

SKRIPSI

KARAKTERISASI PRODUK ARANG AKTIF DARI *BIOCHAR*

LIMBAH KULIT BIJI METE DENGAN METODE PLASMA

Disusun dan diajukan oleh :

ARMAN PRATAMA

D211 16 501



DEPARTEMEN MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

TUGAS AKHIR

**KARAKTERISASI PRODUK ARANG AKTIF DARI *BIOCHAR*
LIMBAH KULIT BIJI METE DENGAN METODE PLASMA**

OLEH:

ARMAN PRATAMA

D21116501

**Merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN

**KARAKTERISASI PRODUK ARANG AKTIF DARI *BIOCHAR* LIMBAH KULIT BIJI
METE DENGAN METODE PLASMA**

Disusun dan diajukan oleh

ARMAN PRATAMA

D21116501

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada Tanggal 3 Februari 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

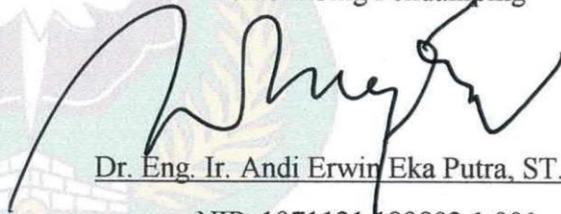
Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST. MT

NIP. 19791112 200812 2 002

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Ir. Andi Erwin Eka Putra, ST. MT

NIP. 1971121 199802 1 001

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, S.T., M.T.

NIP. 19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : ARMAN PRATAMA

NIM : D21116501

Program Studi : TEKNIK MESIN

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

KARAKTERISASI PRODUK ARANG AKTIF DARI *BIOCHAR* LIMBAH KULITT BIJI METE DENGAN METODE PLASMA

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 3 Februari 2021



ARMAN PRATAMA

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “ Karakterisasi Produk Arang Aktif Dari *Biochar* Limbah Kulit Biji Mete Dengan Metode Plasma”. Tidak lupa penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada Ibu Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST, MT selaku pembimbing I dan Bapak Dr. Eng. Ir. Andi Erwin Eka Putra, ST, MT selaku pembimbing II, yang telah memberikan arahan, bimbingan, dukungan dan bantuan kepada penulis selama proses bimbingan berlangsung.

Penghargaan, rasa hormat dan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. Machmud Syam, DEA dan Bapak Ir. Andi Mangkau., MT selaku anggota tim penguji, yang memberikan pengarahan, koreksi dan saran dalam penyempurnaan Skripsi ini.

Selain itu penulis juga ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar- besarnya atas bantuan dan doanya kepada:

1. Orang tua serta saudara (i) penulis yang tidak pernah berhenti memberi doa dan dukungannya.
2. Dr. Eng. Novriany Amaliyah, ST., MT., dan Dr. Ir. Eng. Andi Erwin Eka Putra, ST., MT., selaku dosen pembimbing dalam menyelesaikan tugas sarjana ini. Terima kasih atas bimbingan, pelajaran, dan semangat yang telah diberikan baik dalam pengerjaan tugas sarjana maupun dalam kehidupan.
3. Teman-teman COMPREZZOR'16 memberikan semangat hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Pak Syahrul pegawai laboratorium Minerba PT. Sucofindo memberikan bantuan dalam pengujian proksimasi dan ultimasi biochar.
6. Ibu Kartini laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin.
7. Seluruh staff Jurusan dan Laboratorium Motor Bakar yang membantu penulis dalam mengurus administrasi dan memberikan bantuan dalam penggunaan alat di lab dan eksperimen selama proses pengerjaan tugas sarjana.

8. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwa apa yang dibahas dalam skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Dalam penulisan skripsi ini tidak luput dari berbagai kesulitan dan hambatan mulai dari persiapan hingga selesainya dalam bentuk laporan penelitian. Kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan demi penyempurnaan selanjutnya.

Gowa, 12 Januari 2021

Arman Pratama

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
ABSTRAK	xiv
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian	3
I.4 Manfaat Penelitian	3
I.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Arang	4
II.2 Plasma.....	6

II.3 Uji Karakterisasi	12
II.3.1 Uji Proksimasi dan Ultimasi	12
II.3.2 Uji SAA (BET Method).....	14
II.3.3 Uji Analisis Termal.....	15
II.3.4 Uji FT-IR	16
II.3.5 Uji SEM	17
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	19
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	19
III.2 Alat dan Bahan	19
III.2.1 Alat	19
III.2.2 Bahan.....	23
III.3 Rancang Bangun Alat.....	26
III.4 Prosedur Kerja.....	27
III.5 Flowchart Penelitian.....	31
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
IV.1 Hasil Analisis Produksi Plasma.....	32
IV.1.1 Pengaruh Plasma Terhadap Massa Arang	34
IV.2 Analisis Karakteristik Uji Proksimasi dan Ultimasi	35
IV.3 Analisis Karakteristik Uji BET	39

IV.4 Analisis Karakteristik Uji Analisis Termal	43
IV.5 Analisis Karakteristik Uji FTIR	47
IV.6 Analisis Karakteristik Uji SEM.....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	55
V.1 Kesimpulan.....	55
V.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arang Aktif	5
Gambar 2.2 Bentuk Arang (a. Arang Biasa, b. Arang Aktif)	6
Gambar 2.3 Ilustrasi Perbandingan Plasma Dengan Jenis Zat Lain	7
Gambar 2.4 Proses Pembangkitan Plasma.....	8
Gambar 2.5 Magnetron dan Skemanya	11
Gambar 3.1 Alat Pembangkit Plasma	19
Gambar 3.2 Reaktor Plasma.....	20
Gambar 3.3 Botol Kaca.....	20
Gambar 3.4 Tissue	21
Gambar 3.5 Oven	21
Gambar 3.6 Timbangan.....	22
Gambar 3.7 Gelas ukur	22
Gambar 3.8 Stopwatch.....	23
Gambar 3.9 Arang.....	23
Gambar 3.10 Grafik Histori Temperatur Pada Proses <i>Microwave</i> Arang	24
Gambar 3.11 H ₃ PO ₄	24
Gambar 3.12 Aquades.....	25
Gambar 3.13 Rod Teflon	25

