



**STUDI ADSORPSI KARBON AKTIF KULIT TANDUK KOPI PADA  
PENANGANAN LIMBAH CAIR KOPI**

**SKRIPSI**

Oleh

**Sahna Salfini Husyairoh  
NIM 151710201073**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**STUDI ADSORPSI KARBON AKTIF KULIT TANDUK KOPI PADA  
PENANGANAN LIMBAH CAIR KOPI**

**SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Pertanian (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Sahna Salfini Husyairoh  
NIM 151710201073**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

## PERSEMBAHAN

Karya tulis ini saya persembahkan kepada beberapa orang yang telah berjasa dalam pelaksanaan penelitian dan terselesaikannya karya tulis ini, yaitu Bapak Alm. Salamun dan Ibunda Fathojiyah Rohmah, orang tua saya yang telah berjasa, mengajari arti kesabaran, mendidik saya untuk menjadi anak shalihah, memberi motivasi, doa', kasih sayang, dan segala hal untuk kesuksesan anaknya. Mbak Julfa Salfini Fivturia, dan Adek Ahmad Salfin Alauddin Kamal, serta dua ponakan saya Aldric Rifa'i Al Khawarizmi dan Ja'far Rifa'i Al Qurthubi, mereka telah memberi nasihat dan motivasi hidup kepada saya.

## MOTTO

Hai orang – orang mukmin, jika kamu menolong (agama) Allah, niscaya Dia akan menolongmu dan meneguhkan kedudukanmu \*)  
(terjemahan Surat Muhammad ayat 7)

Hai manusia, sesungguhnya Kami menciptakan kamu dari seorang laki – laki dan seorang perempuan dan menjadikan kamu berbangsa – bangsa dan bersuku – suku supaya kamu saling kenal – mengenal. Sesungguhnya orang yang paling mulia diantara kamu disisi Allah ialah orang yang paling takwa diantara kamu.  
Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui lagi Maha Mengenal \*)  
(terjemahan Surat Al Hujurat ayat 13)

---

\*)Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Sahna Salfini Husyairoh

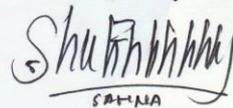
NIM : 151710201073

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul “Studi Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi pada Penanganan Limbah Cair Kopi” merupakan hasil karya sendiri, kecuali kutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan kepada instansi manapun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isi laporan ini, sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta akan mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 23 Agustus 2019

Yang menyatakan,



Sahna

Sahna Salfini Husyairoh

NIM. 151710201073

**SKRIPSI**

**STUDI ADSORPSI KARBON AKTIF KULIT TANDUK KOPI PADA  
PENANGANAN LIMBAH CAIR KOPI**

Oleh

**Sahna Salfini Husyairoh**  
**NIM 151710201073**

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.  
Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Studi Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi pada Penanganan Limbah Cair Kopi” telah diuji dan disahkan pada :

Hari : Jum'at

Tanggal : 23 Agustus 2019

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Menyetujui,

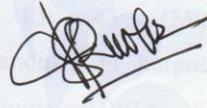
Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,



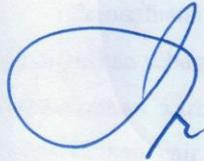
Dr. Elida Novita, S.TP., M.T.  
NIP. 197311301999032001

Penguji Utama,

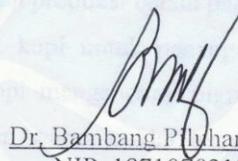


Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T.  
NIP. 197211301999032001

Penguji Anggota,



Dr. Ir. Iwan Taruna, M.Eng.  
NIP. 196910051994021001



Dr. Bambang Pilyharto, S.Si., M.Si.  
NIP. 197107031997021001

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember



Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng.  
NIP. 196809231994031009

## RINGKASAN

**Studi Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi Pada Penanganan Limbah Cair Kopi;** Sahna Salfini Husyairoh, 151710201073; 2019: 38 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Kabupaten Jember merupakan salah satu sentra penghasil kopi di Jawa Timur. Perkebunan kopi di Jember memiliki luas lahan sebesar 16.882 ha (Prayuginingsih *et al.*, 2012). Proses ini menghasilkan 65% biji kopi dan 35% limbah kulit tanduk kopi. Limbah kulit tanduk kopi tidak digunakan secara maksimal atau hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sehingga kulit tanduk kopi perlu dimanfaatkan secara optimal (Muryanto *et al.*, 2014). Kulit tanduk kopi mengandung selulosa yang cukup besar, yaitu 15 - 43% (Misran, 2009). Kandungan selulosa dan unsur karbon pada kulit tanduk kopi berpotensi sebagai bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif (Budiarti, 2014). Karbon aktif teraktivasi Natrium Hidroksida (NaOH) memiliki kemampuan menyerap lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif tanpa aktivasi dan teraktivasi asam (Irdhawati *et al.*, 2016).

Pemanfaatan karbon aktif dari limbah kulit tanduk kopi dapat dikategorikan sebagai suatu usaha penerapan produksi bersih pada industri dengan memanfaatkan karbon aktif kulit tanduk kopi untuk penanganan limbah cair seperti limbah cair kopi. Limbah cair kopi mengandung pigmen warna coklat gelap dengan jumlah yang besar. Pigmen warna coklat tersebut mengandung melanoidin dan berkontribusi terhadap kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) (Andriot *et al.*, 2014). Karbon aktif kulit tanduk kopi dengan ukuran 100 mesh dimanfaatkan dalam mengadsorpsi limbah cair seperti limbah cair kopi sintetik dengan variasi jumlah massa kopi/L yaitu 1000 mg/L, 1500 mg/L, 2000 mg/L, 2500 mg/L, 3000 mg/L, 3500 mg/L, 4000 mg/L, 4500 mg/L, 5000 mg/L, dan 5500 mg/L. Pengukuran panjang gelombang warna kecoklatan pada limbah cair kopi dilakukan untuk mengetahui serapan maksimum warna pada sampel. Hasil diperoleh bahwa panjang gelombang maksimum warna kecoklatan limbah cair kopi yaitu 475 nm.

Berdasarkan hasil analisis penelitian, karbon aktif kulit tanduk kopi memiliki kadar air sebesar 1,66%, kadar abu 1,58%, dan daya serap iodium 2284,74 mg/g. Hasil karakterisasi karbon aktif kulit tanduk kopi tersebut memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI-06-3730-1995. Penelitian menggunakan parameter penurunan kekeruhan dan warna kecoklatan limbah cair kopi. Penurunan persen adsorpsi optimum pada parameter kekeruhan yaitu 73,43% dan warna kecoklatan limbah cair kopi yaitu 65,67%. Hal tersebut dikarenakan karbon aktif mencapai kejenuhan yang artinya tidak ada lagi pori – pori yang mampu menyerap warna pada sampel limbah cair kopi.

## SUMMARY

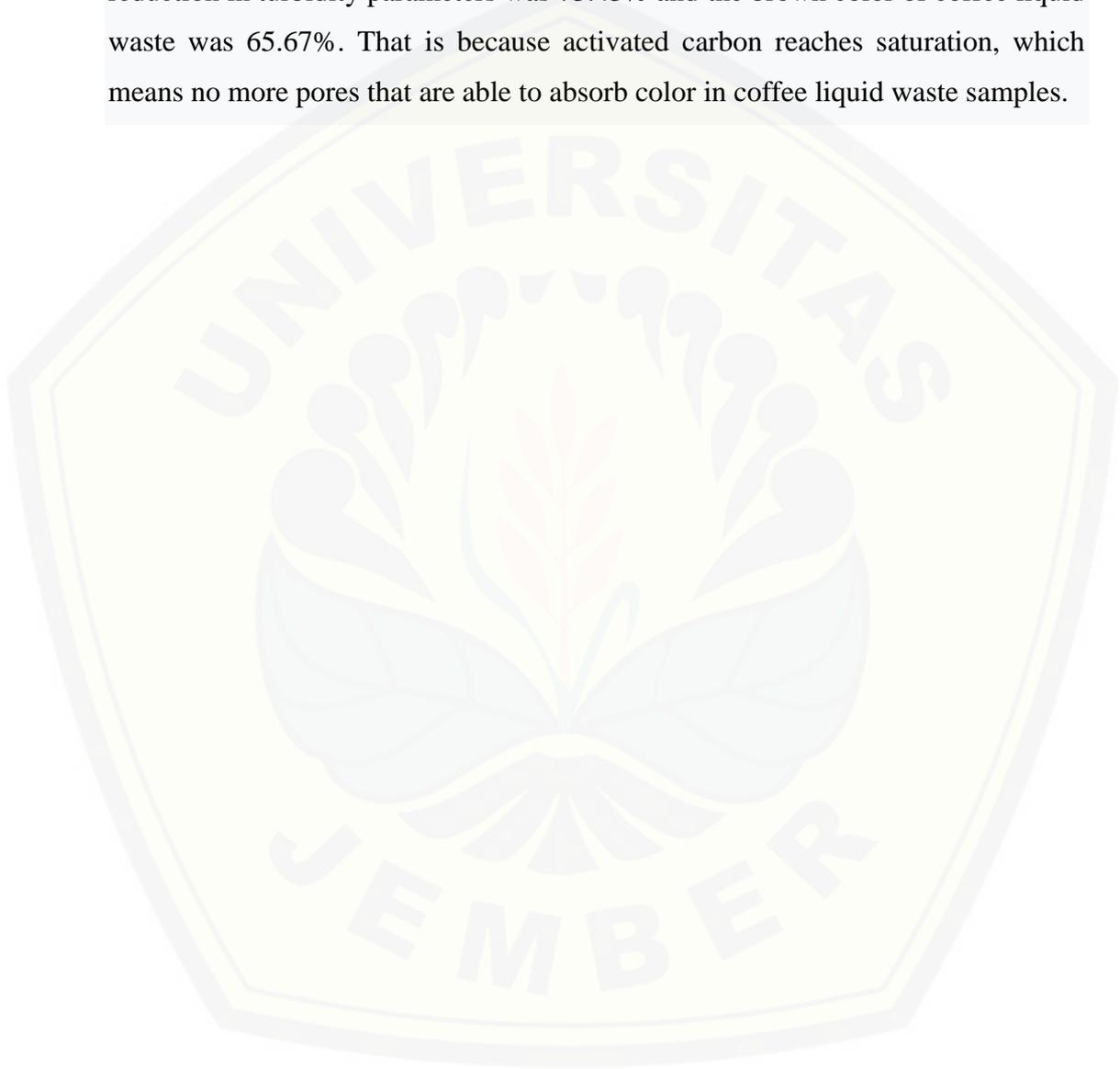
**Study of Activated Carbon Adsorption of Endocarp in Coffee Liquid Waste Treatment;** Sahna Salfini Husyairoh, 151710201073; 2019: 38 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

Jember Regency is one of the coffee producing centers in East Java. Coffee plantations in Jember have an area of 16,882 ha (Prayuginingsih *et al.*, 2012). This process produces 65% of coffee beans and 35% of coffee endocarp waste. Coffee endocarp waste is not used maximally or only used as animal feed, so the coffee endocarp needs to be utilized optimally (Muryanto *et al.*, 2014). Coffee endocarp contains cellulose which is quite large, which is 15 - 43% (Misran, 2009). The content of cellulose and carbon elements in the endocarp of coffee has the potential as a basic ingredient in the manufacture of activated carbon (Budiarti, 2014). Sodium Hydroxide (NaOH) has the ability to absorb better than activated carbon without activation and activated acid (Irdhawati *et al.*, 2016).

