

**ANALISIS STRUKTUR KRISTAL, UKURAN KRISTAL, KRISTALINITAS,
DAN DAYA SERAP IODIN PADA ARANG AKTIF ECENG GONDOK
BERDASARKAN VARIASI SUHU KARBONISASI**

SKRIPSI

Oleh

**Zakiyah Rachmawati
NIM 141810201003**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**ANALISIS STRUKTUR KRISTAL, UKURAN KRISTAL, KRISTALINITAS,
DAN DAYA SERAP IODIN PADA ARANG AKTIF ECENG GONDOK
BERDASARKAN VARIASI SUHU KARBONISASI**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (S-1) dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Zakiyah Rachmawati
NIM 141810201003

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh kasih sayang dan rasa terima kasih untuk:

1. Kedua orang tua tercinta, bapak Budiono dan ibu Nuraini yang selalu mendoakan, menasehati, dan memberi dukungan;
2. Adik tersayang Muhammad Sholekhuddin Mubarok;
3. Pahlawan tanpa tanda jasa baik formal maupun non formal mulai dari kanak-kanak hingga perguruan tinggi;
4. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah maha mengetahui sedang kamu tidak mengetahui”
(terjemah Al-Qur’an surat Al-Baqarah: 216) *)

“Tinggalkanlah perkara yang meragukanmu dan kerjakan perkara yang tidak meragukanmu, dan di antara (tanda) kebaikan keislaman seseorang adalah ia meninggalkan perkara yang tidak berguna baginya”
(HR. Tirmidzi dan Nasa’i) **)

*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2005. Al-Qur’an dan Terjemahannya. Bandung. CV Penerbit Diponegoro.

**) Imam An-Nawawi. 2005. Hadist Arbain An-Nawawiyah Terjemah Bahasa Indonesia. Surabaya. Agusw Publisher.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zakiyah Rachmawati

NIM : 141810201003

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Analisis Struktur Kristal, Ukuran Kristal, Kristalinitas, dan Daya Serap Iodin pada Arang Aktif Eceng Gondok Berdasarkan Variasi Suhu Karbonisasi*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

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

Jember, 7 Januari 2019

Yang menyatakan,

Zakiyah Rachmawati

NIM 141810201003

SKRIPSI

**ANALISIS STRUKTUR KRISTAL, UKURAN KRISTAL, KRISTALINITAS,
DAN DAYA SERAP IODIN PADA ARANG AKTIF ECENG GONDOK
BERDASARKAN VARIASI SUHU KARBONISASI**

Oleh

Zakiah Rachmawati
NIM 141810201003

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Wenny Maulina, S.Si., M.Si.,

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Artoto Arkundato, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Struktur Kristal, Ukuran Kristal, Kristalinitas, dan Daya Serap Iodin pada Arang Aktif Eceng Gondok Berdasarkan Variasi Suhu Karbonisasi” telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal :

tempat : Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I,

Wenny Maulina, S.Si., M.Si.
NIP 198711042014042001

Dr. Artoto Arkundato, S.Si., M.Si.
NIP 196912251999031001

Anggota II,

Anggota III,

Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D.
NIP 196203111987021001

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.
NIP 197003271997022001

Mengesahkan
Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP 196102041987111001

RINGKASAN

Analisis Struktur Kristal, Ukuran Kristal, Kristalinitas, dan Daya Serap Iodin pada Arang Aktif Eceng Gondok Berdasarkan Variasi Suhu Karbonisasi; Zakiyah Rachmawati; 141810201003; 2019: 63 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

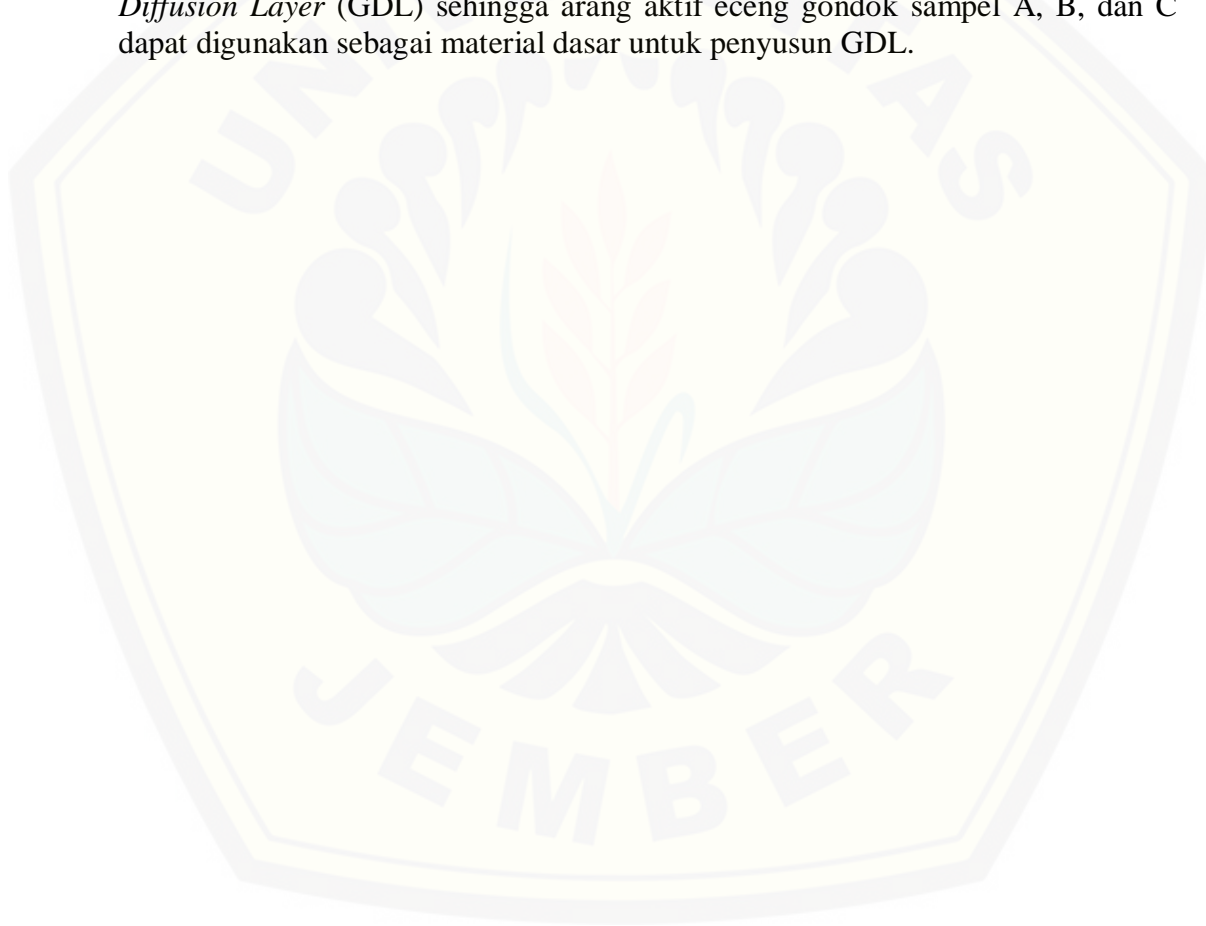
Eceng gondok merupakan tumbuhan air yang sering dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan. Eceng gondok berkembangbiak secara generatif maupun vegetatif sehingga pertumbuhannya cukup sulit dikendalikan dan dapat mendominasi daerah perairan. Eceng gondok memiliki struktur lignoselulosa yang terdiri dari kandungan selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Eceng gondok termasuk salah satu biomassa yang mudah dijumpai dalam jumlah banyak sehingga dapat dimanfaatkan untuk membuat produk arang aktif. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk memperoleh material arang aktif dari biomassa eceng gondok yang ditinjau berdasarkan struktur kristal, ukuran kristal, kristalinitas, dan daya serap iodinnya sehingga diperoleh informasi tentang penggunaan arang aktif tersebut.

