

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI MATERIAL PENYERAP
GELOMBANG RADAR BERBAHAN DASAR KARBON AKTIF
SEKAM PADI**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana S-1 Sains



Oleh :

MAILISA PUTRI

NIM.14036009/2014

PROGRAM STUDI KIMIA

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2018

PERSETUJUAN SKRIPSI

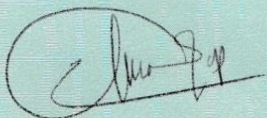
**SINTESIS DAN KARAKTERISASI MATERIAL PENYERAP
GELOMBANG RADAR BERBAHAN DASAR KARBON AKTIF SEKAM
PADI**

Nama : Mailisa Putri
Nim : 14036009
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Juli 2018

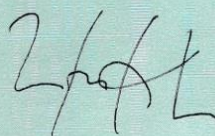
Pembimbing I

Pembimbing II



Ananda Putra, M.Si, Ph.D

NIP. 19720127 199702 1 002



Umar Kalmar Nizar, M.Si, Ph.D

NIP. 19770311 200312 1 003

HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Kimia
Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Judul : Sintesis dan Karakterisasi Material Penyerap Gelombang Radar
Berbahan Dasar Karbon Aktif Sekam Padi
Nama : Mailisa Putri
NIM : 14036009
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

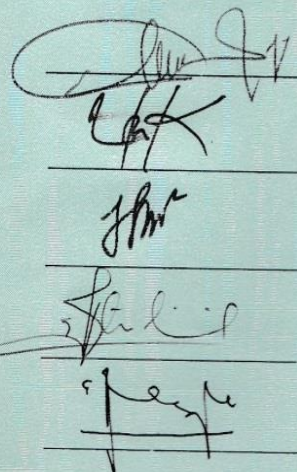
Padang, Juli 2018

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

1. Ketua : Ananda Putra, M.Si., Ph.D
2. Sekretaris : Umar Kalmar Nizar, M.Si., Ph.D
3. Anggota : Hary Sanjaya, M.Si
4. Anggota : Dra.Syamsi Aini, M.Si., Ph.D
5. Anggota : Edi Nasra, M.Si



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

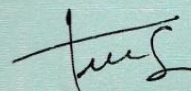
Nama : Mailisa Putri
TM/NIM : 14036009/2014
Tempat/Tanggal Lahir : Benteng/ 15 Mei 1995
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : MIPA
Alamat : Benteng, Kec. Koto XI Tarusan Kab.Pesisir Selatan
No.HP/Telepon : 082385846621
Judul Skripsi : Sintesis dan Karakterisasi Material Penyerap
Gelombang Radar Berbahan Dasar Karbon Aktif
Sekam Padi

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademi (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangan **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi..

Padang, Juli 2018
Yang membuat pernyataan,



Mailisa Putri
NIM : 14036009

ABSTRAK

Mailisa Putri (2018) : Sintesis dan Karakterisasi Material penyerap gelombang Radar Berbahan Dasar Karbon Aktif Sekam Padi

Pemilihan tentang material Radar Absorbing Material (RAM) dari karbon sekam padi yang diaktivasi dengan H_3PO_4 85%, ZnCl_2 25% dan NaOH 40% telah berhasil disintesis. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suhu optimum karbonisasi dan konduktivitas listrik. Karbon aktif yang dianalisa melalui uji kadar air, kadar abu, kadar zat uap dan kadar karbon terikat. Sampel kemudian dikarakterisasi dengan XRD dan SEM serta diuji konduktivitas listriknya. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan suhu optimum karbonisasi yaitu suhu 300°C dengan kadar air 1,99%, kadar abu 48,21%, kadar uap 8,9%, kadar karbon terikat 42,89% dan konduktivitas listrik sebesar $12,7 \times 10^{-6} \text{ S/cm}$. Nilai konduktivitas listrik karbon aktif pada pelarut ZnCl_2 25% sebesar $12,7 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$, H_3PO_4 85% sebesar $12,7 \times 10^{-2} \text{ S/cm}$ dan pelarut NaOH 40% sebesar $12,7 \times 10^{-6} \text{ S/cm}$. Hasil pengujian XRD menunjukkan bahwa karbon aktif berstruktur amorf dan hasil pengujian SEM menunjukkan karbon aktif memiliki pori yang lebih banyak dari karbon tanpa aktivasi dan hasil konduktivitas listrik material bersifat semikonduktor. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa material karbon aktif sekam padi dapat dijadikan sebagai material penyerap gelombang radar.