Gambar 3.14 Elektroda Tungsten	25
Gambar 3.15 Alat Pengujian.....	26
Gambar 3.16 Proses Pembuatan Arang Aktif	27
Gambar 3.17. Flowchart Penelitian.....	31
Gambar 4.1 Pada Saat Proses Plasma	33
Gambar 4.2. Perbandingan Pembangkitan Plasma Terhadap Yield	34
Gambar 4.3 Radius Pori Sebelum Plasma	40
Gambar 4.4 Multi-point BET Sebelum Plasma	40
Gambar 4.5 Distribusi Ukuran Pori Sebelum Plasma.....	41
Gambar 4.6 Multi-point BET Setelah Plasma	41
Gambar 4.7 Distribusi Ukuran Pori Setelah Plasma.....	42
Gambar 4.8 Analisis Termal Bahan Baku	44
Gambar 4.9 Analisis Termal Setelah Pirolisis	45
Gambar 4.10 Analisis Termal Setelah Plasma.....	45
Gambar 4.11 Uji FTIR Bahan Baku	49
Gambar 4.12 Uji FTIR Setelah Pirolisis.....	49
Gambar 4.13 Uji FTIR Setelah Plasma 1 Menit.....	50
Gambar 4.14 Uji FTIR Setelah Plasma 3 Menit.....	50
Gambar 4.15 Uji FTIR Setelah Plasma 5 Menit.....	51

Gambar 4.16 Morfologi SEM Pembesaran 500x, 1000x

Dan 2000x (A) Sebelum Plasma dan (B) Setelah Plasma53

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Syarat Mutu Arang Aktif Teknis (SNI 06 –3730 – 1995)	35
Tabel 4.2 Hasil Uji Proksimasi dan Ultimasi.....	36
Tabel 4.3 Hasil Pengujian BET	42
Tabel 4.4 Daerah Gugus Fungsi Pada IR.....	48
Tabel 4.5 Ukuran Pori SEM.....	52

DAFTAR SIMBOL

Ym	Yield mass	[%]
ma	Massa produk yang diperoleh	[gr]
mbb	Massa bahan baku	[gr]

ABSTRACT

Carbon is a product of the wood carbonization process, where most of its components are carbon. Meanwhile, activated carbon is carbon that has undergone further processing with high heating or by using chemicals, so that the pores of the carbon open up and become adsorbent. Carbon processing uses the plasma method. Plasma is a gas that is ionized in an electrical discharge so it can accelerate the activation process of carbon using H₃PO₄ liquid. The purpose of this study was to produce activated carbon from biochar waste of cashew nut shells and to analyze the characteristics of activated carbon produced from the plasma method. This research was conducted by direct observation of the plasma sample with variations in the ignition time of the plasma 1, 3 and 5 minutes with a voltage of 220V. The results of this study indicate that the activated carbon with plasma using H₃PO₄ fluid is influenced by the duration of plasma ignition, the longer the plasma ignition, the greater the mass of activated carbon, so that the sample after 5 minutes of plasma has the greatest mass of 6,094 grams compared to samples after plasma 1 and 3 minutes. The activated carbon products produced by the plasma method have the following characteristics, the proximation and ultimate tests have not met the SNI 06 -3730 - 1995 standards. In the BET test results, the surface area of activated carbon cannot be known. In thermal analysis carbon after plasma has better thermoresistance than before plasma and raw materials. In FT-IR analysis, activated carbon after 1 minute of plasma has N-H, C-H, C = C, C-H bonds, while the carbon after 3 and 5 minutes of plasma has the same bonds, namely N-H, C-H, C = O, C-H. In the SEM test results, before the activation was carried out, it only had a pore diameter of <30 μm, while after activation it had several pores with a diameter of > 30 μm and entered the macropore group.

Key words: cashew nut shell, activated carbon, plasma, *biochar*

ABSTRAK

Arang merupakan produk dari proses karbonisasi kayu yang sebagian besar komponennya merupakan karbon. Sedangkan arang aktif merupakan arang yang telah mengalami pemrosesan secara lanjut dengan pemanasan tinggi atau dengan menggunakan bahan-bahan kimia, sehingga pori-pori yang dimiliki arang menjadi terbuka dan mampu menjadi adsorben. Pengolahan arang menggunakan metode plasma. Plasma merupakan gas yang terionisasi dalam lucutan listrik sehingga dapat mempercepat proses aktivasi pada arang menggunakan cairan H_3PO_4 . Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan arang aktif dari biochar limbah kulit biji mete dan menganalisis karakteristik arang aktif yang dihasilkan dari metode plasma. Penelitian ini dilakukan dengan pengamatan secara langsung terhadap sampel yang diplasma dengan variasi waktu penyalaan plasma 1, 3 dan 5 menit dengan tegangan 220V. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa arang yang telah di aktifkan dengan plasma menggunakan cairan H_3PO_4 dipengaruhi oleh lama penyalaan plasma, semakin lama penyalaan plasma maka arang aktif yang di hasilkan memiliki massa semakin besar, sehingga sampel setelah plasma 5 menit memiliki massa paling besar 6.094 gram dibandingkan sampel setelah plasma 1 dan 3 menit. Adapun produk arang aktif yang dihasilkan dengan metode plasma mempunyai karakteristik sebagai berikut, pada uji proksimasi dan ultimasi belum memenuhi standar SNI 06 –3730 – 1995. Pada hasil pengujian BET luas permukaan arang aktif belum bisa diketahui. Pada analisis termal arang setelah plasma memiliki termoresisten lebih baik dibanding sebelum plasma dan bahan baku. Pada analisis FT-IR arang aktif setelah plasma 1 menit memiliki ikatan N-H, C-H, C=C, C-H sedangkan pada arang setelah plasma 3 dan 5 menit memiliki ikatan yang sama yaitu N-H, C-H, C=O, C-H. Pada hasil uji SEM dimana sebelum dilakukan aktivasi hanya memiliki diameter pori <30 μm sedangkan setelah dilakukan aktivasi memiliki beberapa pori yang diameternya >30 μm dan masuk kedalam golongan makropori.

