



**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ARANG AKTIF KULIT
SINGKONG MENGGUNAKAN AKTIVATOR $ZnCl_2$**

Oleh

Luki Aprilliya Setiyoningsih

NIM 121810301026

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2018



**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ARANG AKTIF KULIT
SINGKONG MENGGUNAKAN AKTIVATOR $ZnCl_2$**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**Luki Aprilliya Setiyoningsih
NIM 121810301026**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kehidupan, pertolongan, kasih, hidayah, dan rahmat yang tidak terduga;
2. Keluarga tersayang, Ibunda Marmiati dan Ayahanda Slamet Riyanto yang senantiasa memberikan doa, cinta, kasih sayang, pengorbanan, kesabaran, bimbingan, didikan, nasehat, teladan, perjuangan, materi dan atas segala yang telah diberikan dengan tulus ikhlas;
3. Bapak/Ibu guru TK Kartika XII, SDN 01 Kebonsari, SMPN 1 Jember, SMK Farmasi Jember, Bapak/Ibu Dosen Kimia, teknisi jurusan Kimia, dan segenap karyawan FMIPA Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu, serta pengalamannya dengan penuh kesabaran;
4. Almamater Tercinta Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum kecuali kaum itu sendiri yang mengubah apa apa yang pada diri mereka ” (terjemahan Surat Ar-Ra’d ayat 11). *)



*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2010. *Al-Quran dan Terjemahannya*. Bandung: CV. Pustaka Agung Harapan

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Luki Aprilliya Setiyoningsih

NIM : 121810301026

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif Kulit Singkong Menggunakan Aktivator $ZnCl_2$ ” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sika ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 02 Januari 2018

Yang menyatakan,



Luki Aprilliya S.

NIM 121810301026

SKRIPSI

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ARANG AKTIF KULIT
SINGKONG MENGGUNAKAN AKTIVATOR $ZnCl_2$**

Oleh
Luki Aprilliya Setiyoningsih
NIM 121810301026

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Indarti, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Tri Mulyono, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif Kulit Singkong Menggunakan Aktivator $ZnCl_2$ ” karya Luki Aprilliya Setiyoningsih telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : **SENIN 29 JAN 2018**

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Tim Penguji;

Ketua,



Dwi Indarti, S.Si, M.Si.
NIP. 197409012000032004

Anggota I,



Tri Mulyono, S.Si., M.Si.
NIP. 196810021998021001

Anggota II,



Suwardiyanto, S.Si, M.Si., Ph.D.
NIP. 197501191998021001

Anggota III,



Tanti Haryati, S.Si., M.Si.
NIP. 198010292005012002

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan,




Dr. Sujito, Ph.D.
NIP. 196102041987111001

RINGKASAN

Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif Kulit Singkong Menggunakan Aktivator $ZnCl_2$; Luki Aprilliya Setiyoningsih, 121810301026; 2017: 40 halaman; Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Kulit singkong memiliki unsur karbon cukup besar, serta memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi ion logam karena mengandung protein, selulosa nonreduksi, dan serat kasar yang tinggi asam sianida. Kandungan yang dimiliki kulit singkong tersebut dapat digunakan sebagai bahan untuk pembuatan arang aktif. Pembuatan arang aktif dari kulit singkong telah banyak dilakukan dengan berbagai agen pengaktivasi. Oleh karena itu, diperlukan pembaruan dalam proses pembuatan arang aktif tersebut. Tujuan penelitian untuk mengetahui karakteristik arang hasil pembuatan menggunakan alat modifikasi yang akan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, serta untuk mengetahui pengaruh kerapatan sistem dan variasi waktu aktivasi yang digunakan.

Arang aktif pada penelitian kali ini dibuat dengan tiga tahapan, tahapan pertama adalah dehidrasi, dilanjutkan tahap kedua adalah karbonisasi dengan menggunakan alat modifikasi yang dibuat sedemikian rupa sehingga menghasilkan arang yang bagus. Ukuran arang hasil karbonisasi yang digunakan 70-100 mesh. Tahap yang terakhir yaitu tahap aktivasi, tahap aktivasi menggunakan aktivator $ZnCl_2$. Arang aktif yang dihasilkan selanjutnya dibandingkan dengan penelitian sebelumnya serta dilakukan karakterisasi untuk mengetahui kualitas dari arang aktif yang dihasilkan dengan melihat dari variasi kerapatan sistem dan variasi waktu aktivasi.

Hasil penelitian untuk arang aktif yang pertama ialah perbandingan hasil karakteristik arang aktif yang dihasilkan menggunakan alat modifikasi dengan arang aktif dari penelitian sebelumnya. Nilai kadar air dan kadar abu terbaik diperoleh dari arang aktif penelitian sebelumnya. Nilai kadar air dan kadar abu yang diperoleh lebih besar dibanding penelitian sebelumnya yaitu sebesar 3,67%

dan 13,5 %. Berbeda dengan nilai densitas yang dihasilkan lebih baik dari pada penelitian sebelumnya yaitu sebesar 0,31 g/mL. Pengaruh kerapatan sistem dan waktu aktivasi pada karakteristik arang aktif yang didapat adalah kadar air dan daya serap iod yang cenderung menurun. Hasil yang diperoleh untuk tiap karakteristik tersebut memiliki tren yang sama. Hasil untuk karakteristik kadar air dan daya serap iod yang cenderung menurun serta hasil untuk karakteristik kadar abu dan densitas yang cenderung tetap. Hal tersebut dimungkinkan banyaknya pori-pori arang aktif yang tersumbat oleh aktivator sehingga mempengaruhi daya serapnya. Nilai kadar abu dihasilkan data yang datar, serta densitas dengan data yang juga datar seiring bertambahnya kerapatan sistem dan waktu aktivasi.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif Kulit Singkong Menggunakan Aktivator $ZnCl_2$ ” dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan program sarjana strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini banyak mendapatkan bantuan moril maupun materi dari berbagai pihak, sehingga penulis mengucapkan terima kasih dengan tulus kepada:

1. Drs. Sujito, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si, selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Dwi Indarti, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Tri Mulyono, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, kasih sayang serta doa dan membimbing dengan penuh kesabaran dalam penulisan skripsi ini;
4. Suwardiyanto, S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Dosen Penguji I dan Tanti Haryati S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya dalam menguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
5. Drh. Wuryanti Handayani, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama mejadi mahasiswa;
6. Bapak dan ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA UNEJ yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan;
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun diharapkan dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang kimia.

Jember, Januari 2018

Penulis



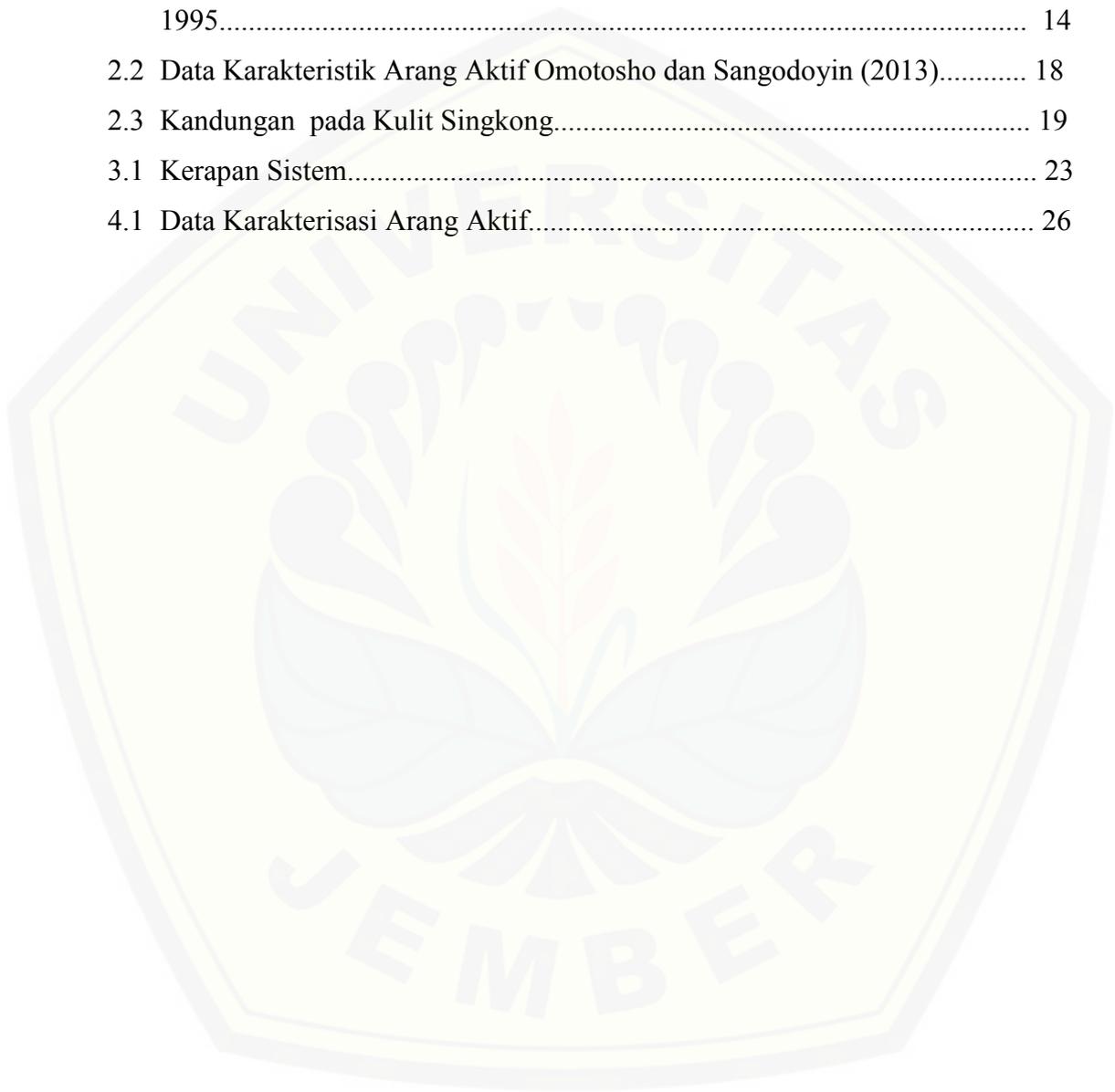
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN SAMPUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAM AN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
HALAMAN PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Arang Aktif	5
2.1.1 Tahap Dehidrasi	8
2.1.2 Tahap Karbosisasi	8
2.1.3 Tahap Aktivasi	9
2.2 Pembuatan Arang	11
2.2.1 <i>Furnace</i>	11
2.2.2 Metode Tradisional	12
2.2.3 Metode Alternatif Alat Modifikasi	13
2.3 Karakteristik Arang Aktif	13
2.3.1 Kadar Air	15
2.3.2 Kadar Abu	15
2.3.3 Daya Serap Terhadap Iodium	15
2.3.4 Densitas	16
2.4 Zat Aktivator (ZnCl₂)	16
2.5 Kulit Singkong	19

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan	20
3.2.1 Alat Penelitian	20
3.2.2 Bahan Penelitian	20
3.3 Alur Penelitian/ Diagram Alir Penelitian	21
3.3.1 Pembuatan Arang Aktif Kulit Singkong	21
3.4 Preparasi Bahan	22
3.4.1 Preparasi Bahan	23
3.4.2 Tahap Karbonisasi	23
3.4.3 Tahap Aktivasi	23
3.4.4 Tahap Netralisasi	24
3.4.5 Karakteristik Arang Aktif	24
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Karakteristik Arang Aktif	26
4.2 Pengaruh Konsentrasi $ZnCl_2$ dan Pengaruh Waktu Aktivasi Terhadap Karakteristik Arang Aktif	28
BAB 5. PENUTUP	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Persyaratan Arang Aktif Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995.....	14
2.2 Data Karakteristik Arang Aktif Omotosho dan Sangodoyin (2013).....	18
2.3 Kandungan pada Kulit Singkong.....	19
3.1 Kerapan Sistem.....	23
4.1 Data Karakterisasi Arang Aktif.....	26



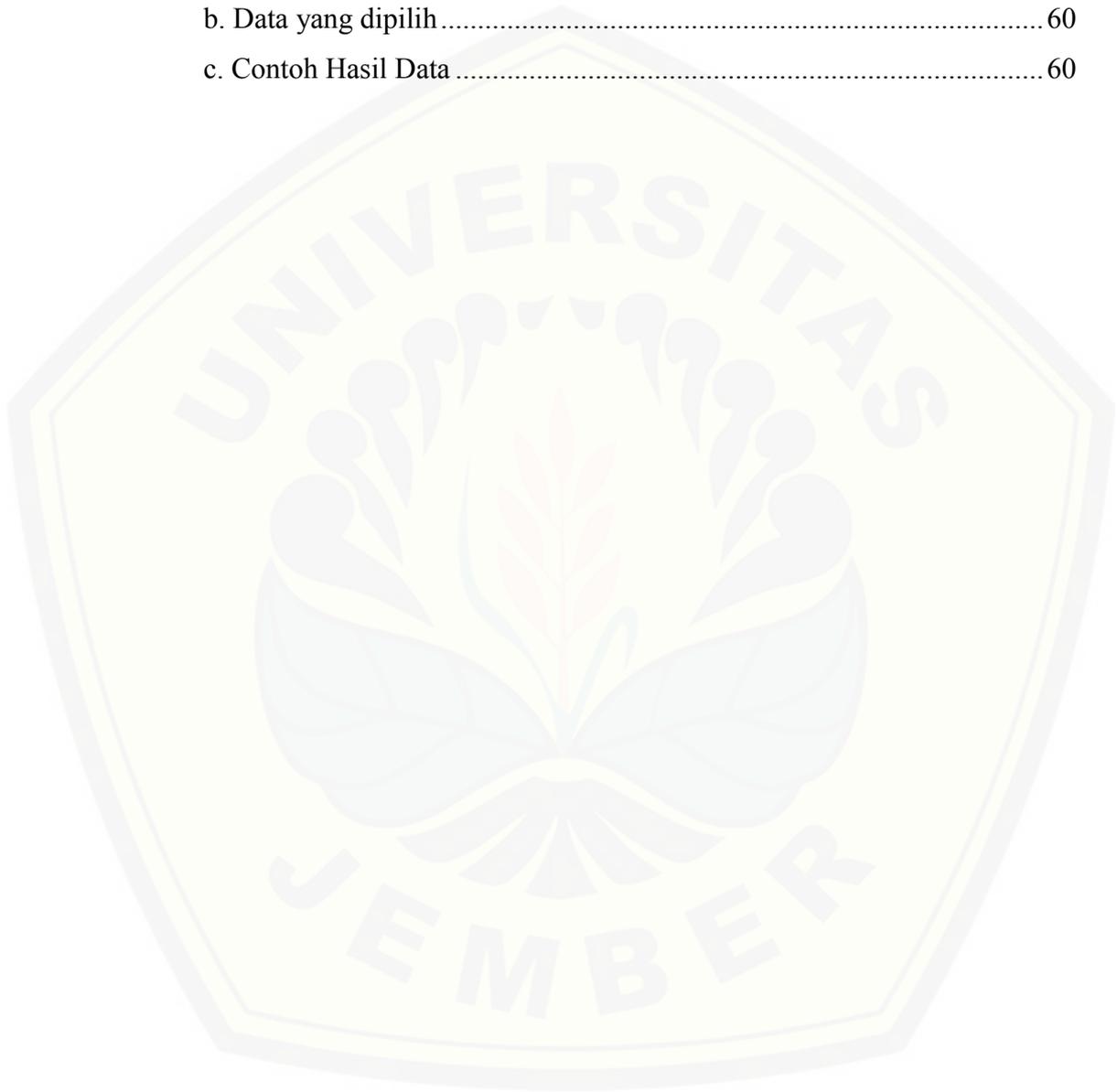
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Bentuk Fisik Arang Aktif.....	5
2.2 Struktur Kristal Arang Aktif.....	6
2.3 Ilustrasi Struktur Kimia Arang Aktif.....	7
3.1 Diagram alir penelitian pembuatan Arang Aktif Kulit Singkong.....	21
3.2 Desain Alat Pemanas Modifikasi.....	22
4.1 Kadar Air Arang Aktif.....	29
4.2 Kadar Abu Arang Aktif.....	31
4.3 Densitas Arang Aktif.....	33
4.4 Daya Serap Iod Arang Aktif.....	34

