



**KAJIAN LAMA WAKTU KONTAK DAN MASSA ARANG AKTIF DARI
KULIT TANDUK KOPI PADA ADSORPSI WARNA,
KEKERUHAN, DAN TSS LIMBAH
CAIR KOPI SINTETIK**

SKRIPSI

Oleh

**Elinda Sinta Permatasari
NIM 151710201066**

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



**KAJIAN LAMA WAKTU KONTAK DAN MASSA ARANG AKTIF DARI
KULIT TANDUK KOPI PADA ADSORPSI WARNA,
KEKERUHAN, DAN TSS LIMBAH
CAIR KOPI SINTETIK**

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

**Elinda Sinta Permatasari
NIM 151710201066**

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

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk Ibunda Komariyah, Ayahanda Ahmadi dan Kakak tercinta Diah Fitriani yang tak pernah lelah memberiku do'a, semangat dan kasih sayang sampai saat ini.



MOTO

Berjuang untuk masa depan
Semangat adalah kunci keberhasilan
Kesabaran dan keyakinan
Hal yang harus ditetapkan dalam hati
Tiada yang sulit untuk dilakukan
Karena sesungguhnya
Sesudah kesulitan itu ada kemudahan
Tetap bersyukur atas nikmat yang diberikan



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Elinda Sinta Permatasari

NIM : 151710201066

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Kajian Lama Waktu Kontak dan Massa Arang Aktif dari Kulit Tanduk Kopi Pada Adsorpsi Warna, Kekeruhan, dan TSS Limbah Cair Kopi Sintetik” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Adapun data yang terdapat di dalam tulisan ini dan hak publikasi adalah milik Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Demikian pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 20 Juli 2019
Yang Menyatakan,

Elinda Sinta Permatasari
NIM 151710201066

SKRIPSI

**KAJIAN LAMA WAKTU KONTAK DAN MASSA ARANG AKTIF DARI
KULIT TANDUK KOPI PADA ADSORPSI WARNA,
KEKERUHAN, DAN TSS LIMBAH
CAIR KOPI SINTETIK**

Oleh

**Elinda Sinta Permatasari
NIM 151710201066**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama
Dosen Pembimbing Anggota

:Dr. Elida Novita, STP., MT.
:Dr. Sri Wahyuningsih, SP., MT.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Kajian Lama Waktu Kontak dan Massa Arang Aktif dari Kulit Tanduk Kopi Pada Adsorpsi Warna, Kekeruhan, dan TSS Limbah Cair Kopi Sintetik” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Jum'at
Tanggal : 20 Juli 2019
Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

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

Dr. Sri Wahyuningsih, SP., MT.
NIP. 197211301999032001

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng.
NIP. 196312121990031002

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

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

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

RINGKASAN

Kajian Lama Waktu Kontak dan Massa Arang Aktif dari Kulit Tanduk Kopi Pada Adsorpsi Warna, Kekeruhan, dan TSS Limbah Cair Kopi Sintetik; Elinda Sinta Permatasari, 151710201066; 2019; 77 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Kulit tanduk kopi memiliki kandungan selulosa 63%, hemiselulosa 2,3%, lignin 17%, dan karbon 45,3%, sehingga limbah kulit tanduk kopi berpotensi dijadikan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif. Arang aktif memiliki daya adsorpsi yang besar sehingga dapat digunakan sebagai adsorben pada proses penghilangan zat warna dan penjernihan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas arang aktif dari kulit tanduk kopi yang meliputi rendemen, kadar air, kadar abu, dan daya jerap iodium; mengetahui lama waktu kontak dan massa arang aktif yang dapat menghasilkan adsorpsi tertinggi terhadap warna, kekeruhan, dan *Total Suspended Solid* (TSS) limbah cair kopi sintetik; serta mengetahui perbedaan perlakuan variasi lama waktu kontak dan variasi massa arang aktif terhadap efisiensi adsorpsi warna, kekeruhan, dan TSS limbah cair kopi sintetik. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan alternatif pemanfaatan kulit tanduk kopi sebagai arang aktif, dan memberikan informasi tentang kemampuan adsorpsi arang aktif dari kulit tanduk kopi terhadap warna, kekeruhan, dan TSS limbah cair kopi sintetik.

Prosedur penelitian yang dilakukan meliputi pembuatan arang aktif dari kulit tanduk kopi melalui proses karbonasi pada suhu 400⁰C selama 3 jam, lalu dilakukan penghalusan dan pengayakan arang (100 mesh), selanjutnya dilakukan aktivasi dengan rasio arang: larutan NaOH 1 M yaitu 1:4, arang hasil aktivasi dicuci dan dinetralkan pHnya, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 105⁰C selama 24 jam. Tahap berikutnya yaitu uji kualitas arang aktif yang meliputi rendemen, kadar air, kadar abu, dan daya jerap iodium. Kualitas arang aktif yang dihasilkan kemudian dibandingkan dengan standar kualitas arang aktif menurut SNI 06-3730-1995, dimana persyaratan kadar air maksimum 15%, kadar abu

maksimum 10%, dan daya jerap iodium minimum 750 mg/g. Arang aktif yang dihasilkan digunakan untuk mengadsorpsi warna, kekeruhan, dan TSS limbah cair kopi sintetik. Proses adsorpsi yang dilakukan meliputi perlakuan variasi lama waktu kontak (30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit) dan perlakuan variasi massa arang aktif (1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram), sehingga diperoleh lama waktu kontak dan massa arang aktif yang dapat menghasilkan adsorpsi tertinggi terhadap warna, kekeruhan, dan TSS limbah cair kopi sintetik. Penentuan perbedaan masing-masing perlakuan dilakukan dengan menggunakan analisis varian (Anova) dan uji lanjut Duncan pada taraf signifikansi 0,05.

Arang aktif yang dihasilkan memiliki kandungan kadar air sebesar 0,523%, kadar abu sebesar 6,091 %, daya jerap iodium sebesar 1.237,275 mg/g, rendemen arang sebesar 43,2%, dan rendemen arang aktif sebesar 26,3%, sehingga arang aktif tersebut telah memenuhi standar kualitas arang aktif menurut SNI 06-3730-1995. Adsorpsi warna tertinggi diperoleh pada perlakuan lama waktu kontak 150 menit dan perlakuan massa arang aktif 5 gram, dimana nilai warna akhir terendah yang dihasilkan yaitu 2,385 dan 1,392. Adsorpsi kekeruhan tertinggi diperoleh pada perlakuan lama waktu kontak 150 menit dan perlakuan massa arang aktif 5 gram, dimana nilai kekeruhan akhir terendah yang dihasilkan yaitu 627,057 NTU dan 390,261 NTU. Adsorpsi TSS tertinggi diperoleh pada perlakuan lama waktu kontak 150 menit dan perlakuan massa arang aktif 5 gram, dimana nilai TSS akhir terendah yang dihasilkan yaitu 2669 mg/L dan 1766,576 mg/L. Hasil uji Anova dan uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa semua perlakuan variasi lama waktu kontak dan variasi massa arang aktif berbeda nyata terhadap efisiensi adsorpsi warna, kekeruhan, dan TSS limbah cair kopi sintetik yang dihasilkan.

SUMMARY

Study of Contact Time and Activated Carbon Mass from Coffee Husk in Color, Turbidity, and TSS Adsorption of Synthetic Coffee Wastewater;
Elinda Sinta Permatasari, 151710201066; 2019; 77 pages; Department of Agricultural Engineering, Agricultural Technology Faculty, Jember University.

Coffee husk contains 63% cellulose, 2,3% hemicellulose, 17% lignin, and carbon 45,3%, therefore coffee husk has the potential to be as raw material for making activated carbon. Activated carbon has good adsorption ability, therefore it can be used as an adsorbent in the process of removing dyes and water purification. This study aims to determine the quality of coffee husk as activated carbon which includes yield, moisture and ash content, and iodine absorption; determine the length of contact time and activated carbon mass which results in the highest adsorption of color, turbidity, and Total Suspended Solid (TSS) of synthetic coffee wastewater; and determine the differences of treatment on the variation of contact time and activated carbon mass against adsorption efficiency of the color, turbidity, and TSS of the synthetic coffee wastewater. The results of the study are expected can provide an alternative use of coffee husk as activated carbon, and provide information about its ability to adsorb the color, turbidity, and TSS of synthetic coffee wastewater.

The procedure of this study included making activated carbon from coffee husk through carbonation process at 400 °C for 3 hours, after which carbon was refined and sieved (100 mesh), then activated, the ratio of carbon: 1 M NaOH solution ie 1: 4, the activated carbon is washed and the pH is neutralized, then dried in an oven at 105 °C for 24 hours. The next stage is testing the quality of activated carbon which includes yield, moisture content, ash content and iodine absorption. The quality of activated carbon produced from the process is compared with the activated carbon quality standard according to SNI 06-3730-1995, the maximum water content requirements are 15 %, maximum ash content of 10%, and minimum absorption of iodine 750 mg/g. The activated carbon

produced is used to adsorb the color, turbidity, and TSS of the synthetic coffee wastewater. Adsorption process included variations in the duration of contact time (30 minutes, 60 minutes, 90 minutes, 120 minutes, and 150 minutes) and variations in activated carbon mass (1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, and 5 gram), so it can obtain the contact time and activated carbon mass which results in the highest adsorption of color, turbidity, and TSS of the synthetic coffee wastewater. Determination of the differences of each treatment was carried out using variance analysis (ANOVA) and Duncan's advanced test at the 0,05 significant level.

The activated carbon produced has a water content of 0,523%, 6,091% ash content, iodine uptake of 1.237,275 mg/g, carbon yield 43,2%, and activated carbon yield of 26,3%, so that the activated carbon has fulfilled activated carbon quality standards according to SNI 06-3730-1995. The highest adsorption of color obtained in the contact time of 150 minutes and in the 5 gram activated carbon mass, where the lowest final color value produced were 37,826% and 64,268%. The highest adsorption of turbidity obtained in the contact time of 150 minutes and in the 5 gram activated carbon mass, where the lowest final turbidity value produced were 35,572% and 59,902%. The highest adsorption of TSS obtained in the contact time of 150 minutes and in the 5 gram activated carbon mass, where the lowest final TSS value produced were 33,08% and 56,201%. Anova test results and Duncan's further test showed that all treatments variations length of contact time and variations activated carbon mass were significant difference against adsorption efficiency of the color, turbidity, and TSS of the synthetic coffee wastewater produced.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kajian Lama Waktu Kontak dan Massa Arang Aktif dari Kulit Tanduk Kopi sebagai Adsorben Warna, Kekeruhan, dan TSS Limbah Cair Kopi Sintetik”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat 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 menyampaikan terimakasih kepada:

1. Dr. Elida Novita S.TP., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Sri Wahyuningsih, SP., MT., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Dr. Ir. Bambang Marhaenanto, M.Eng., selaku Ketua Tim Penguji dan Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng., selaku Anggota Tim Penguji Dosen Penguji yang telah banyak memberikan kritik dan saran yang membangun pada saat ujian;
3. Dian Purbasari, S.Pi.,M.Si., dan Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si., selaku Komisi Bimbingan yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan nasehat demi sempurnanya penulisan skripsi ini;
4. Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian dan Dr. Sri Wahyuningsih, SP., MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang telah banyak memberikan semangat dan motivasi, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik;
5. Suhardi, S.T., dan Ahib Assadam, S.TP., M.Si., selaku teknisi Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan yang telah membantu dan memberikan izin untuk melakukan kegiatan penelitian;
6. Seluruh dosen pengampu mata kuliah, terimakasih atas ilmu dan bimbingan yang diberikan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;