Kata kunci : RAM, Karbon aktif, Konduktivitas listrik

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbilalamin, puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga dapat diselesaikan penelitian dan penulisan tugas akhir ini. Judul dari tugas akhir ini adalah **“Sintesis dan Karakterisasi Material Penyerap Gelombang Radar Berbahan Dasar Karbon Aktif Sekam Padi”**. Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan mata kuliah Tugas Akhir 2 pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, dorongan dan semangat kepada :

1. Bapak Ananda Putra, M.Si, Ph.D sebagai Pembimbing I sekaligus Penasihat Akademik
2. Bapak Umar Kalmar Nizar, M.Si, Ph.D sebagai Pembimbing II.
3. Bapak Hary Sanjaya, S.Si, M.Si, Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si, dan Ibu Dra. Syamsi Aini, M.Si sebagai Dosen Penguji.
4. Bapak Dr. H. Mawardi, M.Si sebagai Ketua Jurusan Kimia, Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si sebagai Sekretaris jurusan Kimia, Bapak Hary Sanjaya, S.Si., M.Si. sebagai Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP.
5. Seluruh Staf Pengajar dan tenaga Administrasi di Jurusan Kimia FMIPA UNP.
6. Pranata Labor Pendidikan (PLP) Kimia FMIPA, yang telah memberikan bantuan dalam pembuatan skripsi.
7. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil.
8. Semua pihak dan teman-teman kimia tahun 2014 yang telah membantu dalam pembuatan skripsi ini.

Semua bantuan dan bimbingan yang tulus serta motivasi yang diberikan semoga dapat menjadi ibadah bagi Bapak dan Ibu serta mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum lengkap dan sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan dan saran dari para pembaca semoga skripsi ini bermanfaat.

Padang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gelombang Radar	5
2.2 Material Penyerap Gelombang Radar	6
2.3 Konduktifitas Listrik	10
2.4 Karbon Aktif.....	11
2.4.1 Struktur Fisik Karbon Aktif	12
2.4.2 Struktur Kimia Karbon Aktif	13
2.4.3 Proses Pembuatan Karbon Aktif	14
2.5.3.1Tahap Dehidrasi.....	14
2.4.3.2Tahap Karbonisasi	14
2.4.3.3Tahap aktivasi.....	17
2.5 Sekam Padi	20
2.6 Karakterisasi Material Penyerap Gelombang Radar	22
2.6.1 <i>Scanning Elektron Microscopy</i> (SEM)	22
2.6.2 <i>X-ray Diffraction</i> (XRD).....	23
2.6.3 <i>Four Point Probe</i> (FPP).....	23
BAB III METODA PENELITIAN.....	26

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2 Objek Penelitian	26
3.3 Variabel Penelitian	26
3.4 Alat dan Bahan	26
3.4.1 Alat.....	26
3.4.2 Bahan.....	27
3.5 Prosedur Penelitian.....	27
3.5.1 Sintesis Karbon Sekam padi (<i>Oryza sativa</i>).....	27
3.5.2 Karbonisasi Sekam Padi.....	27
3.5.3 Aktivasi Kimia Karbon dari Sekam Padi	28
3.5.4 Pengujian Kualitas Karbon	28
3.5.4.1 Pengujian Kadar Air	28
3.5.4.2 Pengujian Kadar Abu.....	28
3.5.4.3 Pengujian kadar uap.....	29
3.5.4.4 Pengujian kadar karbon terikat	29
3.5.5 Percetakan Material.....	30
3.5.6 Pengujian Material RAM	30
3.5.6.1 Pengujian Konduktivitas Listrik	30
3.5.7 Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	31
3.5.8 Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	31
3.6 Desain penelitian	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Karbonisasi Sekam Padi (<i>Oryza sativa</i>).....	33
4.2 Karakteristik Karbon Sekam Padi	34
4.2.1 Kadar air.....	34
4.2.2 Kadar Abu.	35
4.2.3 Kadar Zat Uap	35
4.2.4 Kadar karbon terikat.....	36
4.3 Material Hasil Cetakan Karbonisasi Sekam Padi	37
4.5 Aktivasi Kimia karbon Sekam Padi	38
4.6 Analisa Sifat Konduktivitas Listrik	39