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Pembuatan Arang Kulit Singkong	41
4.1.1 Pembuatan Kulit Singkong Kering dengan Kadar Air 0%	41
a. Pembuatan Pertama.....	41
b. Pembuatan Kedua.....	41
c. Arang Kulit Singkong	41
4.1. 2 Pembuatan Kulit Singkong Kering dengan Kadar Air 20%	41
4.1.3 Pembuatan Kulit Singkong Kering dengan Kadar Air 50%	41
4.2 Pembuatan Larutan.....	42
4.2.1 Pembuatan Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N.....	42
4.2.2 Pembuatan Larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N	42
4.2.3 Pembuatan Larutan H_2SO_4 2 M	42
4.2.4 Standarisasi Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N dengan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N	43
4.2.5 Pembuatan Larutan I_2	43
4.2.6 Pembuatan Larutan HCl 5 %	43
4.2.7 Pembuatan Larutan Amilum 1%.....	43
4.2.8 Standarisasi Larutan I_2 dengan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N	45
4.3 Karakterisasi Arang Aktif Kulit Singkong.....	45
4.3.1 Kadar Air	45
a. Nilai Kadar Air.....	45
b. Data yang dipilih.....	49
c. Contoh Hasil Data	49
4.3.2 Kadar Abu.....	50
a. Nilai Kadar Abu	50
b. Data yang dipilih.....	52
c. Contoh Hasil Data	52
4.3.3 Daya Serap terhadap Iodium.....	53
a. Nilai Daya Serap Iod	53

b. Data yang dipilih.....	56
c. Contoh Hasil Data	57
4.3.4 Densitas	57
a. Nilai Densitas	57
b. Data yang dipilih.....	60
c. Contoh Hasil Data	60



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kulit singkong memiliki unsur karbon cukup banyak yaitu sebesar 59,31% (Hasriati, 2012) serta kemampuan untuk mengadsorpsi ion logam karena mengandung protein, selulosa nonreduksi, dan serat kasar yang tinggi asam sianida (Rahmanita. N, 2015) sehingga banyak terdapat gugus fungsi $-OH$, $-NH_2$, $-SH$, dan $-CN$ yang digunakan sebagai ligan untuk mengikat ion logam (Sadewo, 2010). Kandungan yang dimiliki kulit singkong tersebut dapat digunakan sebagai bahan untuk pembuatan arang aktif.

Pembuatan arang aktif dari kulit singkong banyak dilakukan dengan berbagai agen pengaktivasi. Arang aktif dapat dibuat dengan berbagai macam tahapan. Tahap karbonisasi merupakan tahap pemanasan pembuatan arang, dimana Omotosho and Sangodoyin (2013) dalam penelitiannya menggunakan suhu karbonisasi $420^{\circ}C$ selama 90 menit. Tahapan ini menghasilkan arang kulit singkong yang baik untuk digunakan sebagai arang aktif yang akan diaktivasi dengan aktivator $ZnCl_2$ dengan rasio massa 1:1 menggunakan *furnace*. Kondisi ini dapat digunakan sebagai acuan suhu dan waktu karbonisasi dengan menggunakan alat baru yang dibuat sedemikian rupa. Supeno (1987) dalam penelitian Warman (2005) menyatakan bahwa hasil yang diperoleh menggunakan alat modifikasi ini menghasilkan arang dengan rendemen yang cukup besar. Alat yang akan digunakan merupakan silinder baja yang tertutup dengan ada lubang kecil pada bagian atasnya. Alat modifikasi ini akan diatur menggunakan suhu dan tekanan yang tetap sehingga menghasilkan arang yang baik. Kekurangan dari alat ini yaitu pengurangan yang terjadi belum sempurna, karena nanti akan membuat arang akan bercampur dengan abu atau arang mentah sehingga akan mempengaruhi hasil akhir. Ukuran arang hasil karbonisasi yang digunakan 70-100 mesh sesuai dengan penelitian sebelumnya.

Aktivasi yang dilakukan pada pembuatan arang aktif disini merupakan aktivasi secara kimia dengan merendam terlebih dahulu pada *activating agent*

(Hendra, 2008). Aktivasi secara kimia dipilih karena mudah dilakukan dan tidak memerlukan suhu terlalu tinggi dibandingkan dengan menggunakan teknik aktivasi secara fisika. Hasil dari penggunaan aktivasi secara kimia dengan bahan-bahan mineral menghasilkan waktu aktivasi yang relatif pendek serta rendemen lebih besar dan daya adsorbsinya lebih baik (Pinem, 2015). Proses aktivasi kimia pasti memerlukan aktivator untuk mengubah arang menjadi arang aktif. Aktivator yang dapat digunakan adalah NaOH, KOH, NaCl, H₂SO₄, HNO₃, ZnCl₂, serta Na₂CO₃ (Kienle, 1986). Aktivator yang sering digunakan dalam industri adalah KOH dan ZnCl₂. Aktivator KOH dapat menjadi aktivator terutama dalam pembuatan arang aktif kulit singkong dengan hasil arang aktif yang baik (Esterlita dan Herlina, 2015). Arang aktif hasil aktivasi KOH pada konsentrasi 3 M dengan kadar air 6,349%, kadar abu 9,217%, bilangan iod 113,863 mg/g dan densitas 0,951 g/mL (Santoso, 2014). Aktivator ZnCl₂ dapat menghasilkan mikropori maksimal pada kondisi operasi suhu kurang dari 500°C dengan perbandingan ZnCl₂ : karbon adalah 2:1, dibandingkan dengan penggunaan aktivator H₃PO₄ serta KOH pada pembuatan arang aktif dari pelepah aren (Esterlita dan Herlina, 2015). Arang kulit singkong yang diaktifkan dengan ZnCl₂ sebagai aktivator juga memiliki hasil yang baik dengan rasio yang tepat. Hasil aktivasi ini yaitu pada perbandingan rasio massa 1:1 dengan kadar air 2,71%, kadar abu 2,47% serta densitas 0,415 g/mL (Omosho and Sangodoyin, 2013).

Proses aktivasi bertujuan untuk menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi serta untuk membuat beberapa pori baru. Waktu aktivasi sangat mempengaruhi dalam proses pembentukan arang aktif dan luas permukaannya serta karakterisasi arang aktif tersebut. Faktor - faktor yang mempengaruhi proses aktivasi secara kimia selain waktu aktivasi yaitu ukuran partikel, jenis aktivator, rasio aktivator dan suhu aktivasi yang dalam hal ini akan mempengaruhi daya serap arang aktif (Cooney, 1998).

Penentuan waktu aktivasi yang telah dilakukan oleh Omotosho dan Sangodoyin (2013) dengan perbandingan rasio 1:1 yang paling optimal adalah 8 jam. Variasi waktu aktivasi perlu dilakukan yaitu 4, 6, 8, 10 dan 12 jam untuk

mengetahui optimalisasi waktu aktivasi arang kulit singkong tersebut menggunakan aktivator $ZnCl_2$ dengan alat modifikasi pada pembuatan arangnya. Perbandingan rasio massa yang digunakan tersebut akan diperoleh arang aktif yang memiliki struktur pori terbesar, sehingga didapat luas permukaan arang aktif yang besar dengan menggunakan rasio massa 1:1. Karakteristik terbaik juga didapat dengan menggunakan perbandingan rasio massa 1:1 ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan. Perbandingan rasio tersebut akan divariasikan dengan kerapatan sistem yang berbeda.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik arang aktif yang dihasilkan dengan menggunakan alat modifikasi dibandingkan penelitian sebelumnya ?
2. Bagaimana pengaruh variasi kerapatan sistem dan pengaruh variasi waktu aktivasi terhadap karakteristik arang aktif kulit singkong ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik arang aktif yang dibuat menggunakan alat pemanas alternatif dibandingkan penelitian sebelumnya.
2. Mengetahui pengaruh variasi kenaikan kerapatan sistem dan pengaruh variasi waktu aktivasi terhadap karakteristik arang aktif kulit singkong.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain :

1. Limbah kulit singkong didapatkan dari industri rumah tangga yang berada di daerah Jember, Jawa Timur.
2. Ukuran partikel arang hasil karbonisasi 70-100 mesh.
3. Aktivator yang digunakan adalah larutan $ZnCl_2$ dengan perbandingan massa 1:1 antara aktivator berbanding dengan arang.
4. Suhu Karbonisasi yang digunakan adalah kurang lebih $420^{\circ}C$ selama 90 menit.
5. Karakteristik arang aktif yaitu kemampuan penyerapan iod, kadar air, kadar abu dan densitas.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai pemanfaatan limbah kulit singkong sebagai arang aktif menggunakan alat alternatif.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh aktivasi arang kulit singkong menggunakan aktivator $ZnCl_2$.
3. Memberikan informasi mengenai karakteristik dari arang aktif tersebut.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Arang Aktif

Arang aktif yang disebut juga dengan karbon aktif memiliki kemampuan menyerap bahan dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik, baik berupa larutan atau gas (Sudradjat dan Pari, 2011). Arang aktif mengandung senyawa karbon yang tinggi antara 85-95% didapat dari arang dengan perlakuan khusus sehingga permukaannya menjadi lebih luas (Chand dan Goyal, 2005). Luas permukaan arang aktif ini akan menentukan efektifitas kegunaannya sebagai *adsorben* (penyerap) dengan luas permukaan antara 1.000-2.000 m²/g, menurut Sudradjat dan Pari (2011).

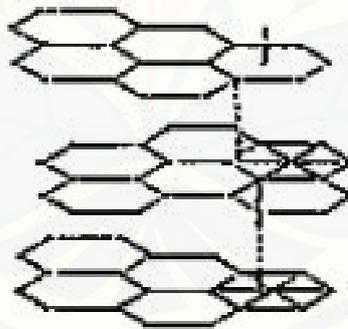


Gambar 2.1 Bentuk Fisik Arang Aktif

Karakteristik yang terdapat pada arang aktif yaitu berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa, serta memiliki daya adsorpsi jauh lebih tinggi dibandingkan dengan arang yang belum diaktivasi dapat dilihat pada gambar 2.1. Arang aktif tersebut merupakan arang yang telah diaktivasi sehingga terjadi pengembangan struktur pori yang bergantung pada metode aktivasi yang digunakan. Struktur pori ini menyebabkan ukuran molekul teradsorpsi sebagian, dan jika ukuran partikel lebih besar dari struktur pori yang ada, maka kuantitas bahan yang diserap dibatasi oleh luas permukaan karbon aktif. Permukaan arang aktif memiliki sifat non polar, dimana sebagian besar struktur arang aktif tersebut adalah padatan

berpori yang tersusun atas karbon bebas yang masing-masing ikatannya saling berikatan secara kovalen. Komposisi dan polaritas dari arang aktif harus diperhatikan, selain itu struktur pori yang dimiliki arang aktif juga salah satu faktor yang harus diperhatikan. Luas permukaan sangat berhubungan dengan struktur pori tersebut, semakin kecil pori-pori yang dimiliki arang aktif, luas permukaannya akan semakin besar. Sehingga struktur pori dan luas permukaan akan saling berbanding terbalik untuk mendapatkan arang aktif yang memiliki daya serap tinggi (Sitorus, 2014).

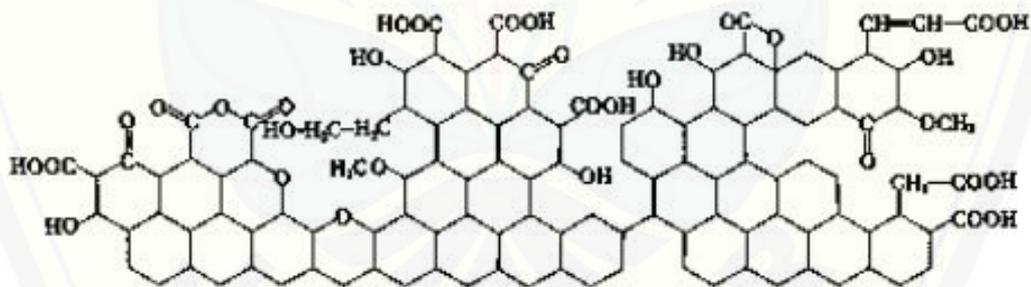
Struktur kristal arang aktif berbentuk amorf dengan didominasi atom karbon tersusun secara kovalen dengan tatanan atom-atom heksagonal pada gambar 2.2 (Rizky, 2015). Struktur pori dari arang aktif akan berhubungan dengan luas permukaan yang mempengaruhi kecepatan adsorpsi. Menurut Sudradjat dan Pari (2011) menyatakan bahwa ukuran diameter pori arang aktif yang digunakan untuk menyerap gas yaitu antara 12 – 200 Angstrom, sedangkan yang digunakan untuk menyerap cairan yaitu antara 500 – 1.500 Angstrom. Komposisi dari arang aktif yaitu karbon, selulosa, kadar air dan kadar debu (Azamila, 2012).



Gambar 2.2 Struktur Kristal Arang Aktif

Arang aktif dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan dengan cara khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas (Wenhui dkk, 2012). Arang aktif menurut Masitoh dan Sianita (2013) dapat disiapkan dari berbagai macam bahan dasar, seperti batubara muda, kayu, tulang binatang, *lignit*, tempurung kelapa, serbuk kayu pohon mangga, serbuk gergaji kayu, tempurung kelapa sawit, limbah – limbah pertanian. Limbah pertanian yang banyak digunakan adalah limbah kulit singkong, kulit

buah coklat, kulit buah kopi, tongkol jagung, sekam padi, pelepah aren, jerami, dll. Arang aktif yang banyak muncul dipasaran umumnya terbuat dari bahan dasar kayu, batubara dan tempurung dari kelapa (Lempang, 2014). Bahan-bahan organik yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan arang aktif karena selulosa dan lignin sebagian besar tersusun atas unsur karbon (Alam dan Saleh, 2009). Unsur yang terkandung pada arang aktif salah satunya adalah oksigen dan hidrogen yang terikat secara kimia. Unsur tersebut berasal dari proses arang menjadi arang aktif seperti karbonasi yang tidak sempurna pada saat proses aktivasi (Wenhui dkk, 2012). Selain unsur-unsur tersebut, terdapat juga gugus fungsi lainnya yang terikat pada arang aktif seperti karboksil, fenol dan eter seperti pada gambar 2.3. Gugus fungsi tersebut dapat berasal dari bahan baku dan juga terbentuk dari proses aktivasi dikarenakan adanya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan oksigen atau nitrogen yang berasal dari atmosfer. Gugus-gugus fungsi inilah yang menjadikan permukaan arang aktif lebih reaktif secara kimia (Sitorus, 2014).