7. Ibunda Komariyah, Ayahanda Ahmadi dan Kakak tercinta Diah Fitriani yang tak pernah lelah memberiku do'a, motivasi, dan semangat demi terselesaikannya skripsi ini;
8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini sehingga tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kesalahan dan kekurangan. Penulis menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jember, 20 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Potensi Limbah Kulit Tanduk Kopi	4
2.2 Arang Aktif	5
2.3 Pembuatan Arang Aktif	6
2.4 Limbah Cair Kopi Sintetik	8
2.5 Adsorpsi	8
2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi	9
2.7 Spektrofotometer Uv-Vis (Ultraviolet-Visible)	10
2.8 Turbidimeter	12
BAB 3. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	13
3.3 Tahapan Penelitian	13
3.3.1 Persiapan Penelitian	14
3.3.2 Pembuatan Arang Aktif	15
3.3.3 Uji Kualitas Arang Aktif	15
3.3.4 Proses Adsorpsi	17
3.3.5 Pengukuran dan Perhitungan Variabel	18
3.3.6 Analisis Data	19
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Uji Kualitas Arang Aktif	21
4.1.1 Perhitungan Rendemen	21
4.1.2 Uji Kadar Air	22

4.1.3 Uji Kadar Abu	23
4.1.4 Uji Daya Jerap Iodium	23
4.2 Pengamatan Perlakuan Lama Waktu Kontak dan Massa Arang Aktif yang Menghasilkan Adsorpsi Tertinggi	24
4.2.1 Warna	24
4.2.2 Kekeruhan	26
4.2.3 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	28
4.3 Analisis Perbedaan Perlakuan Lama Waktu Kontak dan Massa Arang Aktif Terhadap Efisiensi Adsorpsi	30
4.3.1 Warna	30
4.3.2 Kekeruhan	34
4.3.3 TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	37
BAB 5. PENUTUP	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

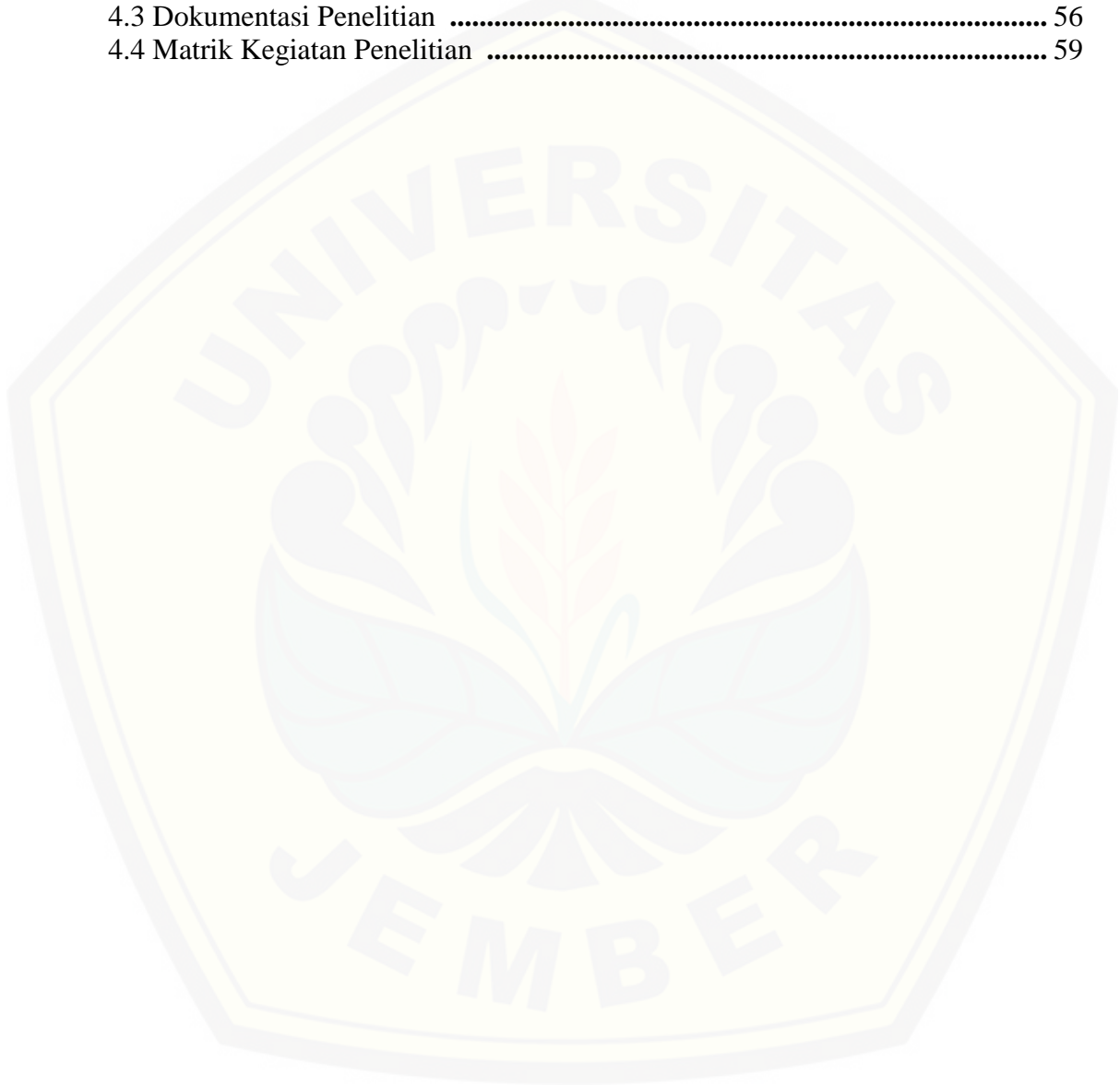
	Halaman
2.1 Standar kualitas arang aktif menurut SNI 06-3730-1995	7
2.2 Spektrum cahaya tampak	12
3.1 Rancangan penelitian proses adsorpsi	18
4.1 Hasil uji kadar air arang aktif kulit tanduk kopi	22
4.2 Hasil uji kadar abu arang aktif kulit tanduk kopi	23
4.3 Hasil uji daya jerap iodium arang aktif kulit tanduk kopi	24
4.4 Warna (absorbansi) awal dan akhir pada perlakuan lama waktu kontak	25
4.5 Warna (absorbansi) awal dan akhir pada perlakuan massa arang aktif	26
4.6 Keekeruhan awal dan akhir pada perlakuan lama waktu kontak	27
4.7 Keekeruhan awal dan akhir pada perlakuan massa arang aktif	28
4.8 TSS awal dan akhir pada perlakuan lama waktu kontak	29
4.9 TSS awal dan akhir pada perlakuan massa arang aktif	30
4.10 Hasil uji Anova (α 0,05) pada perlakuan lama waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi warna	31
4.11 Hasil uji Duncan (α 0,05) pada perlakuan lama waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi warna	32
4.12 Hasil uji Anova (α 0,05) pada perlakuan massa arang aktif terhadap efisiensi adsorpsi warna	33
4.13 Hasil uji Duncan (α 0,05) pada perlakuan massa arang aktif terhadap efisiensi adsorpsi warna	33
4.14 Hasil uji Anova (α 0,05) pada perlakuan lama waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi keekeruhan	34
4.15 Hasil uji Duncan (α 0,05) pada perlakuan lama waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi keekeruhan	35
4.16 Hasil uji Anova (α 0,05) pada perlakuan massa arang aktif terhadap efisiensi adsorpsi keekeruhan	36
4.17 Hasil uji Duncan (α 0,05) pada perlakuan massa arang aktif terhadap efisiensi adsorpsi keekeruhan	36
4.18 Hasil uji Anova (α 0,05) pada perlakuan lama waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi TSS	38
4.19 Hasil uji Duncan (α 0,05) pada perlakuan lama waktu kontak terhadap efisiensi adsorpsi TSS	38
4.20 Hasil uji Anova (α 0,05) pada perlakuan massa arang aktif terhadap efisiensi adsorpsi TSS	39
4.21 Hasil uji Duncan (α 0,05) pada perlakuan massa arang aktif terhadap efisiensi adsorpsi TSS	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Diagram alir neraca massa pengolahan semi basah buah kopi	4
2.2 Struktur buah kopi	5
2.3 Struktur amorf arang	6
2.4 Struktur pori arang aktif	9
2.5 Proses adsorpsi pada arang aktif: transfer molekul adsorbat ke adsorben	9
3.1 Diagram alir penelitian	14
4.1 Warna (absorbansi) awal dan akhir pada perlakuan lama waktu kontak	25
4.2 Warna (absorbansi) awal dan akhir pada perlakuan massa arang aktif	26
4.3 Kekeruhan awal dan akhir pada perlakuan lama waktu kontak	27
4.4 Kekeruhan awal dan akhir pada perlakuan massa arang aktif	28
4.5 TSS awal dan akhir pada perlakuan lama waktu kontak	29
4.6 TSS awal dan akhir pada perlakuan massa arang aktif	30
4.7 Efisiensi adsorpsi warna pada perlakuan lama waktu kontak	31
4.8 Efisiensi adsorpsi warna pada perlakuan massa arang aktif	32
4.9 Efisiensi adsorpsi kekeruhan pada perlakuan lama waktu kontak	34
4.10 Efisiensi adsorpsi kekeruhan pada perlakuan massa arang aktif	35
4.11 Efisiensi adsorpsi TSS pada perlakuan lama waktu kontak	37
4.12 Efisiensi adsorpsi TSS pada perlakuan massa arang aktif	39

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
3.1 Pembuatan Larutan	45
3.2 Data Pengamatan dan Perhitungan	46
4.1 Data Efisiensi Adsorpsi	49
4.2 Uji Anova dan Uji Lanjut Duncan	51
4.3 Dokumentasi Penelitian	56
4.4 Matrik Kegiatan Penelitian	59



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu sentra perkebunan kopi rakyat terdapat di Kawasan Usaha Pengolahan Kopi (KUPK) Desa Sidomulyo, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember. Data Badan Pemberdayaan Masyarakat (BAPEMAS) Kabupaten Jember (2009) menyebutkan bahwa produksi kopi robusta di KUPK Desa Sidomulyo mencapai 180 ton/tahun. KUPK Desa Sidomulyo melakukan pengolahan kopi semi basah dengan kapasitas mencapai 10 ton/hari. Rata-rata limbah kulit tanduk kopi yang dihasilkan mencapai 0,5 ton/hari dan 9 ton/tahun (Syarief *et.al.*, 2012). Namun, limbah kulit tanduk kopi yang dihasilkan belum ditangani secara optimal dan hanya ditumpuk di disekitar lokasi pengolahan. Limbah kulit tanduk kopi yang berlimpah apabila hanya ditumpuk di sekitar lokasi pengolahan, pada akhirnya dapat menyebabkan masalah kesehatan lingkungan dan estetika. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemanfaatan limbah kulit tanduk kopi.

Limbah kulit tanduk kopi memiliki kandungan senyawa-senyawa organik yaitu selulosa sebesar 63%, hemiselulosa sebesar 2,3%, dan lignin sebesar 17%, dimana kandungan unsur karbon yang terdapat dalam senyawa-senyawa organik tersebut cukup besar yaitu 45,3%, sehingga limbah kulit tanduk kopi berpotensi dijadikan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif (Hutapea dan Sitorus, 2017; Prasetyo dan Sudibandriyo, 2014). Arang aktif dibuat melalui dua tahapan utama yaitu karbonasi dan aktivasi yang akan mempengaruhi kualitas arang aktif yang dihasilkan. Arang aktif memiliki daya adsorpsi yang tinggi sehingga banyak digunakan sebagai adsorben dalam proses penjernihan air dan penghilangan zat warna. Daya adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu kualitas arang aktif yang meliputi kadar air, kadar abu, dan daya jerap iodium, lama waktu kontak, serta massa arang aktif yang digunakan (Sembiring dan Sinaga, 2003).