Utilization of activated carbon from coffee endocarp waste can be categorized as an effort to apply clean production to the industry by utilizing activated carbon coffee endocarp for treatment liquid waste such as coffee liquid waste. Coffee liquid wastes contain large amounts of dark brown pigment. The brown pigment contains melanoidin and contributes to the levels of Chemical Oxygen Demand (COD) (Andriot *et al.*, 2014). Activated carbon of coffee endocarp with a size of 100 mesh is used in adsorbing liquid waste such as synthetic coffee liquid waste with a variation of the mass of coffee / L, namely 1000 mg / L, 1500 mg / L, 2000 mg / L, 2500 mg / L, 3000 mg / L, 3500 mg / L, 4000 mg / L, 4500 mg / L, 5000 mg / L, and 5500 mg / L. Measurement of brownish color wavelengths in coffee liquid waste is carried out to determine the maximum absorption of colors in the sample. The results obtained that the maximum wavelength of the brown color of coffee liquid waste is 475 nm.

Based on the results of the research analysis, activated carbon of coffee endocarp has a moisture content of 1.66%, ash content of 1.58%, and iodine

adsorption capacity of 2284.74 mg / g. The results of the activated carbon characterization of the coffee endocarp meet the requirements in accordance with SNI-06-3730-1995. The study used parameters for reducing the turbidity and brownish color of coffee liquid waste. The percentage of optimum adsorption reduction in turbidity parameters was 73.43% and the brown color of coffee liquid waste was 65.67%. That is because activated carbon reaches saturation, which means no more pores that are able to absorb color in coffee liquid waste samples.



## PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT., atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi pada Penanganan Limbah Cair Kopi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Elida Novita, S.TP., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah bersedia meluangkan waktu, pikiran, dan perhatiannya untuk membimbing, membantu, dan mengarahkan penulis demi terselesaikannya skripsi ini;
2. Dr. Sri Wahyuningsih, S.P., M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota dan Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini;
3. Ir. Tasliman M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
4. Dr. Iwan Taruna, M.Eng., selaku Dosen Penguji Utama yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini;
5. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini;
6. Seluruh dosen pengampu Matakuliah, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
7. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi, perlengkapan, dan akademik;
8. Keluarga besar dari mama dan bapak yang senantiasa memberikan doa, dukungan, perhatian, kasih sayang, dan semangat;

9. Teman – teman satu peminatan (*waste water*) terutama Zulfrida Hilmi Khairunisa', Bagas Yoga Pratama, Nur Shodiqotul Kamil, dan Elinda Permata Sari dengan penuh cerita dan perjuangan saat menyelesaikan penelitian ini.
10. Teman – teman Teknik Pertanian Angkatan 2015 terutama TEP C 2015 dengan penuh cerita dan perjuangan saat kuliah dari awal mendapat gelar Mahasiswa Baru hingga Lulus.
11. Teman – teman UKKI KOSINUSTETA FTP UNEJ, kalian memang kader dakwah, dan muslim unggulan sejati.
12. Seluruh teman, guru dan ustadz/ah saat saya sekolah di Taman Kanak – kanak (TK Al Hidayah V, Mangli, Jember), Madrasah Ibtidayah (MI Al Hidayah Mangli, Jember), SMPN 06 Jember, SMAN 02 Jember, dan FTP UNEJ terima kasih atas support, motivasi hidup, dan ilmu yang diberikan;
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu baik tenaga maupun pikiran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Semoga Allah SWT. melimpahkan rahmat dan hidayah Nya kepada mereka semua. Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi umat manusia.

Jember, 23 Agustus 2019

Penulis

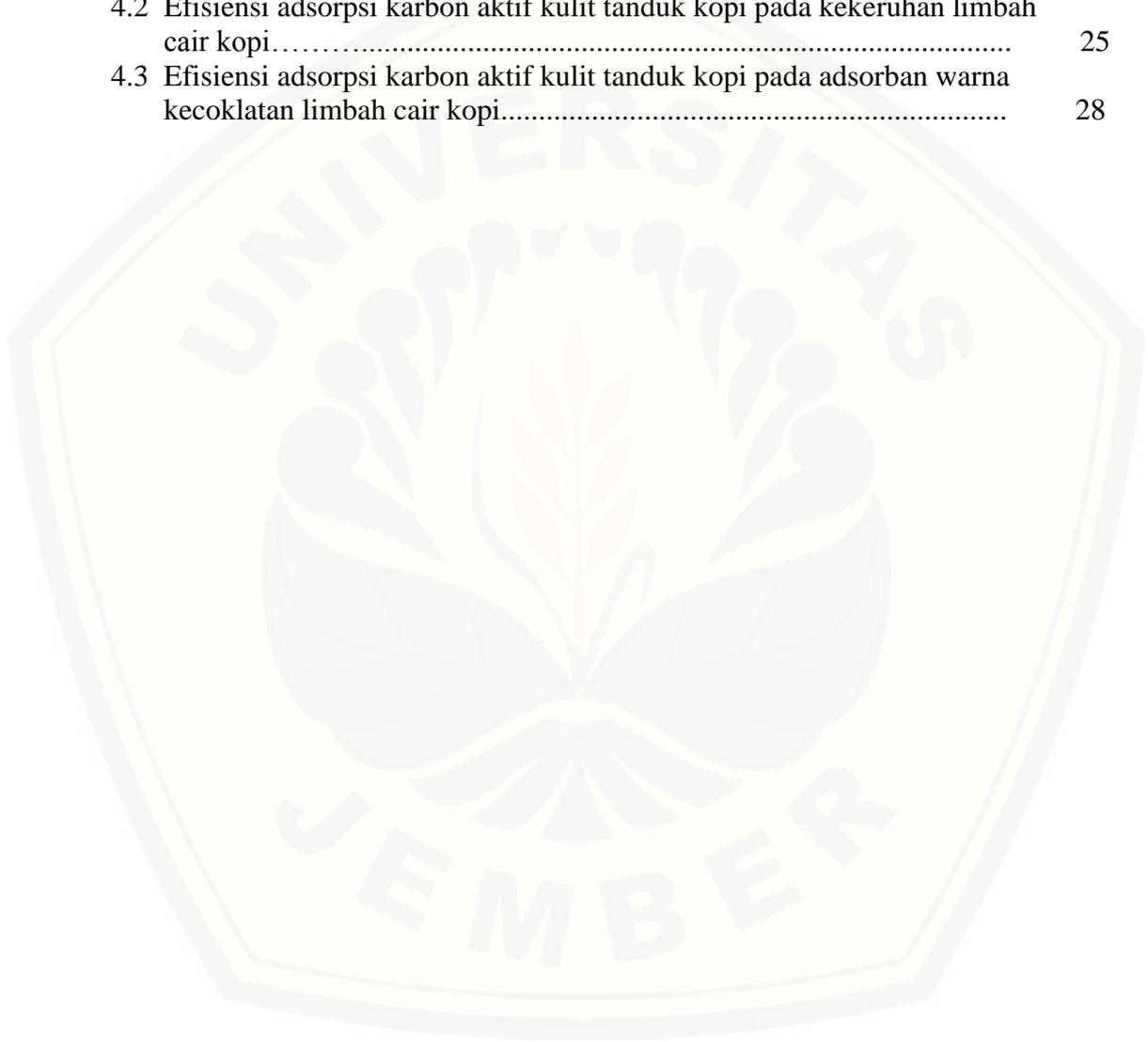
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN/SUMMARY .....	viii
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Batasan Masalah.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Tujuan.....</b>	<b>3</b>
<b>1.5 Manfaat.....</b>	<b>3</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Pengolahan Kopi.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Karakteristik Limbah Padat Kopi.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 Karbon Aktif.....</b>	<b>7</b>
<b>2.4 Kekeruhan.....</b>	<b>8</b>
<b>2.5 Spektrofotometer UV - VIS.....</b>	<b>9</b>
<b>2.6 Adsorpsi.....</b>	<b>9</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Alat dan Bahan.....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Tahapan Penelitian.....</b>	<b>12</b>
3.3.1 Persiapan Penelitian.....	13
3.3.2 Pembuatan Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi.....	14
3.3.3 Pembuatan Aktivator NaOH 1 M.....	16
3.3.4 Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi.....	16
3.3.5 Pembuatan Sampel Limbah Cair Kopi Sintetik dan Pengukuran <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	17
3.3.6 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum.....	19
3.3.7 Proses Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi.....	19
3.3.8 Pengukuran Kekeruhan dan Panjang Gelombang Warna Kecoklatan Limbah Cair Kopi.....	19
3.3.9 Metode Perhitungan.....	20
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>21</b>
<b>4.1 Karakteristik Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi.....</b>	<b>21</b>