Gambar 2.3 Ilustrasi Struktur Kimia Arang Aktif

Arang aktif memiliki sifat sebagai *adsorben*, dimana berhubungan dengan struktur pori yang dimiliki arang aktif tersebut. Sifat adsorpsi yang dimiliki arang aktif ini dapat digunakan untuk penyerapan gas serta senyawa-senyawa kimia tertentu tergantung dengan besar kecilnya pori-pori dan luas permukaan. Berdasarkan pada penggunaan dari arang aktif dibagi menjadi dua tipe yaitu arang aktif sebagai pemucat dan arang aktif sebagai penyerap uap. Banyaknya manfaat yang dimiliki oleh arang aktif ini sehingga kalangan industri menggunakannya

seperti industri kimia, industri gula, industri percetakan serta industri farmasi (Fauziah, 2009).

Arang aktif dapat dibuat dengan melalui tiga tahap, yaitu tahap dehidrasi, proses karbonisasi dan proses aktivasi (Kvech dan tull, 1998).

2.1.1 Tahap Dehidrasi

Dehidrasi merupakan proses penghilangan kandungan air dalam bahan baku yang akan dijadikan arang aktif dengan tujuan untuk menyempurnakan pada proses selanjutnya (karbonisasi). Tahap dehidrasi dapat dilakukan dengan menjemur dibawah sinar matahari langsung bahan baku tersebut atau mengeringkannya menggunakan oven tergantung perlakuan yang diinginkan.

2.1.2 Proses Karbonisasi

Tahap kedua dalam proses pembuatan arang aktif adalah karbonisasi. Karbonisasi merupakan proses pemanasan dalam kondisi tidak ada kandungan udara didalamnya atau disebut juga dengan pirolisis. Proses pirolisis dilakukan pada temperatur 400-900°C dengan tujuan merubah komposisi kandungan kimia dari bahan dasar organik yang digunakan. Proses karbonisasi ini juga merupakan proses pemecahan atau peruraian selulosa menjadi karbon yang terjadi pada suhu sekitar 275°C (Esterlita dan Herlina, 2015).

Proses karbonisasi ini akan menyebabkan dekomposisi material organik yang ada pada bahan baku dan mengeluarkan pengotor-pengotornya. Unsur-unsur non-karbon sebagian besar pada tahap ini akan hilang dan membuat struktur pori mulai terbentuk/ pori-pori akan terbuka. Tahap inilah struktur pori awal akan berubah dengan berjalannya proses karbonisasi tergantung suhu dan bahan baku yang digunakan pada pembuatan arang aktif. Semakin tinggi suhu karbonisasi berguna untuk mempercepat pembentukan pori, namun penggunaan suhu terlalu tinggi diatas 1000°C tidak dianjurkan karena abu yang terbentuk akan meningkat dan menutupi pori sehingga luas permukaan serta daya serapnya berkurang (Sitorus, 2014).

Arang aktif banyak digunakan karena kemampuannya dalam mengadsorbsi gas dan senyawa-senyawa kimia yang tidak diinginkan atau dengan kata lain sifat adsorbsi yang terdapat pada arang aktif sangat selektif. Selektifitas

dari arang aktif juga tergantung pada besar atau volume pori-pori dari arang aktif tersebut serta luas permukaan yang dimiliki oleh arang aktif. Adsorpsivitas arang aktif dapat ditentukan dari luas permukaan partikel yang dimilikinya. Kemampuan adsorpsi arang akan meningkat jika arang terlebih dahulu mengalami proses aktivasi (Esterlita dan Herlina, 2015).

2.1.3 Proses Aktivasi

Proses aktivasi merupakan bagian dalam proses pembuatan arang aktif dimana dalam prosesnya bertujuan untuk membuka atau memperluas pori yang nantinya akan dilalui oleh adsorbat. Tahap ini juga digunakan untuk memperbesar distribusi dan ukuran pori serta memperbesar luas permukaan arang aktif. Luas permukaan yang meningkat ini dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan sisa-sisa senyawa lain pada proses pengarangan sebelumnya. Selain bahan baku yang digunakan, pada proses aktivasi merupakan hal penting yang harus diperhatikan. Pemecahan ikatan hidrokarbon pada permukaan arang sehingga akan mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimianya. Tahap aktivasi memiliki 2 metode yang biasa digunakan, yaitu :

1. Aktivasi Fisika

Arang aktif yang diaktivasi secara fisika yaitu menggunakan bahan aktivator dari gas CO_2 pada temperatur tinggi antara $800\text{-}1200^\circ\text{C}$ sehingga terjadi pemutusan rantai karbon dari senyawa organik yang ada. Hasil dari proses aktivasi fisika akan mempengaruhi sifat/ karakteristik dari arang aktif itu sendiri, hal yang mempengaruhi antara lain bahan dasar, laju aliran gas, laju aliran kalor *furnace*, temperatur pada saat proses aktivasi, aktivator yang digunakan, alat yang digunakan, lama proses aktivasi dan proses karbonisasi selanjutnya (Marsh dkk, 2006). Pada aktivasi ini, terjadi pengurangan massa karbon dalam jumlah yang cukup besar dikarenakan adanya pembentukan struktur karbon.

2. Aktivasi Kimia

Arang aktif yang diaktivkan secara kimia melalui proses perendaman bahan dasar terlebih dahulu pada aktivator yang digunakan. Hendra, R (2008) menyatakan aktivator yang digunakan pada aktivasi kimia ini berupa bahan kimia tertentu yang dapat bersifat basa (seperti: NaOH , KOH) atau asam (H_3PO_4). Hasil

penelitian menunjukkan bahwa $ZnCl_2$, $NaOH$ dan H_3PO_4 merupakan bahan kimia yang cukup baik untuk digunakan sebagai aktivator pada metode aktivasi kimia. Konsentrasi yang ada pada garam klorida dan asam fosfat berkisar 10-15%, sedangkan $NaOH$ 1-2% yang dapat digunakan tergantung dari kekerasan bahan dasar. Waktu yang dibutuhkan untuk perendaman sekitar 10-24 jam (Sudradjat dan Pari, 2011). Proses selanjutnya yaitu karbonisasi dan netralisasi atau pencucian dengan menghilangkan *activating agent* yang telah tercampur pada bahan dasar (Hendra, 2008).

Proses aktivasi kimia pada arang aktif menurut Wenhui dkk (2012) dalam Esterlita (2015), umumnya dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

- Waktu aktivasi

Waktu aktivasi yang optimum akan dihasilkan oleh bahan baku yang berbeda tergantung jenis aktivator yang digunakan.

- Ukuran partikel

Ukuran partikel yang semakin kecil akan semakin baik dikarenakan luas permukaan arang aktif akan kontak langsung dengan larutan aktivasi meningkat.

- Jenis aktivator

Jenis aktivator yang digunakan mempengaruhi banyak hal dalam pembuatan arang aktif, termasuk kenaikan daya serap jarang aktif yang nantinya dihasilkan juga akan berpengaruh.

- Rasio aktivator

Semakin besar rasio atau konsentrasi aktivator yang digunakan maka daya serap arang aktif yang akan dihasilkan juga semakin besar. Penggunaan rasio yang terlalu besar juga akan menimbulkan masalah seperti akan terjadinya degradasi atau rusaknya selulosa akibat daya serap arang aktif menurun.

- Waktu karbonisasi

Waktu karbonisasi yang optimum digunakan untuk berbagai jenis aktivator ataupun bahan baku yang berbeda.

- Suhu karbonisasi

Besar kecilnya suhu karbonisasi yang digunakan akan menghasilkan arang aktif dengan daya serap berbeda.

2.2 Pembuatan Arang

1. *Furnace*

Furnace atau bisa disebut dengan tungku merupakan alat atau tempat yang digunakan untuk pembakaran suatu bahan (padat, cair dan gas) dengan hasil pembakaran berupa gas yang dapat dimanfaatkan panasnya untuk memanaskan suatu bahan. Penghasil panas berdasarkan metode pada *furnace* dapat dibedakan menjadi dua jenis bergantung pada bahan bakar yaitu jenis pembakaran dengan menggunakan bahan bakar dan juga jenis menggunakan listrik ((Permadi, 2009). *Furnace* sendiri berfungsi untuk memindahkan kalor yang dihasilkan dari bahan bakar pada proses pembakaran yang berlangsung dalam ruang pembakaran (Hadinata, 2015).

Struktur yang dimiliki *furnace* yaitu terbentuk dari plat baja dengan bagian dalamnya dilapisi material tahan api, batu isolasi dan *refractory* yang berfungsi untuk mencegah hilangnya panas serta memantulkan panas radiasi pada permukaan tungku (Hadinata, 2015). Karakteristik *furnace* yang harus dimiliki yaitu harus dirancang dengan sedemikian rupa sehingga dalam waktu tertentu selama pembakaran, sebanyak mungkin bahan dapat dipanaskan sampai suhu merata sesuai yang diinginkan (Permadi, 2009).

Furnace listrik memiliki prinsip kerja yaitu pemanasan bahan atau sampel yang digunakan dengan memasukkan dalam ruang (tabung) pemanas. Sampel yang biasa dipanaskan didalamnya akan menghasilkan arang atau abu sesuai dengan suhu yang digunakan. Sampel akan menjadi arang ketika panas suhu telah sampai pada suhu karbonisasi sampel. Panas pada *furnace* berasal dari filamen-filamen yang diberi tegangan sehingga menimbulkan panas yang akan diteruskan merambat secara radiasi menuju sampel. Filamen yang digunakan dalam *furnace* biasanya terbuat dari nikel karena nikel memiliki titik leleh yang tinggi yaitu 1.455°C. *Furnace* bagian dalam terdapat dinding yang didesain tahan terhadap suhu tinggi serta terdapat sensor suhu berupa termokopel. Penggunaan *furnace* harus secara hati-hati dan apabila telah selesai menggunakannya tidak dianjurkan untuk mematikan secara langsung. *Furnace* yang telah digunakan dimatikan secara langsung ketika suhu masih sangat tinggi akan mengakibatkan

putusnya filament-filamen pemanas sehingga *furnace* akan cepat rusak. Penggunaan yang dianjurkan ialah, ketika *furnace* selesai digunakan, suhu *furnace* dibiarkan turun dengan sendirinya mencapai suhu kamar, kemudian alat baru dapat dimatikan (Permadi, 2009).

2. Metode Tradisional

Arang aktif dapat dibuat melalui berbagai cara, salah satunya dapat menggunakan metode tradisional. Metode ini merupakan metode yang sering dijumpa pada masyarakat kebanyakan dimana dalam prosesnya sangat mudah dan tidak memerlukan biaya yang cukup besar serta hasil yang didapat cukup banyak. Pembuatan arang aktif dengan metode ini sangat mudah yaitu berupa metode satu lubang dalam tanah (*earth pit-kiln*). Metode lain yang telah dikembangkan yaitu dengan mengatur celah udara dengan menggunakan media tungku. Tujuan dari metode tersebut ialah untuk memperbaiki proses pembuatan dan juga hasil arang yang akan didapat. Metode-metode tersebut yang sering kita jumpai adalah metode tungku drum (*drum-kiln*) serta tungku batu bata (*flat-kiln*) (Iskandar dan Santoso, 2005).

Pembuatan arang dengan metode tradisional ini, satu lubang dalam tanah dan drum memiliki beberapa tahapan. Tahapan yang mendasar untuk metode keduanya yaitu pemilihan lokasi pembuatan satu lubang dalam tanah dan pembuatan tungku drum. Ukuran yang digunakan pada pembuatan lubang sekitar 2 m x 1 m dengan kedalaman ± 50 cm. Ukuran yang digunakan ini dapat disesuaikan dengan kondisi sekitar dengan penentuan yang tepat. Namun, perubahan yang dilakukan akan mempengaruhi hasil dengan waktu pembakaran yang lama, jumlah lubang udara yang ada dan jumlah cerobong asap yang akan dibuat (Iskandar dan Santoso, 2005). Pembuatan untuk metode selanjutnya adalah tungku drum, dimana dalam pemotongan bagian atas harus diperhatikan agar tidak terdapat celah. Bagian bawah tungku harus memiliki lubang dengan bagian atas diberi penutup dan cerobong asap.

Pembuatan arang dengan metode ini dengan cara memasukkan sampel atau bahan yang akan dijadikan arang kedalam lubang dan drum yang terbuat dari plat baja/ besi. Api dapat dinyalakan untuk proses selanjutnya adalah proses

pembakaran, dimana lubang dan tungku drum di tutup sedemikian rupa hingga udara yang akan keluar nantinya akan menuju celah yang disiapkan. Asap yang dikeluarkan hingga berwarna kebiru-biruan dan kemudian celah yang dibuat ditutup selama 8 jam atau semalaman. Pembukaan lubang atau drum harus dalam kondisi yang dingin hingga bara benar-benar mati. Bara yang masih terdapat dalam lubang atau drum tidak dianjurkan menggunakan air, karna akan menurunkan kualitas dari arang tersebut (Divisi Penerbitan & Dokumentasi PPLH Seloliman dan Malang Science Research Institution, 2007).

Pembuatan arang aktif dengan metode ini biasanya menghasilkan keaktifan yang rendah dibawah standar industri Indonesia (SII). Arang aktif yang terbentuk memungkinkan tidak terbentuk pori-pori dengan sempurna. Residu-residu yang ada pada bahan dasar masih tersisa dan melekat pada arang atau karbon pada saat proses pembakaran. Residu-residu tersebut yang menutupi pori arang dan menurunkan kualitasnya (Warman, 2005).

3. Metode Alternatif Alat Modifikasi

Metode alternatif alat modifikasi ini mengacu pada metode tradisional, dimana pada metode tradisional telah diperbarui dengan mengatur celah udara dengan menggunakan media tungku. Metode alternatif disini juga menggunakan perkembangan tersebut dengan mengatur udara yang masuk dan suhu yang digunakan dengan tujuan untuk memperbaiki proses pembuatan dan juga hasil arang yang akan didapat (Iskandar dan Santoso, 2005).

Metode alternatif disini menggunakan bahan baku yang dipanaskan dengan jumlah udara seminimal mungkin dengan mengontrol suhu pemanasan. Rendemen yang akan dihasilkan dimungkinkan cukup besar yang berupa karbon dengan keaktifan yang besar pula (Warman, 2005).

2.3 Karakteristik Arang Aktif

Perkembangan zaman membuat keberadaan arang aktif dimaksimalkan sehingga dapat menyerap berbagai senyawa organik dan anorganik serta menanggulangi emisi udara. Kualitas arang aktif dapat dilihat dan diketahui berdasarkan persyaratan yang dikeluarkan oleh Badan Standarisasi Nasional

Indonesia (SNI) 06-3730-1995 mengenai karakteristik standart arang aktif tersebut disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Persyaratan Arang Aktif Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995

Jenis persyaratan	Parameter
Kadar air	Maksimum 15%
Kadar abu	Maksimum 10%
Berat jenis curah	0,3-0,35 g/ml
Kadar karbon terikat	Minimum 65%
Daya serap terhadap yodium	Minimum 750 mg/g
Lolos mesh 325	Minimum 90%
Daya serap terhadap biru metilen	Minimum 120%

Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 1995.