Pada penelitian sebelumnya, dilakukan perbandingan aktivator natrium hidroksida (NaOH), asam klorida (HCL), dan natrium klorida (NaCl) dalam proses aktivasi arang tempurung kelapa sawit. Hasilnya, arang yang diaktivasi dengan NaOH memiliki kualitas terbaik dan telah sesuai dengan SNI, dimana

kadar air yang dihasilkan sebesar 3,6% dan daya jerap iodium yang dihasilkan sebesar 851,879 mg/g (Hartanto dan Ratnawati, 2010). Penelitian lain membandingkan daya jerap iodium arang aktif dari kulit singkong dengan variasi ukuran partikel 60 mesh, 80 mesh, 100 mesh, 120 mesh, dan 140 mesh. Hasilnya, daya jerap iodium tertinggi hingga terendah dihasilkan oleh arang aktif dengan ukuran partikel berturut-turut 100 mesh (66,27%), 120 mesh (63,73%), 150 mesh (62,46%), 80 mesh (58,66%), dan 60 mesh (47,24%) (Utomo, 2014). Pada penelitian Budiarti (2014), arang aktif dari kulit tanduk kopi dengan daya jerap iodium 126,9 mg/g digunakan untuk mengadsorpsi ion timbal (Pb) dan ion kadmium (Cd). Penelitian tersebut menggunakan perlakuan variasi waktu kontak 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit. Hasilnya, efisiensi adsorpsi Pb dan Cd tertinggi dihasilkan pada menit ke 120, sedangkan pada menit ke 150 diperoleh nilai efisiensi adsorpsi yang konstan. Efisiensi adsorpsi Pb dan Cd pada waktu kontak optimum berturut-turut sebesar 57,14% dan 65,41%. Selain itu, Yeni *et.al.*, (2008) dalam penelitiannya memanfaatkan arang aktif dari tulang sapi untuk mengadsorpsi *rodhamine B*, dengan variasi massa arang aktif 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram. Hasilnya, efisiensi adsorpsi *rodhamine B* tertinggi dihasilkan pada penggunaan massa arang aktif 4 gram yaitu sebesar 98,72%, sedangkan pada massa arang aktif 5 gram diperoleh nilai efisiensi adsorpsi yang konstan.

Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian pembuatan arang aktif dari limbah kulit tanduk kopi. Selain itu, dilakukan kajian perlakuan variasi lama waktu kontak dan variasi massa arang aktif karena dapat mempengaruhi daya adsorpsi arang aktif.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimanakah kualitas arang aktif kulit tanduk kopi yang meliputi rendemen, kadar air, kadar abu, dan daya jerap iodium?

2. Berapakah lama waktu kontak dan massa arang aktif kulit tanduk kopi yang menghasilkan adsorpsi tertinggi terhadap warna, kekeruhan, dan TSS limbah cair kopi sintetik?
3. Bagaimanakah perbedaan perlakuan variasi lama waktu kontak dan variasi massa arang aktif terhadap efisiensi adsorpsi warna, kekeruhan, dan TSS limbah cair kopi sintetik?

1.3 Batasan Masalah

Bahan baku arang aktif yaitu kulit tanduk kopi robusta hasil pengolahan semi basah yang didapatkan dari KUPK Desa Sidomulyo. Kualitas arang aktif yang diuji meliputi rendemen, kadar air, kadar abu, dan daya jerap iodium. Adsorpsi warna, kekeruhan, dan TSS oleh arang aktif diuji coba pada limbah cair kopi sintetik 5000 mg/L. Warna sampel diukur berdasarkan nilai absorbansinya.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui kualitas arang aktif kulit tanduk kopi yang meliputi rendemen, kadar air, kadar abu, dan daya jerap iodium.
2. Mengetahui lama waktu kontak dan massa arang aktif kulit tanduk kopi yang menghasilkan adsorpsi tertinggi terhadap warna, kekeruhan, dan TSS limbah cair kopi sintetik.
3. Mengetahui perbedaan perlakuan variasi lama waktu kontak dan variasi massa arang aktif terhadap efisiensi adsorpsi warna, kekeruhan, dan TSS limbah cair kopi sintetik.

1.5 Manfaat Penelitian

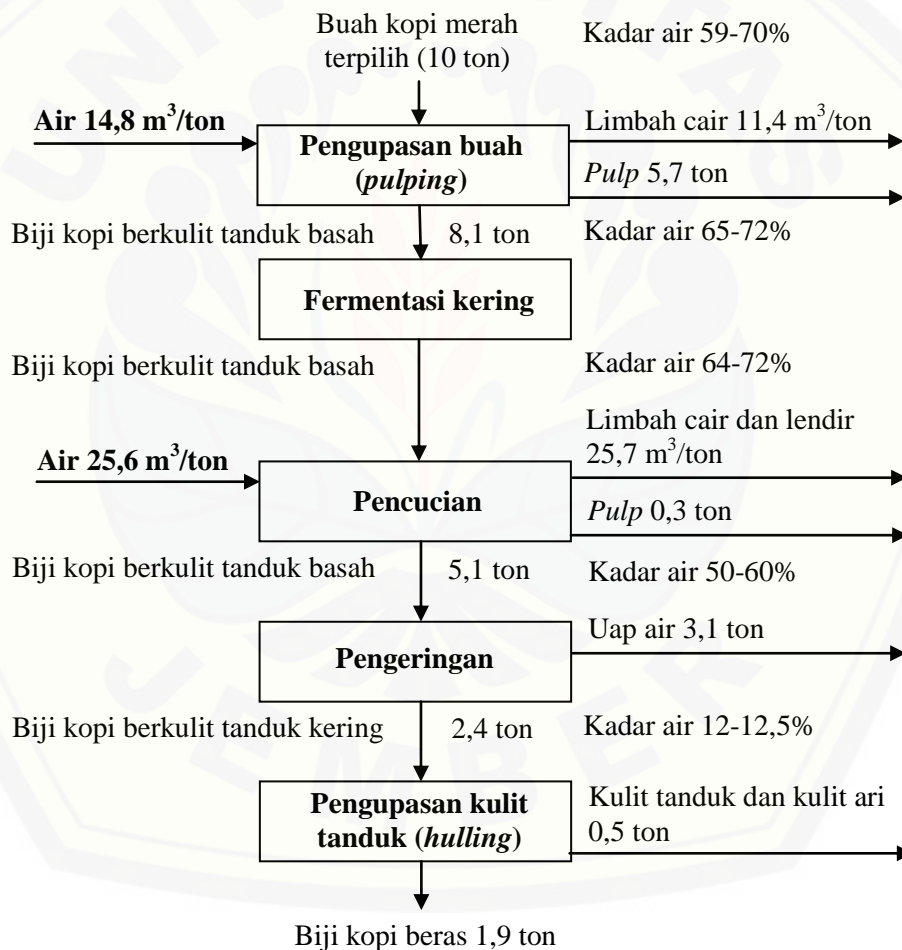
Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan alternatif pemanfaatan limbah kulit tanduk kopi sebagai arang aktif.
2. Memberikan pengetahuan tentang kemampuan adsorpsi arang aktif kulit tanduk kopi terhadap warna, kekeruhan, dan TSS limbah cair kopi sintetik.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensi Limbah Kulit Tanduk Kopi

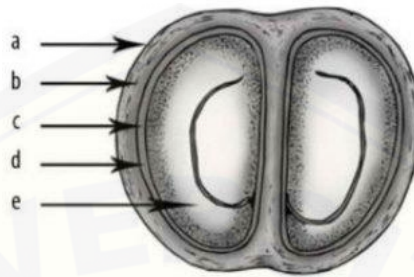
Berdasarkan data Badan Pemberdayaan Masyarakat (BAPEMAS) Kabupaten Jember (2009), produksi kopi robusta di Kawasan Usaha Pengolahan Kopi (KUPK) Desa Sidomulyo mencapai 180 ton/tahun. KUPK Desa Sidomulyo melakukan pengolahan semi basah buah kopi dengan kapasitas pengolahan mencapai 10 ton/hari (Syarief *et.al.*, 2012). Neraca massa pengolahan semi basah buah kopi di KUPK Desa Sidomulyo dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram alir neraca massa pengolahan semi basah buah kopi (Sumber: Syarief *et.al.*, 2012)

Pengolahan semi basah buah kopi menghasilkan limbah berupa limbah cair dan limbah padat. Limbah cair dihasilkan dari proses pengupasan kulit dan daging

buah (*pulping*), serta pencucian biji kopi berkulit tanduk basah setelah fermentasi kering. Adapun limbah padat yang dihasilkan berupa kulit dan daging buah (*pulp*), serta kulit tanduk dan kulit ari. Struktur buah kopi dapat dilihat pada Gambar 2.2.



a = kulit buah; b = daging buah; c = kulit tanduk; d = kulit ari; e = biji

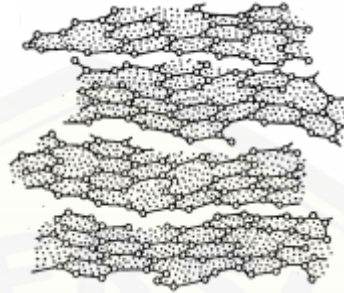
Gambar 2.2 Struktur buah kopi (Sumber: Hutapea dan Sitorus, 2017)

Kulit tanduk memiliki struktur yang cukup keras dan membungkus sepasang biji kopi. Potensi limbah kulit tanduk kopi yang dihasilkan dari pengolahan semi basah buah kopi di KUPK Desa Sidomulyo mencapai 0,5 ton/hari dan 9 ton/tahun. Limbah kulit tanduk kopi tersebut belum ditangani secara optimal dan hanya ditumpuk di sekitar lokasi pengolahan, sehingga menyebabkan masalah kesehatan lingkungan dan estetika (Syarief *et.al.*, 2012). Limbah kulit tanduk kopi berpotensi dijadikan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif karena memiliki kandungan selulosa sebesar 63%, hemiselulosa sebesar 2,3%, dan lignin sebesar 17%, dimana senyawa-senyawa organik tersebut memiliki kandungan unsur karbon yang cukup besar yaitu 45,3% (Hutapea dan Sitorus, 2017; Prasetyo dan Sudibandriyo, 2014).

2.2 Arang Aktif

Arang merupakan padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan organik yang mengandung unsur karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Pemanasan dilakukan dalam ruangan tertutup agar bahan baku yang dipanaskan hanya mengalami karbonasi, tidak teroksidasi (Sembiring dan Sinaga, 2003). Unsur karbon dalam arang berikatan kovalen membentuk struktur heksagonal. Masing-masing struktur heksagonalnya saling

terikat menjadi lembaran-lembaran dan menumpuk secara acak, seperti yang disajikan pada Gambar 2.3. Struktur yang acak ini merupakan bentuk karbon amorf sehingga terdapat banyak pori pada permukaannya (Sudibandriyo, 2003).



Gambar 2.3 Struktur amorf arang (Sumber: Sudibandriyo, 2003)

Daya adsorpsi arang dapat bertambah apabila luas permukaannya lebih besar. Hal ini dapat diperoleh dengan cara melakukan aktivasi baik secara fisika maupun kimia, sehingga dihasilkan arang aktif. Luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-3500 m²/g dan ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan arang aktif mempunyai sifat sebagai adsorben. Daya adsorpsi arang aktif sangat besar yaitu mencapai 25-1000% terhadap massa arang aktif (Sembiring dan Sinaga, 2003).

2.3 Pembuatan Arang Aktif

Proses pembuatan arang aktif terdiri dari 2 tahapan utama yaitu karbonasi dan aktivasi.

1. Karbonasi

Karbonasi adalah proses pemanasan bahan organik pada kondisi oksigen yang sangat terbatas. Proses pemanasan tersebut menyebabkan terjadinya dekomposisi selulosa, hemiselulosa, dan lignin menjadi unsur karbon dan hilangnya unsur-unsur non-karbon seperti oksigen, hidrogen, nitrogen, kalsium, kalium, dan magnesium, sehingga struktur pori-pori arang mulai terbentuk. Proses karbonasi menghasilkan arang dengan luas permukaan dan daya adsorpsi yang masih relatif kecil. Hal ini disebabkan karena masih adanya tar yang menutupi permukaan pori-pori arang dan pembentukan struktur pori-

pori arang belum sempurna, sehingga perlu dilakukan tahap berikutnya yaitu aktivasi (Shofa, 2012).