<b>4.2 Efisiensi Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi pada Intensitas Warna Kecoklatan Limbah Cair Kopi.....</b>	<b>22</b>
4.2.1 Pembuatan Sampel Larutan Limbah Cair Kopi Sintetik.....	22
4.2.2 Pemindaian ( <i>Scanning</i> ) Panjang Gelombang Maksimum ( $\lambda_{\max}$ ).....	23
4.2.3 Pengukuran Kekeruhan.....	24
4.2.4 Pengukuran Adsorbansi Warna Kecoklatan pada Limbah Cair Kopi.....	26
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>29</b>
<b>5.1 Kesimpulan.....</b>	<b>29</b>
<b>5.2 Saran.....</b>	<b>29</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>33</b>

**DAFTAR TABEL**

	<b>Halaman</b>
2.1 Komposisi kulit buah kopi.....	6
2.2 Standar kualitas karbon aktif menurut SNI No. 06-3730-1995.....	8
4.1 Data hasil uji karakteristik karbon aktif kulit tanduk kopi.....	21
4.2 Efisiensi adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi pada kekeruhan limbah cair kopi.....	25
4.3 Efisiensi adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi pada adsorban warna kecoklatan limbah cair kopi.....	28



DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
2.1 Struktur buah kopi.....	6
3.1 Diagram alir penelitian.....	12
3.2 Rancangan alat adsorpsi.....	13
3.3 Kulit tanduk kopi.....	14
3.4 Proses dehidrasi.....	14
3.5 Proses karbonasi.....	15
3.6 Proses aktivasi dengan Natrium Hidroksida (NaOH) 1 M.....	16
3.7 Limbah cair kopi sintetik.....	18
3.8 Proses adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi.....	19
4.1 Nilai <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) pada jumlah massa kopi/L.....	22
4.2 Pemindaian ( <i>scanning</i> ) panjang gelombang ( $\lambda$ ) 460 – 550 nm.....	23
4.3 Pemindaian ( <i>scanning</i> ) panjang gelombang ( $\lambda$ ) 470 – 480 nm.....	24
4.4 Nilai kekeruhan pada jumlah massa kopi/ L.....	24
4.5 Penurunan kekeruhan pada jumlah massa kopi/L.....	25
4.6 Grafik penyerapan zat warna coklat.....	26
4.7 Nilai adsorbansi warna kecoklatan 475 nm pada jumlah massa kopi/L....	27
4.8 Penurunan adsorbansi warna kecoklatan pada jumlah massa kopi/L.....	28

**DAFTAR LAMPIRAN**

	<b>Halaman</b>
Lampiran A. Dokumentasi Penelitian.....	33
Lampiran B. Karakteristik Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi .....	34
Lampiran C. Karakteristik Limbah Cair Kopi Sintetik .....	35
Lampiran D. Pengukuran Panjang Gelombang Warna Kecoklatan dan Data Kekeruhan pada Limbah Cair Kopi Sintetik sebelum Melewati KarbonAktif.....	36
Lampiran E. Data Kekeruhan dan Pengukuran Panjang Gelombang Warna Kecoklatan pada Limbah Cair Kopi Sintetik Setelah Melewati Karbon Aktif.....	37
Lampiran F. Efisiensi Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi pada Intensitas Warna Kecoklatan Limbah Cair Kopi.....	38



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kabupaten Jember merupakan salah satu sentra penghasil kopi di Jawa Timur. Perkebunan kopi di Jember memiliki luas lahan sebesar 16.882 ha (Prayuginingsih *et al.*, 2012). Proses pengolahan kopi diawali dengan pencucian, perendaman, dan pengupasan kulit luar. Proses ini menghasilkan 65% biji kopi dan 35% limbah kulit tanduk kopi. Industri kopi menghasilkan limbah yang mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan. Limbah kulit tanduk kopi tidak digunakan secara maksimal atau hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sehingga kulit tanduk kopi perlu dimanfaatkan secara optimal (Muryanto *et al.*, 2014).

Kulit tanduk kopi mengandung selulosa yang cukup besar, yaitu 15 - 43% (Misran, 2009). Kandungan selulosa dan unsur karbon pada kulit tanduk kopi berpotensi sebagai bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif (Budiarti, 2014). Karbon aktif merupakan salah satu jenis adsorben dengan daya serap yang tinggi dimanfaatkan dalam proses penyerapan logam berat atau zat limbah cair berbahaya bagi lingkungan (Puspitasari *et al.*, 2017). Karbon aktif dipengaruhi oleh penggunaan zat aktivator. Aktivator pada penelitian ini menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH) 1 M. Karbon aktif teraktivasi basa memiliki kemampuan menyerap lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif tanpa aktivasi dan teraktivasi asam (Irdhawati *et al.*, 2016). Karbon aktif kulit tanduk kopi dikarakterisasi sesuai SNI 06-3730-1995 untuk mengetahui kualitas karbon aktif kulit tanduk kopi dengan mengukur parameter kadar air, kadar abu, dan daya jerap iodium.

Pemanfaatan karbon aktif kulit tanduk kopi dapat dikategorikan sebagai suatu upaya penerapan produksi bersih pada industri dengan memanfaatkan karbon aktif kulit tanduk kopi untuk penanganan limbah cair seperti limbah cair kopi. Limbah cair kopi mengandung pigmen warna coklat gelap dengan jumlah yang besar. Pigmen warna tersebut mengandung melanoidin dan berkontribusi terhadap kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) (Andriot *et al.*, 2014). Warna

coklat yang gelap dapat menghalangi sinar matahari sehingga menghambat proses fotosintesis. Pada penelitian ini, limbah cair kopi sintetik dibuat 10 macam variasi jumlah massa kopi/L dengan mendekati *Chemical Oxygen Demand* (COD) limbah cair kopi. Kemampuan karbon aktif kulit tanduk kopi mengadsorpsi limbah cair kopi diukur dengan parameter kekeruhan dan panjang gelombang warna kecoklatan 475 nm (Riadi *et al.*, 2011).

Adsorpsi merupakan proses penggumpalan substansi terlarut yang ada dalam larutan, dimana terjadi suatu ikatan fisika antara substansi dengan penyerapannya. Semakin besar konsentrasi limbah cair kopi maka nilai adsorpsinya semakin tinggi, kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi dipengaruhi oleh konsentrasi limbah cair hingga titik jenuh karbon aktif tersebut (Droste, 1997). Analisis penelitian menggunakan efisiensi adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi pada penurunan parameter kekeruhan dan warna kecoklatan limbah cair kopi.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik karbon aktif kulit tanduk kopi?
2. Berapa efisiensi adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi pada penurunan parameter kekeruhan dan warna kecoklatan limbah cair kopi?

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu.

1. Pembuatan karbon aktif kulit tanduk kopi dengan aktivator NaOH 1 M.
2. Pembuatan limbah cair kopi sintetik 10 macam jumlah massa kopi/L dengan mendekati *Chemical Oxygen Demand* (COD) limbah cair kopi KSU Buah Ketakasi Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember.
3. Parameter yang dianalisis meliputi penurunan nilai kekeruhan dan warna kecoklatan pada limbah cair kopi.

#### 1.4 Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini yaitu.

1. Mengetahui karakteristik karbon aktif dari kulit tanduk kopi.
2. Menentukan efisiensi adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi pada penurunan parameter kekeruhan dan warna kecoklatan limbah cair kopi.

#### 1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu.

1. Manfaat bagi segi ilmu pengetahuan dan teknologi yaitu mengaplikasikan teknologi karbon aktif kulit tanduk kopi untuk industri kopi.
2. Manfaat bagi pemerintah yaitu rekomendasi inovasi teknologi di bidang lingkungan untuk mengurangi pencemaran air.
3. Manfaat bagi masyarakat yaitu meningkatkan pengetahuan mengenai adsorben kulit tanduk kopi untuk memperbaiki kualitas air.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengolahan Kopi

Tanaman kopi merupakan tanaman perkebunan utama di Indonesia. Indonesia ialah pengeksport kopi terbesar keempat dunia dengan pangsa pasar 11 %, dan produsen kopi terbesar ketiga di dunia setelah Brazil dan Vietnam dengan menyumbang sekitar 6% dari produksi total kopi dunia (Raharjo, 2013). Berdasarkan cara kerjanya, pengolahan buah kopi dibedakan 2 macam yaitu pengolahan basah (*wet process*) dan kering (*dry process*) (Bonita *et al.*, 2007). Perbedaan tersebut terletak pada pengolahan kering pengupasan daging buah, kulit tanduk, dan kulit ari dilakukan setelah kering. Sedangkan pengupasan daging buah pada cara basah dilakukan sewaktu masih basah. Pengolahan cara kering biasanya dilakukan oleh petani kopi (rakyat) karena dapat dilakukan dengan peralatan sederhana. Cara pengolahan ini meliputi panen, sortasi buah, pengeringan, pengupasan, sortasi biji kering, pengemasan, dan penyimpanan biji kopi. Pengolahan secara basah biasanya dilakukan oleh perkebunan kopi skala besar. Cara pengolahan kopi secara basah dapat menghasilkan mutu fisik kopi yang baik.

Biji kopi robusta juga memiliki karakteristik yang membedakan dengan biji kopi lainnya. Secara umum, biji kopi robusta memiliki rendemen yang lebih tinggi dibandingkan kopi arabika. Selain itu, karakteristik yang menonjol yaitu bijinya yang agak bulat, lengkungan bijinya yang lebih tebal dibandingkan kopi arabika, dan garis tengah dari atas ke bawah hampir rata. Produksi biji kopi di Indonesia mencapai 682.591 ton dan menghasilkan kulit kopi sekitar 307.165 ton, apabila tidak dimanfaatkan akan menimbulkan pencemaran (Badan Pusat Statistik, 2016). Analisis secara fisik menunjukkan bahwa limbah dari buah kopi yaitu berupa daging buah sebesar 42,20 % dan kulit biji sebesar 5,90 % atau total produksi limbah sebesar 48,10 % dari produksi buah basah. Kulit buah kopi mudah rusak karena kandungan kadar airnya cukup tinggi 53%, sedangkan apabila dijadikan pakan ternak kurang disukai oleh ternak.