4.7 Karakterisasi dengan <i>X-ray Diffraction</i> (XRD)	41
4.8 Karakterisasi dengan <i>Scanning Elektron Microscopy</i> (SEM)	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Interaksi Gelombang Pada Material	6
2 Satu Dipol Listrik.	7
3 Ilustrasi Skema Struktur Karbon Aktif.....	12
4 (a) Lapisan Atom Karbon Heksagonal dan (b) Struktur mikrokristalin KA	13
5 Ilustrasi Struktur Kimia Karbon Aktif	14
6. Sintesis Karbon dengan Metoda Dehidrasi	14
7 Karbon Aktif.....	17
8 Mekanisme Asam Phosphat dengan Lignoselulosa.....	18
9 Sekam Padi.	22
10 Analisis KA menggunakan SEM.....	22
11. Skema Pengukuran Four Point Probe	24
12 pengaruh Suhu Terhadap Kadar Air Karbon Sekam Padi.....	34
13 Pengaruh Suhu Terhadap Kadar Abu Sekam Padi	35
14 Pengaruh Suhu Terhadap kadar Zat Uap	35
15 Pengaruh Suhu Terhadap Kadar Karbon	36
16 Hasil cetak material variasi suhu	37
17 Mekanisme pengaktifan karbon dengan H_3PO_4	38
18 Konduktivitas listrik sebelum dan sesudah aktivasi	40
19 Hasil Uji XRD Karbon Limbah Sekam Padi Sebelum dan Sesudah Aktivasi ($ZnCl_2$ 25%, H_3PO_4 85%, NaOH 40%).....	42
20 Hasil uji SEM karbon sekam padi sebelum aktivasi	43
21 Morfologi karbon aktif yang diaktivasi dengan H_3PO_4 85% perbesaran (a) 500X, (b) 1000X, (c) 2500X, (d) 5000X.....	43
22 Morfologi karbon aktif yang diaktivasi dengan $ZnCl_2$ 25% perbesaran (a) 100X, (b) 250X, (c) 500X, (d) 5000X.....	44
23 Morfologi karbon aktif yang diaktivasi dengan NaOH 40% perbesaran (a) 250X, (b) 500X, (c) 1000X, (d) 2500X.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pembagian daerah jangkauan gelombang mikro	10
2. Analisa Kandungan Sekam Padi.....	21
3. Nilai konduktivitas listrik karbon sekam padi.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Sintesis, Karbonisasi dan Aktivasi Sekam Padi menjadi KA.....	50
2. Pengujian Karakteristik Karbon dan Karbon Aktif	51
3. Percetakan Material karbon aktif sebelum dan sesudah aktivasi	52
4. Pengujian Konduktivitas Listrik.....	53
5. Analisa <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	54
6. Analisa Scanning Electron Microscopy (SEM).....	55
7. Dokumentasi penelitian	56
8. Hasil karakteristik karbon pada sekam padi	58
9. Nilai Konduktivitas listrik sebelum dan sesudah Aktivasi	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Radar Absorber Material (RAM) adalah suatu material yang dapat mendeteksi posisi benda dengan menggunakan *microwave* atau gelombang radio (Deriyana Tri Rahmawati, 2015). Material ini mempunyai peran penting sebagai antisipasi maupun penguat sistem pertahanan militer. Kebutuhan akan material ini meningkat karena terjadinya peperangan (Schilthuizen & Simonis 2009). Material penyerap gelombang radar juga dapat diaplikasikan kedalam peralatan kamulfase, terutama pada pesawat tempur modern (Nicolaescu, 2006).

Kesediaan bahan dasar untuk material penyerap gelombang radar saat ini masih memiliki beberapa kelemahan salah satunya adalah harga yang relatif mahal. Oleh karena itu, tuntutan untuk mengembangkan material penyerap gelombang radar dengan biaya yang lebih murah dengan mutu “*broad band*, dan *absortivitas* tinggi” dapat dilakukan dengan memanfaatkan bahan baku dari alam (Yohandri, 2016).

Material-material yang dapat digunakan sebagai RAM dapat berasal dari bahan berbasis besi (serat besi polikristalin dan besi karbonil) (Ghasemi *et al.*, 2008), keramik (silikon karbid) (Liu, Chen, Wu, & Chen, 2013), karbon (grafit dan serat karbon) ((Bhattacharya, Sahoo, & Das, 2012). Syarat material yang dapat dijadikan sebagai material penyerap radar adalah material yang memiliki sifat dielektrik yang tinggi, salah satunya adalah karbon aktif.

Karbon aktif merupakan karbon yang memiliki struktur kristal amorf yang mempunyai luas permukaan yang tinggi (300-2000 m²/gr) dan struktur berpori (Esterlita, 2015). Pori-pori yang terdapat pada karbon aktif sangat baik digunakan sebagai media penyerapan sehingga sangat potensial dijadikan sebagai material penyerap radar (Yusro & Zainuri, 2016). Hal ini disebabkan karena material ini dapat diperoleh dari limbah bahan alam seperti pelepah aren, tempurung kelapa, cangkang sawit, kulit kakao, dan sekam padi.

Sekam padi merupakan limbah pertanian yang paling banyak dihasilkan setiap tahunnya yaitu sekitar 600 ton. Sekam padi mengandung komponen utama berupa lignin, selulosa, dan hemiselulosa (Mohanta, Kumar, & Parkash, 2012). Menurut Sharma (2015), sekam padi mengandung selulosa 34,4%, lignin 19,2%, dan hemiselulosa 23,3%. Kandungan selulosa yang cukup tinggi sangat potensial dijadikan sebagai sumber karbon aktif. Kandungan limbah sekam padi belum dimanfaatkan secara maksimal meskipun sekam padi dapat dikembangkan dalam berbagai industri yang sesuai dengan komposisi kimianya (Putri Miftakhul Rohmah, 2014). Proses pembuatan karbon aktif sangat sederhana yaitu proses karbonisasi dan aktivasi.

Berdasarkan uraian diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “ **Sintesis Dan Karakterisasi Material penyerap Gelombang Radar Berbahan Dasar Karbon Aktif Sekam Padi** “.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah diantaranya sebagai berikut.