2. Aktivasi

Aktivasi adalah perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk membuka pori-pori yang telah terbentuk pada proses karbonasi dan meningkatkan pembentukan struktur pori-pori arang yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon dan mengoksidasi molekul-molekul permukaan arang, pada proses aktivasi juga terjadi pelepasan unsur non-karbon seperti tar yang menutupi pori-pori arang, sehingga akan dihasilkan arang aktif dengan luas permukaan dan daya adsorpsi yang besar (Sembiring dan Sinaga, 2003). Metode aktivasi dibagi menjadi dua yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi fisika dilakukan dengan cara memanaskan arang pada suhu 800-1000⁰C melalui pengaliran gas pengoksidasi seperti nitrogen, uap, atau karbondioksida. Aktivasi fisika memiliki beberapa kelemahan yaitu suhu yang digunakan sangat tinggi, terjadinya pengurangan massa arang dalam jumlah besar, terjadinya pengurangan ukuran arang dan reaksi sulit dikontrol. Sedangkan aktivasi kimia dilakukan dengan cara merendam arang di dalam larutan kimia. Pada umumnya larutan kimia yang digunakan yaitu garam dari logam alkali dan alkali tanah serta zat asam seperti NaOH, HCL, dan NaCl. Aktivasi kimia memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan aktivasi fisika yaitu suhu yang digunakan lebih rendah, struktur pori yang dihasilkan lebih baik, luas permukaan yang dihasilkan lebih besar dan rendemen yang dihasilkan lebih banyak (Shofa, 2012). Standar kualitas arang aktif untuk Indonesia telah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN). Standar ini dikenal dengan SNI 06-3730-1995 yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Standar kualitas arang aktif menurut SNI 06-3730-1995

Kualitas	Syarat
Kadar air	Maksimum 15%
Kadar abu	Maksimum 10%
Daya jerap iodium	Minimum 750 mg/g

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI) (1995)

2.4 Limbah Cair Kopi Sintetik

Limbah cair kopi sintetik dibuat dari larutan kopi dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan pada saat pelaksanaan penelitian dan kemudahan untuk membuat limbah cair kopi sintetik pada rentang konsentrasi tertentu. Hwa dan Riadi (2012) dalam penelitiannya juga menggunakan limbah cair kopi sintetik yang dibuat dari larutan kopi pada simulasi pengolahan limbah cair berwarna dengan foto fenton. Limbah cair kopi sintetik maupun limbah cair pengolahan kopi memiliki kandungan tanin dan melanoidin yang menyebabkan keduanya memiliki karakteristik yaitu berwarna kuning kehijauan gelap. Selain itu, limbah cair kopi sintetik maupun limbah cair pengolahan kopi memiliki karakteristik lain yaitu keruh dan mengandung padatan tersuspensi. Menurut Effendi (2003), kekeruhan disebabkan karena adanya partikel-partikel yang tidak terlarut di dalam air. Sedangkan TSS disebabkan karena adanya padatan tersuspensi di dalam air baik organik maupun anorganik dengan diameter $>10^{-3}$ mm yang dapat tertahan pada saringan *milipore* dengan diameter pori 0,45 μm . Adapun padatan tersuspensi merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap langsung. Semakin tinggi nilai TSS, maka nilai kekeruhan juga akan semakin tinggi.

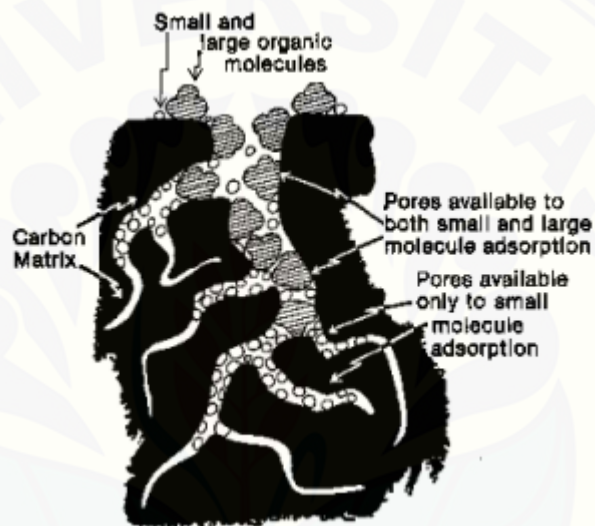
2.5 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses penjerapan adsorbat oleh permukaan adsorben. Adsorpsi dapat terjadi antara zat padat dan zat cair, zat padat dan gas, zat cair dan zat cair, atau gas dan zat cair. Gaya tarik antar molekul pada permukaan adsorben menjadi penyebab terjadinya adsorpsi. Sedangkan absorpsi merupakan proses penyerapan adsorbat ke dalam adsorben, hingga keduanya menyatu. Contoh peristiwa absorpsi yaitu penyerapan air pada spons. Adapun desorpsi merupakan kebalikan dari adsorpsi yaitu lepasnya adsorbat dari permukaan adsorben, desorpsi dapat terjadi ketika permukaan adsorben telah jenuh. Proses adsorpsi terutama terjadi pada mikropori, sedangkan tempat transfer adsorbat dari permukaan luar ke permukaan mikropori disebut makropori (Manocha, 2003). Struktur pori arang aktif dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur pori arang aktif (Sumber: Manocha, 2003)

Ilustrasi proses adsorpsi pada arang aktif dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Proses adsorpsi pada arang aktif: transfer molekul adsorbat ke adsorben (Sumber: Lim *et.al.*, 2008)

2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi

Menurut Sembiring dan Sinaga (2003), faktor-faktor yang dapat mempengaruhi daya adsorpsi adalah sebagai berikut.

1. Luas Permukaan Arang Aktif

Semakin kecil ukuran partikel arang aktif serta semakin kecil dan semakin banyak jumlah pori-pori arang aktif maka luas permukaannya akan semakin besar, sehingga daya adsorpsinya akan semakin meningkat.

2. Kualitas Arang Aktif

Semakin rendah kadar air dan kadar abu arang aktif maka luas permukaan dan daya adsorpsinya semakin besar. Sedangkan semakin tinggi daya jerap iodium

arang aktif menunjukkan bahwa jumlah mikroporinya semakin banyak, sehingga luas permukaan dan daya adsorpsinya semakin besar.

3. Temperatur

Ketika adsorbat menempel pada permukaan arang aktif maka akan terjadi pembebasan sejumlah energi, sehingga adsorpsi digolongkan bersifat eksotermis (menghasilkan energi panas). Jika suhu menurun maka daya adsorpsi arang aktif terhadap adsorbat akan semakin meningkat.

4. pH

Pada umumnya pH tinggi akan menurunkan daya adsorpsi, namun hal ini bergantung pada kondisi zat yang akan diadsorpsi. Misalnya zat yang diadsorpsi lebih stabil pada pH rendah, maka pH rendah akan meningkatkan daya adsorpsi.

5. Lama Waktu Kontak

Ketika arang aktif ditambahkan ke dalam larutan maka dibutuhkan lama waktu kontak tertentu untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi, dimana pori-pori arang aktif dapat mengadsorpsi adsorbat secara maksimal. Lama waktu kontak yang berlebihan dapat menyebabkan pori-pori arang aktif menjadi jenuh.

6. Massa Arang Aktif

Semakin banyak massa arang aktif yang digunakan maka akan semakin banyak pula pori-pori arang aktif yang dapat mengadsorpsi adsorbat, selama belum tercapai kesetimbangan adsorpsi. Pada saat tercapai kesetimbangan adsorpsi maka konsentrasi adsorbat yang teradsorpsi sama dengan konsentrasi adsorbat yang keluar atau terdesorpsi.

2.7 Spektrofotometer Uv-Vis (Ultraviolet-Visible)

Spektrofotometri merupakan pengukuran besarnya absorbansi energi cahaya oleh suatu larutan, pada panjang gelombang tertentu. Prinsip kerja spektrofotometri didasarkan pada hukum Lambert-Beer, dimana ketika cahaya dilewatkan melalui larutan berwarna maka cahaya dengan panjang gelombang tertentu akan diserap (diadsorpsi) secara selektif, sebagian akan dihamburkan dan sebagian lagi akan diteruskan (ditransmisikan). Cahaya yang diserap diukur

sebagai absorbansi, dimana nilai absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi zat yang terkandung di dalam suatu larutan. Semakin banyak konsentrasi zat yang terkandung di dalam suatu larutan maka semakin banyak pula molekul yang akan menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, sehingga nilai absorbansi semakin besar (Neldawati *et.al.*, 2013).

Spektrofotometer Uv-Vis merupakan bagian teknik analisis spektrofotometri yang menggunakan sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dan cahaya tampak (*visible*). Spektrofotometer ultraviolet bekerja pada rentang panjang gelombang 190-380 nm, dimana prinsip kerjanya didasarkan pada penyerapan cahaya ultra ungu oleh suatu molekul, dengan cara ini larutan tidak berwarna juga dapat diukur. Sedangkan spektrofotometer *visible* bekerja pada rentang panjang gelombang 380-780 nm, dimana prinsip kerjanya didasarkan pada penyerapan cahaya tampak oleh suatu larutan berwarna (Khopkar, 2002).

Penentuan panjang gelombang maksimum perlu dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang yang dapat menghasilkan absorbansi maksimum. Pengukuran menggunakan panjang gelombang maksimum akan menghasilkan kepekaan maksimum, dimana perubahan absorbansi untuk setiap konsentrasi adalah yang paling besar. Pada kondisi tersebut hukum Lambert-Beer akan terpenuhi dan apabila dilakukan pengukuran ulang maka kesalahan yang disebabkan oleh penggunaan ulang panjang gelombang akan sangat kecil (Khopkar, 2002).

Menurut Khopkar (2002), warna cahaya tampak yang diserap oleh suatu zat berbeda dengan warna cahaya tampak yang terlihat oleh mata manusia. Misalnya, suatu zat akan terlihat berwarna kuning karena menyerap spektrum cahaya tampak warna biru pada panjang gelombang 435 nm- 480 nm. Spektrum cahaya tampak dengan panjang gelombang, warna yang diserap dan warna yang terlihat dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Spektrum cahaya tampak

Panjang Gelombang (nm)	Warna yang Diserap	Warna yang Terlihat
380-435	Ungu	Kuning kehijauan
435-480	Biru	Kuning
480-490	Biru kehijauan	Oranye
490-500	Biru kehijauan	Merah
500-560	Hijau	Ungu
560-580	Kuning kehijauan	Biru keunguan
580-595	Kuning	Biru
595-650	Oranye	Biru kehijauan
650-780	Merah	Biru kehijauan

Sumber: Khopkar (2002)

2.8 Turbidimeter

Turbidimeter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tingkat kekeruhan air. Tingkat kekeruhan air ditunjukkan dengan satuan pengukuran yaitu *Nephelometric Turbidity Units* (NTU). Prinsip kerja dari turbidimeter adalah ketika cahaya dilewatkan melalui sebuah air yang mengandung partikel-partikel tidak terlarut maka cahaya tersebut akan dihamburkan oleh partikel-partikel tersebut. Semakin banyak kandungan partikel-partikel tidak terlarut dalam air tersebut maka cahaya yang dihamburkan akan semakin banyak pula. Sehingga besarnya intensitas cahaya yang dihamburkan dapat menjadi ukuran untuk menentukan tingkat kekeruhan air tersebut (Yuniarti, 2007).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Desember 2018 hingga Februari 2019 di Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian, Laboratorium Mikrobiologi Pangan dan Hasil Pertanian serta Laboratorium Kimia dan Biokimia Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