Pembuatan arang aktif dimulai dengan mengumpulkan bahan baku eceng gondok yang kemudian dibersihkan lalu diambil bagian batangnya. Setelah itu, eceng gondok dikeringkan lalu dijadikan serbuk dengan cara dihaluskan dengan blender selanjutnya diayak lolos 200 mesh. Serbuk eceng gondok kemudian dikarbonisasi dengan cara dipanaskan di dalam furnace pada beberapa suhu yaitu 400°C (sampel A), 500°C (sampel B), dan 600°C (sampel C) selama satu jam. Selanjutnya, ketiga sampel tersebut diaktivasi secara kimia dengan larutan NaOH 25% lalu dipanaskan sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer hot plate* pada suhu 80°C dengan kecepatan putaran *stirrer* 350 rpm selama 4 jam. Campuran arang dan NaOH ini kemudian disaring lalu dinetralkan dengan larutan HCl 2M kemudian dicuci lagi dengan aquades hingga pH netral, setelah itu dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C hingga massanya konstan. Arang aktif yang dibuat pada beberapa suhu karbonisasi ini (sampel A, B, dan C) kemudian dikarakterisasi dengan *X-Ray diffraction* (XRD) dan juga diuji daya serapnya terhadap larutan iodin. Karakterisasi XRD dan uji serap iodin juga dilakukan untuk arang aktif komersial sebagai pembandingan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa struktur kristal arang aktif eceng gondok sampel A dan B adalah ortorombik, sedangkan arang aktif eceng gondok sampel C adalah heksagonal. Selain itu, untuk suhu karbonisasi yang semakin meningkat pada arang aktif eceng gondok menyebabkan ukuran kristal dan kristalinitas yang semakin meningkat pula. Ukuran kristal arang aktif eceng gondok sampel A, B, dan C berturut-turut adalah 17,98nm, 28,62nm, dan 78,36nm. Kristalinitas arang aktif eceng gondok sampel A, B, dan C berturut-turut adalah 33,61%, 36,04%, dan 39,19%. Sebagai pembandingan, arang aktif komersial memiliki struktur ortorombik dengan ukuran kristal sebesar 78,62nm dengan kristalinitas yang diperoleh adalah 13,52%. Daya serap arang aktif eceng gondok terhadap larutan iodin menghasilkan kemampuan daya serap yang semakin

menurun jika suhu karbonisasi semakin meningkat. Kemampuan daya serap arang aktif eceng gondok terhadap larutan iodin pada sampel A, B, dan C berturut-turut adalah 596,99mg/g, 430,69mg/g, dan 339,72mg/g. Sedangkan kemampuan daya serap arang aktif komersial terhadap larutan iodin sebesar 913,17%.

Berdasarkan hasil karakterisasi XRD dan uji daya serap terhadap larutan iodin tersebut, maka suhu karbonisasi dapat mempengaruhi struktur kristal, ukuran kristal, kristalinitas, dan daya serap terhadap larutan iodin. Nilai kristalinitas arang aktif eceng gondok sampel A, B, dan C lebih tinggi daripada arang aktif komersial. Akan tetapi, kemampuan daya serap arang aktif eceng gondok sampel A, B, dan C lebih rendah daripada arang aktif komersial. Sehingga arang aktif eceng gondok sampel A, B, dan C kurang cocok untuk dijadikan bahan adsorben. Walaupun demikian, arang aktif yang memiliki nilai kristalinitas minimal 27,79% dapat digunakan sebagai material dasar untuk penyusun *Gas Diffusion Layer* (GDL) sehingga arang aktif eceng gondok sampel A, B, dan C dapat digunakan sebagai material dasar untuk penyusun GDL.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Struktur Kristal, Ukuran Kristal, Kristalinitas, dan Daya Serap Iodin pada Arang Aktif Eceng Gondok Berdasarkan Variasi Suhu Karbonisasi”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S-1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

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

1. Ibu Wenny Mulina, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak Dr. Artoto Arkundato, S.Si, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah sabar dan banyak meluangkan waktu, pikiran, serta tenaga untuk membimbing dan memberikan arahan maupun nasehat dalam penulisan skripsi ini;
2. Bapak Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D., selaku Dosen Penguji Utama dan Ibu Nurul Priyantari, S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberi kritik dan saran yang membangun dalam penyempurnaan penulisan skripsi ini;
3. Bapak Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
4. Bapak Dr. H. Hamam, M.H.I. dan Ibu Hj. Isniatul Ulya selaku pengasuh PPM Al-Husna yang telah memberikan ilmu, bimbingan, beserta doa selama penulis menjadi santri;
5. Tim TA Biofisika Rani Kusumaningtyas, Laily Mumtahana, Binti Istikomatul Isrofiyah, Mifthakhul Firdaus, dan Ryo Fanta yang telah membantu, memberi motivasi, semangat, dan doa;
6. Sahabat-sahabat tercinta Yossika, Shofitri, Ismuna, Binti, Ella, Laily, Alfia, dan Asih yang telah memberikan dukungan, bantuan, doa, dan keceriaan;

7. Teman-teman seperjuangan Jurusan Fisika angkatan 2014 (Graphytasi'14);
8. Semua pihak yang terlibat yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat berkah dan bermanfaat.