Kata kunci : kulit biji mete, arang aktif, plasma, *biochar*

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan industri meningkat seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga industri merupakan salah satu sektor penting yang menopang perekonomian negara Indonesia. Dimasa ini arang aktif banyak dimanfaatkan oleh pihak industri untuk mengadsorbsi bau, warna, gas dan logam yang tidak diinginkan. Arang aktif biasanya dimanfaatkan oleh pihak industri dalam proses pemurnian, seperti pemurnian gula, minyak dan lemak, kimia, farmasi, dan penjernihan air untuk mengadsorbsi bau, warna, gas dan logam yang tidak diinginkan (Djatkiko et al., 1985). Arang aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung arang, baik arang organik maupun anorganik dengan syarat bahan tersebut mempunyai struktur berpori (Sudrajat, 1994).

Kebutuhan arang aktif diperkirakan akan meningkat sejalan dengan perkembangan dunia industri. Menurut catatan Departemen Perdagangan dan Industri, Indonesia berhasil mengekspor arang aktif ke beberapa negara seperti Jepang, Korea, China, India, Mesir, Australia dan Inggris.

Kebutuhan arang aktif Indonesia untuk industri dalam negeri dan ekspor saat ini cukup tinggi. Pada tahun 2011 Indonesia mengekspor arang aktif sebesar 21.652 ton dan volume tersebut terus meningkat menjadi sebesar 30.036 ton pada tahun 2014. Di Indonesia terdapat sekitar 42 perusahaan industri pengguna arang aktif. Arang aktif banyak digunakan oleh industri masker, rokok, minuman dan makanan, air konsumsi, minyak, kimia, farmasi, alat pendingin, otomotif, cat, dan perekat (Naftali, 2015). Beberapa industri besar diantaranya memperoleh arang aktif melalui impor. Impor arang aktif terus meningkat, dimana pada tahun 2007 impor arang aktif Indonesia mencapai ± 20.000 ton. Impor arang aktif ini dilakukan selain karena jumlah produksi di dalam negeri tidak memenuhi kebutuhan arang aktif

domestik, juga karena beberapa industri tersebut memerlukan arang aktif dengan spesifikasi tertentu yang tidak dapat dipenuhi oleh arang aktif lokal (Monika, Sumaryono, Suprpto, Rahayu, & Margono, 2008).

Untuk meningkatkan produksi arang aktif Indonesia perlu dilakukan pencarian proses yang baik dan bahan baku alternatif lokal dalam jumlah yang cukup. Proses produksi dan bahan baku yang baik akan menghasilkan arang aktif berkualitas dengan nilai jual yang tinggi.

Arang aktif dapat dibuat dari semua jenis bahan yang mengandung banyak unsur karbon, seperti kayu, batu bara, tulang, tempurung kelapa, tempurung biji-bijian dan bahan lainnya. Industri arang aktif di Indonesia mulai berkembang sejak periode tahun 1980-an, dengan menggunakan bahan baku berupa tempurung kelapa (Pari, 1996).

Bahan baku alternatif yang dapat digunakan yaitu tempurung biji jambu mete yang merupakan produk samping dari pengolahan biji jambu mete yang dijadikan sumber konsumsi makanan. Kandungan karbon yang cukup tinggi pada tempurung biji jambu mete dapat di manfaatkan menjadi arang aktif. Pemanfaatan tempurung biji jambu mete menjadi arang aktif diharapkan dapat meningkatkan nilai ekonomis bahan.

Oleh karena itu, pada skripsi ini, penulis melakukan penelitian tentang “KARAKTERISASI PRODUK ARANG AKTIF DARI *BIOCHAR* LIMBAH KULIT BIJI METE DENGAN METODE PLASMA”.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana proses menghasilkan arang aktif dari *biochar* kulit biji mete dengan metode plasma ?
- b. Bagaimana karakteristik arang aktif yang dihasilkan dari metode plasma ?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Menghasilkan arang aktif dari *biochar* limbah kulit biji mete.
- b. Menganalisis karakteristik arang aktif yang dihasilkan dari metode plasma.

I.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Bagi peneliti, menambah pengetahuan tentang cara menggunakan plasma.
- b. Bagi pembaca, menambah bahan bacaan dan menambah ilmu pengetahuan tentang metode plasma.
- c. Bagi industri, menjadi bahan referensi pengolahan dan pemanfaatan metode plasma dalam produksi arang aktif.