1. Sekam padi merupakan limbah alam yang berpotensi dijadikan sumber karbon aktif. Namun, sekam padi belum banyak dimanfaatkan sebagai sumber karbon aktif yang berpotensi dijadikan material penyerap radar.
2. Persediaan RAM saat ini masih memiliki kelemahan yaitu harga yang relatif mahal.
3. Untuk mengembangkan RAM berbiaya lebih rendah dengan mutu “*broad band*, dan *absortivitas* tinggi” dapat dilakukan dengan memanfaatkan bahan baku dari limbah organik.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus, maka perlu dilakukan beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Sampel yang digunakan adalah karbon aktif sekam padi
2. Sintesis karbon sekam padi dengan cara karbonisasi (pirolisis) pada variasi suhu (300°C , 400°C , dan 500°C), kemudian dilanjutkan uji karakteristik karbon meliputi sifat fisika (kadar air), sifat kimia (kadar zat menguap, kadar abu, dan kadar karbon terikat), dan uji konduktivitas listrik dan daya serap gelombang.
3. Aktivasi karbon aktif dengan menggunakan larutan (ZnCl_2 , H_3PO_4 , dan NaOH), kemudian dilanjutkan dengan uji karakteristik karbon aktif meliputi sifat fisika (kadar air) dan sifat kimia (kadar abu, kadar zat menguap, dan kadar karbon terikat).
4. Karakterisasi RAM uji konduktivitas listrik dan daya serap menggunakan konduktometer dan VNA pada variasi ketebalan (4mm, 6mm, 8mm, dan 10 mm) serta karakterisasi menggunakan SEM dan XRD.

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu dalam menentukan karakteristik karbon dan konduktivitas listrik yang optimum pada proses karbonisasi?
2. Bagaimana pengaruh variasi larutan pengaktivasi dalam menentukan karakteristik karbon aktif optimum dan konduktivitas listrik?
3. Bagaimana menentukan konduktivitas listrik pada RAM serta menentukan morfologi RAM menggunakan SEM dan XRD?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Menentukan karakteristik karbon optimum dan konduktivitas listrik dengan cara karbonisasi (pirolisis) pada variasi suhu (300°C , 400°C , dan 500°C).
2. Menentukan konduktivitas listrik menggunakan larutan ZnCl_2 , H_3PO_4 , dan NaOH .
3. Menentukan karakterisasi RAM menggunakan, SEM, dan XRD.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi kepada pembaca bahwa karbon aktif sekam padi dapat dijadikan sebagai RAM.
2. Dapat menjelaskan sintesis dan karakterisasi material penyerap gelombang radar berbahan dasar karbon aktif sekam padi.
3. Dapat dijadikan sebagai sumber ide dan referensi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Radar

Radar berasal dari singkatan *radio detection and ranging* yaitu suatu metoda pengindraan jauh gelombang mikro aktif yang meliputi pencitraan pulsa energi gelombang mikro dari sensor ke target dan kemudian mengukur pulsa balik atau sinyal pantulan (*backscatter*). Radar dapat dimanfaatkan dikalangan militer yaitu untuk menentukan dan pendeteksian objek pada kondisi malam hari, tersamarkan atau tertutupi kamuflase dan dalam cuaca yang berawan serta untuk navigasi pesawat udara dan kapal laut (Marker, 2010). Radar yaitu suatu sistem elektronik dan elektromagnetik yang menggunakan gelombang radio untuk mendeteksi dan mencari objek. Radar dapat beroperasi dengan cara mengirimkan gelombang radio dengan frekuensi tertentu dan mendeteksi sifat dasar echo yang dipantulkan (Varshney, 2002).

Gelombang radar digolongkan pada gelombang mikro, yang merupakan gelombang elektromagnetik yang pendek dengan panjang gelombang terletak antara 1mm – 30 cm. Gelombang radar dalam spektrum terletak antara radiasi inframerah (dengan panjang gelombang lebih kecil dari 1 mm) dan gelombang *Ultra High Frequency* (panjang gelombang lebih dari 30 cm), dengan frekuensi antara 1 GHz hingga 300 GHz (Lali Mehrdad Fouj, Ghobadi, Razian, & Razian, 2012). Secara umum, ada beberapa sifat dari suatu gelombang elektromagnetik (Lidström, Tierney, Wathey, & Westman, 2001) yaitu :

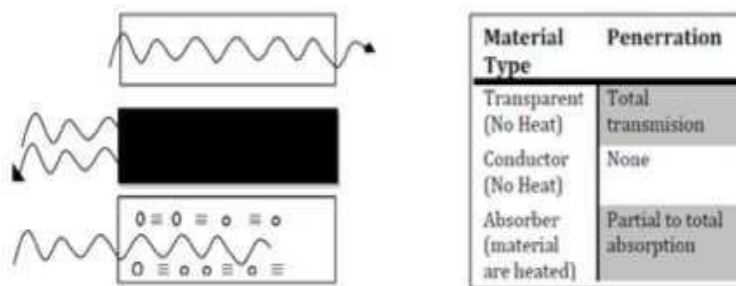
- a. Gelombang elektromagnetik dapat merambat dalam ruang tanpa medium,

- b. Arah medan listrik dan medan magnetik saling tegak lurus dan keduanya tegak lurus terhadap arah rambat gelombang (transversal),
- c. Gelombang elektromagnetik mengalami pemantulan, pembiasan, dan difraksi.

Menurut (Nicolaescu, 2006), mekanisme suatu material menjadi tidak terdeteksi oleh penerima sinyal dengan cara memperkecil RCS (*Radar Cross Section*). *Radar Cross Section* merupakan ukuran kemampuan dari target untuk memantulkan sinyal radar ke arah penerima radar, yaitu perhitungan dari perbandingan daya hamburan balik (*backscatter*) per steradian (satuan sudut solid) dari target dengan kerapatan energi yang diinterupsi oleh target.