Pengolahan suatu bahan baku industri tidak terlepas dari hasil samping atau limbah yang dapat mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan. Dampak pencemaran lingkungan dapat dirasakan secara langsung atau tidak langsung oleh manusia. Salah satunya limbah cair industri pengolahan kopi di Koperasi Serba Usaha (KSU) Buah Ketakasi Sidomulyo, proses pengolahan basah pencucian air dapat mencapai 9000 liter air per ton buah kopi yang diolah. Limbah cair kopi mengandung pigmen coklat gelap dengan jumlah yang besar. Pigmen tersebut mengandung melanoidin dan berkontribusi terhadap kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) (Andriot *et al.*, 2014). Melanoidin terdiri dari kelompok ligan seperti tanin, polisakarida, dan peptisida. Pigmen tersebut berbahaya terhadap ekosistem air karena menghalangi sinar matahari sehingga menghambat proses fotosintesis (Riadi *et al.*, 2011).

## 2.2 Karakteristik Limbah Padat Kopi

Buah kopi terdiri dari daging buah dan biji. Komposisi buah kopi yaitu 40% terdiri dari tanduk, 20% lendir (*mucilage*) dan 40% biji kopi, dan kulit majemuk. Kulit kopi memiliki kandungan selulosa yang tinggi, mencapai 34,2% berat kering, 24,5% hemiselulosa, dan kandungan lignin hingga 23,4%. Kandungan selulosa dan unsur karbon pada kulit tanduk kopi berpotensi sebagai bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif (Budiarti, 2014). Karbon aktif merupakan salah satu jenis adsorben dengan daya serap yang tinggi dimanfaatkan dalam proses penyerapan logam berat atau zat limbah cair berbahaya bagi lingkungan (Puspitasari *et al.*, 2017).

Daging buah terdiri dari tiga lapisan yaitu lapisan kulit luar (*exocarp*), daging buah (*mesocarp*), dan kulit tanduk (*endocarp*) yang tipis, tetapi keras. Kulit kopi merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses pengolahan kopi olah basah maupun olah kering. Bagian-bagian buah kopi yaitu sebagai berikut.

- a. Kulit luar (*exocarp*) : kulit luar terdiri dari lapisan tipis pada buah yang masih muda berwarna hijau tua berangsur - angsur hijau kuning, kuning, merah, merah hitam.

- b. Lapisan daging buah (*mesocarp*) : daging buah dalam keadaan berlendir rasanya agak manis.
- c. Lapisan kulit tanduk (*endocarp*) : kulit bagian dalam cukup keras disebut kulit tanduk.
- d. Biji kopi terdiri dari 2 bagian : putik lembaga / *endosperm* terdapat lembaga (embrio), dan kulit ari / kulit biji.

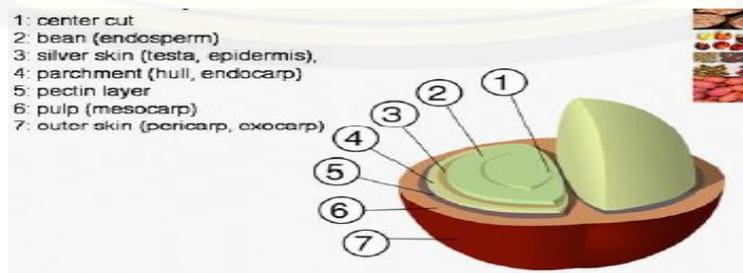
Kulit buah kopi memiliki beberapa komponen berdasarkan komposisi kimia seperti pada Tabel 2.1 Komposisi kimia kulit buah kopi.

Tabel 2.1 Komposisi kimia kulit buah kopi

Komponen	Arabika (%)	Robusta (%)
Protein kasar	1,46	2,20
Serat Kasar	50,20	60,24
Hemiselulosa	11,60	7,58
Gula	21,30	-
Abu	0,96	3,30
Light petroleum	0,35	-
Dll	14,18	26,68

(Sumber : Rahadian, 2011).

Menurut Widyotomo (2012), potensi limbah dari tahapan pengolahan kopi cara kering maupun basah yaitu kulit buah basah, limbah cair yang mengandung lendir, dan kulit gelondong kering maupun cangkang kering. Buah kopi memiliki kadar air antara 60-65%. Hasil analisis kesetimbangan massa buah kopi diperoleh dari 100 kg buah kopi yang diolah kering, terdapat 29 kg (29%) gelondong kering terdiri dari 15,95 kg biji kopi (55%), dan 13,05 kg kulit gelondong kering (45%). Kulit kopi merupakan limbah padat yang dihasilkan dari proses pengolahan kopi olah basah maupun olah kering. Struktur buah kopi dapat dilihat pada Gambar 2.1 sebagai berikut ini.



Gambar 2.1 Struktur buah kopi (Sumber : Duniaji, Tanpa Tahun)

### 2.3 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan karbon yang dimurnikan atau konfigurasi atom karbonnya dibebaskan dari ikatan dengan unsur lain sehingga permukaan karbon aktif menjadi bersih dan lebih luas. Keluasan area pusat aktif menentukan efektifitas kegunaannya sebagai karbon aktif (penyerap) cairan atau gas. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori – pori dan luas permukaan. Faktor yang mempengaruhi kecepatan adsorpsi antara lain: konsentrasi, luas permukaan, suhu, ukuran partikel, pH larutan dan waktu kontak.

Pembuatan karbon aktif terdiri dari proses dehidrasi, karbonasi, dan aktivasi. Pembuatan karbon aktif berlangsung 3 tahap yang bertujuan untuk membentuk karakter karbon aktif sehingga dapat digunakan pada proses adsorpsi secara optimal yaitu sebagai berikut.

#### 1. Dehidrasi

Dehidrasi merupakan proses penghilangan kandungan air yang terdapat pada bahan baku karbon aktif. Kulit kopi dikeringkan dengan oven selama 24 jam, dan suhu 105°C. Air bertitik didih pada suhu 100°C sehingga pemanasan 5°C diatas suhu didih air, diharapkan semua air dalam bahan dapat diuapkan (Mu'jizah, 2010).

#### 2. Karbonasi

Karbonasi merupakan proses peruraian selulosa menjadi karbon. Tujuan proses karbonasi untuk menghilangkan senyawa mudah menguap. Karbonasi pada suhu 400°C selama 5 jam, suhu tersebut menghasilkan karbon aktif dengan daya serap optimal (Pambayun *et al.*, 2013). Suhu yang terlalu tinggi seperti diatas 1000°C mengakibatkan banyaknya abu yang terbentuk sehingga dapat menutupi pori – pori, membuat luas permukaan berkurang, dan daya adsorpsi menurun. Daya serap optimal pada waktu 5 jam, daya serap terhadap larutan iodin mengalami penurunan pada waktu 6 dan 7 jam (Lestari *et al.*, 2017).

#### 3. Aktivasi

Proses karbonasi menghasilkan residu (senyawa pengotor) yang menutupi permukaan dan pori – pori karbon. Ukuran pori yang optimal dapat digunakan

proses aktivasi melalui dua cara, yaitu aktivasi fisika menggunakan pemanasan *furnace* atau *microwave*, serta aktivasi kimia menggunakan aktivator contohnya NaOH. Karbon aktif teraktivasi basa memiliki kemampuan menyerap lebih baik dibandingkan dengan karbon aktif tanpa aktivasi dan teraktivasi asam (Irdhawati *et al.*, 2016).

Karbon aktif sebelum digunakan perlu dikarakterisasi berdasarkan standar klasifikasi SNI No. 06-3730-1995 untuk disamakan kemampuan kualitas karbon aktif kulit tanduk kopi. Berikut Tabel 2.2 Standar kualitas karbon aktif menurut SNI No. 06-3730-1995.

Tabel 2.2 Standar kualitas karbon aktif menurut SNI No. 06-3730-1995

Uraian	Persyarat Kualitas Serbuk
Bagian yang Hilang pada Pemanasan 950°C, %	Maks. 25
Kadar Air, %	Maks. 15
Kadar Abu, %	Maks. 10
Bagian Tidak Mengarang	0
Daya Serap terhadap Iodium, mg/g	Min. 750
Karbon aktif murni, mg/g	Min. 65
Daya Serap terhadap Benzena, %	-
Daya Serap terhadap Biru Metilen, mg/g	Min. 120
Berat jenis curah, g/ml	0,3 - 0,35
Lolos Mesh 325, %	Min. 90
Jarak Mesh, %	-
Kekerasan, %	-

Sumber : SNI No. 06-3730-1995

## 2.4 Kekeruhan

Kekeruhan merupakan sifat optik air saat dilewati oleh cahaya dalam air dengan skala NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Kekeruhan dinyatakan dengan satuan unit turbiditas yang setara dengan 1 mg/L. Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan – bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam air seperti lumpur dan bahan buangan industri yang dihasilkan dari industri tersebut. Kekeruhan yang tinggi menyebabkan kandungan oksigen dalam air akan menurun, hal ini dikarenakan intensitas cahaya matahari yang masuk kedalam perairan sangat terbatas sehingga tumbuhan/fitoplankton tidak dapat melakukan proses fotosintesis untuk menghasilkan oksigen (Wahyufianti, 2014).

Kekeruhan menunjukkan sifat air ditentukan berdasarkan cahaya yang diserap dan selanjutnya dipancarkan oleh bahan – bahan yang terdapat dalam air. Kekeruhan disebabkan adanya bahan organik maupun anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Pengukuran karakteristik kekeruhan limbah cair kopi dilakukan dengan menggunakan alat turbidimeter (Wahyufianti, 2014).

### **2.5 Spektrofotometer UV – VIS**

*Spektrofotometer UV-VIS* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur transmitansi, reflektansi, dan absorbansi cuplikan sebagai fungsi panjang gelombang. *Spektrofotometer UV-VIS* melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga *Spektrofotometer UV-VIS* lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Pengukuran absorbansi sinar tampak selain sinar yang digunakan harus monokromatis, juga sinar yang dipakai harus warna komplemen dari warna larutan supaya larutan sampel dapat menyerap secara maksimum.