Jember, Januari 2019

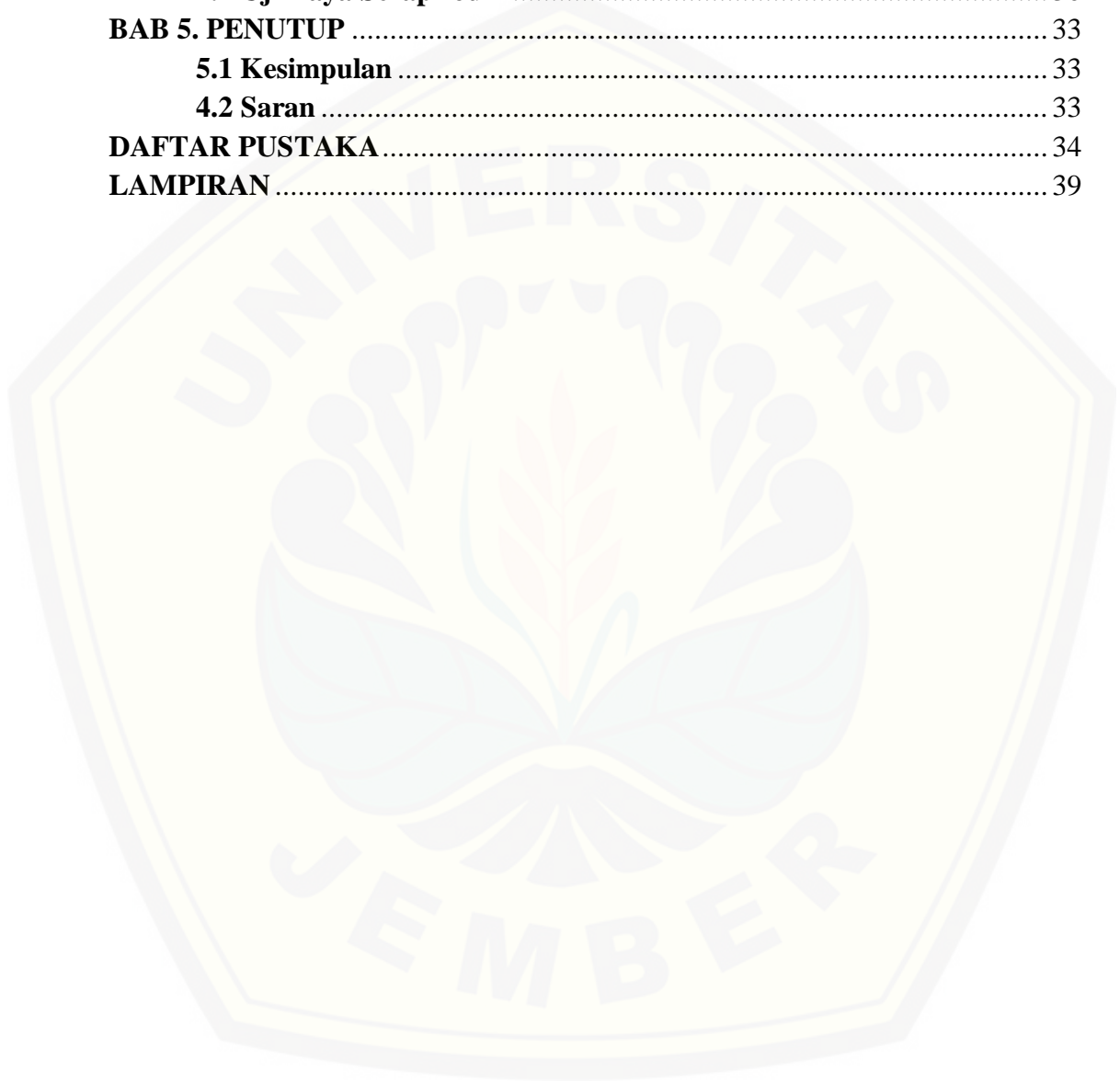
Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN SKRIPSI	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Eceng Gondok	5
2.2 Arang Aktif	6
2.3 X- Ray Diffraction (XRD)	9
2.4 Uji Serap Iodin	14
BAB 3. METODE PENELITIAN	16
3.1 Rancangan Penelitian	16
3.2 Jenis dan Sumber Data	17
3.3 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukurannya	17
3.3.1 Variabel Kontrol	17
3.3.2 Variabel Bebas	18
3.3.3 Variabel Terikat	18
3.4 Kerangka Pemecahan Masalah	18
3.4.1 Tahap Preparasi Sampel	18
3.4.2 Tahap Karbonisasi	19
3.4.3 Tahap Aktivasi	20
3.4.4 Tahap Karakterisasi	20
a. X-Ray Diffraction (XRD)	20
b. Uji Daya Serap Iodin	22

3.5 Metode Analisa Data	22
3.5.1 Analisis <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	22
3.5.2 Analisis Daya Serap Iodin.....	23
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	24
4.2 Uji Daya Serap Iodin	30
BAB 5. PENUTUP	33
5.1 Kesimpulan	33
4.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	39



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Tanaman eceng gondok	5
2.2 (a) Arang aktif berbentuk serbuk, (b) Arang aktif berbentuk granular	6
2.3 (a) Struktur karbon aktif, (b) Ilustrasi struktur kimia karbon aktif	7
2.4 Proses terbentuknya arang aktif	7
2.5 Skema proses karbonisasi	8
2.6 Pola difraksi hukum Bragg	10
2.7 Macam-macam struktur kristal	11
2.8 Sumbu-sumbu dan sudut-sudut antar kristal	12
2.9 Fitur dasar difraktometer	13
2.10 Grafik hasil XRD	14
3.1 Diagram alir kerangka pemecahan masalah	19
4.1 Arang aktif eceng gondok berdasarkan variasi suhu karbonisasi dan arang aktif komersial	24
4.2 Pola difraksi XRD arang aktif eceng gondok dan arang aktif komersial ...	25
4.3 Hasil uji daya serap terhadap larutan iodin arang aktif eceng gondok dan arang aktif komersial	31
4.4 Kadar abu pada arang aktif eceng gondok dan arang aktif komersial	32