Karakteristik dari arang aktif tersebut dapat dilihat melalui pengujian untuk arang aktif yang sesuai dengan standar nasional. Beberapa karakteristik dari arang aktif dapat dijalankan sebagai batasan yang harus dicapai dalam pembuatan arang aktif. Metode atau cara-cara yang dapat digunakan untuk pengujian karakteristik arang aktif ini berdasarkan pasa standar SNI No. 06-3710-1995 yang meliputi :

2.3.1 Kadar air

Kadar air merupakan pengujian terhadap kandungan air yang ada pada bahan baku yang akan digunakan. Pengujian ini sangat menentukan kualitas arang yang akan dihasilkan nantinya. Arang aktif dengan nilai kadar air rendah akan memiliki pori-pori yang kecil, sehingga arang yang dihasilkan memiliki kadar air rendah. Penetapan kadar air karbon aktif bertujuan untuk mengetahui jumlah kadar air yang teruapkan pada arang aktif yang dihasilkan setelah melalui proses dehidrasi ataupun aktivasi. Prosedur perhitungan kadar air arang aktif kulit singkong menggunakan standar SNI No. 06-3730-1995 dengan rumus :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{s - p \text{ (g)}}{s \text{ (g)}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

s = berat awal sampel

p = berat akhir sampel yang telah dikeringkan

Kadar air yang diperoleh dari perlakuan yang berbeda untuk tiap arang aktif sangat berpengaruh, dimana suhu karbonisasi serta penggunaan aktivator yang dapat mempengaruhinya. Perbedaan konsentrasi dengan menggunakan aktivator KOH pada arang aktif kulit singkong contohnya akan memperoleh nilai kadar air yang berbeda pula. Peningkatan dan penurunan suhu karbonisasi dan konsentrasi aktivator akan mempengaruhi nilai kadar air yang didapat. Semakin besar kadar air arang aktif menandakan semakin besar pula jumlah pori-pori arang aktif tersebut (Santoso dkk, 2014). Begitu juga dengan penggunaan aktivator $ZnCl_2$

2.3.2 Kadar abu total

Bahan yang tersisa apabila arang dipanaskan berlebih hingga massa konstan dapat disebut abu. Kadar abu yang terkandung dalam bahan baku sebanding bahan anorganik yang ada di dalam arang aktif. Penetapan kadar abu bertujuan untuk mengetahui kandungan oksida logam dalam karbon aktif. Kadar abu adalah sisa dari pembakaran yang tidak memiliki unsur karbon lagi. Nilai kadar abu yang dihasilkan menunjukkan jumlah sisa dari akhir proses pembakaran berupa zat-zat mineral yang tidak hilang selama proses pembakaran (Sudrajat R, 2002 dalam Yusuf, M. A. Dan S. Tjahjani, 2013). Perhitungan kadar abu total karbon aktif menggunakan standar SNI No. 06-3730-1995 dengan rumus :

$$\text{Kadar abu total (\%)} = \frac{\text{berat abu (g)}}{\text{berat contoh (g)}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.2)$$

2.3.3 Daya serap terhadap Iodium

Pengujian terhadap daya serap iodium dilakukan untuk mengetahui kemampuan arang aktif pada penyerapan iodium. Arang aktif yang telah diuji daya serap iodiumnya harus memiliki daya serap minimal 750 mg/g sesuai dengan batas minimum yang dikeluarkan oleh standar SNI No. 06-3730-1995. Prosedur perhitungan daya serap terhadap iodium dapat menggunakan rumus :

$$\text{Daya serap terhadap larutan iod} = \frac{\left\{ H - \frac{(b \times a)}{Ni} \right\} \times BE I \times N}{\text{berat contoh (g)}} \dots \dots \dots (2.3)$$

dimana :

H = volume filtrat

b = volume titran

a = normalitas $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

N_i = normalitas I_2

N = normalitas larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0,1 mgrek/mL)

BE I = 126,9 mg/mgrek

2.3.4 Densitas

Pengujian Densitas atau disebut dengan kerapatan pada umumnya dapat dinyatakan dengan perbandingan antara berat dan volume. Cara pengujiannya yaitu dengan menimbang dan mengukur volume dalam keadaan kering tanpa udara. Berat jenis atau kerapatan dapat dihitung menggunakan standar SNI No. 06-3730-1995 dengan rumus :

$$\text{Berat Jenis (g/mL)} = \frac{\text{berat arang aktif (g)}}{\Delta V \text{ (mL)}} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

ΔV = $V_0 - V_t$

V_0 = volume awal tabung (mL)

V_t = volume akhir sisa tabung (mL)

2.4 Zat Aktivator (ZnCl_2)

Zat atau senyawa kimia yang dapat berfungsi sebagai reagen pengaktif disebut sebagai aktivator, zat ini nantinya akan mengaktifkan atom-atom karbon sehingga memiliki daya serap yang lebih baik. Zat aktifator memiliki sifat yaitu mengikat air, menyebabkan air yang terikat pada pori karbon yang tidak hilang pada saat pemanasan akan lepas. Zat aktifator ini yang akan masuk dalam pori serta membuka permukaan arang yang tertutup. Pemanasan yang dilakukan akan membuat senyawa pengotor menjadi mudah terserap dan akan memperluas permukaan arang aktif yang akan dibuat serta meningkatkan daya serap dengan semakin besarnya luas permukaan arang aktif (Sari, 2015).

Bahan-bahan kimia yang dapat digunakan sebagai zat aktivator pengaktif arang adalah NaCl, HCl, MgCl₂, ZnCl₂, HNO₃, H₃PO₄, NaOH, Ca(OH)₂ dan sebagainya menurut Kirk dan Othmer dalam Sari (2015). Bahan-bahan aktif ini semua umumnya memiliki sifat pengikat air. Penelitian kali ini bahan pengaktif yang akan digunakan adalah aktivator asam yaitu seng klorida (ZnCl₂).

Bahan-bahan kimia yang dapat digunakan sebagai pengaktivasi disebut dengan aktivator. Jenis-jenis aktivator tersebut adalah hidroksida logam alkali, asam-asam seperti H₂SO₄ dan H₃PO₄, klorida, sulfat, garam-garam karbonat, fosfor dari logam alkali tanah, serta uap air pada suhu tinggi. Sari (2015), menyatakan bahwa penambahan unsur-unsur mineral dari bahan kimia tersebut akan terserap oleh arang sehingga permukaannya terbuka dan volume serta diameter porinya akan bertambah.

Seng klorida memiliki sifat higroskopis dan bahkan *deliquescent*, sehingga bahan ini harus terlindungi dari sumber-sumber dengan kelembaban yaitu dengan adanya uap dalam udara ruangan. Seng klorida merupakan senyawa yang sangat mudah larut dalam air dan pelarut organik seperti aseton dan alkohol. Sifat yang dimiliki oleh seng klorida inilah yang mengindikasikan bahwa senyawa ini merupakan senyawa dengan ikatan kovalen.

Seng klorida menurut Sari (2015), digunakan dalam banyak pengaplikasian yaitu adalah dalam pengolahan tekstil, fluks metalurgi dan sintesis kimia. Contoh dalam pengolahan sebagai fluks yaitu dalam pengelasan dan sebagai bahan pengawet kayu gelondongan. Sifat fisik dan kimia yang ada pada seng klorida ini adalah rumus molekul adalah ZnCl₂ dengan massa molar sebesar 136,315 gr/mol. Seng klorida berbentuk kristal padat putih dan tidak berbau.

Seng klorida dapat digunakan sebagai aktivator dalam pembuatan arang aktif menurut hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Esterlita dan Herlina (2015). Hasil yang didapat yaitu ZnCl₂ merupakan salah satu aktivator yang cocok digunakan untuk menjaga panas pada proses pirolisis pelepah aren sehingga dapat mencegah terjadinya oksidasi dan rendemen yang didapat sebesar 82,04%. Seng klorida yang digunakan sebagai aktivator akan menghasilkan arang aktif yang baik dengan menggunakan bahan kulit singkong dalam menyerap logam-

logam berbahaya pada air limbah seperti Ni, Cd, Cr dan CN. Rasio terbaik aktivator yang digunakan pada penelitian ini yaitu 1:1 dengan penyerapan sebesar 78,8; 85,9; 87,9 dan 92,9 % untuk masing-masing tingkat aktivasi.

Tabel 2.2 Data Karakteristik Arang Aktif Omotosho dan Sangodoyin (2013)

Sampel	Rasio Aktivator	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Densitas (g/mL)
CPC	0:1	2,31	2,65	0,407
CPAC	1:3	2,38	2,38	0,410
CPAC	2:3	2,42	2,44	0,413
CPAC	1:1	2,71	2,47	0,415

Ket : CPC (*cassava peel carbon*)

CPAC (*cassava peel activated carbon*)

Data penelitian yang dilakukan Omotosho dan Sangodoyin (2013), sebelumnya menggunakan bahan baku kulit singkong dan diaktivasi menggunakan aktivator $ZnCl_2$ memiliki hasil yang baik dengan rasio yang tepat. Hasil aktivasi disajikan dalam Tabel 2.2. Data optimal yang digunakan terdapat pada rasio perbandingan masa aktivator 1:1 dengan masa arang pada aktivasi 8 jam dengan nilai kadar air, kadar abu dan densitas secara berturut-turut 2,71%; 2,47% dan 0,415 g/mL, sehingga pembuatan arang aktif dengan aktivator $ZnCl_2$ dapat digunakan sebagai acuan dan perbandingan pada penelitian kali ini menggunakan alat modifikasi.

2.5 Kulit Singkong

Kulit singkong (*Manihot esculenta Crantz*) merupakan limbah dari singkong yang memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi sehingga sering digunakan sebagai pakan ternak. Menurut Wijaya (2012) setiap singkong akan menghasilkan limbah berupa kulit singkong sebesar 10-15%, sehingga dari besarnya prosentase limbah kulit singkong tersebut dapat dibuat sebagai arang aktif yang akan membantu masalah pencemaran lingkungan. Kandungan pati kulit singkong yang tinggi juga memungkinkan sebagai alternatif sumber energi bagi mikroorganisme (Nurhayani, 2000).

Hasil penelitian menyatakan bahwa kulit singkong memiliki unsur karbon cukup banyak yaitu sebesar 59,31% serta kemampuan untuk mengadsorpsi ion logam karena mengandung protein, selulosa nonreduksi, dan serat kasar yang tinggi asam siania (Suprati dkk, 2015) sehingga banyak terdapat gugus fungsi – OH, -NH₂, -SH, dan –CN yang digunakan sebagai ligan untuk mengikat ion logam (Sadewo, 2010). Kulit singkong tersusun atas selulosa, hemiselulosa serta lignin. Kandungan lainnya pada kulit singkong dapat dilihat dari tabel 2.3. Kandungan yang dimiliki kulit singkong tersebut dapat digunakan sebagai bahan untuk pembuaan arang aktif.

Tabel 2.3 Kandungan pada Kulit Singkong

Elemen	C	H	O	N	S	Ash	H ₂ O
Wt (%)	59,31	9,78	28,74	2,06	0,11	0,3	11,4

Sumber : Departemen Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak, Institut Pertanian Bogor, 2011

Komponen kimia yang terdapat pada kulit singkong adalah sebagai berikut: protein 8,11 %, karbohidrat 16,72 %, kalsium 0,63 %, serat kasar 15,20 %, pektin 0,22 %, lemak kasar 1,44 %, air 67,74 % dan abu 1,86%. Komponen kimia dan gizi daging singkong dalam 100 g adalah protein 1 g, kalori 154 g, karbohidrat 36,8 g dan lemak 0,1 g. Selain itu kulit singkong juga mengandung tannin, enzim peroksida, glukosa, kalsium oksalat, serat dan 459,56 ppm HCN (Rukmana, 1986). Selulosa yang terkandung dalam limbah kulit singkong sebesar 80-85% dari berat kulit singkong itu sendiri. Selulosa sendiri merupakan senyawa non-reduksi yang dapat mengalami modifikasi gugus dan menghasilkan gugus hidroksil dan sulfhidril sehingga kulit singkong dapat digunakan sebagai arang aktif yang memiliki kualitas yang bagus (Yusuf dkk, 2014).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Mei 2017 sampai Agustus 2017 di Laboratorium Kimia Fisik, Laboratorium Kimia Dasar, Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas MIPA, dan Laboratorium Geologi dan Mekanika Tanah Jurusan Teknik Tanah Fakultas Teknik Universitas Jember.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

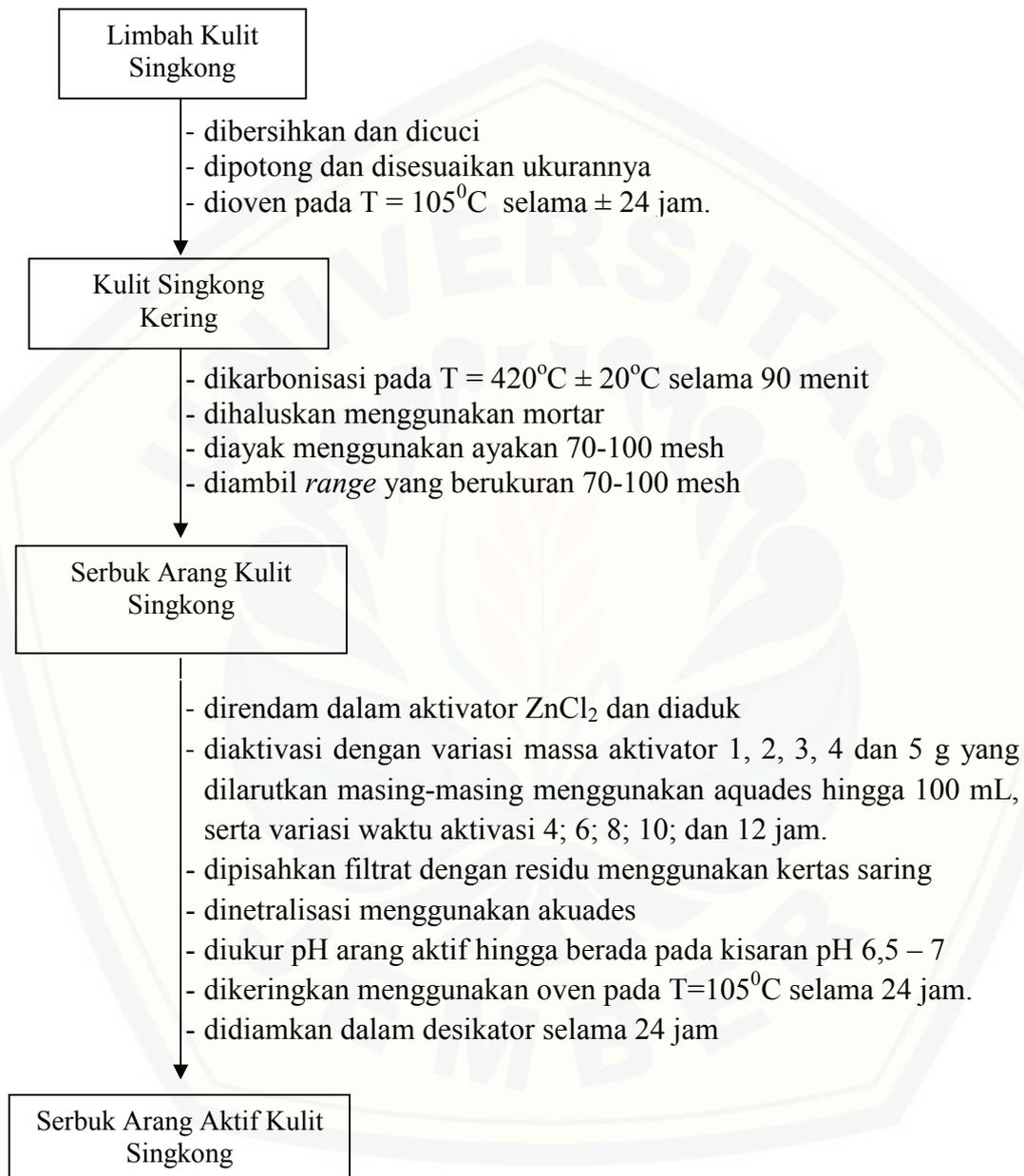
Oven, botol semprot plastik, alat pemanas modifikasi, *beaker glass* 150 mL, *beaker glass* 250 mL, labu ukur, *erlemeyer*, *ball pipet*, termokopel, timbangan, spatula, batang pengaduk, ayakan 70 dan 100 mesh, mortal, stamper, corong, cawan porselin, pH universal, buret, statif, neraca analitik, *furnace*, *magnetic stirrer* dan desikator.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan diperoleh dari limbah kulit singkong industri rumahan Jember, Jawa Timur. Bahan kimia lainnya seperti $\text{ZnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (RdH), Akuades, kertas saring, larutan Iodine (Merck), Amilum (Merck) dan larutan $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (SAP CHEMICALS).