Limbah cair kopi mengandung pigmen coklat gelap dengan jumlah yang besar. Pigmen tersebut mengandung melanoidin dan berkontribusi terhadap kadar COD (Andriot, 2014). Menurut Riadi (2011), melanoidin terdiri dari kelompok ligan seperti tanin, polisakarida, peptisida, dan lainnya. Pigmen tersebut berbahaya terhadap ekosistem air karena menghalangi sinar matahari sehingga menghambat proses fotosintesis. Penentuan panjang gelombang maksimum dari limbah cair kopi dilakukan *scanning* menggunakan *Spektrofotometer UV-VIS* dengan acuan panjang gelombang sebesar 475 nm. Gelombang 475 nm dari limbah cair kopi dapat dikategorikan sebagai warna coklat. Panjang gelombang dapat digunakan untuk mengetahui adsorbansi awal dari limbah cair kopi.

### **2.6 Adsorpsi**

Adsorpsi merupakan suatu fenomena dimana sejumlah kuantitas gas menetap pada suatu permukaan. Proses adsorpsi tergantung pada luas spesifik padatan atau luas permukaan karbon aktif. Semakin besar luas permukaannya, maka daya adsorpsinya akan makin kuat (Laksono, 2002). Ketergantungan penutupan permukaan karbon aktif oleh adsorbat pada tekanan dan temperatur

tertentu disebut isoterm adsorpsi. Jika suatu karbon aktif dibiarkan kontak dengan larutan, maka jumlah zat yang teradsorpsi akan bertambah naik secara bertahap sampai suatu keadaan seimbang tercapai. Proses penyerapan biasanya dinyatakan sebagai suatu isoterm adsorpsi.

Adsorpsi dapat terjadi di permukaan karbon aktif padat, di dalam makropori dan mesopori, namun luas permukaan (*surface area*) karbon aktif padat sangat kecil dibandingkan luas permukaan mikropori dimana sejumlah material teradsorpsi (*internal surface area*), sehingga ini biasanya diabaikan. Ketika laju adsorpsi sama dengan laju desorpsi maka kesetimbangan telah tercapai dan dapat mengetahui kapasitas karbon aktif. Secara teori, kapasitas penyerapan suatu karbon aktif terhadap kontaminan dapat dihitung dengan menerapkan adsorpsi isoterm.

Keberhasilan proses adsorpsi padat – cair tergantung pada performa karbon aktif, baik dalam hal kesetimbangan maupun kinetiknya. Karbon aktif dengan kapasitas yang tinggi (*porous*) tetapi memiliki afinitas yang rendah akan menyerap molekul cairan yang rendah, karena molekul cairan membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai permukaan padatan. Karbon aktif dengan afinitas yang tinggi tetapi pori – pori sedikit hanya mampu menyerap molekul cairan dalam jumlah sedikit, sehingga adsorpsi kurang sempurna.

Efisiensi adsorpsi bertujuan mengetahui kemampuan karbon aktif menyerap adsorbat atau zat yang terserap dalam batas tertentu. Nilai absorbansi yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam persamaan regresi linear larutan uji sehingga diperoleh konsentrasi. Nilai konsentrasi larutan uji dimasukkan ke dalam rumus efisiensi penyerapan seperti berikut (Nurhasni *et al.*, 2018).

$$\text{Efisiensi adsorpsi (\%)} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :  $C_0$  = konsentrasi awal larutan uji (mg/L)

$C_t$  = konsentrasi akhir larutan uji (mg/L)

### BAB 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

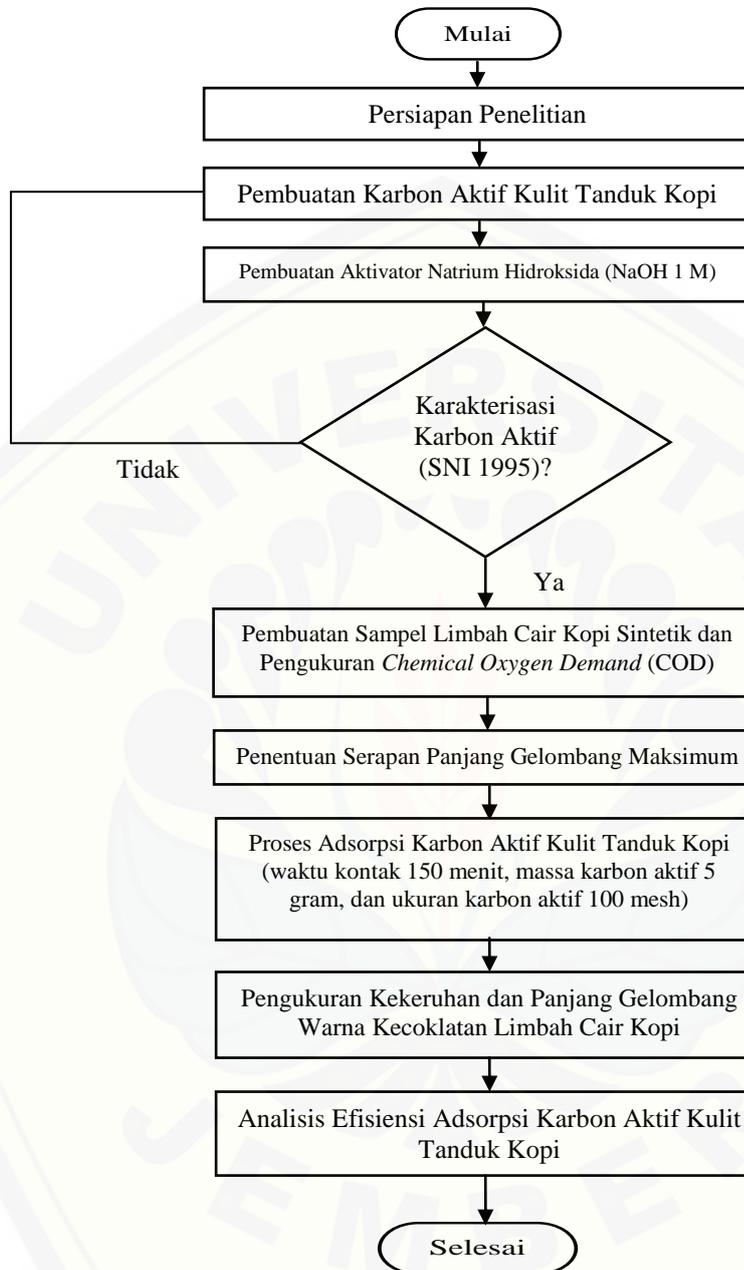
Penelitian dilaksanakan pada bulan November 2018 sampai Februari 2019 di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (TPKL), Jurusan Teknik Pertanian, dan Laboratorium Mikrobiologi Pangan dan Hasil Pertanian (MPHP), Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu neraca analitik AJ2002B, gelas arloji, oven, cawan porselin 25 mL dan 50 mL, desikator, tanur alumunium, ayakan 100 mesh, pipet tetes, labu ukur (25 mL, 100 mL, dan 1000 mL), buret 25 mL, statif, *stirer*, corong *Buchner*, kertas saring *whatman* no. 42, HI 2550 pH multiparameter, alumunium foil, pipet mohr 10 mL, *ball pipet*, gelas beaker 50 mL, *sentrifuge*, kertas karbon, gayung bertangkai panjang, botol sampel 1 L, tisu, botol semprot plastik 50 mL, kuvet, termokopel, alat adsorpsi dan *UV-Vis Spectrophotometer – Thermo Scientific Model – Genesys 10 S*.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kulit tanduk kopi Robusta, dan limbah cair kopi sintetik. Bahan kulit tanduk kopi didapatkan dari Industri Kopi Di Desa Sidomulyo Kecamatan Silo Kabupaten Jember. Larutan yang dibutuhkan ialah aquades,  $I_2$  0,1 N, KI 20%,  $Na_2S_2O_3$  0,1 N, vial *Chemical Oxygen Demand* (COD), amilum 1% dan zat aktivator Natrium Hidroksida (NaOH) 1 M.

### 3.3 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

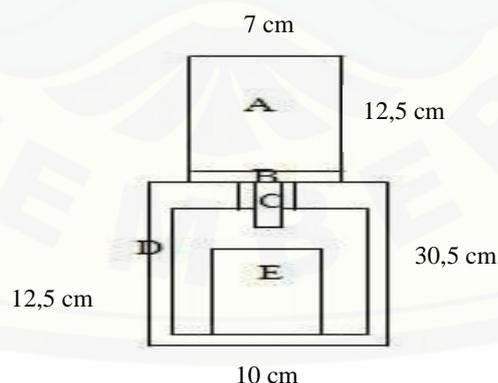
Tahapan penelitian meliputi persiapan penelitian, pembuatan karbon aktif kulit tanduk kopi, pembuatan larutan aktivator Natrium Hidroksida (NaOH) 1 M, karakterisasi karbon aktif kulit tanduk kopi (SNI 1995), pembuatan sampel limbah cair kopi sintetik dan pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD), penentuan

serapan panjang gelombang maksimum, proses adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi, pengukuran kekeruhan dan panjang gelombang warna kecoklatan limbah cair kopi, dan analisis efisiensi adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi.

### 3.3.1 Persiapan Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data langsung dari objek penelitian (data primer) seperti data nilai adsorbansi awal, panjang gelombang warna kecoklatan, kekeruhan, dan konsentrasi limbah cair kopi. Data ini merupakan data dalam bentuk kuantitatif dan diambil dalam waktu berkala (*time series*). Pengambilan data akan dilakukan dari tiga kali ulangan. Data dari setiap parameter akan digunakan untuk menentukan isoterm adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi dan penurunan warna kecoklatan limbah cair kopi. Sumber data sekunder diperoleh dengan studi literatur seperti tulisan (dokumentasi), jurnal atau laporan penelitian dari para ahli, dan instansi terkait dengan kegiatan penelitian ini.

Tahapan penelitian ini meliputi studi literatur dan persiapan alat serta bahan yang dibutuhkan selama proses penelitian berlangsung. Persiapan alat meliputi persiapan rancangan alat yang digunakan. Pada penelitian ini menggunakan rancangan alat adsorpsi seperti pada Gambar 3.2 Rancangan alat adsorpsi untuk tempat proses adsorpsi limbah cair kopi sintetik.