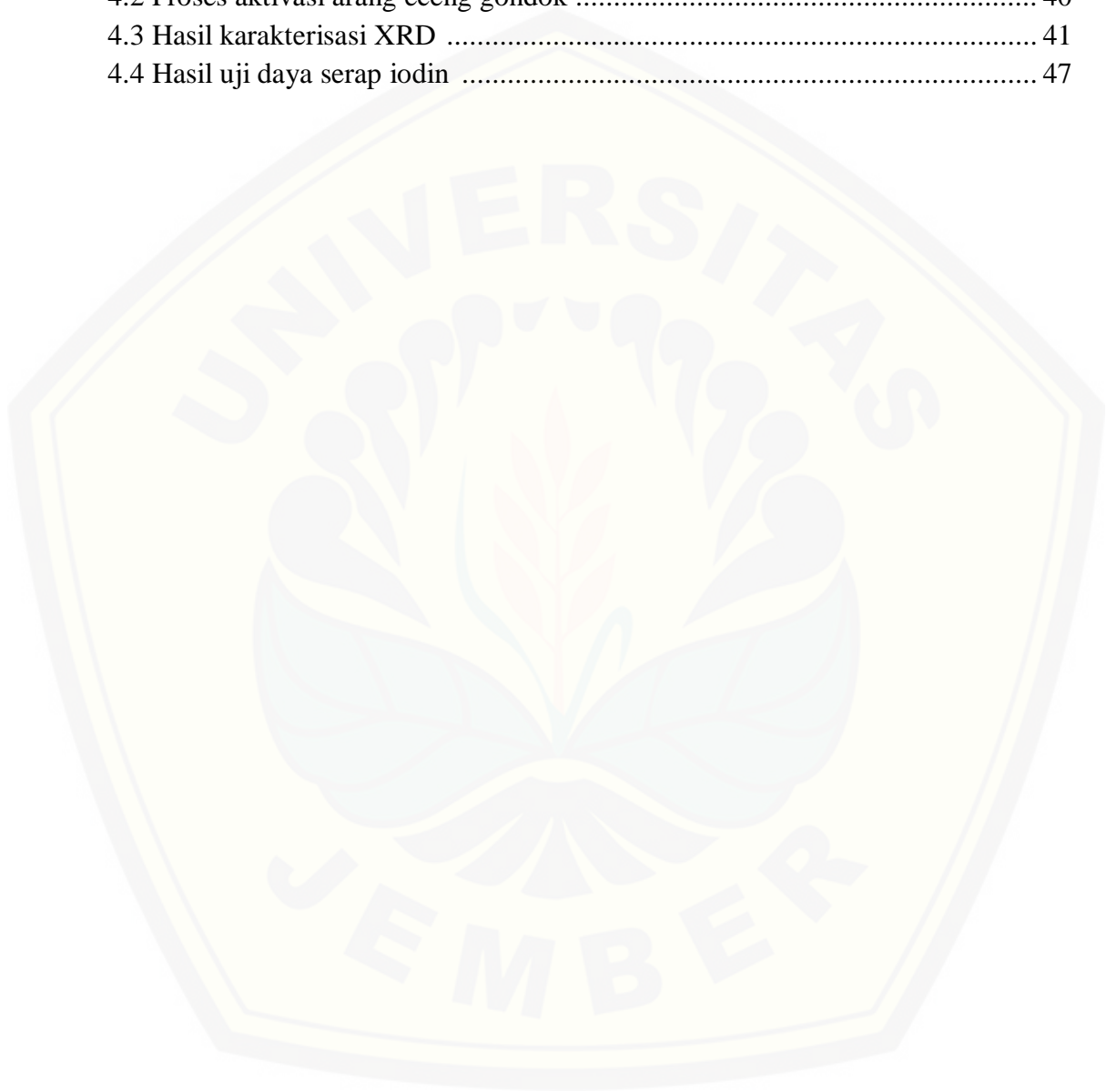
DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Standar kualitas arang aktif menurut SNI 06-3730-1995.....	15
4.1 Parameter kisi arang aktif eceng gondok dengan variasi suhu karbonisasi dan arang aktif komersial	27
4.2 Ukuran kristal dan kristalinitas arang aktif eceng gondok dengan variasi suhu karbonisasi dan arang aktif komersial	28



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
4.1 Proses pembuatan arang dari eceng gondok	39
4.2 Proses aktivasi arang eceng gondok	40
4.3 Hasil karakterisasi XRD	41
4.4 Hasil uji daya serap iodin	47



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Eceng gondok termasuk salah satu tumbuhan air yang banyak dijumpai di daerah rawa-rawa. Tumbuhan air ini memiliki penampilan yang unik dengan bentuk daun seperti terompet dan tangkainya yang menggelembung (Kurniawan dan Marsono, 2008). Eceng gondok merupakan tumbuhan air yang mengapung dan sering dianggap sebagai gulma yang dapat merusak lingkungan perairan (Wahyuni, 2011). Tidak hanya di rawa, eceng gondok juga merupakan gulma air yang pertumbuhannya sulit dikendalikan sehingga dapat merusak kelestarian sumberdaya di danau dan sungai (Krismono dan Sentosa, 2010). Eceng gondok berkembangbiak secara generatif dengan bijinya. Selain itu, eceng gondok juga dapat berkembangbiak secara vegetatif dengan membentuk tunas atau stolon di atas akarnya. Pada masing-masing individu eceng gondok mampu memproduksi populasi tanaman yang baru seluas 1 m² dalam kurun waktu kurang dari dua bulan (Gerbono dan Djarijah, 2005). Eceng gondok yang mendominasi perairan (rawa, danau, dan sungai) dapat menurunkan produktivitas plankton, mengurangi penetrasi cahaya matahari langsung, dan menguras unsur hara yang terkandung (Utomo, 2016).

Eceng gondok memiliki struktur lignoselulosa. Struktur lignoselulosa pada eceng gondok terdiri dari kandungan selulosa, lignin, dan hemiselulosa (Naufala dan Pandebesie, 2015). Ketiga kandungan tersebut membentuk suatu ikatan kovalen. Kandungan lignin dan hemiselulosa dapat terpecah dengan melakukan *pretreatment* pada kandungan eceng gondok dengan menggunakan larutan NaOH yang kemudian dipanaskan dengan *microwave*. Melalui perlakuan tersebut maka kandungan lignin dan hemiselulosa pada eceng gondok dapat hilang (Singh dan Trivedi, 2013). Eceng gondok juga merupakan salah satu dari biomassa yang banyak dijumpai dalam jumlah yang banyak (Hamdi, 2016). Biomassa dapat dimanfaatkan untuk membuat berbagai produk. Salah satu produk dari biomassa yang banyak digunakan adalah sebagai arang aktif (Suharto, 2017).

Arang adalah suatu padatan berpori yang mengandung 85%–95% karbon yang dihasilkan dari bahan yang mengandung karbon pada proses pemanasan suhu yang sangat tinggi. Kemampuan daya serap dari arang dapat menjadi lebih tinggi jika dilakukan aktivasi. Aktivasi dapat dilakukan dengan menambahkan bahan-bahan kimia atau dengan pemanasan pada suhu yang tinggi. Arang yang telah diaktivasi ini yang biasa disebut dengan arang aktif (Sembiring dan Sinaga, 2003). Arang aktif merupakan karbon yang bersifat higroskopis, tidak berbau, tidak berasa, tidak larut dalam pelarut berupa air, basa, asam, dan organik, serta tidak rusak karena perubahan pH, suhu, atau komposisi limbah (Syah, 2006).

Arang aktif dapat menyerap gas atau senyawa kimia tertentu bergantung pada besar pori-pori dan luas permukaannya. Daya serap arang aktif terhadap komponen-komponen yang berada dalam larutan dan gas disebabkan oleh kondisi permukaan dan struktur porinya (Laos dan Selan, 2016). Salah satu uji mutu daya serap arang aktif adalah daya serap terhadap larutan iodin (Sudrajat dan Pari, 2011). Daya serap arang aktif terhadap larutan iodin bertujuan untuk mengetahui daya serap arang aktif terhadap molekul-molekul kecil (Apipah, 2016).