I.5 Batasan Masalah

1. Bahan baku penelitian adalah *biochar* dari limbah kulit biji mete.
2. Penelitian ini berfokus kepada arang aktif dari *biochar* (arang) yang dihasilkan dari kulit biji mete.
3. Variasi waktu penyalaan plasma yang diberikan adalah 1 menit, 3 menit, dan 5 menit.
4. Massa arang kulit biji mete yang diuji adalah 7 gram.
5. Volume cairan aktivasi 56 mililiter, dimana H₃PO₄ sebanyak 8,4 mililiter (15%) dan aquades sebanyak 47,6 mililiter (85%).
6. Tegangan Plasma yang digunakan saat pengambilan data adalah 220V.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Arang

Arang merupakan produk dari proses karbonisasi kayu yang sebagian besar komponennya merupakan karbon. Sedangkan arang aktif merupakan arang yang telah mengalami pemrosesan secara lanjut dengan pemanasan tinggi atau dengan menggunakan bahan-bahan kimia, sehingga pori-pori yang dimiliki arang menjadi terbuka dan mampu menjadi adsorben. Daya serap arang aktif terjadi karena adanya pori-pori berukuran mikro yang jumlahnya banyak (Yustinah, 2011).

Arang aktif adalah suatu bahan padat yang berpori dan merupakan hasil pembakaran dari bahan yang mengandung karbon melalui proses pirolisis. Sebagian dari pori-porinya masih tertutup hidrokarbon, tar, dan senyawa organik lain. Komponennya terdiri dari karbon terikat (*fixed carbon*), abu, air, nitrogen, dan sulfur. Arang aktif diaktivasi dengan cara kimia atau fisika sehingga daya serapnya tinggi dengan kadar karbon yang bervariasi. Permukaan arang aktif relatif telah bebas dari deposit hidrokarbon dan mampu melakukan adsorpsi karena permukaannya lebih luas dan pori-porinya telah terbuka (Baker, et al., 1997).

Arang aktif merupakan arang yang telah diaktifkan oleh suatu zat sehingga memiliki daya adsorpsi dengan daya serap mencapai 3-7 kali daya serap arangnya. Arang aktif mampu menyerap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik berupa larutan dan gas sehingga digunakan sebagai adsorben polutan berkadar rendah pada produk-produk industri (Pari, 1996).

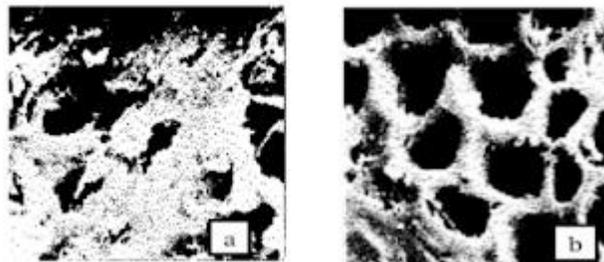
Proses aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Pada umumnya karbon aktif dapat di aktivasi dengan 2 cara, yaitu dengan cara aktivasi kimia dengan hidroksida logamalkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya $ZnCl_2$, $CaCl_2$, asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 dan aktivasi fisika yang merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas pada suhu $800^\circ C$ hingga $900^\circ C$ (S.C.KIM, I.K.1996).

Faktor faktor yang berpengaruh terhadap proses aktivasi adalah waktu aktivasi, suhu aktivasi, ukuran partikel, rasio activator dan jenis aktivator yang dalam hal ini akan mempengaruhi daya serap arang aktif. (M. Tawalbleh, 2005). Karbon aktif atau dikenal juga dengan arang aktif merupakan material amorf berkarbon yang memiliki luas permukaan yang besar yang dibangun oleh struktur pori internalnya melalui proses karbonisasi dan aktivasi. Karbon aktif dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Ketika pemanasan berlangsung, diusahakan agar tidak terjadi kebocoran udara di dalam ruangan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi.



Gambar 2.1. Arang Aktif

Arang aktif berwarna hitam, tidak berbau, tidak berasa dan mempunyai daya serap besar. Arang aktif mengalami perlakuan khusus berupa proses aktivasi baik secara fisika maupun secara kimia. Aktivasi tersebut menyebabkan pori-pori yang terdapat pada struktur molekulnya terbuka lebar sehingga daya serapnya akan semakin besar untuk menyerap bahan yang berfase cair maupun berfase gas (Sembiring dkk, 2003).



Gambar 2.2. Bentuk Arang (a. Arang Biasa, b. Arang Aktif)

Arang aktif merupakan senyawa karbon amorf yang bersifat hidrofobik, yaitu molekul pada karbon aktif cenderung tidak bisa berinteraksi dengan molekul air. Karbon aktif memiliki densitas dan tingkat kekerasan yang berbeda-beda terhadap tekanan atau geseran tertentu. Perbedaan densitas dan kekerasan karbon aktif sangat bergantung dari bahan baku dan cara pengaktifannya. Arang aktif banyak digunakan untuk menyerap cairan beracun, gas beracun, bau busuk, penjernih air, dan sebagainya. Bahan baku yang dapat digunakan sebagai pembuatan arang aktif antara lain adalah limbah kulit biji mete, limbah serbuk gergaji, limbah potongan-potongan kayu, limbah industri perkebunan kelapa sawit, tempurung kelapa, tanaman kayu hutan, aspal muda, dan lain-lain.