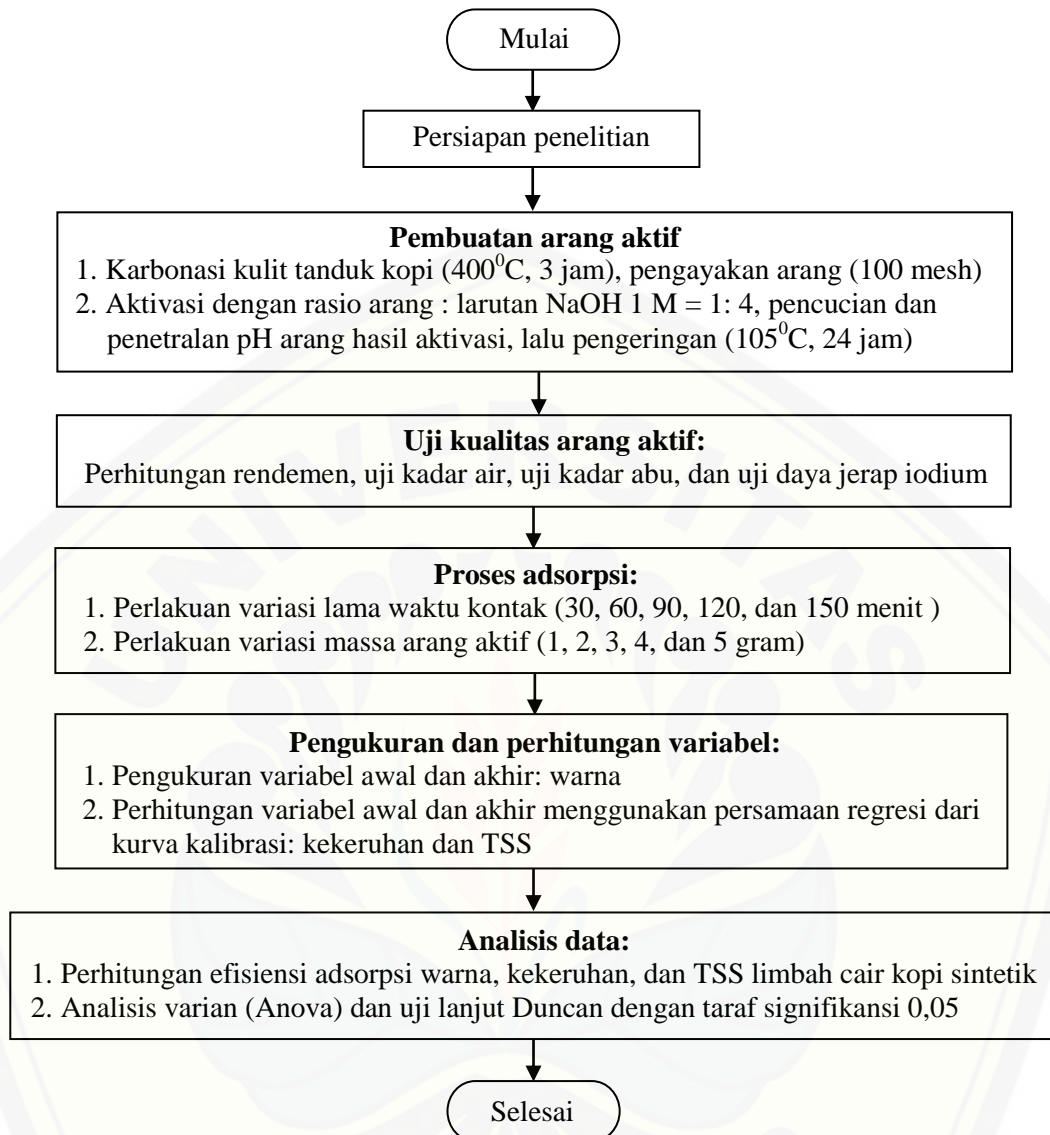
3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik, alat karbonasi, termokopel, desikator, blender, ayakan 100 mesh, labu ukur 1000 mL, corong *Buchner*, pipet tetes, pipet volum 10 mL, *beaker glass* 1000 mL, erlenmeyer 2000 mL, *stirrer*, aluminium foil, kertas saring Whatman no 42, kertas saring 0,45 μm , multiparameter, oven, cawan alumunium, neraca analitik ohaus, labu ukur 100 mL, labu ukur 250 mL, buret, statis, tanur, cawan krusibel, *stop watch*, kertas saring, alat adsorpsi, spektrofotometer Uv-Vis, dan turbidimeter.

Bahan baku arang aktif yang digunakan adalah kulit tanduk kopi. Sampel yang digunakan adalah limbah cair kopi sintetik yang dibuat dari larutan kopi 5000 mg/L. Sedangkan bahan kimia yang digunakan adalah aquades, natrium hidroksida (NaOH), asam klorida (HCL), kalium iodida (KI), iodium (I_2), natrium thiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), indikator amilum, asam oksalat ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), kalium iodat (KIO_3), dan indikator phenolphtalein (PP).

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian mulai dari persiapan penelitian, pembuatan arang aktif, uji kualitas arang aktif, proses adsorpsi, pengukuran dan perhitungan variabel, serta analisis data disajikan dalam diagram alir penelitian sebagaimana yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan sesuai dengan diagram alir pada Gambar 3.1 dijelaskan sebagai berikut.

3.3.1 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian yang dilakukan meliputi studi literatur, serta persiapan alat dan bahan penelitian.

3.3.2 Pembuatan Arang Aktif

Langkah-langkah dalam pembuatan arang aktif adalah sebagai berikut.

a. Karbonasi

Limbah kulit tanduk kopi sebanyak 1000 gram dipanaskan di dalam alat karbonasi dalam kondisi tertutup pada suhu 400°C selama 3 jam (Rasdiansyah *et.al.*, 2014). Arang yang dihasilkan didinginkan di dalam desikator selama 1 jam, kemudian ditimbang massanya untuk menghitung rendemen. Selanjutnya arang dihaluskan menggunakan blender dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh untuk menyeragamkan luas permukaannya (Utomo, 2014).

b. Aktivasi

Arang direndam dalam larutan NaOH 1 M dengan rasio 1:4 (g/mL) selama 24 jam sambil diaduk menggunakan *stirer* pada suhu ruang (30°C). Selanjutnya arang hasil aktivasi dicuci dengan aquades, lalu dinetralisir menggunakan larutan HCL 1 M, kemudian dilakukan pencucian menggunakan aquades hingga aquades sisa pencucian berwarna bening, tidak licin dan mencapai pH 7 (Atminingtyas *et.al.*, 2016). Pencucian arang setelah aktivasi bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa kontaminan, mineral, dan logam yang tertinggal dan menutupi permukaan pori, sehingga dihasilkan luas permukaan arang aktif yang besar. Penetralan pH arang setelah aktivasi dilakukan karena pada pH netral arang aktif memiliki daya adsorpsi yang besar (Pitaloka, 2011). Arang aktif yang dihasilkan selanjutnya dipanaskan di dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam, lalu didinginkan di dalam desikator, kemudian ditimbang untuk menghitung rendemen dan siap diuji kualitasnya (Budiarti, 2014).

3.3.3 Uji Kualitas Arang Aktif

Standar kualitas arang aktif didasarkan pada SNI 06-3730-1995, dimana persyaratan kadar air maksimum 15%, kadar abu maksimum 10%, dan daya jerap iodium minimum 750 mg/g. Rendemen juga dihitung untuk mengetahui massa arang yang diperoleh dari proses karbonasi dan massa arang aktif yang dihasilkan.

a. Perhitungan Rendemen

Perhitungan rendemen arang dan rendemen arang aktif menggunakan prosedur Budiarti (2014) dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Rendemen} = \frac{m}{k} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

k = massa kulit tanduk kopi awal (1000 gram)

m = massa arang atau massa arang aktif (gram)

b. Uji Kadar Air

Uji kadar air arang aktif menggunakan prosedur SNI (1995), prosedur pengujiannya yaitu cawan alumunium dipanaskan di dalam oven dengan suhu 105⁰C selama 1 jam, lalu didinginkan di dalam desikator, kemudian ditimbang massanya. Selanjutnya arang aktif ditimbang 1 gram, lalu dimasukkan ke dalam cawan alumunium yang telah diketahui massanya. Cawan berisi arang aktif dimasukkan ke dalam oven dan dipanaskan selama 3 jam pada suhu 105⁰C, lalu didinginkan di dalam desikator, kemudian ditimbang hingga massanya konstan. Pengujian kadar air dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Kadar air dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kadar air} = \frac{w - p}{w} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

w = massa arang aktif awal (gram)

p = massa arang aktif setelah pemanasan (gram)

c. Uji Kadar Abu

Uji kadar abu arang aktif menggunakan prosedur SNI (1995), prosedur pengujiannya yaitu cawan krusibel dipanaskan di dalam oven dengan suhu 105⁰C selama 1 jam, lalu didinginkan di dalam desikator, kemudian ditimbang massanya. Selanjutnya arang aktif ditimbang 1 gram lalu dimasukkan ke dalam cawan krusibel yang telah diketahui massanya. Cawan berisi arang aktif dipanaskan di dalam tanur selama 2 jam pada suhu 800⁰C, lalu didinginkan di dalam desikator, kemudian ditimbang hingga massanya konstan. Pengujian kadar abu dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Kadar abu dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kadar abu} = \frac{u}{w} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

w = massa arang aktif awal (gram)

u = massa arang aktif setelah pengabuan (gram)

d. Uji Daya Jerap Iodium

Uji daya jerap iodium arang aktif menggunakan prosedur SNI (1995), prosedur pengujiannya yaitu arang aktif ditimbang 5 gram, lalu dipanaskan di dalam oven selama 1 jam pada suhu 105⁰C, kemudian didinginkan di dalam desikator. Selanjutnya arang aktif tersebut ditimbang 1 gram dan diencerkan dengan larutan iodium 0,1 N dalam labu ukur 100 mL yang dibungkus oleh alumunium foil, lalu larutan tersebut distrirer selama 15 menit dan kemudian disaring. Filtrat yang dihasilkan diambil menggunakan pipet sebanyak 10 mL lalu dititrasi dengan larutan natrium thiosulfat (Na₂S₂O₃.5H₂O) 0,1 N hingga berwarna kuning muda, kemudian dimasukkan 3 tetes larutan indikator amilum 1% hingga berwarna biru, titrasi dilanjutkan hingga warna biru larutan hilang. Pengujian daya jerap iodium dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Daya jerap iodium dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Daya jerap iodium (I}_2\text{) (mg/g)} = \frac{(V1 - \frac{V2N1}{N2}) \times 12,69 \times fp}{x} \dots\dots\dots(3.4)$$

V1 = volume filtrat yang dititrasi (10 mL)

V2 = volume titran [larutan Na₂S₂O₃.5H₂O yang dibutuhkan untuk titrasi (mL)]

N1 = normalitas larutan Na₂S₂O₃.5H₂O (0,1 N)

N2 = normalitas larutan I₂ (0,1 N)

fp = faktor pengenceran (10)

12,69 = massa I₂ yang sesuai dengan 1 mL larutan Na₂S₂O₃.5H₂O 0,1 N

x = massa arang aktif (1 gram)

3.3.4 Proses Adsorpsi

Perlakuan yang digunakan pada proses adsorpsi meliputi variasi lama waktu kontak dan variasi massa arang aktif. Rancangan penelitian proses adsorpsi disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rancangan penelitian proses adsorpsi

Lama Waktu Kontak (Menit)	Ulangan			Lama Waktu Kontak yang Menghasilkan Adsorpsi Tertinggi	Massa Arang Aktif (Gram)	Ulangan		
	I	II	III			I	II	III
A = 30	A ₁	A ₂	A ₃	X	F = 1	XF ₁	XF ₂	XF ₃
B = 60	B ₁	B ₂	B ₃		G = 2	XG ₁	XG ₂	XG ₃
C = 90	C ₁	C ₂	C ₃		H = 3	XH ₁	XH ₂	XH ₃
D = 120	D ₁	D ₂	D ₃		I = 4	XI ₁	XI ₂	XI ₃
E = 150	E ₁	E ₂	E ₃		I _j = 5	XI ₁	XI ₂	XI ₃

a. Perlakuan Variasi Lama Waktu Kontak

Arang aktif dimasukkan ke dalam 5 gelas adsorpsi masing-masing 1 gram, lalu limbah cair kopi sintetik 5000 mg/L dimasukkan ke dalam gelas adsorpsi masing-masing 100 mL. Proses adsorpsi dilakukan pada variasi lama waktu kontak 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, dan 150 menit dengan pengulangan sebanyak 3 kali, sehingga akan diperoleh lama waktu kontak yang menghasilkan adsorpsi tertinggi.

b. Perlakuan Variasi Massa Arang Aktif

Arang aktif dengan variasi massa 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram dimasukkan ke dalam 5 buah gelas adsorpsi, lalu limbah cair kopi sintetik 5000 mg/L dimasukkan ke dalam gelas adsorpsi tersebut masing-masing 100 mL. Proses adsorpsi dilakukan pada lama waktu kontak yang menghasilkan adsorpsi tertinggi yang diperoleh dari perlakuan sebelumnya. Pada setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