Struktur internal arang aktif yang sifatnya mikroskopik dapat diketahui dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Melalui hasil XRD dapat diketahui struktur kristal, ukuran kristal, dan derajat kristalinitasnya. Wibowo *et al.*, (2011) telah melakukan penelitian tentang karakterisasi pada permukaan arang aktif dari tempurung biji nyamplung. Berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui bahwa peningkatan suhu karbonisasi dapat meningkatkan kristalinitas arang aktif sehingga pori yang terbentuk bertambah besar.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh suhu karbonisasi pada pembuatan arang aktif eceng gondok terhadap struktur kristal, ukuran kristal, dan kristalinitas yang dihasilkan berdasarkan karakterisasi XRD?

2. Berapa kadar iodin yang diserap oleh arang aktif eceng gondok pada masing-masing variasi suhu karbonisasi?

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh material arang aktif dari biomassa eceng gondok yang ditinjau berdasarkan struktur kristal, ukuran kristal, kristalinitas, dan daya serap iodinnya sehingga diperoleh informasi tentang penggunaan arang aktif tersebut.

1.4 Manfaat

Sebagaimana pada umumnya, arang aktif dapat diaplikasikan di berbagai bidang yaitu sebagai bahan penyerap logam berat, penjernih air, anoda baterai, super kapasitor, *gas diffusion layer*, dan elektroda *fuel cell*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Eceng Gondok

Eceng gondok yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 memiliki nama latin *Eichhornia crassipes*. Eceng gondok merupakan salah satu tanaman air di Indonesia yang pernah didatangkan dari Brasil oleh orang-orang Belanda. Tanaman ini awalnya digunakan sebagai tanaman hias, akan tetapi dengan kemampuannya yang berkembang dengan cepat maka tanaman ini dianggap sebagai gulma. Bunga pada eceng gondok berwarna ungu muda bercampur putih yang terdiri 4-6 kuntum pada tiap tangkainya. Daun eceng gondok berwarna hijau cerah, berbentuk bundar yang ujungnya sedikit meruncing, serta di permukaan daunnya terlapisi oleh lapisan lilin. Tangkai pada eceng gondok menggebung karena berisi rongga yang berfungsi sebagai alat mengapung di air. Akar dari eceng gondok menggantung dan berambut yang memanjang ke dalam air (Don *et al.*, 2000).



Gambar 2.1 Tanaman eceng gondok

2.2 Arang Aktif

Arang aktif (Gambar 2.2) adalah arang yang telah mengalami proses aktivasi untuk meningkatkan luas permukaan melalui pembukaan pori-porinya sehingga daya adsorpsi dapat meningkat (Rumidatul, 2007). Arang aktif memiliki kemampuan untuk menyerap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik maupun anorganik. Kemampuan tersebut karena arang memiliki pori dan permukaan yang terbebas dari kumpulan senyawa hidrokarbon (Pari, 1996).



Gambar 2.2 (a) Arang aktif berbentuk serbuk, (b) Arang aktif berbentuk granular (Sumber: Suprianova, 2016)

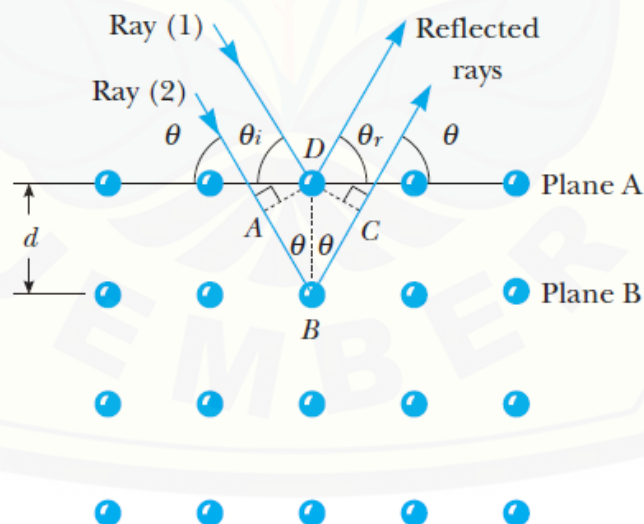
Seperti yang terlihat pada Gambar 2.3, arang aktif memiliki konfigurasi atom berbentuk amorf yang didominasi atom karbon (Suprianova, 2016). Selain itu, arang aktif mempunyai luas permukaan dan jumlah pori yang sangat banyak. Arang aktif juga berbentuk kristal mikro dan termasuk karbon nongrafrit. Masing-masing kristal terdiri 3 atau 4 lapisan karbon dengan sekitar 20-30 atom karbon heksagonal pada tiap lapisannya. Pori-pori arang aktif memiliki kemampuan untuk menyerap gas dan uap dari campuran gas dan zat-zat yang tidak terlarut dalam cairan (Rumidatul, 2007). Luas permukaan pada arang aktif berkisar antara 300-2000 m²/gram yang berhubungan dengan struktur pori internalnya (Kurniati, 2008).

2.3 X-Ray Diffraction (XRD)

Analisa XRD dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui struktur mikroskopik arang aktif. Untuk mengetahui pengaruh suhu karbonisasi terhadap struktur mikroskopik pada arang aktif eceng gondok maka perlu dilakukan karakterisasi dengan XRD ini. Struktur mikroskopik tersebut dapat ditinjau dari struktur kristal, ukuran kristal, dan kristalinitas yang diperoleh dari hasil XRD.

XRD merupakan alat untuk mengetahui karakteristik struktur kristal yang terdapat dari berbagai macam bahan dengan memanfaatkan hamburan sinar-X (Rahman dan Toifur, 2016). Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang antara 0,1-100 Å dan memiliki energi dalam rentang 100 eV-100 keV. Hamburan sinar-X dihasilkan apabila suatu elektron logam ditembak dengan elektron-elektron berkecepatan tinggi dalam tabung hampa udara (Beiser, 2003).

Prinsip dasar difraksi sinar-X adalah difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik (Astuti 2016). Seberkas sinar-X yang mengenai suatu bahan kristalin maka berkas tersebut akan didifraksi oleh bidang atom dalam kristal tersebut. Berkas sudut difraksi bergantung pada panjang gelombang berkas sinar (λ) dan jarak antar bidangnya (d) (Krisnawan, 2009). Sinar-sinar pantul yang sefasa berbeda lintasan akan menimbulkan interferensi saling menguatkan. Pemantulan dan interferensi bergabung menghasilkan difraksi. Difraksi akan saling menguatkan apabila persamaan Bragg terpenuhi (Rahman dan Toifur, 2016).