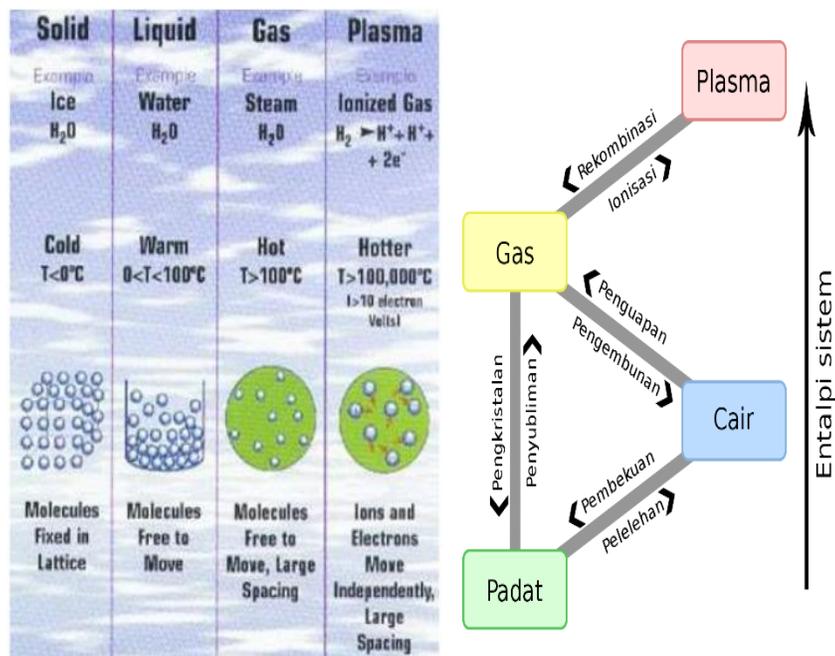
II.2. Plasma

a. Pengertian Plasma

Konsep tentang plasma pertama kali dikemukakan oleh Langmuir dan Tonks pada tahun 1928. Mereka mendefinisikan plasma sebagai gas yang terionisasi dalam lucutan listrik, jadi plasma dapat juga didefinisikan sebagai

percampuran kuasinetral dari elektron, radikal, ion positif dan negatif. Percampuran antara ion-ion yang bermuatan positif dengan elektron-elektron yang bermuatan negatif memiliki sifat-sifat yang sangat berbeda dengan gas pada umumnya dan materi pada fase ini disebut fase plasma. Maka secara sederhana plasma didefinisikan sebagai gas terionisasi dan dikenal sebagai fase materi ke empat setelah fase padat, cair, dan fase gas (Nur, 2011).

Suatu gas dikatakan terionisasi jika terdiri dari atom-atom yang terionisasi bermuatan positif (ion) dan elektron yang bermuatan negatif. Pada prinsipnya, karena proses ionisasi membutuhkan energi dalam orde elektron volt untuk melepas elektron, maka dalam membuat plasma harus ditambahkan energi dalam suatu sistem. Penambahan ini bisa dilakukan dengan osilator gelombang mikro (RF) pada ruangan bertekanan rendah. (Konuma dkk, 1992).

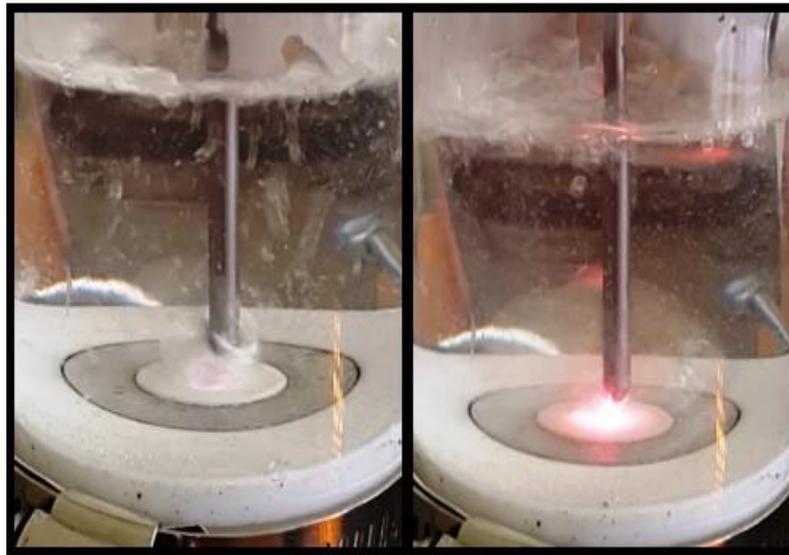


Gambar 2.3. Ilustrasi perbandingan plasma dengan jenis zat lain

b. Mekanisme Plasma Dalam Cairan

Mekanisme lucutan plasma atau lucutan listrik dalam cairan (terkhusus air) dapat diklasifikasikan ke dalam dua bagian. Bagian pertama mempertimbangkan bahwa plasma atau lucutan listrik dalam air dimulai dari proses terbentuknya gelembung dan proses elektronik yang terjadi dalam gelembung. Sementara itu bagian kedua, prosesnya dimulai dari lucutan sebagian dan berkembang sampai lucutan penuh (Ade, 2014).

Sesuai pendekatan dari bagian pertama, proses gelembung dimulai dengan gelembung kecil yang terbentuk melalui penguapan cairan dari pemanasan akibat medan listrik yang tinggi pada daerah ujung elektroda. Di dalam gelembung akan terjadi proses elektronika yang mengionisasi atom gas sehingga timbul plasma. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



(a)

(b)

Gambar 2.4. Proses Pembangkitan plasma : (a) Terbentuknya Gelembung dan (b) Terbentuknya Plasma (Nurdin, 2016)

c. Aplikasi *Microwave Oven* Secara Umum dan Komponennya

Saat ini beberapa peneliti telah beralih ke sumber daya gelombang mikro

untuk membangkitkan plasma karena pembangkit gelombang mikro tidak memerlukan peralatan elektroda sehingga dapat menghindari proses kontaminasi. Eksitasi gelombang mikro sangat efisien untuk menghasilkan konsentrasi radikal dan rapat plasma yang tinggi. Di samping itu harga generator gelombang mikro sebanding dengan generator rf yang biasa digunakan untuk membangkitkan plasma (Sutanto, 2005).