3.3.5 Pengukuran dan Perhitungan Variabel

Pengukuran variabel awal dan akhir meliputi warna. Sedangkan perhitungan variabel awal dan akhir menggunakan persamaan regresi dari kurva kalibrasi meliputi kekeruhan dan TSS.

a. Pengukuran Warna

Sampel limbah cair kopi sintetik awal dan akhir diukur warnanya (absorbansinya) menggunakan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang maksimum 380 nm. Grafik penentuan panjang gelombang maksimum disajikan pada Lampiran 3.2.

b. Pengukuran TSS

TSS awal dan akhir dihitung menggunakan persamaan regresi yang diperoleh dari kurva kalibrasi hubungan antara TSS dan warna (absorbansi), persamaan regresi yang dihasilkan sebagai berikut.

$$y = 0,0011x - 0,5509 \dots\dots\dots(3.5).$$

y = warna (absorbansi)

x = TSS (mg/L)

Koefisien korelasi (R^2) yang dihasilkan yaitu 0,9625, artinya terdapat korelasi yang sangat kuat antara TSS dan warna (absorbansi). Kurva kalibrasi disajikan pada Lampiran 3.2. Adapun pengukuran TSS larutan standar dalam penelitian ini dilakukan dengan metode gravimetri menggunakan prosedur SNI (2004).

c. Pengukuran Kekeruhan

Kekeruhan awal dan akhir dihitung menggunakan persamaan regresi yang diperoleh dari kurva kalibrasi hubungan antara kekeruhan dan TSS, persamaan regresi yang dihasilkan sebagai berikut.

$$y = 0,2624x - 73,289 \dots\dots\dots(3.6).$$

y = kekeruhan (NTU)

x = TSS (mg/L)

Koefisien korelasi (R^2) yang dihasilkan yaitu 0,9375, artinya terdapat korelasi yang sangat kuat antara kekeruhan dan TSS. Kurva kalibrasi disajikan pada Lampiran 3.2. Adapun pengukuran kekeruhan larutan standar dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan turbidimeter.

3.3.6 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan meliputi perhitungan efisiensi adsorpsi serta uji Anova dan uji Lanjut Duncan.

a. Perhitungan Efisiensi Adsorpsi

Data hasil pengukuran dan perhitungan variabel warna, kekeruhan, dan TSS dihitung efisiensi adsorpsinya. Menurut Budiarti (2014), efisiensi adsorpsi dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Efisiensi adsorpsi} = \frac{L - R}{L} \times 100\% \dots\dots\dots(3.7)$$

L = nilai awal

R = nilai akhir

b. Uji Anova dan Uji Lanjut Duncan

Data efisiensi adsorpsi warna, kekeruhan, dan TSS pada masing-masing perlakuan dianalisis menggunakan uji *one way* Anova pada taraf signifikansi 0,05 dengan menggunakan program SPSS 23. Taraf signifikansi 0,05 dipilih karena data yang digunakan berasal dari hasil penelitian di laboratorium dengan tingkat ketelitian sedang atau masih mentolerir kesalahan-kesalahan kecil. Menurut Walpole (2015), taraf signifikansi (α) 5% atau batas toleransi kesalahan 5% memiliki pengertian bahwa di dalam 100 kali kejadian terdapat kemungkinan peneliti menolak hipotesis yang benar sebanyak 5 kali, sehingga peneliti menerima hipotesis yang benar sebanyak 95 kali atau disebut juga memiliki taraf kepercayaan 95%. *One way* Anova merupakan analisis varian yang mencakup satu variabel kategori atau satu faktor. Uji *one way* Anova bertujuan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Apabila terdapat perbedaan antar perlakuan maka dilanjutkan dengan uji Duncan dengan taraf signifikansi 0,05 untuk menentukan perlakuan yang paling berbeda nyata. Uji Duncan memiliki nilai kritis yang tidak tunggal dan mengikuti urutan rata-rata yang dibandingkan (Nawari, 2009). Rumusan hipotesis statistik dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

H0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ atau $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5$

H1 : tidak semua μ sama atau tidak semua α sama

μ = lama waktu kontak ($\mu_1 = 30$ menit; $\mu_2 = 60$ menit; $\mu_3 = 90$ menit; $\mu_4 = 120$ menit; $\mu_5 = 150$ menit)

α = massa arang aktif ($\alpha_1 = 1$ gram; $\alpha_2 = 2$ gram; $\alpha_3 = 3$ gram; $\alpha_4 = 4$ gram; $\alpha_5 = 5$ gram)

Kriteria pengambilan keputusan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Jika $F_{\text{hitung}} \leq F_{\text{tabel}}$ maka terima H0
- 2) Jika $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ maka tolak H0

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian dan pembahasan ini adalah sebagai berikut.

1. Arang aktif dalam penelitian ini memiliki kadar air 0,523%, kadar abu 6,091 %, daya jerap iodium 1237,275 mg/g, rendemen arang 43,2%, dan rendemen arang aktif 26,3%, sehingga arang aktif dalam penelitian telah memenuhi standar kualitas arang aktif menurut SNI 06-3730-1995.
2. Adsorpsi warna tertinggi diperoleh pada perlakuan lama waktu kontak 150 menit dan perlakuan massa arang aktif 5 gram, dimana nilai warna akhir terendah yang dihasilkan yaitu 2,385 dan 1,392. Adsorpsi kekeruhan tertinggi diperoleh pada perlakuan lama waktu kontak 150 menit dan perlakuan massa arang aktif 5 gram, dimana nilai kekeruhan akhir terendah yang dihasilkan yaitu 627,057 NTU dan 390,261 NTU. Adsorpsi TSS tertinggi diperoleh pada perlakuan lama waktu kontak 150 menit dan perlakuan massa arang aktif 5 gram, dimana nilai TSS akhir terendah yang dihasilkan yaitu 2669 mg/L dan 1766,576 mg/L.
3. Hasil uji Anova dan uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa semua perlakuan variasi lama waktu kontak dan variasi massa arang aktif berbeda nyata terhadap efisiensi adsorpsi warna, kekeruhan, dan TSS limbah cair kopi sintetik yang dihasilkan.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan sebagai tindak lanjut dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan perlakuan lama waktu kontak di atas 150 menit dan massa arang aktif di atas 5 gram untuk mengetahui perlakuan yang dapat mencapai kesetimbangan adsorpsi.
2. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan perlakuan variasi suhu karbonasi dan variasi konsentrasi aktivator untuk mengetahui perlakuan yang dapat menghasilkan rendemen arang dan rendemen arang aktif tertinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Atminingtyas, S., W. Oktiawan, dan I. W. Wardana. 2016. Pengaruh Konsentrasi Aktivator NaOH dan Tinggi Kolom Pada Arang Aktif dari Kulit Pisang Terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) Limbah Cair Industri Elektroplating. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 5(1): 1-11.
- Budiarti, R. 2014. Uji Efektivitas Arang Aktif dari Kulit Biji Kopi sebagai Adsorben Ion Timbal (Pb) dan Ion Kadmium (Cd). *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Badan Pemberdayaan Masyarakat (BAPEMAS) Kabupaten Jember. 2009. *Profil Desa Sidomulyo*. Jember: Bapemas.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Sumber Daya Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Hutapea, C. B. R., dan E. R. Sitorus. 2017. Studi Teknik Produksi Gula Reduksi dari Limbah Kulit Buah Kopi (Parchment Hull/ Endocarp). *Skripsi*. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November.
- Hwa, L dan L. Riadi. 2012. Simulasi Pengolahan Limbah Cair Berwarna dengan Foto Fenton Pada Sistem Kontinyu. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*. 11(2): 74-80.
- Hartanto, S., dan Ratnawati. 2010. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 12(1): 12-16.
- Indariani, F., F.T. Wulandari, dan D. S. Rini. 2018. Karakteristik Arang Aktif Tongkol Jagung (*Zea Mays Linn*) dengan Penambahan Asam Fosfat (H_3PO_4) Pada Beberapa Variasi Suhu Aktivasi. <http://eprints.unram.ac.id/8062/1/JURNAL%20FIRDA.pdf>. [Diakses pada 12 Maret, 2019].
- Khopkar, S. M. 2002. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.
- Lim, M., C. Delehome, dan J. Capece. 2008. *Removal of Removal Residual Chlorine from Drinking Water by Solar Radiation (UV) and Activated Carbon Filtration*. Labelle: Intelligentsia International, Inc.
- Manocha, S. M. 2003. Porous Carbons. *Sadhana*. 28(1): 335-348.

- Neldawati, Ratnawulan, dan Gusnedi. 2013. Analisis Nilai Adsorbansi dalam Penentuan Kadar Flavonoid untuk Berbagai Jenis Daun Tanaman Obat. *Jurnal Pillar of Physics*. 2: 76-83.
- Nawari. 2009. *Analisis Statistik dengan MS Excel 2007 dan SPSS 17*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Prasetyo, A., dan M. Sudibandriyo. 2014. Produksi Arang Aktif dari Limbah Kulit Kopi Menggunakan Aktivasi Kimia Kalium Karbonat. <http://lib.ui.ac.id/naskahringkas/2016-06/S54822-Adi%20Prasetyo>. [Diakses pada 12 Maret, 2019].
- Pitaloka, A. 2011. Optimalisasi Aktivasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa dengan Ragam Suhu dan Konsentrasi Aktivator $ZnCl_2$. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Rasdiansyah, Darmadi, dan M. D. Supardan. 2014. Optimasi Proses Pembuatan Karbon Aktif dari Ampas Bubuk Kopi Menggunakan Aktivator $ZnCl_2$. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 6(3): 54-58.
- Setyoningrum, T. M., A. Setiawan, dan G. Pamungkas. 2018. Pembuatan Arang Aktif dari Hasil Pirolisis Ban Bekas. *Jurnal Eksergi*. 15(2): 54-58.
- Shofa. 2012. Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida. *Skripsi*. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Syarief, R., E. Novita, E. Noor, dan S. Mulato. 2012. Smallholder Coffee Processing Design Using Wet Technology Based on Clean Production. *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*. 7(2):93-102.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2004. *SNI 06-6989.3-2004: Cara Uji Total Suspended Solid (TSS) secara Gravimetri*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Sembiring, M. T., dan T. S. Sinaga. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). <http://library.usu.ac.id/download/ft/industri-meilita.pdf> [Diakses pada 12 Maret 2019].
- Sudibandriyo, M. 2003. A Generalized Ono-Kondo Lattice Model for High Pressure Adsorption on Carbon Adsorbents. *Tesis*. Stillwater: Oklahoma State University.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 1995. *SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

- Utomo, S. 2014. Pengaruh Waktu Aktivasi dan Ukuran Partikel Terhadap Daya Serap Karbon Aktif dari Kulit Singkong dengan Aktivator NaOH. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. 12 November 2014. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta: 1-4.
- Walpole, R. E. 2015. *Pengantar Statistika*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Yeni, S., D. Heltina, dan E. Yeni. 2008. Pemanfaatan Arang Tulang sebagai Adsorben Alternatif untuk Proses Penyerapan Rhodamine B. *Seminar Nasional Teknik Kimia Oleo dan Petrokimia Indonesia*. Fakultas Teknik Universitas Riau: 1-8.
- Yuniarti, B. 2007. Pengukuran Tingkat Kekeruhan Air Menggunakan Turbidimeter dengan Prinsip Hamburan Cahaya. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sanata Dharma.

LAMPIRAN

Lampiran 3.1 Pembuatan Larutan

1. Pembuatan Larutan NaOH 1 M

40 gram NaOH dilarutkan dalam labu ukur 1000 mL dengan aquades.

2. Pembuatan Larutan HCL 1 M

36,5 mL HCL dilarutkan dalam labu ukur 1000 mL dengan aquades.

3. Pembuatan Larutan Iodium (I_2) 0,1 N

25 gram KI dilarutkan dalam 30 mL aquades, lalu ditambahkan 13 gram I_2 dan distirer hingga larut, lalu diencerkan dalam labu ukur 1000 mL dengan aquades.