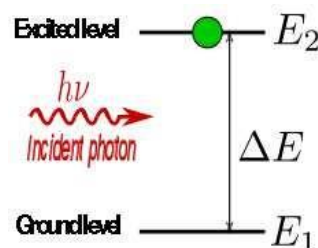
2.2 Material Penyerap Gelombang Radar

Radar Absorbing Material (RAM) adalah bahan yang mampu menyerap gelombang mikro. Penyerapan tersebut mengakibatkan terminimalisirnya gelombang mikro yang dipantulkan kembali sehingga dapat memperkecil refleksi gelombang mikro. Terdapat tiga macam kondisi yang pertama impedansi medium gelombang datang sama dengan impedansi medium penyerap. Kesesuaian impedansi terjadi ketika *permitivitas* listrik dan *permeabilitas* magnetiknya sama. Kondisi terakhir yakni dengan mengurangi gelombang yang merambat ke media penyerap (Fajrin, 2016). Gambar berikut menunjukkan Interaksi gelombang bergantung pada jenis material.



Gambar 1 Interaksi Gelombang Pada Material (Lestari, 2015).

Menurut Won-Jut et al (2005), suatu material dapat menyerap gelombang elektromagnetik melalui dua cara, yaitu dengan mengubah gelombang yang masuk menjadi energi panas oleh bahan dielektrik dan dengan menyerap (medan magnet) oleh material magnetik. Komponen magnetik yang sangat mempengaruhi penyerapan gelombang mikro adalah momen dipol magnetik. Momen dipol magnetik dalam bahan akan saling berhubungan dan kemudian berpindah dari satu tingkat energi rendah menuju energi tinggi yang membutuhkan energi sesuai dengan interaksi momen dipol magnetik (Lestari, 2015). Sedangkan yang berpengaruh pada komponen elektriknya adalah dipol listrik. Penyerapannya terjadi melalui perpindahan dipol listrik dari tingkat energi rendah menuju tingkat energi yang lebih tinggi. Ketika sebuah medan listrik eksternal diterapkan, maka pada material dielektrik akan terbentuk rotasi dipol listrik. Interaksi antara dipol dan medan listrik mengarah pada pembentukan dipol yang sejajar yang memungkinkan dalam bahan terdapat ruang untuk menyimpan energi potensial (Folgueras, Alves, & Rezende, 2010).



Gambar 2 Satu Dipol Listrik (Fajrin, 2016).

Mekanisme penyerapan secara mikroskopis diakibatkan interaksi antar dipol magnetik dan juga antar dipol listrik. Baik dipol magnetik maupun dipol listrik ke duanya akan menghasilkan energi potensial yang berbeda sesuai jarak masing-masing dipol. Perbedaan energi potensial tersebut mengakibatkan frekuensi gelombang mikro dapat diserap bervariasi sesuai dengan persamaan.

$$\theta_{ij} = \frac{\mu_0 m_i m_j}{h \pi r_{ij}^3} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan $i \neq j = 1, 2, 3, \dots, N-1, N$ (Mashuri, 2012)

Sedangkan secara makroskopis, terdapat dua konsep untuk memenuhi refleksi sama dengan nol ketika gelombang elektromagnetik mengenai suatu material, yang pertama *matched wave impedance* yaitu impedansi gelombang pada permukaan *absorber* dibuat sebanding dengan impedansi instrinsik ruang bebas. Untuk mendapatkan daya absorpsi maksimal dilakukan dengan menyelaraskan antara ketebalan dan frekuensi, salah satunya dengan bahan karbon yang ke dua *characteristic impedance*, impedansi karakteristik ruang bebas. Kesesuaian impedansi tersebut digunakan untuk meminimalkan gelombang pantul dan memperbesar gelombang yang terserap oleh bahan (Mashuri, 2012). Pada konsep pertama sesuai dengan persamaan (2.2)

$$\Gamma = \frac{\eta_{in} - \eta_0}{\eta_{in} + \eta_0} = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana Γ merupakan koefisien refleksi dan η adalah admitansi perambatan pada medium. Koefisien refleksi mendekati nol $\eta_{in} = \eta_0$ yang berarti terjadi kesesuaian antar bahan penyerap dengan perambatan gelombang pada medium. Besar impedansi instrinsik pada medium udara.

$$Z_0 = \frac{E}{H} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \approx 377 \Omega \dots \dots \dots (2.3)$$

Maka material yang memiliki impedansi 377Ω tidak dapat memantulkan gelombang mikro pada medium udara bebas. Kesesuaian impedansi yang sempurna akan terjadi ketika *permitivitas* dielektrik dan *permeabilitas* magnetiknya sama (Saville P, Huber T, 2005).

Secara umum sifat penyerapan gelombang mikro tergantung pada *permeabilitas* dan *permitivitas* yang diformulasikan pada persamaan

$$RL = 20 \log \left| \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \right| \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana Z_0 adalah impedansi masukan yang dapat dihitung dengan persamaan

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \tan h \left\{ j \left(\frac{2\pi f d}{c} \right) \sqrt{\mu_r \epsilon_r} \right\} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan c adalah kecepatan cahaya dan d adalah ketebalan material penyerap (Fajrin, 2015).