Gambar 3.2 Rancangan alat adsorpsi

- Ket. A : Wadah Karbon aktif  
B : Selang  
C : Penutup  
D : Penyangga  
E : Wadah Penampung

### 3.3.2 Pembuatan Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi

#### a. Persiapan

Persiapan alat dan bahan harus dilakukan sebelum melakukan penelitian. Persiapan bahan kulit tanduk kopi seperti pada Gambar 3.3 Kulit tanduk kopi.



Gambar 3.3 Kulit tanduk kopi

#### b. Dehidrasi

Dehidrasi merupakan proses penghilangan kandungan air yang terkandung di dalam bahan baku karbon aktif. Kulit tanduk kopi dikeringkan dengan oven selama 24 jam, dan suhu  $105^{\circ}\text{C}$  seperti pada Gambar 3.4 Proses dehidrasi (Mu'jizah, 2010).



Gambar 3.4 Proses dehidrasi

#### c. Karbonasi

Karbonasi merupakan proses pemecahan atau peruraian selulosa menjadi karbon. Tujuan dilakukannya proses karbonasi untuk menghilangkan senyawa – senyawa yang mudah menguap. Karbonasi dengan tanur pada suhu  $400^{\circ}\text{C}$  selama 5 jam, untuk massa kulit tanduk kopi 100 kg membutuhkan waktu 5 hari. Proses

pembuatan karbon aktif yaitu menyiapkan tanur, kemudian kulit tanduk 100 kg dituangkan kedalam tanur, hidupkan bara api dengan ranting kayu sebagai pemantik api tersebut menyala, setelah bara api menyala, kulit tanduk diaduk perlahan-lahan, atur suhu pengarangan sebesar  $400^{\circ}\text{C}$  dengan termokopel. Suhu yang terlalu tinggi seperti diatas  $1000^{\circ}\text{C}$  mengakibatkan banyaknya abu yang terbentuk sehingga dapat menutupi pori – pori, membuat luas permukaan berkurang, dan daya adsorpsi menurun. Daya serap optimal pada waktu 5 jam, daya serap terhadap larutan iodin mengalami penurunan pada waktu 6 dan 7 jam (Lestari, *et. al.* 2017). Kulit tanduk kopi diusahakan menjadi karbon aktif bukan abu dengan melihat tanur dan membalik bagian atas kulit taduk ke bagian bawah supaya pengarangan kulit tanduk merata, kemudian tutup tanur dengan penutupnya, proses karbonasi seperti pada Gambar 3.5 Proses karbonasi (Pambayun *et al.*, 2013).



Gambar 3.5 Proses karbonasi

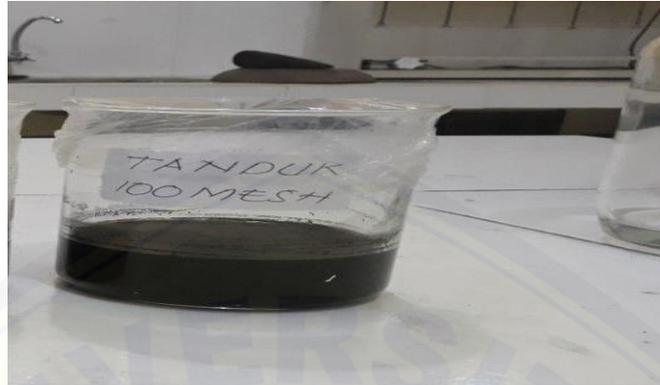
d. Pengecilan Ukuran dan Pengayakan

Pengecilan ukuran dengan menggunakan gilingan, dan proses setelahnya penyeragaman ukuran dengan ayakan 100 mesh karena ukuran tersebut memiliki persentase penyerapan adsorben yang lebih besar daripada ayakan 80 mesh (Wardalia, 2016).

e. Aktivasi

Proses aktivasi dilakukan dengan merendam serbuk karbon aktif kulit tanduk biji kopi selama 24 jam menggunakan NaOH 1 M, dengan perbandingan karbon aktif

dan aktivasi NaOH yaitu 1 : 3 seperti pada Gambar 3.6 Proses aktivasi dengan NaOH 1 M (Rosi *et al.*, 2013).



Gambar 3.6 Proses aktivasi dengan Natrium Hidroksida (NaOH) 1 M

f. Pencucian

Karbon aktif kulit tanduk biji kopi dicuci dengan aquades untuk menghilangkan sisa-sisa larutan aktivasi hingga pH netral 7.

g. Pengeringan Akhir

Pengeringan dilakukan menggunakan oven selama 24 jam pada suhu 110<sup>0</sup>C, dimasukkan ke dalam desikator sebelum akhirnya dianalisis persentase kadar air, kadar abu, dan daya serap iodium sebagai analisis karakterisasi karbon aktif (Budiarti, 2014).

### 3.3.3 Pembuatan Aktivator Natrium Hidroksida (NaOH) 1 M

Pembuatan aktivator dilakukan dengan menimbang Natrium Hidroksida (NaOH) dengan neraca analitik sebanyak 40 gram. Natrium Hidroksida (NaOH) dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml ditambahkan dengan aquades sampai tanda batas, selanjutnya larutan Natrium Hidroksida (NaOH) dimasukkan ke dalam labu ukur 1.000 ml dan diencerkan dengan aquades hingga tanda batas.

### 3.3.4 Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi

a. Kadar Air (AOAC, 1971 dan SNI, 1995)

Kadar air bahan ditentukan dengan cara pengeringan dalam oven, menimbang karbon aktif A1 sebanyak 5 gram contoh yang telah dihaluskan ditempatkan dalam cawan alumunium yang telah diketahui bobotnya, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105<sup>0</sup>C, selanjutnya contoh didinginkan dalam desikator

selama 15 menit sebelum ditimbang beratnya. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Perhitungan kadar air A2 dapat dilakukan dengan prosedur yang sama.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Penyusutan bobot}}{\text{gram contoh}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

b. Kadar abu (AOAC, 1971 dan SNI, 1995)

Penimbangan sebanyak 5 gram contoh dalam cawan abu, dikeringkan pada suhu 105°C. Kemudian dipanaskan hingga asap berhenti mengepul. Setelah itu dimasukkan ke dalam tanur dan diabukan pada suhu 650°C sampai terbentuk abu putih. Abu yang terbentuk dibasahi air suling, dikeringkan dengan penangas air, kemudian pada *hot plate*.

$$\text{Kadar abu total (\%)} = \frac{\text{Bobot abu total}}{\text{gram contoh}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.2)$$

c. Daya serap terhadap iod (SNI, 1995)

Pada *erlenmeyer* tutup basah ditimbang sekitar 1 gram karbon aktif, selanjutnya ditambahkan 25 ml larutan iod monoklorida dan *erlenmeyer* ditutup dengan tutup yang telah dibasahi dengan KI, kemudian dikocok dan disimpan ditempat gelap selama 2 jam ke dalam *erlenmeyer* ditambahkan larutan Kalium Iodida (KI) 20 % dan 150 ml air suling kemudian dikocok dan seterusnya dititrasasi dengan larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N.

$$\text{Daya serap terhadap larutan iod} = \frac{A \frac{B \times N (\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{N(\text{iodin})} 126,93}{\alpha} \times 100\% \dots \dots \dots (3.3)$$

Ket. A : volume larutan iodin (mL)  
 B : volume Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang terpakai (mL)  
 α : bobot karbon aktif (g)  
 N (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) : konsentrasi Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (N)  
 N (iodin) : konsentrasi iodin(N)  
 126,9 : jumlah iodin sesuai 1 mL larutan Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

### 3.3.5 Pembuatan Sampel Limbah Cair Kopi Sintetik dan Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Proses adsorpsi dilakukan pada sampel limbah cair kopi sintetik dengan variasi jumlah massa kopi/L. Penggunaan limbah cair kopi sintetik dikarenakan ketersediaan limbah cair kopi telah habis, dan penelitian ini dilaksanakan setelah

masa panen kopi. Limbah cair kopi sintetik diuji karakteristiknya dengan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan kekeruhan limbah cair kopi. Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) untuk pengolahan air limbah kopi robusta mencapai 7000 mg/L, dengan menyamakan *Chemical Oxygen Demand* (COD) limbah kopi instan yaitu 14.000 mg/L sampai 26.000 mg/L. Air limbah kopi mengandung konsentrasi tinggi polutan karena kandungan bahan organik hasil dari proses pengupasan daging buah (*mesocarp* bila dikupas) dan lendir (Novita, 2016). Pembuatan sampel limbah cair kopi sintetik seperti pada Gambar 3.7 Limbah cair kopi sintetik.



Gambar 3.7 Limbah cair kopi sintetik

Konsentrasi limbah cair kopi sintetik antara 1000 mg/L sampai 5500 mg/L dengan interval 500 mg/L. Proses pembuatan limbah cair kopi sintetik konsentrasi 1000 mg/L membutuhkan 1 gram bubuk kopi olahan Koperasi Serba Usaha (KSU) “Buah Ketakasi” Desa Sidomulyo. Timbang 1 gram bubuk kopi dengan neraca analitik AJ2002B. Kemudian bubuk kopi tersebut diberi air panas sebanyak 50 mL dalam gelas *beaker* ukuran 200 mL, lalu dilarutkan di dalam labu takar ukuran 1000 mL dengan air hingga mencapai tanda batas. Proses tersebut juga dilakukan menyesuaikan konsentrasi limbah cair kopi sintetik yang dibuat, apabila 1500 mg/L limbah cair kopi sintetik yang dibuat maka membutuhkan 1,5 gram bubuk kopi, begitupun seterusnya hingga limbah cair kopi sintetik konsentrasi 5500 mg/L.