4. Pembentukan Larutan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N

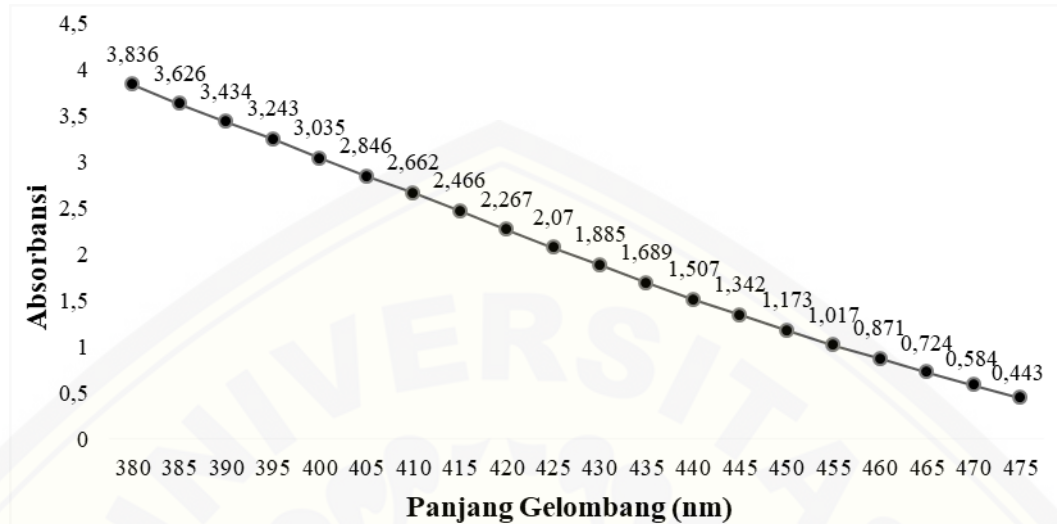
3,1 gram $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ dilarutkan dalam labu ukur 250 mL dengan aquades.

5. Pembuatan Indikator Amilum 1%

1 gram amilum diencerkan dalam labu ukur 100 mL dengan aquades, lalu aduk hingga larut, kemudian didihkan larutan beberapa menit.

Lampiran 3.2 Data Pengamatan dan Perhitungan

1. Grafik Panjang Gelombang Maksimum

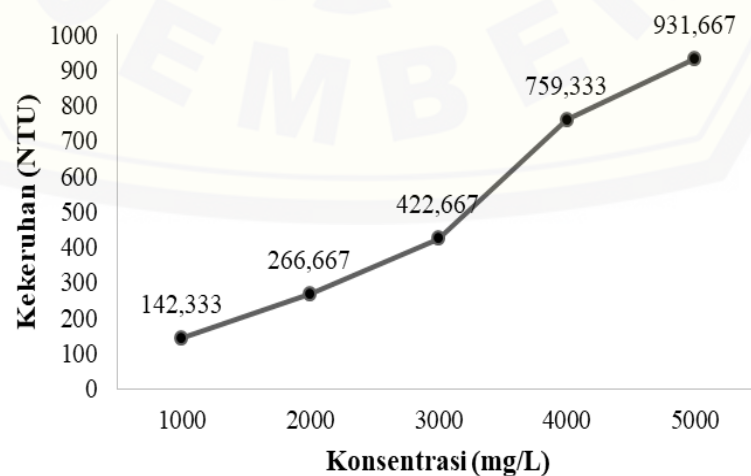
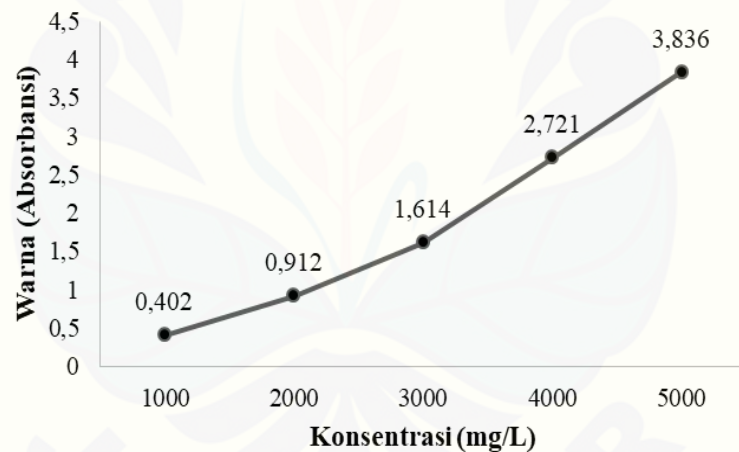


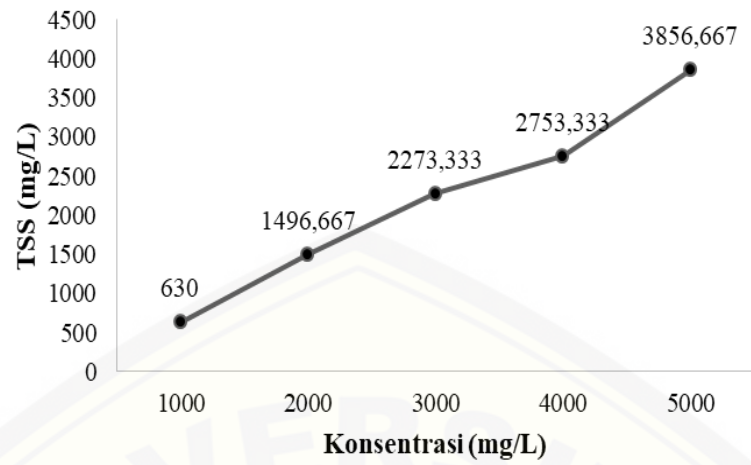
2. Pengukuran TSS Larutan Standar Limbah Cair Kopi Sintetik

Konsentrasi (mg/L)	Ulangan	Volume Sampel (g) (mL)	Massa Kertas Saring (f) (mg)	Massa Kertas Saring + Residu (e) (mg)	TSS ($\frac{e-f}{g} \times 1000$) (mg/L)	Rata-Rata
1000	1	10	114,9	121,2	630	630
	2		115	120,7	570	
	3		115,8	122,7	690	
2000	1	10	115	129,2	1420	1496,667
	2		114,9	130	1510	
	3		115,7	131,3	1560	
3000	1	10	115,3	137,5	2220	2273,333
	2		115,6	138,3	2270	
	3		114,7	138	2330	
4000	1	10	115	141,8	2680	2753,333
	2		114,6	142,7	2810	
	3		114,9	142,6	2770	
5000	1	10	115,5	152,9	3740	3856,667
	2		114,7	152,8	3810	
	3		114,7	154,9	4020	

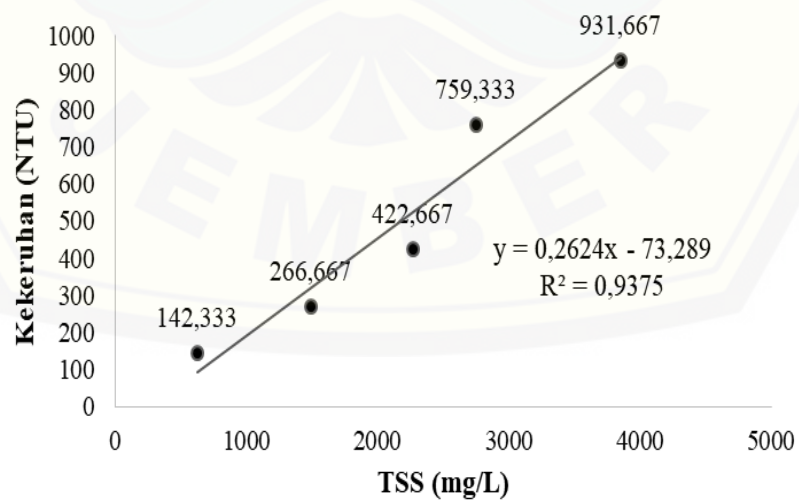
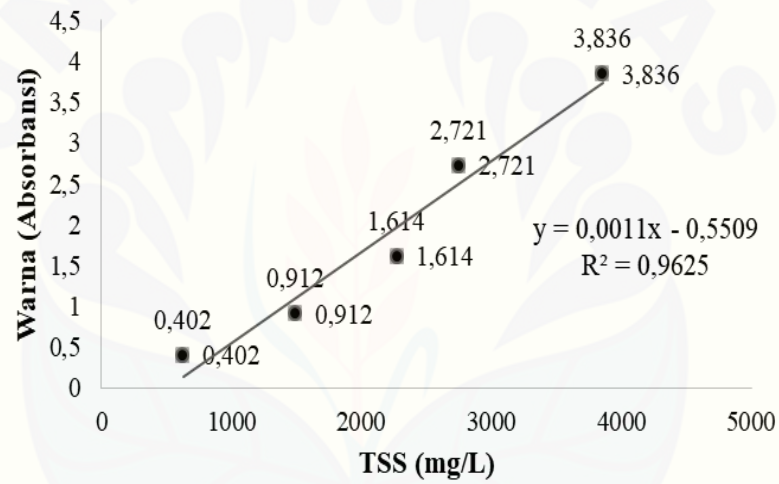
3. Data Pengukuran Warna, Kekeruhan, dan TSS Berbagai Konsentrasi Limbah Cair Kopi Sintetik

Konsentrasi (mg/L)	Ulangan	Warna (Absorbansi)	Rata-Rata	Kekeruhan (NTU)	Rata-Rata	TSS (mg/L)	Rata-Rata
1000	1	0,416	0,402	164	142,333	630	630
	2	0,382		128		570	
	3	0,407		135		690	
2000	1	0,921	0,912	321	266,667	1420	1496,667
	2	0,914		262		1510	
	3	0,902		217		1560	
3000	1	1,611	1,614	430	442,667	2220	2273,333
	2	1,624		456		2270	
	3	1,608		382		2330	
4000	1	2,731	2,721	792	759,333	2680	2753,333
	2	2,722		761		2810	
	3	2,709		725		2770	
5000	1	3,849	3,836	984	931,667	3740	3856,667
	2	3,835		935		3810	
	3	3,825		876		4020	





4. Kurva Kalibrasi



Lampiran 4.1 Data Efisiensi Adsorpsi

1. Variabel Warna, Kekeruhan, dan TSS Awal

Warna (Absorbansi) Awal			Rata-Rata	TSS Awal (mg/L)			Rata-Rata	Kekeruhan Awal (NTU)			Rata-Rata
1	2	3		1	2	3		1	2	3	
3,84	3,83	3,82	3,836	3999,91	3987,18	3978,09	3988,394	976,29	972,995	970,56	973,265

2. Efisiensi Adsorpsi Warna (Lama Waktu Kontak)

Lama Waktu Kontak (Menit)	Warna Awal (L)	Warna Akhir (R)			Rata-Rata	Efisiensi Adsorpsi Warna ($\frac{L-R}{L} \times 100\%$)			Rata-Rata
		1	2	3		1	2	3	
30		2,68	2,63	2,65	2,65	30,06%	31,33%	30,84%	30,74%
60		2,53	2,61	2,56	2,56	32,69%	31,62%	32,29%	32,2%
90	3,836	2,46	2,54	2,54	2,51	34,96%	33,65%	34,07%	34,23%
120		2,49	2,54	2,45	2,49	36%	35,37%	36,6%	35,99%
150		2,38	2,42	2,35	2,38	37,83%	37,12%	38,53%	37,83%

3. Efisiensi Adsorpsi Warna (Massa Arang Aktif)

Massa Arang Aktif (Gram)	Warna Awal (L)	Warna Akhir (R)			Rata-Rata	Efisiensi Adsorpsi Warna ($\frac{L-R}{L} \times 100\%$)			Rata-Rata
		1	2	3		1	2	3	
1		2,31	2,39	2,46	2,39	38,16%	37,67%	37,07%	37,63%
2		2,28	2,16	2,14	2,19	43,87%	44,6%	45,67%	44,72%
3	3,836	1,82	1,76	1,65	1,75	49,84%	50,76%	52,24%	50,95%
4		1,63	1,71	1,58	1,64	57,09%	56,39%	58,71%	57,39%
5		1,33	1,41	1,44	1,39	65,43%	64,21%	63,16%	64,27%