Material penyerap gelombang radar memainkan peran penting dalam teknologi siluman (*stealth*), yaitu sebagai material yang mampu mencegah deteksi (radar, akustik, inframerah, dll) dengan cara menyerap gelombang radar dan menekan jumlah gelombang yang dipantulkan dari struktur logam yang terdapat pada badan kapal. . (Caffarena VDR, Ogasawara T, Pinho MS, 2007),

Mekanisme serapan gelombang elektromagnetik pada material secara umum dapat dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor ketebalan terjadi pada semua material dan semakin tebal material absorber akan semakin besar serapan radiasi elektromagnetik pada material magnetik, disamping faktor ketebalan juga terjadi interaksi lain yaitu gelombang elektromagnetik dari luar akan memutar dipol magnetik sehingga terjadi impedansi material (Kusumawati & Lydia, 2015). Material penyerap radar yang baik merupakan material yang tidak hanya memiliki nilai rugi refleksi besar, akan tetapi juga memiliki pita penyerapan yang lebar. Semakin banyak lembah penyerapan yang terbentuk berarti serapan material RAM semakin bagus, hal ini dikarenakan material RAM dapat melakukan penyerapan dalam banyak range frekuensi.

Menurut Alvin lie, seorang pemerhati penerbangan, dampak dari gangguan pesawat terbang sebenarnya sangat kecil. Namun, hanya satu ponsel saja yang aktif, dikarenakan gelombang elektromagnetik yang dipancarkan dari satu ponsel masuk dalam skala mikro. Alvin menyimpulkan bahwa cukup berpengaruh bagi keselamatan penerbangan, sehingga berpotensi mengganggu komunikasi dan navigasi (Mitraryana, 2015). Gelombang mikro dibagi dalam beberapa daerah jangkauan yang telah ditetapkan secara internasional seperti terdapat dalam Tabel 2.1

Tabel 1 Pembagian daerah jangkauan gelombang mikro

Nama Pita	Panjang Gelombang (cm)	Frekuensi (GHz)
Pita-P	30 – 75	1 – 0,4
Pita-L	15 – 30	2 – 1
Pita-S	7,5 – 15	4 – 2
Pita-C	3,75 – 7,5	8 – 4
Pita-X	2,5 – 3,75	12 – 8
Pita-Ku	1,67 – 2,5	18 – 12
Pita-K	1,11 – 1,67	27 – 18
Pita-Ka	0,75 – 1,11	40 – 27

(Riyanto, *et al.*, 2014)

2.3 Konduktifitas Listrik

Konduktivitas merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Konduktivitas kebalikan dari resistivitas yang baik dimiliki oleh logam. Nilai konduktivitas merupakan perbandingan antara sifat kelistrikan dengan konduktivitas termal. Logam memiliki daya hantar listrik dan kepekaan terhadap perubahan suhu yang baik. Ini dikarenakan dalam logam terdapat banyak elektron bebas yang menyangkut muatan baik dalam konduksi listrik maupun konduksi termal. Satuan dari konduktivitas yaitu $(\Omega.m)^{-1}$ (Mafahir, 2015). Nilai konduktivitas juga dapat dipengaruhi oleh suhu. Semakin tinggi suhu semakin tinggi pula nilai konduktivitas bahan tersebut.

Sifat listrik dari suatu material dapat diketahui dengan melihat nilai konduktivitas (σ) dan resistivitas (ρ). Resistivitas dan konduktivitas merupakan suatu besaran yang menggambarkan baik buruknya suatu bahan menghantarkan listrik. Nilai resistivitas berbanding terbalik dengan konduktivitas (Suyoso, 2003). Suatu bahan konduktor yang baik akan memiliki nilai resistivitas yang sangat rendah dan konduktivitas tinggi, sedangkan untuk bahan isolator mempunyai resistivitas tinggi dan konduktivitas rendah.

Semikonduktor yaitu bahan dengan resistivitas listrik yang berada diantara isolator dan konduktor. Semikonduktor memiliki resistivitas (10^{-4} hingga $0,5 \Omega\text{m}$) antara isolator dan konduktor. Semikonduktor dapat menghantarkan arus listrik atau berfungsi sebagai konduktor jika diberikan arus listrik tertentu, suhu tertentu dan juga tata cara atau persyaratan tertentu. Bahan semikonduktor yang banyak dikenal adalah silikon (Si), Germanium (Ge) dan karbon (C).

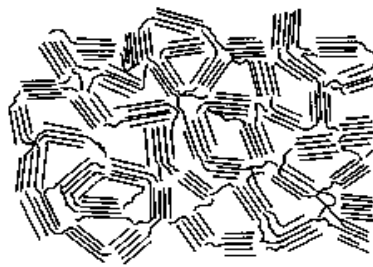
2.4 Karbon Aktif

Karbon aktif (KA) disebut sebagai arang atau serbuk arang aktif merupakan bentuk karbon yang mempunyai *surface area* yang besar untuk menyerap bahan-bahan yang bersifat kimia, logam-logam berat, bahan-bahan kimia yang bersifat racun, dan lain-lain (Binanipuram & Kerala, 2016). Karbon aktif memiliki struktur pori yang mengandung 85-90% karbon, yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi. Karbon aktif dapat menyerap berbagai macam zat termasuk berbagai jenis pewarna dan logam berat. Karbon aktif mampu menarik molekul sampai permukaan dalam sehingga karbon aktif dapat dikatakan sebagai absorben (Ahiduzzaman & Sadrul Islam, 2016).