### 3.3.6 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Panjang gelombang maksimum yaitu panjang gelombang yang dapat menghasilkan adsorbansi maksimum. Pengukuran zat berwarna dilakukan menggunakan *UV-Vis Spectrophotometer – Thermo Scientific Model – Genesys 10 S* yang memiliki rentang panjang gelombang 380 – 780 nm. Penentuan panjang gelombang maksimum dari limbah cair kopi sintetik dilakukan *scanning* menggunakan *Spektrofotometer UV-VIS* dengan acuan panjang gelombang sebesar 475 nm. Gelombang 475 nm dari limbah cair kopi dapat dikategorikan sebagai warna coklat. Panjang gelombang dapat digunakan untuk mengetahui adsorbansi awal dari limbah cair kopi.

### 3.3.7 Proses Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi

Pada penelitian ini menggunakan karbon aktif dengan ukuran 100 mesh dengan massa masing – masing perlakuan 5 gram, dan waktu kontak 150 menit. Proses adsorpsi dilakukan pada sampel limbah cair kopi sintetik dengan 10 variasi konsentrasi limbah cair kopi sintetik. Konsentrasi limbah cair kopi sintetik antara 1000 mg/L sampai 5500 mg/L dengan interval 500 mg/L. Berikut Gambar 3.8 Proses adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi.



Gambar 3.8 Proses adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi

### 3.3.8 Pengukuran Kekeruhan dan Panjang Gelombang Warna Kecoklatan Limbah Cair Kopi

Kekeruhan merupakan sifat optik air saat dilewati oleh cahaya dalam air dengan skala NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*). Kekeruhan dinyatakan dengan

satuan unit turbiditas yang setara dengan 1 mg/L. Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya bahan – bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam air seperti lumpur dan bahan buangan industri yang dihasilkan dari industri tersebut. Kekeruhan yang tinggi menyebabkan kandungan oksigen dalam air akan menurun, hal ini dikarenakan intensitas cahaya matahari yang masuk kedalam perairan sangat terbatas sehingga tumbuhan/fitoplankton tidak dapat melakukan proses fotosintesis untuk menghasilkan oksigen (Wahyufianti, 2014). Kekeruhan menunjukkan sifat air ditentukan berdasarkan cahaya yang diserap dan selanjutnya dipancarkan oleh bahan – bahan yang terdapat dalam air. Kekeruhan disebabkan adanya bahan organik maupun anorganik yang tersuspensi dan terlarut. Pengukuran karakteristik kekeruhan limbah cair kopi dilakukan dengan menggunakan alat turbidimeter (Wahyufianti, 2014).

*Spektrofotometer UV-VIS* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur transmitansi, reflektansi, dan absorbansi cuplikan sebagai fungsi panjang gelombang. *Spektrofotometer UV-VIS* melibatkan energi elektronik yang cukup besar pada molekul yang dianalisis, sehingga *Spektrofotometer UV-VIS* lebih banyak dipakai untuk analisis kuantitatif dibandingkan kualitatif. Pengukuran absorbansi sinar tampak selain sinar yang digunakan harus monokromatis, juga sinar yang dipakai harus warna komplemen dari warna larutan supaya larutan sampel dapat menyerap secara maksimum. Penentuan panjang gelombang maksimum dari limbah cair kopi dilakukan *scanning* menggunakan *Spektrofotometer UV-VIS* dengan acuan panjang gelombang sebesar 475 nm.

### 3.3.9 Metode Perhitungan

Perhitungan efisiensi persen adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi dengan mengukur penurunan parameter kekeruhan dan adsorpsi warna kecoklatan limbah cair kopi antara sebelum dan setelah dikontakkan dengan karbon aktif kulit tanduk kopi dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi persen adsorpsi (\%)} : \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan : a = nilai sebelum proses adsorpsi

b = nilai setelah proses adsorpsi

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian tentang isoterm adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi pada penanganan limbah cair kopi sintetik dapat disimpulkan :

1. Karakterisasi karbon aktif kulit tanduk kopi dengan aktivator Natrium Hidroksida (NaOH) 1 M pada ukuran 100 mesh memenuhi syarat karakterisasi karbon aktif yang sesuai dengan SNI 06-3730-1995 yaitu kadar air 1,66%, kadar abu 1,58%, dan daya serap iodium 2284,74 mg/g.
2. Penurunan efisiensi adsorpsi optimum pada parameter kekeruhan yaitu 73.43% dan warna kecoklatan limbah cair kopi yaitu 65.67%, hal tersebut menunjukkan kinerja karbon aktif kulit tanduk kopi sangat efisien dalam mengadsorpsi limbah cair kopi.

### 5.2 Saran

Penelitian adsorpsi perlu diperhatikan ketersediaan limbah cair kopi, sehingga melakukan proses penelitian pada musim panen kopi, supaya dapat dilihat perbandingan pengukuran limbah cair kopi dengan limbah cair kopi sintetik, dan penelitian selanjutnya dapat diarahkan ke kajian isoterm adsorpsi karbon aktif. Kajiannya dapat dilakukan menggunakan berbagai obyek penelitian seperti adsorpsi zat warna, dan fenol.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Andriot, I., J.Quere., dan Guichard. 2004. *Interactions between Coffee Melanoidins and Flavour Compounds: Impact of Freeze-Drying and Roastin Degree of Coffee on Melanoidins Retention Capacity*.
- AOAC. 1971. *Official methods of analysis of the association of the Official analytic chemist*. Washington D.C : Association of the Official Analytical Chemist.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Statistika Kopi Indonesia 2016*. Jakarta: BPS - Statistics Indonesia.
- Bonita, J.S., M.Mandarano., Shuta., dan Vinson, J., 2007. *Coffee and cardiovascular disease: in vitro, cellular, animal, and human studies. Pharmacological research*, 55(3), pp.187-198.
- Budiarti, R. 2014. *Uji Efektivitas Karbon Aktif dari Kulit Biji Kopi sebagai Karbon aktif Ion Tombal (Pb) dan Ion cadmium (Cd)*. Skripsi. Jember: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember.
- Droste, R. L. 1997. *Theory And Practice Of Water And Wastewater Treatment*. United States Of America.
- Duniaji, A. S. Tanpa Tahun. *Teknologi Kopi*. Bali : Universitas Udayana.
- Dwyer, L. 2005. Thallium. In: *Water Quality Sourcebook. A guide to Water Quality Parameters*. Environment Canada, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch. Ottawa.
- Irdhawati, I., A.Andini., dan Arsa. 2016. “*Daya Serap Kulit Kacang Tanah Teraktivasi Asam Basa Dalam Menyerap Ion Fosfat Secara Bath Dengan Metode Bath*”. *Jurnal Kimia Riset*. 1(1):52-57. Bali : Universitas Udayana.
- Laksono, E. W. 2002. *Analisis Daya Adsorpsi Suatu Karbon aktif*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Lestari, K. D., Ratnani, R. D., Suwardiyono dan Kolis. 2017. “*Pengaruh Waktu Dan Suhu Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah Dengan Suhu Tinggi Secara Pirolisis*”. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*. 2(1):32-38. SemKarbon : Universitas Wahid Hasyim SemKarbon.

- Mattel, C. L. 1991. *Adsorption*. 2<sup>nd</sup> Edition. New York : McGraw-Hill Company Inc.
- Misran, E. 2009. Pemanfaatan kulit coklat dan kopi sebagai Karbon aktif ion Pb dalam larutan. *Jurnal Sigma*. 12 (1):1-7.
- Muryanto, U., Nuschaty, D., Pramono dan Prasetyo. 2014. *Potensi Limbah Kulit Kopi Sebagai Pakan Ternak*. Ungaran : Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- Mu'jizah, S. 2010. *Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Biji Kelor (Moringa Oleifera. Lamk) Dengan NaCl Sebagai Bahan Pengaktif*. Malang : Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Novita, E. 2016. *Biodegradability simulation of coffee wastewater using instant coffee*. Jurusan Teknik Pertanian Universitas Jember. Agriculture and Agricultural Science Procedia2 (9) : 217 – 229.
- Nurhasni., M.Reski., dan Hendrawati. 2018. *Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah (Arachis hipogaea L.) sebagai Adsorben Zat warna Metilen Biru*. Jakarta : UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Pambayun, G. S., Y.E.Rmigius., Rachimoellah., dan Putri. 2013. “Pembuatan Karbon Aktif Dari Karbon Tempurung Kelapa Dengan Aktivator  $ZnCl_2$  dan  $Na_2CO_3$  Sebagai Karbon aktif Untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah”. *Jurnal Teknik POMITS*. 2(1). Surabaya : Universitas Teknologi Sepuluh November.
- Pari, G., Sofyan, K., Syafii., dan W. Buchari. 2014. *Arang Aktif sebagai Bahan Penangkap Formal dehidra pada Kayu Lapis*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Prayuginingsih, H. A., T.H.Santosa., Hazmi., dan Rizal. 2012. *Peningkatan Daya Saing Kopi Rakyat Di Kabupaten Jember*. Jember : Universitas Muhammadiyah Jember.
- Puspitasari, A. A., N.K.Sumarni., dan Musafira. 2017. “Kajian Kapasitas Adsorpsi Karbon Kulit Kopi Robusta Teraktivasi  $ZnCl_2$  Terhadap Ion Pb (II)”. *Jurnal Riset Kimia KOVALEN*. 3(2):134-141. Palu : Universitas Tadulako.
- Rahadian, A. D. 2011. *Kopi*. Kanisius: Yogyakarta.
- Raharjo, B. 2013. “Analisis Penentu Ekspor Kopi Indonesia”. *Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Bisnis*. 1(1): Semester Ganjil 2012/2013. Malang : Universitas Brawijaya.