Gambar 2.6 Pola difraksi hukum Bragg (Sumber: Serway *et al.*, 2005)

Pola interaksi antara gelombang sinar-X dengan atom-atom pada material ditunjukkan pada Gambar 2.6. Ketika sebuah berkas sinar-X datang pada sudut yang sempit θ , maka akan terjadi hamburan yang disebabkan oleh atom B. Jarak

$AB + BC = n\lambda$, dimana n merupakan orde difraksi dan $AB = BC = d \sin\theta$, dimana d adalah jarak antar bidang. Sehingga persamaan hukum Bragg (Serway *et al.*, 2005):

$$2 d \sin\theta = n\lambda; \quad n = 1,2,3, \dots \quad (2.1)$$

2.4 Uji Daya Serap Iodin

Penetapan daya serap arang aktif terhadap daya serap iodin bertujuan untuk mengetahui daya serap arang aktif terhadap molekul-molekul kecil (Apipah, 2016). Penambahan larutan iod berfungsi sebagai adsorbat, sedangkan yang akan diserap oleh arang aktif sebagai adsorben. Dengan kata lain, adsorbat adalah zat yang diserap dan adsorben adalah zat yang menyerap. Kereaktifan dari arang aktif dapat dilihat dari kemampuan arang aktif untuk mengadsorpsi substrat. Daya serap ditunjukkan dengan besarnya angka iod. Angka iod adalah angka yang menunjukkan seberapa besar adsorben dapat mengadsorpsi iodnya (Jamilatun dan Setyawan, 2014).

Menurut Sudrajat dan Pari (2011), penentuan daya serap iod untuk melihat kualitas arang aktif didasarkan pada SNI 06-3730-1995. Berikut adalah standar kualitas arang aktif menurut SNI 06-3730-1995.

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

Uraian	Persyaratan kualitas	
	Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C, %	Maks. 15	Maks. 25
Kadar air, %	Maks. 4,5	Maks. 15
Kadar abu, %	Maks. 2,5	Maks. 10
Daya serap terhadap iodin, mg/g	Min. 750	Min.750
Karbon aktif murni, %	Min. 80	Min. 65
Daya serap terhadap benzena, %	Min. 25	-
Daya serap terhadap biru metilen, mg/g	Min. 60	Min. 120
Berat jenis curah, g/ml	0,45-0,55	0,3-0,35

(Sumber: Sudrajat dan Pari, 2011)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental, yang memanfaatkan limbah biomassa, yaitu eceng gondok. Eceng gondok digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan arang aktif. Karakterisasi arang aktif dilakukan dengan menggunakan XRD untuk mengetahui struktur kristal, ukuran kristal, dan kristalinitas arang aktif. Dilakukan pula uji serap terhadap larutan iodin untuk mengetahui kemampuan daya serap pada arang aktif eceng gondok tersebut.

Kegiatan penelitian pembuatan arang aktif dilakukan dengan tiga proses, yaitu proses karbonisasi, aktivasi arang, dan kerakterisasi arang aktif. Proses karbonisasi dilakukan di Laboratorium Kemasan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Proses aktivasi arang dilakukan di Laboratorium Biofisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Karakterisasi arang aktif dengan XRD dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang. Sedangkan uji iodin dilakukan di Laboratorium Instrumen dan Proksimat Terpadu, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor.

Kegiatan penelitian ini diawali dengan melakukan studi pustaka. Studi pustaka adalah langkah untuk melakukan observasi terhadap topik yang akan diteliti. Kegiatan penelitian dilanjutkan dengan tahap persiapan alat dan bahan yang akan digunakan. Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya neraca analitik, cawan krusibel, *furnace*, oven, gelas ukur, nampan, blender, mortar, ayakan ukuran 200 mesh, plastik klip, kertas saring, *buchner funnel*, pH meter, *aluminium foil*, *magnetic stirrer*, alat pengaduk, labu erlenmeyer, dan *X-Ray Diffraction (XRD)* tipe E'xpert Pro. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah eceng gondok, larutan natrium hidroksida (NaOH), hidrogen klorida (HCl), iod (I_2), natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$), aquades, dan arang aktif komersial.

3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian

Sumber data pada penelitian ini adalah data primer yang dihasilkan dari eksperimen langsung. Data yang diperoleh dari hasil karakterisasi XRD dan uji serap iodin merupakan data kuantitatif. Karakterisasi XRD memperoleh data berupa data intensitas dan sudut difraksinya (2θ). Sedangkan uji serap iodin menghasilkan data yang berupa daya serap iod.

3.3 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukurannya

Variabel-variabel dalam penelitian ini meliputi:

3.3.1 Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan yang sering digunakan oleh peneliti bila akan melakukan penelitian yang bersifat membandingkan (Sugiyono, 2015). Pada penelitian ini yang menjadi variabel kontrol adalah struktur kristal, ukuran kristal, kristalinitas, dan daya serap iodin arang aktif komersial.

3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya variabel terikat (Sugiyono, 2015). Pada penelitian ini yang termasuk variabel bebas adalah variasi suhu karbonisasi pada arang aktif eceng gondok, yaitu 400°C, 500°C, dan 600°C.