Menurut Komaryati (2007) KA merupakan residu berwarna hitam hasil dari pembakaran pada kondisi tanpa oksigen yang mengandung karbon yang berbentuk padat dan berpori, seperti kayu atau bahan biomaterial lainnya. Komponen karbon terdiri dari karbon terikat (*fixed carbon*), abu, air, nitrogen dan sulfur.

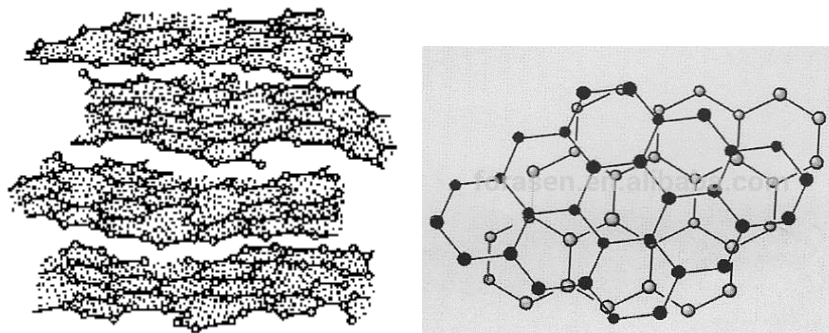
2.4.1 Struktur Fisik Karbon Aktif

Struktur dasar karbon aktif berupa struktur kristalin yang sangat kecil (mikrokristalin). Karbon aktif memiliki bentuk struktur amorf yang tersusun atas lapisan bidang datar dimana atom-atom karbon tersusun dan terikat secara kovalen dalam tatanan atom-atom heksagonal. Gambar 2.3 menunjukkan skema struktur karbon aktif. Setiap garis pada Gambar 2.3 menunjukkan lapisan atom-atom karbon yang berbentuk heksagonal dan adanya mikrokristalin dengan struktur grafit pada karbon aktif (Sudibandriyo, 2003).



Gambar 3 Ilustrasi Skema Struktur Karbon Aktif (Sudibandriyo, 2003)

Adanya lapisan atom-atom karbon berbentuk heksagonal dan adanya mikrokristalin pada karbon aktif ditunjukkan pada Gambar 3

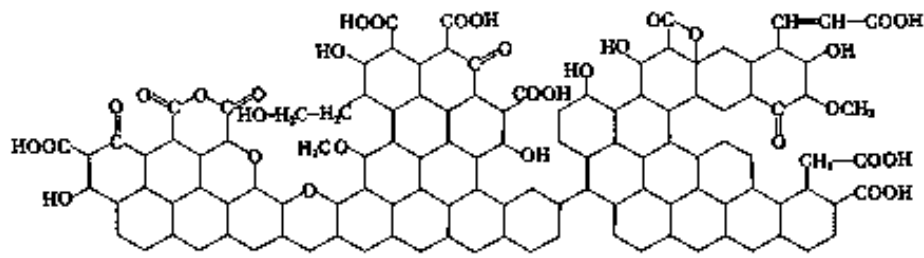


Gambar 4 (a) Lapisan Atom Karbon Heksagonal dan (b) Struktur mikrokristalin KA
(Sudibandriyo, 2003)

Umumnya karbon aktif berbentuk granular (butiran) dan serbuk. Karbon aktif berbentuk serbuk halus yang memiliki distribusi ukuran partikel 5-10 μm . Sedangkan karbon aktif berbentuk granular memiliki ukuran partikel 0,8-12 mm. Porositas karbon aktif terbentuk pada saat proses karbonisasi. pada karbon aktif terdapat 3 ukuran pori, yaitu mikropori ($< 2\text{nm}$). Mesopori (2 nm-50 nm), dan makropori ($> 50\text{ nm}$) (Marsh & Rodríguez-Reinoso, 2006). Selain itu, terdapat pula ukuran supermikropori (0,7-2nm) dan ultramikropori ($< 0,7\text{ nm}$).

2.4.2 Struktur Kimia Karbon Aktif

Selain terdiri dari atom karbon, karbon aktif mengandung sejumlah kecil hidrogen dan oksigen yang terikat pada gugus fungsi misalnya karboksil, fenol, dan eter. Gugus fungsi ini dapat berasal dari bahan baku karbon aktif. Selain itu, gugus fungsi pada karbon aktif juga terbentuk selama proses aktivasi. Oleh karena itu, adanya interaksi radikal bebas permukaan karbon dengan oksigen atau nitrogen yang berasal dari atmosfer, gugus fungsi ini menjadikan permukaan karbon aktif reaktif secara kimia dan dapat mempengaruhi sifat adsorbsinya. Struktur kimia karbon aktif dapat dilihat pada gambar 5