3.3 Alur Penelitian/ Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Pembuatan Arang Aktif Kulit Singkong



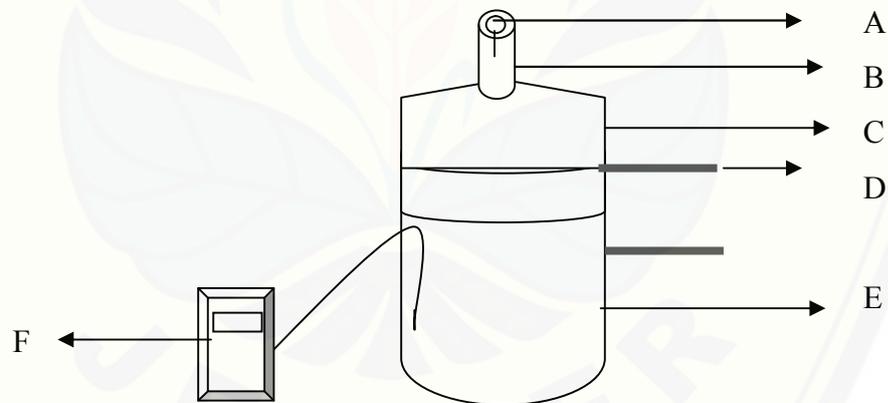
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian pembuatan Arang Aktif Kulit Singkong

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Preparasi Bahan

Limbah kulit singkong yang dibersihkan dengan air, kemudian bagian dalam yang berwarna putih dari kulit singkong tersebut diambil serta dipotong dengan ukuran yang sama. Karakteristik kulit singkong dengan melakukan pengovenan untuk menghilangkan kadar air yang ada pada limbah kulit singkong. Kadar air dari kulit singkong dapat ditentukan dengan pengeringan menggunakan oven. Sampel (kulit singkong) dioven selama ± 24 jam dengan suhu 105°C . Sampel dengan berat awal sebanyak ± 2 kg dicatat hasilnya (s), kemudian sampel kulit singkong yang telah dikeringkan dengan oven tersebut ditimbang dan didapat berat sampel kering rata-rata (p). Kadar air yang diinginkan dalam proses penghilangan kadar air ini adalah hingga 8-10% (Omotosho dan Sangodoyin, 2013). Kadar air dapat ditentukan yang ada di dalam arang aktif tersebut menggunakan persamaan 2.1.

3.4.2 Tahap karbonisasi



Gambar 3.2 Desain Alat Pemanas Modifikasi

Keterangan:

- A : Penutup Lubang
- B : Beban Penutup
- C : Tutup Silinder Baja
- D : Pegangan Pembuka
- E : Silinder Baja
- F : Termokopel

Kulit singkong yang telah dipreparasi pada 3.4.1 akan langsung dikarbonisasi menggunakan alat pemanas dari plat baja seperti pada Gambar 3.1 dengan suhu yaitu $420^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ selama 90 menit yang diatur menggunakan termokopel. Arang aktif kulit singkong tersebut didiamkan selama 24 jam untuk membuat suhu arang aktif dari yang tinggi hingga suhu ruang agar tidak mempengaruhi hasil yang akan didapat pada saat dilakukan proses selanjutnya. Arang kulit singkong yang didapat pada tahap karbonisasi ini selanjutnya dihaluskan menggunakan mortal dan diayak dengan ayakan 70 dan 100 mesh. Arang kulit singkong yang akan digunakan adalah arang berukuran 70 – 100 mesh.

3.4.3 Tahap aktivasi

Tabel 3.1 Kerapatan Sistem

Rasio Perbandingan Masa Arang : Masa ZnCl_2	Masa Arang (g)	Masa Aktivator ZnCl_2 (g)	Kerapatan Sistem
1:1	1	1	2%
2:2	2	2	4%
3:3	3	3	6%
4:4	4	4	8%
5:5	5	5	10%

Arang kulit singkong yang telah dibuat, direndam dengan aktivator ZnCl_2 dengan rasio antara kulit singkong dengan aktivator yaitu 1:1. Larutan Aktivator ZnCl_2 dibuat sesuai Tabel 3.1 dengan kerapatan sistem tiap perbandingan yang berbeda. Arang kulit singkong yang telah dihasilkan ditimbang sebanyak 1, 2, 3, 4 dan 5 g secara berturut-turut kemudian direndam dalam larutan ZnCl_2 . Larutan ZnCl_2 dibuat dengan menimbang secara berturut-turut sebanyak 1, 2, 3, 4 dan 5 g yang masing-masing larutan tersebut dibuat dengan volume yang sama hingga 100 mL. Variasi waktu perendaman yang digunakan yaitu 4, 6, 8, 10 dan 12 jam untuk masing-masing rasio yang digunakan. Perendaman dilakukan dengan pengadukan menggunakan *Magnetic stirrer* untuk menghomogenkan arang dengan larutan aktivator agar arang dapat tercampur dalam kondisi ruang. Arang hasil aktivasi dipisahkan antara arang aktif dengan sisa cairan aktivasi disaring

menggunakan kertas saring dan kemudian residu yang berupa arang aktif ditampung sedangkan filtrat dapat dibuang.

3.4.4 Tahap netralisasi

Arang aktif yang didapat pada tahap aktivasi berupa residu yang dinetralisasi menggunakan akuades. Residu dicuci berulang hingga berada pada kisaran pH 6,5-7. Penentuan pH arang aktif dapat dilakukan menggunakan indikator universal yang dicelupkan pada air sisa cucian arang aktif menggunakan akuades. Bila telah menunjukkan warna hijau pada kertas indikator universal yang berarti pH berada pada keadaan netral, maka arang dapat dikeringkan. Arang aktif dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam pada temperatur 105°C dan dapat didiamkan dalam desikator selama ± 1 jam untuk menurunkan suhu arang aktif dari yang tinggi hingga suhu ruang agar tidak mempengaruhi hasil yang akan didapat pada saat dilakukan proses selanjutnya. Arang aktif yang telah dibuat didiamkan selama ± 24 jam dan di tampung sebagai serbuk arang aktif kulit singkong yang akan dikarakteristik.

3.4.5 Karakteristik arang aktif

Proses pembuatan arang aktif kulit singkong yang telah selesai, kemudian dilakukan pengujian-pengujian pada hasil arang aktif tersebut. Arang aktif selanjutnya di karakteristik dengan berbagai macam uji, yaitu uji bilangan iodin atau kemampuan penyerapan Iod, kadar air, kadar abu, dan densitas.

- Uji Iod (Kemampuan Penyerapan Iod)

Uji iod dilakukan untuk mengetahui luas permukaan aktif dari arang aktif berdasarkan daya serap terhadap iodin dalam larutan. Daya serap terhadap larutan iod dapat ditentukan pertama dengan menimbang sebanyak $\pm 0,1$ gram arang aktif (berat contoh), kemudian ditambahkan 10 mL larutan iodin 0,1 N (lampiran 4.2) dan dimasukkan ke dalam erlemeyer diaduk dan dilakukan dengan hati-hati selama ± 15 menit. Kemudian, dilakukan penyaringan dan dilanjutkan dengan pengambilan 5 mL (H) filtrat dimasukkan dalam erlemeyer lain. Filtrat dititrasi menggunakan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1 N (a) hingga menjadi berwarna kuning pucat. Indikator amilum 1% ditambahkan 3 tetes ke dalamnya dan dititrasi hingga filtrat menjadi tidak berwarna. Jumlah larutan titrasi yang digunakan (b) dicatat dan

dapat diperoleh angka daya serap arang terhadap larutan iod menggunakan persamaan 2.3.

- Kadar Air

Kadar air dari arang aktif kulit singkong dapat ditentukan dengan pengeringan menggunakan oven. Sampel sebanyak $\pm 0,1$ gram dimasukkan dalam cawan porselin dan dioven selama 3 jam dengan suhu 105°C . Sampel kemudian dimasukkan dalam desikator hingga suhu kamar, kemudian ditimbang hingga konstan serta dilakukan duplo. Sampel dengan berat awal yang diketahui, dicatat hasilnya (s), kemudian sampel kulit singkong yang telah dikeringkan dengan oven tersebut ditimbang dan didapat berat sampel kering rata-rata (p). Kadar air dapat ditentukan yang ada di dalam arang aktif tersebut menggunakan persamaan 2.1.

- Kadar Abu total (AOAC, 1971 dan SNI, 1995)

Arang aktif sebanyak $\pm 0,1$ gram ditimbang dalam cawan porselin yang sebelumnya telah diketahui masanya dan dikeringkan hingga didapat angka konstan. Arang aktif tersebut dipanaskan dalam oven dengan suhu 105°C selama ± 3 jam dan dimasukkan dalam desikator. Arang aktif ditimbang hingga didapat angka yang konstan kemudian arang aktif yang telah di kadar air, dapat diabukan dalam *furnace* pada suhu 650°C selama ± 4 jam hingga terbentuk abu putih. Abu dalam cawan yang diperoleh dimasukkan dalam desikator hingga suhu abu sama dengan suhu ruang. Abu yang didapat ditimbang dan dapat ditentukan kadar abu total melalui persamaan 2.2.

- Densitas

Arang aktif kulit singkong yang telah dibuat, ditentukan densitasnya. Pengukuran dimulai dengan menyiapkan arang aktif dan tabung yang diketahui volumenya serta timbangan. Tabung yang digunakan sebelumnya diukur volume sebenarnya menggunakan air untuk memastikan volume tabung tersebut. Arang aktif ditimbang $\pm 0,2$ gram dan dimasukkan dalam tabung yang telah disiapkan. Pengukuran densitas menggunakan volume awal tabung dan volume akhir tabung setelah pengisian arang aktif. Volume arang aktif didapat dari pengurangan volume awal dari tabung dengan volume akhir sisa dari tabung tersebut. Densitas dari arang aktif dapat ditentukan dengan persamaan 2.4.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil pembahasan penelitian ini adalah :

1. Arang aktif yang dibuat menggunakan alat modifikasi didapat hasil data terbaik untuk densitas, sedangkan nilai kadar air dan nilai kadar abu terbaik dimiliki oleh arang aktif hasil penelitian sebelumnya.
2. Pengaruh kerapatan sistem dan waktu aktivasi pada karakteristik arang aktif yang didapat adalah kadar air dan daya serap iod yang cenderung menurun dan kadar abu dihasilkan data yang tetap, serta densitas dengan data yang juga datar seiring bertambahnya kerapatan sistem dan waktu aktivasi.

5.2 Saran

1. Alat modifikasi yang digunakan bisa lebih diperbaiki, seperti penggunaan termocopel yang harus dilindungi agar tidak mudah rusak dalam proses karbonisasi agar mendapat arang yang memiliki karakteristik sesuai dengan SNI.
2. Waktu aktivasi dalam proses aktivasi dilakukan pada kondisi tertutup dan peneggunaan suhu aktivasi agar memaksimalkan arang aktif yang didapat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, N dan M. S. Saleh. 2009. Karakteristik Pati dari Batang Pohon Aren pada berbagai Fase Tumbuhan. *Jurnal Agroland*. 16(3):199-205.
- Anonim. 1995. *Arang Aktif Teknis SNI 06-3730-1995*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- AOAC. 1971. *Official methods of analysis of the association of the Official analytic chemist*. Association of the Official Analytical Chemist: Washington D.C.
- Azamila, M. 2012. Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimia dalam Penurunan Kadar Organik serta Kadar Berat Fe, Mn, Cr dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi.. *Skripsi*. Depok: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.
- Caturla, F., M. Molina-Sabio, dan F. Rodriguez-Reinoso. 1991. Preparation of Activated Carbon By Chemical Activation With $ZnCl_2$. *Carbon*. 29(7):999-1007.
- Chand, R.B and M. Goyal. 2005. *Activated Carbon Adsorption*. USA: Lewis Publisher.
- Divisi Penerbitan & Dokumentasi PPLH Seloliman dan Malang Science Research Institution. 2007. *Kegunaan Arang*. Mojokerto: Pusat Pendidikan Lingkungan Hidup (PPLH) Seloliman-Trawas-Mojokerto.
- Dwitasari, M. 2015. Karakterisasi Unsur Tanah Liat di Lokasi Penambangan PT. Bukit Asam (PERSERO) TBK Menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) sebagai Bahan Baku Pembuatan Semen dan Pengisi Karet. *Skripsi*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Esterlita, M. E dan N. Herlina. 2015. Pengaruh Penambahan Aktifator $ZnCl_2$, KOH, dan H_3PO_4 dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Aren (*Arenga Pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4(1):47-52.
- Hadinata, Y. 2015. Analisa *Flame Temperature* di *Furnace* pada Alat Rancangan Bangun Pengering Tipe *Tray* dengan Media Udara Panas. *Skripsi*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Hendra, R. 2008. *Pembuatan Arang Aktif*. Diklat. Jakarta: FT UI.