- Riadi, L., L.Hwa., dan Sukharaharja. 2011. *Decolorization Kinetics From Coffee Effluent With Photo-Fenton Reaction*. *Jurnal Purifikasi*. 12(3): 1-8.
- Rosi, M., F.Iskandar., M.Abdullah., dan Khairurrijal. 2013. *Intesis Nanopori Karbon dengan Variasi Jumlah NaOH dan Aplikasinya sebagai Superkapasitor*. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- SNI. 1995. *Mutu dan Cara Uji Karbon Aktif Teknis*. SNI 06-7370-1995. Badan Standardisasi Nasional Indonesia (BSNI). Jakarta.
- Wahyufianti, F. 2014. *Optimasi Penggunaan Granular Karbon Aktif Sebagai Karbon aktif Untuk Mengurangi Pencemaran Limbah Cair MOCAF*. Jember : Universitas Jember.
- Wardalia. 2016. “Karakterisasi Pembuatan Karbon Aktif dari Sekam Padi sebagai Pengadsorp Logam Timbal Pada Limbah Cair”. *Jurnal Integrasi Proses*. 6(2):83-88. Cilegon : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Widhianti, W. D. 2010. *Pembuatan Karbon aktif dari biji kapuk (Ceiba pentandra L.) sebagai Karbon aktif zat warna rhodamin B* [skripsi]. Surabaya : Fakultas Sains dan Teknologi, Univesitas Airlangga.
- Widyotomo, S. 2012. *Potensi Dan Teknologi Diversifikasi Limbah Kopi Menjadi Produk Bermutu Dan Bernilai Tambah*. *Review Penelitian Kopi dan Kakao*. 1 (1) : 63 – 68.

**LAMPIRAN****Lampiran A. Dokumentasi Penelitian**

Gambar A 1. Karbon aktif setelah proses karbonasi



Gambar A 2. Penimbangan karbon aktif sebelum adsorpsi



Gambar A 3. Pengukuran panjang gelombang warna kecoklatan 475 Nm limbah cair kopi

**Lampiran B. Karakteristik Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi**

Tabel B 1. Kadar air karbon aktif kulit kopi

No	Nama	W1	W2	W3	(a)	(b)	Kadar Air (%)
		Cawan Awal (gram)	Cawan + Massa awal (gram)	Cawan + Massa akhir (gram)	Massa awal (gram)	Massa akhir (gram)	
1	Karbon Aktif Kulit Tanduk	44.48	45.48	45.27	1.00	0.97	3.43
2	Karbon Aktif Kulit Tanduk	45.94	46.94	46.93	1.00	0.98	1.66

Tabel B 2. Kadar abu karbon aktif kulit kopi

No	Nama	W1	W2	W3	(a)	(b)	Kadar Abu (%)
		Cawan Awal (gram)	Cawan + Massa awal (gram)	Cawan + Massa akhir (gram)	Massa awal (gram)	Massa akhir (gram)	
1	Karbon Aktif Kulit Tanduk	51.88	52.88	51.92	1.00	0.03	2.90
2	Karbon Aktif Kulit Tanduk	46.04	47.04	46.06	1.00	0.02	1.58

Tabel B 3. Daya serap iodium karbon aktif kulit tanduk kopi

Sampel Karbon	Massa Karbon (gr)	Volume $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mL)	Volume larutan iodin (mL)	Iodin Terjerap (mg/g)
Karbon Aktif Kulit Tanduk	0.50	1.20	5	1523.16
Karbon Aktif Kulit Tanduk	0.50	1.80	5	2284.74

**Lampiran C. Karakteristik Limbah Cair Kopi Sintetik**

Tabel C 1. Data kekeruhan limbah cair kopi sintetik

Konsentrasi (mg/L)	Ulangan (NTU)			Rata-rata (NTU)
	1	2	3	
1000	12.75	13.24	13.03	13.01
1500	28.08	28.06	28.06	28.07
2000	32.1	34.3	34.2	33.53
2500	61.00	60.60	61.40	61.00
3000	67.01	68.04	67.08	67.38
3500	80.50	79.10	79.50	79.70
4000	146.00	138.00	134.00	139.33
4500	161.00	161.00	157.00	159.67
5000	189.00	199.00	198.00	195.33
5500	380.00	369.00	367.00	372.00

Tabel C 2. Data COD limbah cair kopi sintetik

No	Sampel (mg/l)	Ulangan (mg/L)			Rata-rata (mg/L)	Pengenceran (mg/L)
		1	2	3		
1	1000	9	15	21	15.00	1500
2	2000	66	42	28	45.33	4533
3	3000	83	82	83	82.67	8267
4	4000	136	136	135	135.67	13567
5	5000	146	167	172	161.67	16167
6	6000	250	172	167	196.33	19633
7	7000	200	238	257	231.67	23167
8	8000	234	249	312	265.00	26500
9	9000	280	379	301	320.00	32000
10	10000	420	290	303	337.67	33767

Tabel C 3. Data serapan panjang gelombang maksimum

No	Panjang Gelombang	Ulangan			Rata-Rata
		1	2	3	
1	380	1.230	1.485	1.376	1.364
2	385	0.904	0.824	0.843	0.857
3	400	0.715	0.661	0.658	0.678
4	415	0.529	0.459	0.508	0.499
5	430	0.420	0.359	0.387	0.389
6	445	0.401	0.346	0.344	0.364
7	460	0.320	0.290	0.261	0.290
8	475	0.328	0.26	0.296	0.295
9	490	0.232	0.198	0.221	0.217
10	505	0.203	0.185	0.152	0.180
11	520	0.222	0.141	0.119	0.161
12	535	0.198	0.114	0.092	0.135
13	550	0.177	0.112	0.067	0.119

**Lampiran D. Pengukuran Panjang Gelombang Warna Kecoklatan dan Data Kekeruhan pada Limbah Cair Kopi Sintetik sebelum Melewati Karbon Aktif**

Tabel D 1. Data Panjang Gelombang Warna Kecoklatan 475 Nm pada Limbah Cair Kopi Sintetik Sebelum Melewati Karbon Aktif

No	Konsentrasi Limbah Cair Kopi (mg/L)	Panjang Gelombang (475 Nm)			
		1	2	3	Rerata
1	1000	0.359	0.416	0.173	0.316
2	1500	0.507	0.519	0.312	0.446
3	2000	0.626	0.742	0.590	0.653
4	2500	0.751	0.848	0.788	0.796
5	3000	0.977	0.779	0.693	0.816
6	3500	1.207	0.830	0.787	0.941
7	4000	1.344	0.949	0.877	1.056
8	4500	1.410	1.093	0.953	1.152
9	5000	1.980	1.359	1.136	1.492
10	5500	2.233	1.374	1.364	1.657

Tabel D 2. Data Kekeruhan pada Limbah Cair Kopi Sintetik Sebelum Melewati Karbon Aktif

No	Konsentrasi Limbah Cair Kopi (mg/L)	Kekeruhan (NTU)			
		1	2	3	Rerata
1	1000	8.47	11.67	3.13	7.75
2	1500	14.46	14.69	4.55	11.23
3	2000	19.01	20.47	5.64	15.04
4	2500	19.49	21.53	8.21	16.41
5	3000	22.50	23.03	8.88	18.14
6	3500	31.93	24.47	10.68	22.36
7	4000	35.57	33.93	13.54	27.68
8	4500	36.37	46.40	14.39	32.39
9	5000	52.47	52.70	16.06	40.41
10	5500	56.43	58.27	18.46	44.39

**Lampiran E. Data Kekeruhan dan Pengukuran Panjang Gelombang Warna Kecoklatan pada Limbah Cair Kopi Sintetik Setelah Melewati Karbon Aktif**

Tabel E 1. Data panjang gelombang warna kecoklatan 475 nm pada limbah cair kopi sintetik setelah melewati karbon aktif

No	Konsentrasi Limbah Cair Kopi (mg/L)	Panjang Gelombang (475 nm)			
		1	2	3	Rerata
1	1000	0.128	0.141	0.113	0.128
2	1500	0.202	0.179	0.166	0.182
	2000	0.227	0.218	0.227	0.224
4	2500	0.294	0.294	0.278	0.289
5	3000	0.331	0.681	0.312	0.441
6	3500	0.392	0.500	0.355	0.416
7	4000	0.422	0.450	0.440	0.438
8	4500	0.467	0.514	0.455	0.478
9	5000	0.514	0.547	0.495	0.519
10	5500	0.563	0.590	0.554	0.569

Tabel E 2. Data Kekeruhan pada Limbah Cair Kopi Sintetik Setelah Melewati Karbon Aktif

No	Konsentrasi Limbah Cair Kopi (mg/L)	Kekeruhan (NTU)			
		1	2	3	Rerata
1	1000	6.76	6.32	3.42	5.50
2	1500	8.25	7.44	3.49	6.39
3	2000	9.81	9.25	3.52	7.53
4	2500	10.11	10.30	3.94	8.11
5	3000	11.23	4.20	4.70	6.71
6	3500	11.26	6.11	5.43	7.60
7	4000	13.10	6.41	5.97	8.49
8	4500	15.18	6.54	6.72	9.48
9	5000	15.93	7.53	8.76	10.74
10	5500	18.48	8.20	9.28	11.98

### Lampiran F. Efisiensi Adsorpsi Karbon Aktif Kulit Tanduk Kopi pada Intensitas Warna Kecoklatan Limbah Cair Kopi

Efisiensi persen adsorpsi (%) :  $\frac{a-b}{a} \times 100\%$

Keterangan : a = nilai sebelum proses adsorpsi  
b = nilai setelah proses adsorpsi

Tabel F 1. Efisiensi adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi pada kekeruhan limbah cair kopi

No	Massa kopi/L	Kekeruhan		Effisiensi %
		Sebelum	Sesudah	
1	1000	7.75	5.50	29.09
2	1500	11.23	6.39	43.09
3	2000	15.04	7.53	49.94
4	2500	16.41	8.11	50.56
5	3000	18.14	6.71	63.02
6	3500	22.36	7.60	66.00
7	4000	27.68	8.49	69.32
8	4500	32.39	9.48	70.72
9	5000	40.41	10.74	73.43
10	5500	44.39	11.98	73.00

Tabel F 2. Efisiensi adsorpsi karbon aktif kulit tanduk kopi pada adsorbansi warna kecoklatan limbah cair kopi

No	Massa kopi/L	Adsorbansi Warna Kecoklatan		Effisiensi %
		Sebelum	Sesudah	
1	1000	0.316	0.128	59.66
2	1500	0.446	0.182	59.17
3	2000	0.653	0.224	65.70
4	2500	0.796	0.289	63.74
5	3000	0.816	0.441	45.94
6	3500	0.941	0.416	55.83
7	4000	1.056	0.438	58.57
8	4500	1.152	0.478	58.46
9	5000	1.492	0.519	65.23
10	5500	1.657	0.569	65.67