Microwave oven yang konvensional sudah digunakan untuk mengiridiasikan 2.45 GHz *microwave* untuk pembangkitan plasma dalam n-dodecane sebagai heavy hydrocarbon ataupun CO₂ sebagai produk sampingan. Plasma dibangkitkan dalam atau kontak dengan cair untuk performansi suatu proses yang sama dengan plasma dalam gas. Teknik untuk produksi hidrogen telah dilakukan dengan plasma dalam cair. Pembangkitan gelembung mengandung radio frequency (RF) plasma dalam water sudah diinvestigasi untuk produksi hidrogen dan oksigen. Plasma dibangkitkan dalam gelembung dalam air dengan meng-iradiasikan High Frequency melalui elektroda. Air juga berfungsi untuk mendinginkan elektroda selama proses dekomposisi metana berlangsung (Putra, 2013).

d. Aplikasi *Microwave Oven*

Microwave oven adalah *oven* yang menggunakan bantuan *microwave* (gelombang mikro) untuk memasak makanan. Sebenarnya gelombang ini merupakan gelombang radio, tetapi panjang gelombangnya lebih kecil dari gelombang radio biasa. Panjang gelombangnya termasuk ultra-short (sangat pendek) sehingga disebut juga mikro, dari sinilah lahir istilah *microwave*. *Microwave oven* sendiri bisa bekerja begitu cepat dan efisien karena gelombang elektromagnetiknya menembus makanan dan mengeksitasi molekul-molekul air dan lemak secara merata (tidak cuma permukaannya saja). Ini memberi kesan *microwave oven* adalah *oven* pintar yang bisa memilih untuk memasak hanya makanannya saja, bukan wadahnya (Surya, 2010).

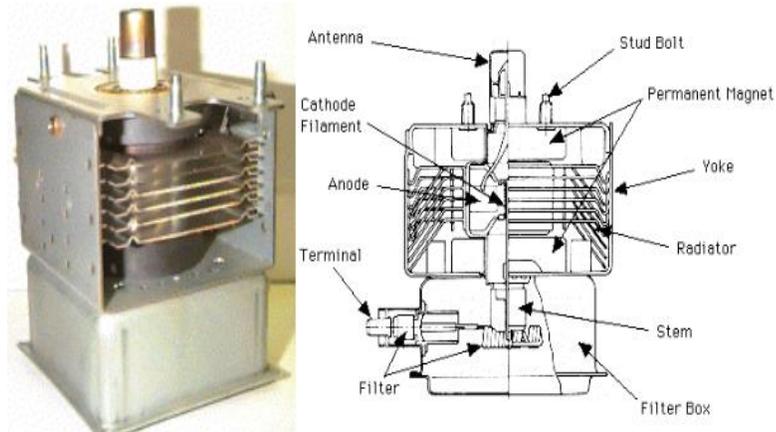
Microwave oven memanfaatkan *microwave* atau gelombang mikro.

Gelombang mikro adalah salah satu gelombang elektromagnetik dalam spektrum gelombang elektromagnet. Gelombang mikro dapat digunakan sebagai pemanas makanan karena gelombang mikro akan dipantulkan oleh bahan logam seperti baja atau besi yang menjadi bahan dasar dari oven microwave sehingga panas terkurung di dalam. Kedua, gelombang ini dapat menembus bahan non logam tanpa memanaskannya. Terakhir adalah gelombang ini akan diserap oleh air. Secara lebih detail gelombang mikro membuat molekul-molekul yang terdapat pada makanan yang dimasak bergoncang secara acak sehingga menghasilkan gesekan-gesekan antar molekul yang menghasilkan panas (Potter dan Christopher, 2010).

Setiap gelombang elektromagnet membawa sejumlah energi yang dapat diolah untuk keperluan manusia. Panjang masing-masing jenis gelombang elektromagnetik yang berbeda-beda akan mempengaruhi perilaku gelombang jika bereaksi dengan berbagai jenis materi. Perpindahan energi gelombang elektromagnetik dilakukan secara radiasi, yaitu perpindahan yang tidak memerlukan medium perantara (Surya, 2010).

e. *Komponen Microwave Oven*

Di dalam setiap microwave terdapat sebuah magnetron, *waveguide*, dan *Stirrer*. Magnetron adalah sejenis tabung hampa penghasil gelombang mikro. Fungsi magnetron adalah memancarkan gelombang mikro ke dalam microwave. Pada awalnya magnetron dirancang untuk penggunaan radar. Gelombang mikro yang digunakan sama dengan gelombang yang digunakan di dunia telekomunikasi seperti radar, gelombang pemancar stasiun radio, gelombang pemancar stasiun televisi, atau gelombang sinyal handphone. Gelombang mikro sendiri adalah salah satu gelombang radio (Surya, 2010).



Gambar 2.5. Magnetron dan skemanya (Febrian, dkk, 2011).