3.3.3 Variabel Terikat

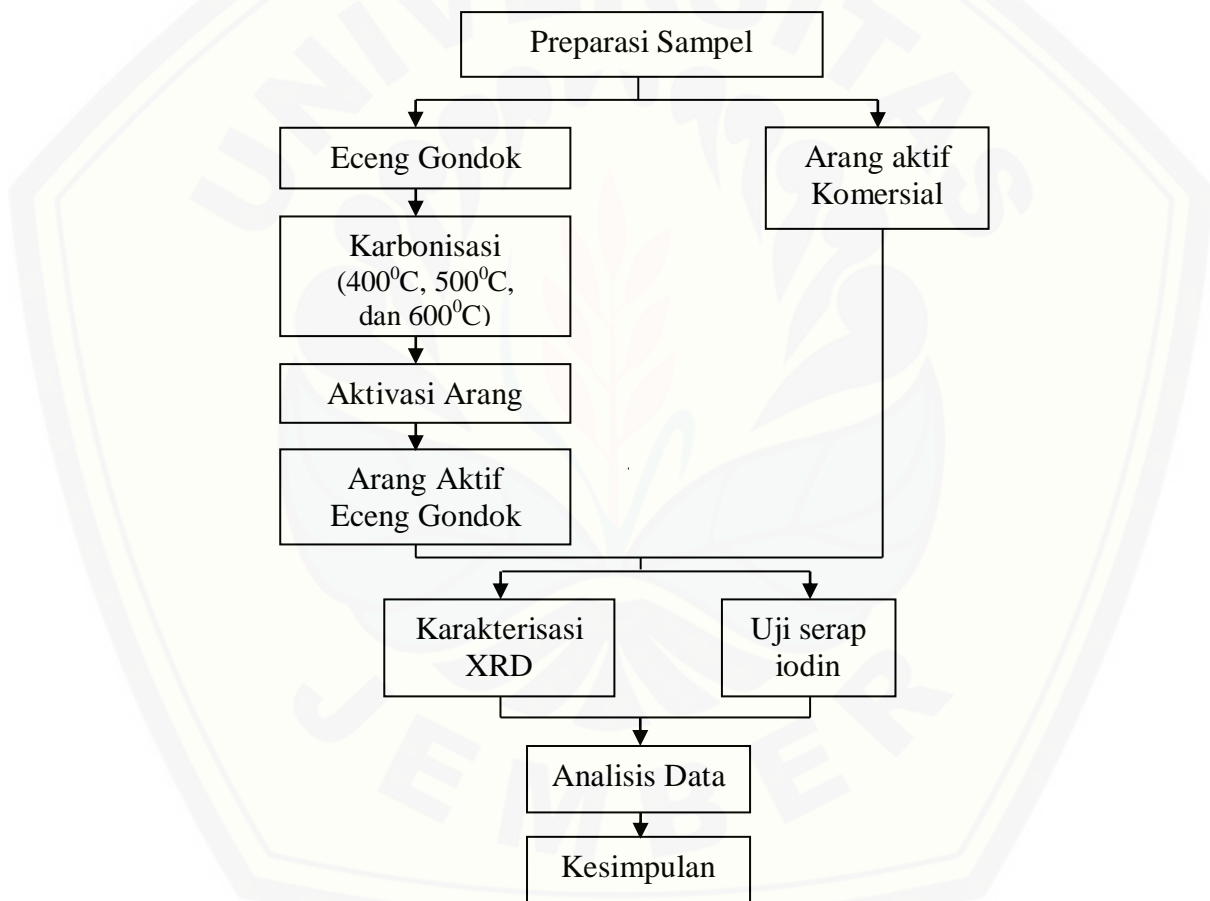
Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau akibat dari adanya variabel bebas (Sugiyono, 2015). Variabel terikat pada penelitian ini yaitu struktur kristal, ukuran kristal, dan kristalinitas arang aktif, serta daya serap iod arang aktif eceng gondok.

Skala pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah skala rasio. Hasil karakterisasi XRD arang aktif dari eceng gondok dibandingkan dengan arang aktif komersial yang ditinjau dari grafik hasil XRD. Selain itu, hasil uji serap iodin arang aktif eceng gondok dibandingkan dengan arang aktif komersial

yang ditinjau dari daya serap iod yang dihasilkan. Berdasarkan perbandingan antara hasil XRD dan uji serap iodin tersebut maka dapat dianalisis struktur kristal, ukuran kristal, dan kristalinitas, serta kemampuan daya serapnya.

3.4 Kerangka Pemecahan Masalah

Kerangka pemecahan masalah dalam penelitian ini dijelaskan dengan beberapa tahapan kegiatan penelitian. Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini digambarkan oleh diagram alir yang terlihat pada Gambar 3.1. .



Gambar 3.1 Diagram alir kerangka pemecahan masalah

3.5 Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

3.5.1 Analisis *X-Ray Diffraction* (XRD)

Berdasarkan hasil XRD yang diperoleh, data yang didapat berupa intensitas dan posisi sudut difraksi (2θ) yang merupakan data kuantitatif. Data kuantitatif tersebut akan direpresentasikan dalam bentuk grafik. Grafik tersebut didapat dari data pengukuran yang menggunakan software *High Score Plus* dan pencocokkan dengan standar difraksi sinar-X ICCD. Puncak-puncak grafik hasil XRD dianalisis untuk mengetahui struktur kristal, ukuran kristal, dan kristalinitas. Struktur kristal diidentifikasi berdasarkan parameter kisi yang terbentuk. Parameter kisi meliputi panjang tepian a, b, dan c serta sudut interaksial α , β , dan γ . Untuk ukuran kristal dan kristalinitas dihitung sesuai persamaan (2.2) dan (2.3). Pengaruh dari variasi suhu karbonisasi terhadap struktur kristal, ukuran kristal, dan kristalinitasnya dapat terlihat dengan membandingkan hasil XRD arang aktif eceng gondok dengan arang aktif komersial.

3.5.2 Analisis Daya Serap Iodin

Uji serap terhadap iodin dilakukan untuk mengetahui kemampuan arang aktif dalam menyerap molekul-molekul kecil. Analisis uji serap iodin dapat dilihat dari besar kecilnya nilai daya serap iod yang dihasilkan pada setiap sampel yang telah diuji. Berdasarkan tahap karakterisasi yang dilakukan, jenis data yang digunakan adalah data kuantitatif. Data-data yang didapat akan direpresentasikan dalam bentuk grafik. Grafik tersebut menggambarkan hubungan antara daya serap iod terhadap variasi suhu karbonisasi. Pengaruh suhu karbonisasi pada proses pembuatan arang aktif dapat ditinjau dari hasil perbandingan antara daya serap iod yang dihasilkan antara arang aktif eceng gondok dengan arang aktif komersial.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Suhu karbonisasi dapat mempengaruhi struktur kristal, ukuran kristal, dan kristalinitas pada arang aktif eceng gondok. Struktur kristal arang aktif eceng gondok sampel A dan B adalah ortorombik, dan arang aktif eceng gondok sampel C adalah heksagonal. Ukuran kristal arang aktif eceng gondok sampel A, B, dan C semakin meningkat dengan nilai berturut-turut sebesar 17,98nm, 28,62nm, dan 78,36nm. Kristalinitas arang aktif eceng gondok A, B, dan C semakin meningkat dengan nilai berturut-turut adalah 33,61%, 36,04%, dan 39,19%. Sedangkan arang aktif komersial memiliki struktur kristal ortorombik, ukuran kristal 78,62nm, dan kristalinitasnya sebesar 13,52%.
2. Suhu karbonisasi berpengaruh pada daya serap iodine arang aktif eceng gondok sampel A, B, dan C yang semakin menurun dengan nilai berturut-turut adalah 596,99mg/g, 430,69mg/g, dan 339,72mg/g. Sedangkan daya serap iodine pada arang aktif komersial adalah 913,17mg/g. Nilai daya serap iodine sampel arang aktif eceng gondok memiliki selisih yang jauh dengan nilai daya serap iodine arang aktif komersial. Oleh karena itu, arang aktif eceng gondok sampel A, B, dan C kurang cocok untuk dijadikan bahan adsorben. Meskipun demikian, arang aktif eceng gondok sampel A, B, dan C dapat digunakan sebagai bahan penyusun *Gas Diffusion Layer* yang ditinjau dari nilai kristalinitasnya.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai arang aktif eceng gondok untuk mengetahui pengaruh proses aktivasi terhadap arang aktif eceng gondok. Karena selain proses karbonisasi, proses aktivasi juga memberikan pengaruh pada hasil arang aktif yang diperoleh. Selain itu, uji konduktivitas listrik pada arang aktif eceng gondok perlu dilakukan agar dapat menunjang hasil kristalinitas yang telah diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Fattah, A. F. dan M. A. Abdel-Naby. 2011. Pretreatment and Enzymic Saccharification of Water Hyacinth Cellulose. *Carbohydrate Polymers* 87 (2012): 2109-2113.
- Astuti. 2016. Karakterisasi Material. <https://www.researchgate.net/publication/305703542> Bab IV Karakterisasi Material. [Diakses pada 11 Maret 2018].
- Apipah, E. R. 2016. Sifat Listrik Arang Aktif dari Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai Bahan Semikonduktor. *Tesis*. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Beiser, A. 2003. *Concept of Modern Physics Sixth Edition*. New York: McGraw-Hill Companies Inc.
- Darmawan, S., W. Syafii, N. J. Wistara, A. Maddu, dan G. Pari. 2015. Kajian Struktur Arang-Pirolisis, Arang-Hidro dan Karbon Aktif dari Kayu Acacia mangium willd. Menggunakan Difraksi Sinar-X. *Jurnal Penelitian hasil Hutan* 33(2): 81-92.
- Desi, A. Suharman, dan A. Vinsiah. 2015. Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi terhadap Daya Serap Karbon Aktif Cangkang Kulit Buah Karet (*Hevea brasiliensis*). *Prosiding SEMIRATA bidang ilmu MIPA BKS PTN Barat*. 5-7 Mei 2015. *Universitas Tanjungpura*: 294-303.
- Destyorini, F., A. Suhandi., A. Subhan, dan N. Indayaningsih. 2010. Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Struktur dan Konduktivitas Listrik Arang Serabut Kelapa. *Jurnal Fisika Himpunan Fisika Indonesia* 10(2): 122-132.
- Don, W. S., T. Emir, dan C. Hadibroto. 2000. *Tanaman Air*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Fauziah, N. 2009. Pembuatan Arang Aktif secara Langsung dari Kulit Acacia Mangium Wild dengan Aktivasi Fisika dan Aplikasinya sebagai Absorben. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Gerbono, A. dan A. S. Djarijah. 2005. *Kerajinan Eceng Gondok*. Yogyakarta: Kasinius.
- Gunawan, I., S. Yusuf, Sudirman, dan W. Pudjiastuti. 2011. Efek Waktu Milling Terhadap Karakterisasi Partikel Kapur Alan dengan Menggunakan X-Ray Diffraction. *Jurnal Kimia Kemasan* 33(1): 102-106.