- Iskandar, H. dan K. D. Santosa. 2005. *Cara Pembuatan Arang Kayu Alternatif Pemanfaatan Limbah Kayu oleh Masyarakat*. Jakarta: Center for International Forestry Research.
- Kienle, H.V. 1986. *Ulman's Encyclopedia of Industrial Chemistry 5th Completely Revised Edition*. Weinheim: VCH.
- Kvech, S. and Tull, E. 1998. *Activated Carbon in Water Treatment Primer*. Environmental Information Managementt Civil Engineering Dept. Virginia Technology.
- Lempong, M. 2014. Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif. *Jurnal Info Teknis EBONI*. 11(2):65-80.
- Masitoh, Y. F., dan M. M. Sianita. 2013. Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Buah Coklat (*Theobroma cacao L.*) sebagai Adsorben Logam Berasa Cd(II) dalam Pelarut Air. *Jurnal of Chemistry* .2(2): 23-28.
- Mu'jizah, S. 2010. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Biji Kelor (*Moringa oleifera*. Lamk) dengan NaCl Sebagai Bahan Pengaktif. *Skripsi*. Malang: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim.
- Nurhayani. 2000. Peningkatan Kandungan Protein Kulit Umbi Ubi Kayu Melalui Proses Fermentasi. *Skripsi*. Kendari: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Haluoleo.
- Omotosho, O.A dan A.Y. Sangodoyin. 2013. Production And Utilization Of Cassava Peel Activated Carbon In Treatment Of Effluent From Cassava Processing Industry. *Jurnal Water Practice & Technology*. 8(2):215-224.
- Pambayun, G.S., R.Y.E. Yulianto., M. Rahchimoellah dan E.M.M. Putri. 2013. Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator $ZnCl_2$ dan Na_2CO_3 sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah. *Jurnal Teknik Pomits*. 8(1):F116-F120.
- Permadi, I. 2009. Pengendalian Temperatur Pada *Plant Electric Furnace* Menggunakan Sensor *Thermocouple* Dengan Metode *Fuzzy*. *Skripsi*. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Pinem, Yosua. 2015. Pemanfaatan Arang Aktif Sekam Padi (*Oriza Sativa*) Sebagai Adsorben Pada Peningkatan Kualitas Minyak Goreng Bekas. *Skripsi*. Medan: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara.

- 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.
- Purnomo, S. E. 2010. Pembuatan Arang Aktif dari Kulit Biji Kopi dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Zat Warna *Methylene Blue* (Kation) dan *Naphthol Yellow* (Anion). *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Negeri Sunan Kalijaga.
- Rahmanita, N. 2015. Pemanfaatan Kulit Singkong untuk Mengadsorpsi ion Logam Timbal (Pb). *Skripsi*. Makassar : Universitas Hasanuddin.
- Respati, S. M. B. 2008. Macam-Macam Mikroskop dan Cara Penggunaan. *Momentum*. 4(2): 42-44.
- Rizky, I. P. 2015. Aktivasi Arang Tongkol Jagung Menggunakan HCl sebagai Adsorben Ion Cd(II). *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Rukmana, R. 1986. *Budidaya Ubi Kayu, dan Pasca Panen*. Jakarta: Penerbit Kanisius.
- Sadewo, S. E. 2010. Studi Kemampuan Adsorpsi Biomassa Kulit Singkong (*Manihot esculata Crantz*) Terhadap Ion Logam Pb(II), Cd(II), dan Cu(II). *Skripsi*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Santoso, R.H., B. Susilo dan W. A. Nugroho. 2014. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Kulit Singkong (*Manihot esculenta Crantz*) Menggunakan *Activating Agent* KOH. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 2(3):279-286.
- Sari, D. A. 2015. Pemanfaatan Ampas Tebu, Sabut Kelapa Dan Cangkang Sawit Sebagai Karbon Aktif Untuk Adsorben Pada Pengolahan Limbah POME (*Palm Oil Mill Effluent*). *Skripsi*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Setianingsih, T., Hasanah, U., Darjito. 2008. Study of NaOH- Activation Temperature Influence Toward Character Of Mesoporous Carbon Based On Textile Sludge Waste. *Indones J Chem* 8:348-352.
- Sitorus, D. O. 2014. Peningkatan Potensi Campuran Serat Sabut Kelapa dan Serbuk Kayu Gergaji Teraktivasi H_2SO_4 sebagai Media Adsorben Zat Warna Terhadap Limbah Kain Songket. *Skripsi*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Sudradjat, R. dan G. Pari. 2011. *Arang Aktif : Teknologi Pengolahan dan Masa Depan*. Jakarta : Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Hal 47- 49.

- Warman, A. 2005. Analisis Pengaruh Impregnasi Silika (SiO_2) Terhadap Nilai Kalor Bakar dan Kuat Tekan Briket Arang Tempurung Kelapa. *Tesis*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Wenhui, H.E., L. U. Guocheng, W. U. Limei dan L. I. A. O Libing. 2012. Regeneration of Spent Activated Carbon by Yeast and Chemical Method. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. 20(4):659-664.
- Wijaya, I. G. P. 2011. Isoterm Adsorpsi Toluena pada Arang Aktif. *Skripsi*. Manado: FMIPA UNSRAT.
- Yusuf, B., Alimuddin, C. Saleh dan D. Ridho R. 2014. Pembuatan Selulosa dari Kulit Singkong Termodifikasi 2-Merkaptobenzotiazol untuk Pengendalian Pencemaran Logam Cadmium (II). *Jurnal Sains Dasar*. 3(2): 169-173.
- Yusuf, M. A. Dan S. Tjahjani. 2013. Adsorpsi Ion Cr(VI) Oleh Arang Aktif Sekam Padi. *Journal of Chemistry*. 2(1): 84-88.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 4.1 PEMBUATAN ARANG KULIT SINGKONG

4.1.1 Pembuatan Kulit Singkong Kering dengan Kadar Air 0%

a. Pembuatan Pertama

- Massa Kulit Singkong Basah = 1.950 g
- Massa Kulit Singkong Kering = 367,3321 g
- Massa Arang Kulit Singkong = 131,5259 g

b. Pembuatan Kedua

- Massa Kulit Singkong Basah = 2.000 g
- Massa Kulit Singkong Kering = 367,3333 g
- Massa Arang Kulit Singkong = 110,9101 g

c. Arang kulit singkong

- Massa Arang Kulit Singkong tertampung mesh 100 = 180,2811 g

4.1.2 Pembuatan Kulit Singkong Kering dengan Kadar Air 20%

- Massa Kulit Singkong Basah = 2.000 g
- Massa Kulit Singkong Kering = 367,3333 g
- Massa Arang Kulit Singkong tertampung mesh 100 = 14,9987 g

4.1.3 Pembuatan Kulit Singkong Kering dengan Kadar Air 50%

- Massa Kulit Singkong Basah = 800 g
- Massa Kulit Singkong Kering = 367,3333 g
- Massa Arang Kulit Singkong tertampung mesh 100 = 14,7053 g

LAMPIRAN 4.2 PEMBUATAN LARUTAN**4.2.1 Pembuatan Larutan Na₂S₂O₃·5H₂O 0,1 N**

Diketahui : Mr Na₂S₂O₃·5H₂O = 248,14 g/mol

Valensi Na₂S₂O₃·5H₂O = 1

Volume = 1000 mL

Masa Na₂S₂O₃·5H₂O = 24,803 g

$$N = \frac{g}{Mr} \times \frac{1000}{V} \times \text{valensi}$$

$$N = \frac{24,803 \text{ g}}{248,14 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{1000 \text{ mL}} \times 1$$

$$N = 0,0999 \text{ N}$$

$$N = 0,1 \text{ N}$$

4.2.2 Pembuatan Larutan CuSO₄·5H₂O 0,1 N

Diketahui : Mr CuSO₄·5H₂O = 249,6096 g/mol

Valensi CuSO₄·5H₂O = 1

Volume = 100 mL

Masa CuSO₄·5H₂O = 2,4937 g

$$N = \frac{g}{Mr} \times \frac{1000}{V} \times \text{valensi}$$

$$N = \frac{2,4937 \text{ g}}{249,6096 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{100 \text{ mL}} \times 1$$

$$N = 0,0999 \text{ N}$$

$$N = 0,1 \text{ N}$$

4.2.3 Pembuatan Larutan H₂SO₄ 2 M

Diketahui : Mr H₂SO₄ = 98,08 g/mol

Konsentrasi H₂SO₄ pekat = 95%

BJ H₂SO₄ pekat = 1,82 g/mL = 1.820 g/L

Pengenceran H₂SO₄ dari induk (H₂SO₄ 95%)

$$M = 1 \times \frac{\text{konsentrasi} \times \text{BJ}}{Mr} = 1 \times \frac{95\% \times 1.820 \text{ g/L}}{98,08 \text{ g/mol}} = 17,63 \text{ M}$$

Pembuatan larutan H₂SO₄

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$17,63 \text{ M} \cdot 1,2 \text{ mL} = M_2 \cdot 10 \text{ mL}$$

$$M_2 = 2 \text{ M}$$

4.2.4 Standarisasi Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N dengan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N

Pengulangan	$V_{\text{CuSO}_4} \text{ (mL)}$	$N_{\text{(CuSO}_4)}$	$V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \text{ (mL)}$	$N_{\text{(Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}$
I	10	0,1	9,9	0,1010
II	10	0,1	9,8	0,1020
III	510	0,1	10	0,1
Rata-rata				0,1010

4.2.5 Pembuatan Larutan I_2

Diketahui : $M_r \text{ I}_2 = 126,904 \text{ g/mol}$

Valensi $\text{I}_2 = 1$

Volume = 1000 mL

Masa $\text{I}_2 = 12,6910 \text{ g}$

$$N = \frac{g}{M_r} \times \frac{1000}{V} \times \text{valensi}$$

$$N = \frac{12,6910 \text{ g}}{126,904 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{1000 \text{ mL}} \times 1$$

$$N = 0,1 \text{ N}$$

4.2.6 Pembuatan Larutan HCl 5 %

Pengenceran HCl dari induk 37% dengan menggunakan HCl 5% :

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$37\% \cdot 3,4 \text{ mL} = 5\% \cdot V_2$$

$$V_2 = 25 \text{ mL}$$

dibuat larutan HCl 5% sebanyak 25 mL

4.2.7 Pembuatan Larutan Amilum 1 %

Amilum 1% = 1 g amilum dalam 100 mL pelarut

4.2.8 Standarisasi Larutan I₂ dengan Na₂S₂O₃·5H₂O 0,1 N

Pengulangan	V _{Na₂S₂O₃} (mL)	N _(Na₂S₂O₃·5H₂O)	V _{I₂} (mL)	N _{I₂}
I	5	0,1010	4,8	0,0969
II	5	0,1010	5	0,1010
III	5	0,1010	5	0,1010
Rata-rata				0,0996



LAMPIRAN 4.3 KARAKTERISASI ARANG AKTIF KULIT SINGKONG

4.3.1 Kadar Air

a. Nilai Kadar Air

Kerapatan Sistem	Jenis arang aktif	Massa arang awal (g)	Massa cawan (g)	Massa arang + cawan (g)	Massa arang kering (g)	Kadar air (%)	Rata-rata	SD
1:0	Tanpa aktivasi 0%	1,0000	39,5894	40,5542	0,9648	3,52	3,70	0,236
		1,0001	51,6575	52,6210	0,9635	3,66		
		1,0004	56,6877	57,6531	0,9654	3,50		
		1,0005	55,0905	56,0546	0,9641	3,64		
		1,0003	65,2680	66,2268	0,9588	4,15		
		1,0005	60,5282	61,4917	0,9635	3,70		
2%	4 jam	0,1007	39,5921	39,6884	0,0963	4,37	4,27	2,91
		0,1008	53,9306	54,0253	0,0947	6,05		
		0,1002	36,6291	36,7232	0,0941	6,09		
		0,1005	29,4143	29,5075	0,0932	7,26		
		0,1007	11,1088	11,2084	0,0996	1,09		
		0,1007	10,2289	10,3286	0,0997	0,99		
		0,1009	10,0834	10,1835	0,1001	0,79		
		0,1008	51,6592	51,7524	0,0932	7,54		
		0,1003	55,0659	55,1653	0,0994	0,89		
		0,1008	51,6598	51,756	0,0962	4,56		
2%	6 jam	0,101	60,5219	60,6182	0,0963	4,65	2,93	1,29
		0,1011	55,0651	55,1632	0,0981	2,97		
		0,1001	51,6553	51,753	0,0977	2,39		
		0,1005	29,357	29,4541	0,0971	3,38		
		0,1007	30,821	30,9189	0,0979	2,78		
		0,1013	55,0698	55,1693	0,0995	1,77		
		0,1006	30,8486	30,9474	0,0988	1,79		
		0,1003	40,5919	40,6903	0,0984	1,89		
2%	8 jam	0,1007	39,5936	39,6897	0,0961	4,57	4,57	3,69
		0,101	60,4878	60,5851	0,0973	3,66		
		0,1009	65,2527	65,3499	0,0972	3,67		
		0,1001	10,0837	10,1807	0,097	3,11		
		0,1007	10,2263	10,3136	0,0873	13,3		
		0,1007	65,2684	65,3646	0,0962	4,47		

	0,1008	53,9311	54,0268	0,0957	5,06		
	0,1003	29,4135	29,5079	0,0944	5,88		
	0,101	30,8484	30,9483	0,0999	1,10		
10 jam	0,1	12,4094	12,5081	0,0987	1,30	4,20	2,21
	0,1004	13,7547	13,8495	0,0948	5,58		
	0,1003	51,655	51,7502	0,0952	5,08		
	0,1009	55,0651	55,159	0,0939	6,94		
	0,1005	60,5734	60,6712	0,0978	2,68		
	0,1005	55,0662	55,1646	0,0984	2,09		
	0,1005	65,262	65,3593	0,0973	3,18		
	0,1007	60,5259	60,6244	0,0985	2,18		
12 jam	0,1004	29,3574	29,4577	0,1003	0,019	1,17	1,29
	0,1001	30,817	30,917	0,1	0,099		
	0,1007	11,1085	11,209	0,1005	0,199		
	0,1002	29,3573	29,4572	0,0999	0,299		
	0,1013	36,6253	36,7255	0,1002	1,09		
	0,1022	40,5919	40,6929	0,101	1,17		
	0,1022	39,5908	39,6925	0,1017	0,489		
4 jam	0,1021	51,6570	51,7596	0,1017	0,392	0,504	0,411
	0,1003	39,5361	39,6363	0,1002	0,099		
	0,1009	40,5543	40,6551	0,1008	0,099		
	0,1005	13,7551	13,8553	0,1002	0,299		
	0,1022	12,409	12,5108	0,1018	0,391		
	0,1027	39,5364	39,635	0,0986	3,99		
	0,1032	65,2559	65,3557	0,0998	3,29		
	0,1014	60,536	60,6321	0,0961	5,23		
4% 6 jam	0,1031	40,5538	40,6537	0,0999	3,10	0,504	0,411
	0,1001	55,065	55,164	0,099	1,09		
	0,1004	51,655	51,755	0,1	0,398		
	0,1007	60,4878	60,5876	0,0998	0,894		
	0,1003	65,2526	65,3517	0,0991	1,19		
	0,103	39,5385	39,6405	0,102	0,971		
	0,1033	65,256	65,357	0,101	2,23		
	0,1027	60,4896	60,5921	0,1025	0,195		
8 jam	0,1033	40,5536	40,6551	0,1015	1,74	0,504	0,411
	0,1002	10,0834	10,182	0,0986	1,61		
	0,1002	11,1086	11,2067	0,0981	2,09		
	0,1	10,2247	10,3229	0,0982	1,8		