Waveguide adalah sebuah komponen yang didesain untuk mengarahkan gelombang. Untuk tiap jenis gelombang *waveguide* yang digunakan tidak sama. *Waveguide* untuk gelombang mikro dapat dibangun dari bahan konduktor. *Stirrer* adalah komponen yang menyerupai baling-baling ini digunakan untuk menyebarkan gelombang mikro di dalam microwave oven. Biasanya dikombinasikan dengan sebuah komponen seperti piringan yang dapat diputar pada bagian bawah. Kombinasi ini memungkinkan kecepatan tingkat kematangan yang merata saat memasak (Febrian, dkk, 2011).

f. Unjuk Kerja Proses Plasma

Unjuk kerja dari proses plasma dapat dilihat dari perbandingan massa bahan baku yang akan diplasma dengan massa produk yang akan diplasma dengan massa produk yang dihasilkan. Proses plasma memiliki tiga produk utama yaitu pdata, cair, gas. Untuk melihat hasil dari masing-masing produk dapat digunakan rumus (Putra, 2013).

$$Y_M = \frac{m_a}{m_{bb}} \times 100\%$$

Dimana:

Ym : Yield mass (%)

ma : Massa produk yang diperoleh (gr)

mbb : Massa bahan baku (gr).

II.3. Uji Karakterisasi

II.3.1 Uji Proksimasi dan Ultimasi

Untuk analisis proksimasi berfungsi untuk mengetahui kandungan arang yang meliputi volatile matter, fixed carbon, moisture, dan ash.

1) kadar Air

Kadar air adalah banyaknya air yang terdapat pada bahan yang hilang jika dipanaskan pada kondisi uji tertentu. Kadar air dalam bahan memiliki variasi yang bermacam-macam tergantung dari perlakuan yang diterima bahan. Banyaknya kandungan kadar air pada bahan atau material bervariasi tergantung jenis materialnya. Berat bahan kering digunakan sebagai dasar acuan, karena berat ini merupakan petunjuk banyaknya zat pada bahan. Berdasarkan penelitian Huhtinen (2005), kadar air berpengaruh signifikan terhadap nilai kalor bersih.

2) Kadar Abu

Abu adalah zat organik sisa hasil pembakaran suatu bahan organik. Kadar abu ada hubungannya dengan mineral suatu bahan. Mineral yang terdapat dalam suatu bahan dapat berupa dua macam garam yaitu garam organik (garam asam mallat, oksalat, asetat, dan pektat) dan garam

anorganik (garam fosfat, karbonat, klorida, sulfat, dan nitrat) (Sudarmadji.2003).

Penentuan kadar abu adalah mengoksidasikan senyawa organik pada suhu yang tinggi dan melakukan penimbangan zat yang tinggal setelah proses pembakaran. Lama pengabuan tiap bahan berbeda-beda yakni antara 2-8 jam. Pengabuan dilakukan pada tanur yaitu alat yang dapat diatur suhunya. Pengabuan dianggap selesai apabila diperoleh sisa pembakaran yang umumnya berwarna putih abu-abu dan beratnya konstan (Anonim,2010).

3) Volatile Matter (Zat Terbang)

Volatile Matter bertujuan untuk mengetahui suatu kandungan karbon dalam suatu bahan perlu diketahui zat terbangnya. Prinsip penetapan kadar zat terbang suatu bahan adalah menguapkan bahan yang tidak termasuk air dengan menggunakan energi panas (American Society for Testing Material D 5832-98).

4) Fixed Carbon (Karbon Terikat)

Fixed Carbon (FC) adalah nilai total kandungan dari unsur carbon dalam suatu sampel. Kadar karbon ini akan mempengaruhi nilai kalor dan residence time waktu pembakaran sampel. Nilai FC tidak didapat melalui analisis tetapi melalui perhitungan kandungan inilah yang berperan dalam menentukan besarnya nilai kalor dari sampel, semakin besar Fixed Carbon, semakin besar pula nilai kalornya.

Sedangkan analisis ultimasi dilakukan untuk konstituen batu bara, melainkan dalam bentuk unsur kimia dasar. Ultimate analysis menganalisis jumlah kadar karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen, (N), dan

sulfur (S) dalam batubara ditentukan dari kadar unsurnya yaitu karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan sulfur (S).

II.3.2 Uji SAA (BET Method)

Surface Area Analyzer (SAA) merupakan salah satu alat utama dalam karakterisasi material. Alat ini khususnya berfungsi untuk menentukan luas permukaan material, distribusi pori dari material dan isotherm adsorpsi suatu gas pada suatu bahan. Alat ini prinsip kerjanya menggunakan mekanisme adsorpsi gas, umumnya nitrogen, argon dan helium, pada permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi pada suhu konstan biasanya suhu didih dari gas tersebut. Alat tersebut pada dasarnya hanya mengukur jumlah gas yang dapat diserap oleh suatu permukaan padatan pada tekanan dan suhu tertentu. Secara sederhana, jika kita mengetahui berapa volume gas spesifik yang dapat dijerap oleh suatu permukaan padatan pada suhu dan tekanan tertentu dan kita mengetahui secara teoritis luas permukaan dari satu molekul gas yang diserap, maka luas permukaan total padatan tersebut dapat dihitung.

Tentunya telah banyak teori dan model perhitungan yang dikembangkan para peneliti untuk mengubah data yang dihasilkan alat ini berupa jumlah gas yang dijerap pada berbagai tekanan dan suhu tertentu (disebut juga isotherm) menjadi data luas permukaan, distribusi pori, volume pori dan lain sebagainya. Misalnya saja untuk menghitung luas permukaan padatan dapat digunakan BET teori, Teori BET dapat digunakan setelah dilakukan uji menggunakan alat SAA (*Surface Area Analyzer*). Alat ini berfungsi untuk menentukan diameter dan volume pori, serta luas permukaan spesifik material.