- Hamdi. 2016. *Energi Terbarukan Edisi Pertama*. Jakarta: Kencana Prenamedia Group.
- Jamilatun, S. dan M. Setyawan. 2014. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair. *Spektrum Industri* 12(1): 73-83.
- Jamilatun, S., S. Salamah, dan I. D. Isparulita. 2015. Karakterisasi Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Pengaktivasi H₂SO₄ Variasi Suhu dan Waktu. *Jurnal Chemica* 2(1): 13-19.
- Junary, E., J. P. Pane, dan N. Herlina. 2015. Pengaruh Suhu dan Waktu Karbonisasi terhadap Nilai Kalor dan Karakteristik pada Pembuatan Bioarang Berbahan Baku Pelepah Aren (*Arange pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU* 4(2): 46-52.
- Kartika, V., Ratnawulan, dan Gusnedi. 2016. Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi Terhadap Mikrostruktur dan Derajat Kristalinitas Karbon Aktif Kulit Singkong sebagai Bahan Dasar GDL (Gas Diffussion Layer). *Pillar of Physics* 7: 105-112.
- Krismono dan A. A. Sentosa. 2010. Pengaruh Penebaran Ikan Koan (*Ctenopharyngodon idella*) terhadap Pertumbuhan Ikan Koan dan Luas Tutupan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) di Danau Limboto, Gorontalo. *Seminar Nasional Biologi*. 24-25 September 2010. *Universitas Gadjah Mada*: 356-367.
- Krisnawan, A. 2009. Karakterisasi Sampel Paduan Magnesium Jenis AZ9 1D dengan Berbagai Variasi Waktu Milling Menggunakan X-Ray Fluoresence (XRF) dan X-Ray Diffraction (XRD). *Skripsi*. Jakarta: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Kurniati, E. 2008. Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Arang Aktif. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik* 8: 96-103.
- Kurniawan, O. dan Marsono. 2008. *Superkonduktor Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak dan Gas*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Laos, L. E. dan A. Selan. 2016. Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika* 1(1): 32-36.
- Lempang, M., W. Syafii, dan G. Pari. 2011. Struktur dan Komponen Arang serta Arang Aktif Tempurung Kemiri. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 29(3): 278-294.

LAMPIRAN

4.1 Proses pembuatan arang dari eceng gondok



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



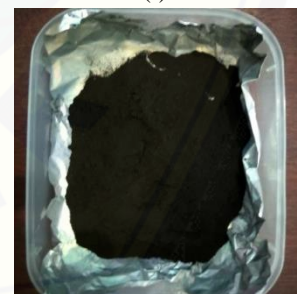
(i)



(j)



(k)



(l)

Keterangan: (a) Eceng gondok, (b) Eceng gondok dibersihkan yang diambil bagian batang, (c) Eceng gondok dikeringkan di bawah sinar matahari, (d) Eceng gondok dipotong kecil-kecil, (e) Eceng gondok dioven pada suhu 150°C, (f) Eceng gondok kering dihaluskan dengan blender, (g) Serbuk eceng gondok dimasukkan pada cawan krusibel, (h) Serbuk eceng gondok dikarbonisasi dengan furnace dengan variasi suhu 400°C, 500°C, dan 600°C selama 1 jam, (i) Serbuk eceng gondok menjadi arang, (j) Arang eceng gondok dihaluskan dengan mortar, (k) Arang eceng gondok diayak dengan ayakan 200 mesh, (l) Arang eceng gondok dengan ukuran lolos 200 mesh

4.2 Proses aktivasi arang eceng gondok



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)

Keterangan: (a) Rendaman arang dengan NaOH 25% dengan perbandingan 1:3 distirrer dengan kecepatan 350 rpm pada suhu 80°C selama 4 jam, (b) Rendaman arang disaring dengan *buchner funnel* yang dilapisi kertas saring, (c) Arang dinetralkan dengan HCl 2M dan dicuci dengan aquades, (d) Hasil netralisir dengan HCl 2M dan aquades disaring menggunakan *buchner funnel kit* (e) Pengukuran pH dengan kertas lakmus, (f) Hasil penyaringan arang setelah diaktivasi, (g) Arang hasil aktivasi yang tersaring dioven pada suhu 100°C hingga massanya konstan, (h) Sampel arang aktif