	0,1012	36,6302	36,7237	0,0935	7,61		
	0,1008	53,9383	54,0269	0,0886	12,1		
	0,1013	55,0657	55,1658	0,1001	1,18		
10 jam	0,1013	51,6575	51,7566	0,0991	2,17	4,14	3,8
	0,1004	13,7552	13,8526	0,0974	2,99		
	0,1004	12,4095	12,5075	0,098	2,39		
	0,1008	51,6552	51,7535	0,0983	2,48		
	0,1001	55,0651	55,163	0,0979	2,19		
	0,1003	36,6332	36,7274	0,0942	6,08		
	0,1006	51,6621	51,7603	0,0982	2,38		
	0,1002	53,9382	54,0291	0,0909	9,28		
12 jam	0,1007	55	55,1397	0,075	25,5	6,52	8,1
	0,1011	60,4636	60,5625	0,0989	2,18		
	0,1009	65,2331	65,3318	0,0987	2,18		
	0,1003	10,2245	10,3225	0,098	2,29		
	0,1007	10,0835	10,1819	0,0984	2,28		
	0,1004	10,2319	10,3302	0,0983	2,09		
4 jam	0,1004	11,1085	11,2067	0,0982	2,19	2,14	0,059
	0,1001	10,078	10,1759	0,0979	2,19		
	0,1004	29,357	29,4553	0,0983	2,1		
	0,1007	30,8239	30,9204	0,0965	4,17		
6 jam	0,1006	40,5567	40,6529	0,0962	4,37	4,33	0,1933
	0,1004	60,4277	60,5239	0,0962	4,18		
	0,1004	65,2381	65,3339	0,0958	4,58		
	0,1005	36,6231	36,7217	0,0986	1,89		
8 jam	0,1005	39,5366	39,6359	0,0993	1,19	1,56	0,33
	0,1008	51,6551	51,7545	0,0994	1,39		
	0,1008	53,9266	54,0256	0,099	1,79		
	0,1011	12,4095	12,5078	0,0983	2,77		
10 jam	0,1002	13,7549	13,8521	0,0972	2,99	2,64	0,31
	0,1003	55,0654	55,1634	0,098	2,29		
	0,1001	56,6502	56,7478	0,0976	2,49		
	0,1008	65,2369	65,3352	0,0983	2,48		
12 jam	0,101	60,4267	60,5246	0,0979	3,07	2,56	0,45
	0,1	13,7549	13,8522	0,0973	2,7		
	0,1007	12,4086	12,5073	0,0987	1,99		
	0,1008	40,5564	40,6563	0,0999	0,89		
4 jam	0,101	51,6552	51,7545	0,0993	1,68	1,11	0,38
	0,1005	53,9256	54,0252	0,0996	0,89		
	0,1008	11,1085	11,2083	0,0998	0,99		

8%	6 jam	0,1009	56,6508	56,7506	0,0998	1,09	1,31	0,37
		0,1015	55,0654	55,165	0,0996	1,87		
		0,1005	10,0782	10,1775	0,0993	1,19		
		0,1003	10,2318	10,331	0,0992	1,09		
	8 jam	0,1005	29,3579	29,4574	0,0995	0,995	1,12	0,19
		0,1006	30,8241	30,9233	0,0992	1,39		
		0,1007	39,5372	39,6369	0,0997	0,993		
		0,1009	36,6256	36,7254	0,0998	1,09		
	10 jam	0,1002	36,6253	36,7227	0,0974	2,79	2,44	0,467
		0,1001	10,2323	10,3304	0,0981	1,1		
		0,1006	10,0784	10,1769	0,0985	2,09		
		0,1001	29,3579	29,4551	0,0972	2,89		
12 jam	0,1007	40,5575	40,6563	0,0988	1,88	1,76	0,123	
	0,1004	39,5376	39,6364	0,0988	1,59			
	0,1008	13,7547	13,8537	0,099	1,79			
	0,1003	12,4093	12,5078	0,0985	1,794			
10%	4 jam	0,1025	56,6505	56,7529	0,1024	0,098	0,245	0,294
		0,1019	65,2367	65,3379	0,1012	0,69		
		0,1017	36,6216	36,7232	0,1016	0,098		
		0,1026	30,8294	30,9319	0,1025	0,097		
	6 jam	0,1021	39,5378	39,6397	0,1019	0,195	0,342	0,125
		0,1014	40,5544	40,6555	0,1011	0,295		
		0,1026	60,4262	60,5284	0,1022	0,389		
		0,1027	51,6547	51,7569	0,1022	0,486		
	8 jam	0,1033	53,9256	54,0282	0,1026	0,677	1,42	1,61
		0,1019	55,0645	55,1659	0,1014	0,491		
		0,1021	51,6567	51,7581	0,1014	0,685		
		0,1015	53,9335	54,0311	0,0976	3,84		
10 jam	0,1031	30,8213	30,9208	0,0995	3,49	6,67	2,26	
	0,1041	56,6487	56,7454	0,0967	7,11			
	0,1042	36,6273	36,724	0,0967	7,19			
	0,1049	65,2346	65,3302	0,0956	8,86			
12 jam	0,1009	55,0705	55,1688	0,0983	2,58	2,27	0,755	
	0,101	60,4248	60,5227	0,0979	3,07			
	0,1025	39,5381	39,6392	0,1011	1,36			
	0,1024	40,5547	40,6552	0,1005	1,86			

b. Data yang dipilih

Kadar Air (%) Jenis arang aktif	Kerapatan Sistem					
	1:0	2%	4%	6%	8%	10%
Tanpa Aktivasi	3,50					
Aktivasi 4 jam		6,09	0,30	2,19	0,89	0,097
Aktivasi 6 jam		4,56	1,19	4,17	1,09	0,39
Aktivasi 8 jam		3,67	2,09	1,78	1,39	0,68
Aktivasi 10 jam		2,69	2,20	2,77	2,09	3,49
Aktivasi 12 jam		0,20	2,28	2,48	1,79	1,36
Rata-rata		3,44	1,61	2,68	1,45	1,21

c. Contoh Hasil Data

Perhitungan Kadar Air Arang Aktif Kulit Singkong dapat menggunakan rumus :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{s - p \text{ (g)}}{s \text{ (g)}} \times 100\%$$

dimana :

s = berat awal sampel

p = berat akhir sampel yang telah dikeringkan

Perhitungan kadar air arang tanpa aktivasi 0%

Diketahui :

s = 1,0004 g

p = 0,9654 g

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{s - p \text{ (g)}}{s \text{ (g)}} \times 100\% = \frac{1,0004 \text{ g} - 0,9654 \text{ g}}{1,0004 \text{ g}} \times 100\%$$

Kadar air (%) = 3,50 %

4.3.2 Kadar Abu

a. Nilai Kadar Abu

Kerapatan Sistem	Jenis arang aktif	Massa cawan (g)	Massa arang (g)	T _I (g)	T _{II} (g)	Massa abu (g)	Kadar abu (%)	Rata-rata	SD
1:0	Tanpa Aktivasi 0%	29,3586	5,0105	32,7921	29,987	0,6284	12,5	12,5	0,12
		11,1089	1,0135	11,8286	11,2356	0,1267	12,5		
		10,0783	1,0115	10,7957	10,205	0,1267	12,5		
		13,7549	0,1368	13,8516	13,7717	0,0168	12,3		
		12,4095	0,1366	12,5043	12,4267	0,0172	12,6		
2%	4 jam	0,1346	16,9818	17,1117	16,9972	0,0154	11,4	11,5	0,099
		0,1331	12,4132	12,542	12,4284	0,0152	11,4		
		0,1336	13,7582	13,8877	13,7737	0,0155	11,6		
	6 jam	0,1331	11,1113	11,2417	11,1289	0,0176	13,2	13,2	0,082
		0,1321	10,0814	10,2105	10,0989	0,0175	13,2		
		0,1344	10,2262	10,3575	10,2438	0,0176	13,1		
	8 jam	0,1335	12,4125	12,5429	12,4305	0,018	13,5	13,4	0,14
		0,1332	13,7576	13,888	13,7756	0,018	13,5		
		0,1358	16,9815	17,113	16,9995	0,018	13,3		
	10 jam	0,1354	11,1113	11,2447	11,1287	0,0174	12,9	12,9	0,086
		0,1347	10,0815	10,214	10,0989	0,0174	12,9		
		0,1344	10,226	10,3585	10,2435	0,0175	13,0		
12 jam	0,1339	16,9831	17,1117	17,0005	0,0174	13,0	13,1	0,10	
	0,132	13,7589	13,8867	13,7763	0,0174	13,2			
	0,1322	12,4134	12,5416	12,4308	0,0174	13,2			
4%	4 jam	0,1344	10,2268	10,3584	10,2438	0,017	12,6	12,6	0,15
		0,1363	11,1115	11,2449	11,1288	0,0173	12,7		
		0,1353	10,0821	10,2143	10,0989	0,0168	12,4		
	6 jam	0,1347	12,4134	12,5448	12,4316	0,0182	13,5	13,3	0,21
		0,1339	13,7589	13,8886	13,7766	0,0177	13,2		
		0,1342	10,0822	10,2131	10,0998	0,0176	13,1		
	8 jam	0,1332	16,9829	17,1124	17,0011	0,0182	13,6	13,8	0,17
		0,1345	10,2271	10,3584	10,2455	0,0184	13,7		
		0,1338	11,1111	11,2419	11,1298	0,0187	14,0		
	10 jam	0,1336	10,0822	10,213	10,1011	0,0189	14,1	14,2	0,27
		0,1342	11,1123	11,2442	11,1318	0,0195	14,5		
		0,1342	10,2268	10,3575	10,2456	0,0188	14,0		

12 jam	0,1342	16,9831	17,1121	16,9995	0,0164	12,2	12,2	0,051
	0,1342	10,227	10,3577	10,2435	0,0165	12,3		
	0,132	10,0824	10,2115	10,0985	0,0161	12,2		
4 jam	0,1349	13,7589	13,8892	13,7759	0,017	12,6	12,8	0,14
	0,1331	12,4133	12,5425	12,4304	0,0171	12,8		
	0,1333	10,0822	10,2108	10,0993	0,0171	12,8		
6 jam	0,1346	11,1122	11,2441	11,1297	0,0175	13,0	13,0	0,14
	0,1335	10,0824	10,2125	10,0996	0,0172	12,9		
	0,1329	10,2278	10,3557	10,2453	0,0175	13,2		
8 jam	0,1322	11,1125	11,2419	11,1301	0,0176	13,3	13,2	0,10
	0,1331	10,083	10,2131	10,1006	0,0176	13,2		
	0,1335	16,9836	17,1119	17,0011	0,0175	13,1		
10 jam	0,1355	13,7591	13,8912	13,7778	0,0187	13,8	13,6	0,24
	0,1356	12,4142	12,5459	12,4323	0,0181	13,3		
	0,1342	10,2271	10,3558	10,2455	0,0184	13,7		
12 jam	0,1338	10,2278	10,3593	10,2453	0,0175	13,1	13,4	0,29
	0,1349	16,9836	17,1149	17,0019	0,0183	13,6		
	0,1332	10,0826	10,1578	10,1007	0,0181	13,7		
4 jam	0,1352	11,1127	11,2445	11,1302	0,0175	12,9	12,9	0,15
	0,1368	10,2276	10,3616	10,2452	0,0176	12,9		
	0,1368	10,0827	10,2168	10,1004	0,0177	12,9		
6 jam	0,1326	16,9839	17,113	17,0013	0,0174	13,1	13,1	0,21
	0,1329	13,7596	13,8892	13,777	0,0174	13,1		
	0,1328	12,4143	12,5429	12,4317	0,0174	13,1		
8 jam	0,1352	10,0825	10,2149	10,1001	0,0176	13,0	13,0	0,18
	0,1338	10,2277	10,3579	10,2451	0,0174	13,0		
	0,1328	11,1125	11,2419	11,1299	0,0174	13,1		
10 jam	0,1334	12,4146	12,5444	12,4324	0,0178	13,3	13,5	0,27
	0,1344	13,7596	13,8902	13,7777	0,0181	13,5		
	0,1349	16,9842		17,0024	0,0182	13,5		
	0,1344	14,5193		14,5374	0,0181	13,5		
12 jam	0,1342	10,2278	10,3586	10,2455	0,0177	13,2	13,2	0,051
	0,1351	10,0828	10,2141	10,1005	0,0177	13,1		
	0,1345	11,1123	11,2431	11,1301	0,0178	13,2		
4 jam	0,1348	14,5195	14,6535	14,5371	0,0176	13,1	13,1	0,15
	0,1334	16,9843	17,115	17,0019	0,0176	13,2		
	0,1338	10,0828	10,213	10,1003	0,0175	13,1		

10%	6 jam	0,132	12,4143	12,5442	12,4316	0,0173	13,1	13,1	0,21
		0,1348	13,7596	13,8917	13,7772	0,0176	13,1		
		0,1335	12,4148	12,5462	12,4323	0,0175	13,1		
	8 jam	0,1327	10,0831	10,2132	10,0998	0,0167	12,6	12,6	0,18
		0,1324	10,2285	10,3583	10,2449	0,0164	12,4		
		0,134	11,1129	11,2445	11,1299	0,017	12,7		
	10 jam	0,138	14,5202	14,6565	14,5376	0,0174	12,6	14,2	0,27
		0,1372	16,9847	17,1189	17,0024	0,0177	12,9		
		0,1377	12,4145	12,5515	12,4323	0,0178	12,9		
	12 jam	0,1324	13,7602	13,89	13,7776	0,0174	13,1	13,2	0,051
		0,1339	12,415	12,5461	12,4327	0,0177	13,2		
		0,1331	10,2283	10,3578	10,2459	0,0176	13,2		

Keterangan tabel, dimana :

T_I = Masa Pemanasan Pertama

T_{II} = Masa Pemanasan Kedua

b. Data yang dipilih

Kadar abu (%) Jenis arang aktif	Kerapatan Sistem					
	1:0	2%	4%	6%	8%	10%
Tanpa Aktivasi	12,6					
Aktivasi 4 jam		11,4	12,6	12,6	12,9	13,1
Aktivasi 6 jam		13,1	13,5	13,0	13,1	13,1
Aktivasi 8 jam		13,5	14,0	13,2	13,1	12,7
Aktivasi 10 jam		12,9	14,5	13,7	13,4	12,9
Aktivasi 12 jam		13,2	12,2	13,1	13,1	13,2
Rata-rata		12,8	13,4	13,1	13,1	13,0

c. Contoh Hasil Data

Perhitungan Kadar Abu Arang Aktif Kulit Singkong dapat menggunakan rumus :

$$\text{Kadar abu total (\%)} = \frac{\text{berat abu (g)}}{\text{berat contoh (g)}} \times 100\%$$

Dimana :

Berat abu = Massa abu (g)

Berat contoh = Massa arang (g)

Perhitungan Kadar Abu Tanpa Aktivasi 0%

Diketahui :

Massa abu = 0,0172 g

Massa arang = 0,1366 g

$$\text{Kadar abu total (\%)} = \frac{\text{berat abu (g)}}{\text{berat contoh (g)}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu total (\%)} = \frac{0,0172 \text{ g}}{0,1366 \text{ g}} \times 100\% = 12,6 \%$$