II.3.3 Uji Analisis Termal

DTA merupakan teknik analisis termal yang menggunakan perbedaan temperatur sampel dan referensi untuk menganalisis perubahan sifat kimia dan fisika (Harsanti, 2010). Analisis diferensial termal (DTA), di dasari pada perubahan kandungan panas akibat perubahan temperatur dan titrasi termometrik. Dalam DTA (Differential Thermal Analysis), panas diserap atau diemisikan oleh sistem kimia bahan yang dilakukan dengan pembanding yang inert (Alumina, Silikon, Karbit atau manik kaca) karena suhu keduanya ditambahkan dengan laju yang konstan, adapun kegunaan DTA adalah untuk mengetahui perubahan yang terjadi berupa pelepasan panas (eksoterm) dan penyerapan panas (endoterm), dimana peristiwa ini menunjukkan adanya peristiwa yang terjadi pada bahan yang diuji. Analisis termogravimetric analysis (TGA), didasari pada perubahan berat akibat pemanasan (Klancnik et al., 2010). TGA merupakan 20 teknik pengukuran variasi massa (kehilangan massa, emisi uap, dan penambahan massa atau fraksi gas) sampel yang mengalami perubahan temperatur dalam lingkungan yang terkontrol. Teknik analisis ini dapat digunakan untuk menentukan kemurnian sampel, gejala dekomposisi, dan kinetik kimia (Suherman, 2009). TGA biasanya digunakan riset dan pengujian untuk menentukan karakteristik material seperti polymer, untuk menentukan penurunan temperatur, kandungan material yang diserap, komponen anorganik dan organik di dalam material, dekomposisi bahan yang mudah meledak, dan residu bahan pelarut. TGA juga sering digunakan untuk kinetika korosi pada oksidasi temperatur tinggi (Subama, 2010).

Prinsip kerja DTA yaitu mengukur perbedaan temperatur antara sampel dan referensi yang dihubungkan secara berlawanan dengan

termokopel (Harsanti, 2010). Dengan DTA/TGA material dipanaskan dengan suhu tinggi dan mengalami reaksi dekomposisi dimana reaksi ini dipengaruhi oleh efek spesi lain, rasio ukuran, dan volum serta komposisi materi (Hamdila, 2012). Prinsip analisis dari DTA ini yaitu mengukur perbedaan suhu sampel dengan suhu acuan, dimana jika dalam pengamatan suhu acuan lebih besar dari pada suhu sampel maka ΔT negatif, sedangkan jika suhu acuan lebih kecil dari pada suhu sampel maka ΔT positif, dan jika suhu acuan sama dengan suhu sampel berarti tidak terjadi perubahan dan ditunjukkan berupa garis lurus (Suherman, 2009).

II.3.4 Uji FT-IR

Fourier Transformed Infrared (FTIR) merupakan salah satu alat atau instrument yang dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel. Daerah inframerah pada spektrum gelombang elektromagnetik dimulai dari panjang gelombang 14000 cm^{-1} hingga 10⁻¹. Berdasarkan panjang gelombang tersebut daerah inframerah dibagi menjadi tiga daerah, yaitu IR dekat (14000-4000 cm^{-1}) yang peka terhadap vibrasi *overtone*, IR sedang (4000-400 cm^{-1}) berkaitan dengan transisi energi vibrasi dari molekul yang memberikan informasi mengenai gugus-gugus fungsi dalam molekul tersebut, dan IR jauh (400-10 cm^{-1}) untuk menganalisis molekul yang mengandung atom-atom berat seperti senyawa anorganik tapi butuh teknik khusus (Schechter, 1997; Griffiths dan Chalmers, 1999). Biasanya analisis senyawa dilakukan pada daerah IR sedang (Tanaka dkk, 2008).

Prinsip kerja FTIR adalah interaksi antara energi dan materi. *Infrared* yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut

berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa *infrared* diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer dan direkam dalam bentuk puncak-puncak (Thermo, 2001).

II.3.5 Uji SEM

Alat Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah salah satu alat yang berguna untuk menentukan morfologi atau topologi permukaan benda uji (spesimen) dengan bantuan detektor tertentu. Biasanya detektor yang dipergunakan adalah dengan electron Secondary Electron (SE) Image dan Backscattered Electron (BSE) Image. Mudah-mudahan hasil uji SEM adalah sebuah foto layaknya hasil foto dengan menggunakan mikroskop namun dengan pembesaran yang jauh lebih tinggi. Kalau dengan menggunakan mikroskop, pembesaran hingga 300 kali saja sudah turun kualitas gambarannya. Dengan menggunakan SEM, pembesaran benda uji dapat mencapai 1.000.000 kali dengan kualitas gambar yang masih tampak jelas.

Dalam pengoperasiannya, peralatan ini memiliki 2 modus yang berbeda menurut sifat konduktivitas bahan yang akan diuji. Low Vacuum untuk spesimen yang bersifat non-konduktif dan High Vacuum untuk spesimen yang bersifat konduktif. SEM banyak dipergunakan diberbagai disiplin ilmu, mulai untuk mengamati permukaan sel hingga pada berbagai jenis material maju seperti pengembangan material keramik, logam dan komposit. Selain itu, SEM juga banyak dimanfaatkan untuk mengukur ketebalan atau celah specimen yang sangat kecil. Sebelum dilakukan pengujian SEM, terlebih dahulu specimen di-*coating* (dilapisi) dengan menggunakan bahan pelapis metal. Mesin uji SEM ini biasanya juga

dilengkapi dengan *Energy Dispersive Spectrometer* (EDS) yang berguna untuk mengetahui komposisi unsur dari material. Adapun fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi mengenai:

- a. Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya.
- b. Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek.
- c. Komposisi, yaitu data semi kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek.
- d. Informasi kristalografi, yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati.