAN

13.



Pengujian kadar air

14.

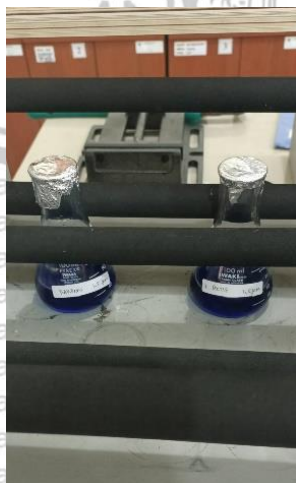


Pengujian kadar abu

15.

Pengujian kadar bahan
yang hilang pada
pemanasan 950°C

16.

Uji daya serap adsorpsi
methylene blue

No.

GAMBAR

KETERANGAN

17.



*Centrifuge hasil adsorpsi
methylene blue*

18.



*Penyaringan hasil
adsorpsi methylene blue
setelah proses centrifuge*

19.



*Sampel pengujian UV-
Vis*

RIWAYAT HIDUP

Zaris Laili Hidayati, Malang, 24 Agustus 1999 anak dari Bapak Muhammad Khudori Sarim dan Ibu Siti Chuzaimah , lulus dari SD Negeri Kedung Kandang 2 Malang tahun 2011, lulus dari SMP Negeri 2 Malang tahun 2014, lulus dari SMA Negeri 2 Malang tahun 2017, lulus program Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2021. Pengalaman kerja sebagai asisten Kimia Fisika di Laboratorium Operasi Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2019 dan asisten Operasi Teknik Kimia di di Laboratorium Operasi Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2020. Pengalaman Praktek Kerja Lapang PT. Petrokimia Gresik Jawa Timur tahun 2020.

Malang, Juni 2021

Penulis



RIWAYAT HIDUP

Ajeng Wulan Sudjendro, Malang, 28 Agustus 1998 anak dari Bapak Herry Sudjendro dan Ibu Elsy Pusparini, lulus dari SD Plus Al-Kautsar Malang tahun 2011, lulus dari MTs Negeri 1 Malang tahun 2014, lulus dari SMA Negeri 1 tahun 2017, lulus program Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2021. Pengalaman kerja sebagai asisten Kimia Fisika di Laboratorium Operasi Teknik Kimia Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2019 dan asisten Mikrobiologi Industri di di Laboratorium Bioproses Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2020. Pengalaman Praktek Kerja Lapang PT. Petrokimia Gresik Jawa Timur tahun 2020.

Malang, Juni 2021

Penulis