4.3.3 Daya Serap terhadap Iodium

4.3.3 Nilai Daya Serap Iod

Kerapatan Sistem	Jenis arang aktif	V ₀ I ₂	Massa arang (g)	V I ₂ (mL)	V Na ₂ S ₂ O ₃ (mL)	Daya serap iod (mg/g)	Rata-rata	SD
1:0	Tanpa Aktivasi 0%	10	0,4012	5	1,7	104	256	14,4
		10	0,4004	5	1,6	108		
		10	0,4007	5	1,2	120		
		10	0,4	5	1,7	105		
		10	0,1005	5	3	252		
		10	0,1011	5	3	251		
		10	0,1011	5	3,05	245		
		10	0,1006	5	2,8	278		
2%	4 jam	10	0,1007	5	2,75	284	283	2,62
		10	0,1001	5	2,75	285		
		10	0,1003	5	2,8	278		
		10	0,1006	5	2,75	284		
		10	0,1009	5	2,75	283		
	6 jam	10	0,1004	5	2,8	278	277	0,55
		10	0,1008	5	2,8	277		
		10	0,1008	5	2,8	277		
	8 jam	10	0,1007	5	2,8	277	277	0,69
		10	0,1008	5	2,8	277		
10		0,1005	5	2,8	278			
		10	0,1011	5	2,8	276		

	10	0,1	5	2,9	266		
	10	0,1	5	2,9	266	266	0,15
	10	0,1001	5	2,9	266		
	10	0,1001	5	2,9	266		
	10	0,1001	5	3,3	216		
	10	0,1	5	3,3	216	216	0,12
	10	0,1001	5	3,3	216		
	10	0,1	5	3,3	216		
	10	0,1	5	2,6	304		
	10	0,1003	5	3,5	189		
	10	0,1002	5	2,6	304	285	46,7
	10	0,1006	5	2,6	303		
	10	0,1	5	2,6	304		
	10	0,1	5	2,6	304		
	10	0,1	5	2,8	279		
	10	0,1003	5	2,8	278	278	0,57
	10	0,1003	5	2,8	278		
	10	0,1005	5	2,8	278		
4%	10	0,1002	5	3,1	240		
	10	0,1004	5	3,1	240	240	0,36
	10	0,1004	5	3,1	240		
	10	0,1001	5	3,1	241		
	10	0,1005	5	3,1	240		
	10	0,1002	5	3,1	240	240	0,31
	10	0,1003	5	3,1	240		
	10	0,1004	5	3,1	240		
	10	0,1004	5	2,5	316		
	10	0,1005	5	2,5	315	316	0,41
	10	0,1003	5	2,5	316		
	10	0,1002	5	2,5	317		
	10	0,1002	5	3,3	215		
	10	0,1004	5	3,3	215	215	0,26
	10	0,1001	5	3,3	215		
	10	0,1001	5	3,3	215		
	10	0,1002	5	3,3	215		

		10	0,1003	5	3,2	228		
		10	0,1001	5	2,9	266		
	6 jam	10	0,1	5	3,2	228	236	17,1
		10	0,1002	5	3,2	228		
		10	0,1003	5	3,2	228		
6%		10	0,1	5	3,25	222		
		10	0,1002	5	3,3	215		
	8 jam	10	0,1001	5	3,3	215	218	3,46
		10	0,1001	5	3,3	215		
		10	0,1003	5	3,25	221		
		10	0,1	5	3,5	190		
		10	0,1002	5	3,5	190		
	10 jam	10	0,1001	5	3,5	190	190	0,19
		10	0,1002	5	3,5	190		
		10	0,1	5	3,5	190		
		10	0,1001	5	3,6	177		
		10	0,1002	5	3,6	177		
	12 jam	10	0,1003	5	3,6	177	177	0,23
		10	0,1003	5	3,6	177		
		10	0,1	5	3,6	178		
		10	0,1002	5	3,4	202		
		10	0,1002	5	3,4	202		
	4 jam	10	0,1004	5	3,4	202	202	0,23
		10	0,1003	5	3,4	202		
		10	0,1001	5	3,4	203		
		10	0,1003	5	3,7	164		
		10	0,1004	5	3,7	164		
	6 jam	10	0,1001	5	3,7	165	164	0,23
		10	0,1004	5	3,7	164		
8%		10	0,1004	5	3,7	164		
		10	0,1	5	3,7	165		
	8 jam	10	0,1001	5	3,7	165	165	0,28
		10	0,1002	5	3,7	165		
			10	0,1002	5	3,6	177	
		10	0,1001	5	3,6	177		
	10 jam	10	0,1	5	3,6	178	177	0,17
		10	0,1002	5	3,6	177		

	10	0,1001	5	3,8	152		
12 jam	10	0,1002	5	3,8	152	152,	0,19
	10	0,1	5	3,8	152		
	10	0,1003	5	3,8	152		
	10	0,1003	5	3,8	152		
	10	0,1006	5	4,3	88		
4 jam	10	0,1003	5	4,3	88	88	0,23
	10	0,1	5	4,3	89		
	10	0,1005	5	4,3	88		
	10	0,1005	5	4,1	114		
6 jam	10	0,1003	5	4,1	114	114	0,18
	10	0,1007	5	4,1	113		
	10	0,1005	5	4,1	114		
	10	0,1005	5	4,3	89		
8 jam	10	0,1005	5	4,3	88	88	0,26
	10	0,1	5	4,3	89		
	10	0,1006	5	4,3	88		
	10	0,1005	5	4,1	113		
10 jam	10	0,1008	5	4,1	113	113	0,14
	10	0,1007	5	4,1	113		
	10	0,1007	5	4,1	113		
	10	0,1007	5	4,1	113		
12 jam	10	0,1008	5	4	126	126	0,27
	10	0,1005	5	4	126		
	10	0,1009	5	4	126		
	10	0,101	5	4	125		

b. Data yang dipilih

Jenis arang aktif	Daya Serap Iod (mg/g)					
	1:0	2%	4%	6%	8%	10%
Tanpa Aktivasi	253					
Aktivasi 4 jam		284	304	215	202	88
Aktivasi 6 jam		278	278	228	164	113
Aktivasi 8 jam		277	240	216	164	88
Aktivasi 10 jam		266	234	190	177	113
Aktivasi 12 jam		216	316	177	152	126
Rata-rata		264	275	205	172	106

c. Contoh Hasil Data

Perhitungan Daya Serap terhadap Iodium Arang Aktif Kulit Singkong dapat menggunakan rumus :

$$\text{Daya serap terhadap larutan iod} = \frac{\{H - \frac{(b \times a)}{N_i}\} \times \text{BE I} \times N}{\text{berat contoh (g)}} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

- H = volume filtrat
- N = normalitas larutan
- b = volume titran
- Na₂S₂O₃ (0,1 mgrek/mL)
- a = normalitas Na₂S₂O₃
- BE I = 126,9 mg/mgrek
- Ni = normalitas I₂

Perhitungan Daya Serap Terhadap Iodium Tanpa Aktivasi 0%

Diketahui :

- H = 5 mL
- N = normalitas larutan
- b = 3 mL
- Na₂S₂O₃ yaitu 0,1 mgrek/mL
- a = 0,1 N
- BE I = 126,9 mg/mgrek
- Ni = 0,1 N
- berat contoh = 0,1005 g

$$\text{Daya serap terhadap larutan iod} = \frac{\{H - \frac{(b \times a)}{N_i}\} \times \text{BE I} \times N}{\text{berat contoh (g)}}$$

Daya serap terhadap larutan iod =

$$\frac{\{5 \text{ mL} - (\frac{3 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N}}{0,1 \text{ N}})\} \times 126,9 \text{ mg/mgrek} \times 0,1 \text{ mgrek/mL}}{0,1005 \text{ g}} = 253 \text{ mg/g}$$

4.3.4 Densitas

a. Nilai Densitas

Kerapatan Sistem	Jenis arang aktif	Massa arang (g)	V _o	V _t	ΔV	Densitas (g/mL)	Rata-rata	SD
1:0	Tanpa Aktivasi 0%	0,2	1	0,32	0,68	0,29	0,29	0,003
		0,2027	1	0,3	0,7	0,29		
		0,2043	1	0,29	0,71	0,29		
		0,2001	1	0,32	0,68	0,29		

		0,2002	1	0,34	0,66	0,30		
	Aktivasi 4 jam	0,202	1	0,34	0,66	0,30	0,30	0,001
		0,2009	1	0,34	0,66	0,30		
		0,2005	1	0,34	0,66	0,30		
		0,2001	1	0,36	0,64	0,31		
	Aktivasi 6 jam	0,2009	1	0,35	0,65	0,31	0,31	0,002
		0,2004	1	0,35	0,65	0,31		
		0,2002	1	0,35	0,65	0,31		
2%		0,2009	1	0,36	0,64	0,31		
	Aktivasi 8 jam	0,2004	1	0,36	0,64	0,31	0,31	0,002
		0,2005	1	0,36	0,64	0,31		
		0,2001	1	0,37	0,63	0,32		
		0,2008	1	0,37	0,63	0,32		
	Aktivasi 10 jam	0,2009	1	0,37	0,63	0,32	0,32	0,002
		0,2004	1	0,38	0,62	0,32		
		0,2001	1	0,38	0,62	0,32		
		0,2001	1	0,38	0,62	0,32		
	Aktivasi 12 jam	0,2003	1	0,38	0,62	0,32	0,32	0,002
		0,2009	1	0,37	0,63	0,32		
		0,2011	1	0,37	0,63	0,31921		
		0,2003	1	0,37	0,63	0,32		
	Aktivasi 4 jam	0,2006	1	0,37	0,63	0,32	0,32	0,003
		0,201	1	0,36	0,64	0,31		
		0,2001	1	0,38	0,62	0,32		
		0,2008	1	0,38	0,62	0,32		
	Aktivasi 6 jam	0,2003	1	0,38	0,62	0,32	0,32	0,0004
		0,2002	1	0,38	0,62	0,32		
		0,2004	1	0,38	0,62	0,32		
4%		0,2007	1	0,39	0,61	0,33		
	Aktivasi 8 jam	0,2009	1	0,4	0,6	0,33	0,33	0,002
		0,2	1	0,4	0,6	0,33		
		0,2004	1	0,4	0,6	0,33		
		0,201	1	0,4	0,6	0,34		
	Aktivasi 10 jam	0,2003	1	0,41	0,59	0,33	0,34	0,003
		0,2004	1	0,4	0,6	0,33		
		0,2002	1	0,41	0,59	0,34		
		0,2002	1	0,42	0,58	0,34		
	Aktivasi 12 jam	0,201	1	0,42	0,58	0,35	0,35	0,0006
		0,2005	1	0,42	0,58	0,34		
		0,2009	1	0,42	0,58	0,35		

		0,2007	1	0,4	0,6	0,33		
	Aktivasi 4 jam	0,2003	1	0,4	0,6	0,33	0,33	0,0002
		0,2005	1	0,4	0,6	0,33		
		0,2006	1	0,4	0,6	0,33		
		0,2006	1	0,41	0,59	0,34		
	Aktivasi 6 jam	0,2006	1	0,41	0,59	0,34	0,34	0,0003
		0,2002	1	0,41	0,59	0,34		
		0,2004	1	0,41	0,59	0,34		
6%		0,2005	1	0,41	0,59	0,34		
	Aktivasi 8 jam	0,2002	1	0,41	0,59	0,34	0,34	0,0002
		0,2004	1	0,41	0,59	0,34		
		0,2006	1	0,41	0,59	0,34		
		0,2008	1	0,43	0,57	0,35		
	Aktivasi 10 jam	0,2004	1	0,43	0,57	0,35	0,35	0,0005
		0,2001	1	0,43	0,57	0,35		
		0,2007	1	0,43	0,57	0,35211		
		0,2005	1	0,45	0,55	0,36		
	Aktivasi 12 jam	0,2001	1	0,45	0,55	0,36	0,36	0,0004
		0,2006	1	0,45	0,55	0,36		
		0,2002	1	0,45	0,55	0,36		
		0,2002	1	0,36	0,64	0,31		
	Aktivasi 4 jam	0,2005	1	0,36	0,64	0,31	0,31	0,0004
		0,2007	1	0,36	0,64	0,31		
		0,2001	1	0,36	0,64	0,31		
		0,2009	1	0,37	0,63	0,32		
	Aktivasi 6 jam	0,2003	1	0,38	0,62	0,32	0,32	0,002
		0,2004	1	0,38	0,62	0,32		
		0,2006	1	0,38	0,62	0,32		
		0,2008	1	0,38	0,62	0,32		
8%		0,2007	1	0,38	0,62	0,32	0,32	0,002
	Aktivasi 8 jam	0,2007	1	0,38	0,62	0,32		
		0,2002	1	0,39	0,61	0,33		
		0,2001	1	0,4	0,6	0,33		
	Aktivasi 10 jam	0,2006	1	0,39	0,61	0,33	0,33	0,002
		0,2008	1	0,39	0,61	0,33		
		0,2007	1	0,39	0,61	0,33		
		0,2003	1	0,39	0,61	0,33		
	Aktivasi 12 jam	0,2003	1	0,39	0,61	0,33	0,33	0,002
		0,2001	1	0,4	0,6	0,33		
		0,2006	1	0,39	0,61	0,33		

10%	Aktivasi 4 jam	0,2006	1	0,35	0,65	0,31		
		0,2001	1	0,36	0,64	0,31	0,31	0,002
		0,2003	1	0,36	0,64	0,31		
		0,2007	1	0,35	0,65	0,31		
	Aktivasi 6 jam	0,2009	1	0,35	0,65	0,31		
		0,2001	1	0,37	0,63	0,32	0,32	0,004
		0,2002	1	0,37	0,63	0,32		
		0,2001	1	0,37	0,63	0,32		
	Aktivasi 8 jam	0,2005	1	0,37	0,63	0,32		
		0,2004	1	0,37	0,63	0,32	0,32	0,002
		0,2004	1	0,37	0,63	0,32		
		0,2001	1	0,38	0,62	0,32		
Aktivasi 10 jam	0,2007	1	0,38	0,62	0,32			
	0,2006	1	0,38	0,62	0,32	0,32	0,002	
	0,2005	1	0,38	0,62	0,32			
	0,2002	1	0,39	0,61	0,33			
Aktivasi 12 jam	0,2001	1	0,4	0,6	0,33			
	0,2003	1	0,39	0,61	0,33	0,33	0,002	
	0,2004	1	0,39	0,61	0,33			
	0,2007	1	0,39	0,61	0,33			

b. Data yang dipilih

Berat Jenis (g/mL)	Kerapatan Sistem					
	1:0	2%	4%	6%	8%	10%
Jenis arang aktif						
Tanpa Aktivasi	0,29					
Aktivasi 4 jam		0,30	0,32	0,33	0,31	0,31
Aktivasi 6 jam		0,31	0,32	0,34	0,32	0,32
Aktivasi 8 jam		0,31	0,33	0,34	0,32	0,32
Aktivasi 10 jam		0,32	0,34	0,35	0,33	0,32
Aktivasi 12 jam		0,32	0,35	0,36	0,33	0,33
Rata-rata		0,31	0,35	0,35	0,32	0,32

c. Contoh Hasil Data

Perhitungan Berat Jenis Arang Aktif Kulit Singkong dapat menggunakan rumus :

$$\text{Berat Jenis (g/mL)} = \frac{\text{berat arang aktif (g)}}{\Delta V \text{ (mL)}}$$

Perhitungan berat jenis arang tanpa aktivasi 0%

Diketahui :

Berat arang aktif = 0,2027 g

$\Delta V = V_0 - V_t = 1 \text{ mL} - 0,3 \text{ mL} = 0,7 \text{ mL}$

$$\text{Berat Jenis (g/mL)} = \frac{\text{berat arang aktif (g)}}{\Delta V \text{ (mL)}} = \frac{0,2027 \text{ g}}{0,7 \text{ mL}} = 0,29 \text{ g/mL}$$