4. Efisiensi Adsorpsi TSS (Lama Waktu Kontak)

Lama Waktu Kontak (Menit)	TSS Awal (mg/L)	TSS Akhir (mg/L) (R)			Rata-Rata	Efisiensi Adsorpsi TSS ($\frac{L-R}{L} \times 100\%$)			Rata-Rata
		1	2	3		1	2	3	
30		2939,91	2895,36	2912,64	2915,97	26,29%	27,4%	26,97%	26,89%
60		2801,73	2877,18	2825,36	2834,76	28,59%	27,66%	28,25%	28,16%
90	3988,394	2741,73	2811,74	2806,27	2786,58	30,57%	29,43%	29,79%	29,93%
120		2766,27	2814,45	2729,91	2770,21	31,48%	30,94%	32,01%	31,48%
150		2669	2699	2639	2669	33,08%	32,46%	33,69%	33,08%

5. Efisiensi Adsorpsi TSS (Massa Arang Aktif)

Massa Arang Aktif (Gram)	TSS Awal (mg/L)	TSS Akhir (mg/L) (R)			Rata-Rata	Efisiensi Adsorpsi TSS ($\frac{L-R}{L} \times 100\%$)			Rata-Rata
		1	2	3		1	2	3	
1		2602,64	2679	2739,91	2673,85	33,38%	32,94%	32,42%	32,91%
2		2578,09	2468,09	2450,82	2499	38,37 %	39,01%	39,94%	39,11%
3	3988,394	2159	2103,54	2002,63	2088,39	43,59%	44,39%	45,69%	44,55%
4		1986,27	2057,18	1933,54	1992,33	49,92%	49,31%	51,34%	50,19%
5		1706,27	1786,27	1807,18	1766,58	57,22%	56,15%	55,24%	56,2%

6. Efisiensi Adsorpsi Kekeruhan (Lama Waktu Kontak)

Lama Waktu Kontak (Menit)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU) (R)			Rata-Rata	Efisiensi Adsorpsi Kekeruhan ($\frac{L-R}{L} \times 100\%$)			Rata-Rata
		1	2	3		1	2	3	
30		698,14	686,45	690,99	691,86	28,27%	29,47%	29%	28,91%
60		661,88	681,68	668,09	670,55	31,99%	29,96%	31,36%	31,1%
90	973,265	646,14	664,51	663	657,88	33,61%	31,72%	31,88%	32,4%
120		652,59	665,22	643,04	653,61	32,95%	31,65%	33,93%	32,84%
150		627,06	634,93	619,18	627,06	35,57%	34,76%	36,38%	35,57%

7. Efisiensi Adsorpsi Kekeruhan (Massa Arang Aktif)

Massa Arang Aktif (Gram)	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU) (R)			Rata-Rata	Efisiensi Adsorpsi Kekeruhan ($\frac{L-R}{L} \times 100\%$)			Rata-Rata
		1	2	3		1	2	3	
1		609,64	629,68	645,66	628,33	37,36%	35,3%	33,66%	35,44%
2		603,2	574,34	569,81	582,45	38,02%	40,99%	41,45%	40,15%
3	973,265	493,23	478,68	452,2	474,71	49,32%	50,82%	53,54%	51,22%
4		447,97	466,52	434,07	449,49	53,9807	52,07%	55,4%	53,81%
5		374,44	395,43	400,92	390,26	61,53%	59,37%	58,81%	59,9%

Lampiran 4.2 Uji Anova dan Uji Lanjut Duncan

1. Uji Normalitas Data Efisiensi Adsorpsi Warna (Lama Waktu Kontak)

	Lama Waktu Kontak (Menit)	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Efisiensi	30	,225	3	.	,984	3	,755
Adsorpsi	60	,237	3	.	,977	3	,706
Warna	90	,260	3	.	,959	3	,609
(%)	120	,176	3	.	1,000	3	,977
	150	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Lilliefors Significance Correction

2. Uji Homogenitas Data Efisiensi Adsorpsi Warna (Lama Waktu Kontak)

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,047	4	10	,995

3. Uji Anova Data Efisiensi Adsorpsi Warna (Lama Waktu Kontak)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	96,882	4	24,221	59,895	,000
Within Groups	4,044	10	,404		
Total	100,926	14			

4. Uji Duncan Data Efisiensi Adsorpsi Warna (Lama Waktu Kontak)

Lama Waktu Kontak (Menit)	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
30	3	30,744				
60	3		32,203			
90	3			34,228		
120	3				35,992	
150	3					37,826
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

5. Uji Normalitas Data Efisiensi Adsorpsi Kekeruhan (Lama Waktu Kontak)

	Lama Waktu Kontak (Menit)	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Efisiensi	30	,226	3	.	,983	3	,753
Adsorpsi	60	,237	3	.	,977	3	,707
Kekeruhan	90	,259	3	.	,959	3	,609
(%)	120	,176	3	.	1,000	3	,977
	150	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Lilliefors Significance Correction

6. Uji Homogenitas Data Efisiensi Adsorpsi Kekerusuhan (Lama Waktu Kontak)

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,047	4	10	,995

7. Uji Anova Data Efisiensi Adsorpsi Kekerusuhan (Lama Waktu Kontak)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	88,853	4	22,213	59,896	,000
Within Groups	3,709	10	,371		
Total	92,562	14			

8. Uji Duncan Data Efisiensi Adsorpsi Kekerusuhan (Lama Waktu Kontak)

Lama Waktu Kontak (Menit)	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
30	3	28,913				
60	3		31,103			
90	3			32,404		
120	3				32,843	
150	3					35,572
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

9. Uji Normalitas Data Efisiensi Adsorpsi TSS (Lama Waktu Kontak)

	Lama Waktu Kontak (Menit)	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Efisiensi	30	,226	3	.	,983	3	,754
Adsorpsi	60	,237	3	.	,976	3	,705
TSS (%)	90	,259	3	.	,959	3	,610
	120	,176	3	.	1,000	3	,976
	150	,175	3	.	1,000	3	,997

a. Lilliefors Significance Correction

10. Uji Homogenitas Data Efisiensi Adsorpsi TSS (Lama Waktu Kontak)

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,047	4	10	,995

11. Uji Anova Data Efisiensi Adsorpsi TSS (Lama Waktu Kontak)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	74,045	4	18,511	59,975	,000
Within Groups	3,086	10	,309		
Total	77,131	14			

12. Uji Lanjut Duncan Data Efisiensi Adsorpsi TSS (Lama Waktu Kontak)

Lama Waktu Kontak (Menit)	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
30	3	26,889				
60	3		28,165			
90	3			29,935		
120	3				31,477	
150	3					33,08
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

13. Uji Normalitas Data Efisiensi Adsorpsi Warna (Massa Arang Aktif)

	Massa Arang Aktif (Gram)	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Efisiensi	1	,192	3	.	,997	3	,896
Adsorpsi	2	,216	3	.	,988	3	,793
Warna (%)	3	,229	3	.	,981	3	,738
	4	,268	3	.	,951	3	,574
	5	,188	3	.	,998	3	,911

a. Lilliefors Significance Correction

14. Uji Homogenitas Data Efisiensi Adsorpsi Warna (Massa Arang Aktif)

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,496	4	10	,740

15. Uji Anova Data Efisiensi Adsorpsi Warna (Massa Arang Aktif)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1305,166	4	326,292	308,453	,000
Within Groups	10,578	10	1,058		
Total	1315,745	14			

16. Uji Duncan Data Efisiensi Adsorpsi Warna (Massa Arang Aktif)

Massa Arang Aktif (Gram)	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
1	3	37,635				
2	3		44,717			
3	3			50,947		
4	3				57,395	
5	3					64,268
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

17. Uji Normalitas Data Efisiensi Adsorpsi Kekeruhan (Massa Arang Aktif)

	Massa Arang Aktif (Gram)	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Efisiensi	1	,192	3	.	,997	3	,896
Adsorpsi	2	,216	3	.	,988	3	,793
Kekeruhan	3	,230	3	.	,981	3	,737
(%)	4	,244	3	.	,972	3	,677
	5	,188	3	.	,998	3	,911

a. Lilliefors Significance Correction

18. Uji Homogenitas Data Efisiensi Adsorpsi Kekeruhan (Massa Arang Aktif)

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,460	4	10	,763

19. Uji Anova Data Efisiensi Adsorpsi Kekeruhan (Massa Arang Aktif)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1198,468	4	299,617	310,572	,000
Within Groups	9,647	10	,965		
Total	1208,115	14			

20. Uji Duncan Data Efisiensi Adsorpsi Kekeruhan (Massa Arang Aktif)

Massa Arang Aktif (Gram)	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
1	3	35,441				
2	3		40,155			
3	3			51,225		
4	3				53,815	
5	3					59,902
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

21. Uji Normalitas Data Efisiensi Adsorpsi TSS (Massa Arang Aktif)

	Massa Arang Aktif (Gram)	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Efisiensi	1	,192	3	.	,997	3	,895
Adsorpsi	2	,216	3	.	,988	3	,793
TSS (%)	3	,230	3	.	,981	3	,737
	4	,268	3	.	,951	3	,573
	5	,188	3	.	,998	3	,912

a. Lilliefors Significance Correction

22. Uji Homogenitas Data Efisiensi Adsorpsi TSS (Massa Arang Aktif)

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
,496	4	10	,74

23. Uji Anova Data Efisiensi Adsorpsi TSS (Massa Arang Aktif)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	997,796	4	249,449	308,536	,000
Within Groups	8,085	10	,808		
Total	1005,881	14			

24. Uji Lanjut Duncan Data Efisiensi Adsorpsi TSS (Massa Arang Aktif)

Massa Arang Aktif (Gram)	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
1	3	32,914				
2	3		39,106			
3	3			44,554		
4	3				50,191	
5	3					56,201
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Lampiran 4.3 Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Limbah kulit tanduk kopi



Gambar 2. Karbonasi kulit tanduk kopi



Gambar 3. Arang kulit tanduk kopi



Gambar 4. Penghalusan arang



Gambar 5. Pengayakan arang (100 mesh)



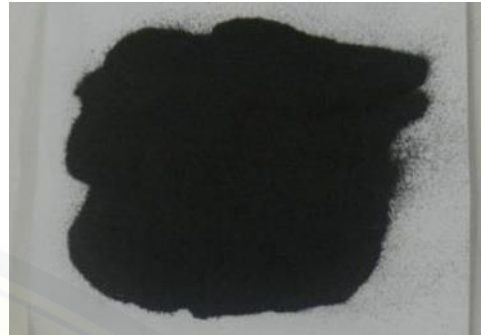
Gambar 6. Aktivasi arang dengan NaOH



Gambar 7. Penetralan pH arang hasil aktivasi



Gambar 8. Pengeringan arang aktif



Gambar 9. Arang aktif kulit tanduk kopi



Gambar 10. Uji kadar air



Gambar 11. Uji kadar abu



Gambar 12. Uji daya jerap iodium



Gambar 13. Uji TSS





Gambar 14. Pengukuran kekeruhan



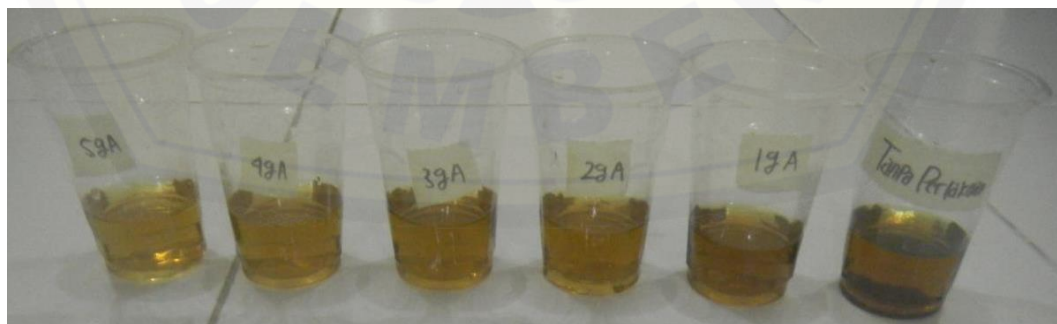
Gambar 15. Pengukuran warna



Gambar 16. Proses adsorpsi dan penyaringan



Gambar 17. Limbah cair kopi sintetik awal dan akhir pada perlakuan lama waktu kontak



Gambar 18. Limbah cair kopi sintetik awal dan akhir pada perlakuan massa arang aktif