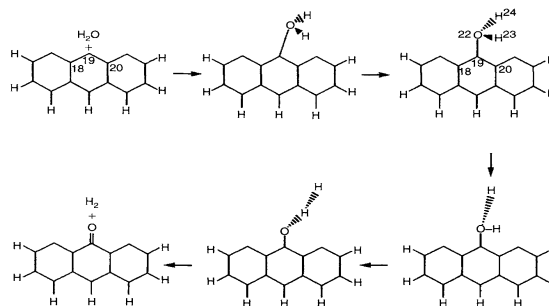
Gambar 5 Ilustrasi Struktur Kimia Karbon Aktif (Sudibandriyo, 2003)

2.4.3 Proses Pembuatan Karbon Aktif

Secara umum, proses pembuatan karbon aktif terdiri dari 3 tahap yaitu dehidrasi, karbonisasi dan tahap aktivasi

2.5.3.1 Tahap Dehidrasi

Dehidrasi merupakan proses penghilangan kandungan air yang terdapat dalam bahan baku karbon aktif dengan tujuan untuk menyempurnakan proses karbonisasi dan dilakukan dengan cara menjemur bahan baku dibawah sinar matahari atau memanaskannya dalam oven.



Gambar 6. Sintesis Karbon dengan Metoda Dehidrasi

2.4.3.2 Tahap Karbonisasi

Proses karbonisasi adalah salah satu proses termokimia yang dapat mengkonversi biomassa menjadi karbon. Proses karbonisasi merupakan salah satu

proses yang dipengaruhi oleh suhu yang nantinya akan menghasilkan KA yang dihasilkan. Tujuan karbonisasi adalah untuk menghilangkan senyawa-senyawa yang mudah menguap dalam bentuk unsur-unsur non karbon, hidrogen, dan oksigen. Karbonisasi juga merupakan proses pembakaran material organik pada bahan baku. Karbonisasi akan menyebabkan terjadinya dekomposisi material organik bahan baku dan pengeluaran pengotor. Sebagian besar unsur non-karbon akan hilang pada tahap ini. Pelepasan unsur-unsur yang volatil ini akan membuat struktur pori-pori mulai terbentuk/pori-pori mulai terbuka. Seiring karbonisasi, struktur pori awal akan berubah.

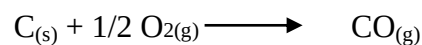
Karbonisasi dapat dihentikan bila tidak mengeluarkan asap lagi. Penambahan suhu diperlukan untuk mempercepat reaksi pembentukan pori. Namun, pembatasan suhu pun harus dilakukan. Suhu yang terlalu tinggi, seperti diatas 1000°C akan mengakibatkan banyaknya abu yang terbentuk sehingga menutupi pori-pori dan membuat luas permukaan berkurang dan daya adsorbsinya (Marsh & Rodríguez-Reinoso, 2006).

Proses pengarangan atau karbonisasi terdiri dari 4 tahap yaitu :

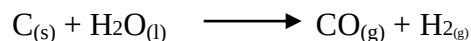
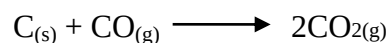
1. Tahap penguapan air terjadi pada suhu $100 - 105^{\circ}\text{C}$.
2. Tahap penguraian hemiselulosa dan selulosa menjadi larutan pirolignat terjadi pada suhu $200-240^{\circ}\text{C}$.
3. Tahap depolimerisasi dan pemutusan ikatan C – O dan C – C terjadi pada suhu $240 - 400^{\circ}\text{C}$. Selain itu lignin mulai terurai akan menghasilkan ter.
4. Tahap pembentukan lapisan aromatik yang terjadi pada suhu lebih dari 400°C dan lignin masih terurai sampai suhu 500°C , sedangkan pada suhu lebih dari 600°C terjadi proses pembesaran luas permukaan karbon. Selanjutnya pada suhu $500 -$

1000⁰C karbon dapat dimurnikan atau dijadikan sebagai karbon aktif.(Siahaan *et al.*, 2013).

Hasil karbonisasi berupa arang yang tersusun atas karbon dan berwarna hitam. Proses karbonisasi merupakan bagian dari proses pirolisis, yaitu pembakaran tanpa menggunakan oksigen. Adapun tujuannya ialah melepaskan zat terbang (*volatile matter*) yang terkandung dalam biomassa tersebut. *Volatile matter* terdiri dari metan, senyawa hidrokarbon, hidrogen dan nitrogen. Sementara karbon yang terkandung di dalam bahan akan tetap karena pembakaran dilakukan tanpa oksigen (O₂). Laju pembakaran arang tergantung pada laju reaksi antara karbon dan oksigen pada permukaan dan laju difusi oksigen pada lapis batas dan bagian dalam dari arang. Reaksi permukaan terutama membentuk CO. Diluar partikel CO akan bereaksi lebih lanjut membentuk CO₂. Pembakaran akan menyisakan material berupa abu. Karbon yang terkandung dalam arang akan bereaksi dengan oksigen pada permukaan membentuk CO menurut reaksi berikut :



Permukaan karbon juga bereaksi dengan karbondioksida dan uap air dengan reaksi reduksi sebagai berikut.



Selama proses karbonisasi, gas-gas yang bisa terbakar seperti CO, CH₄, CH₂, formaldehid, metana, asam formiat dan asam asetat serta gas yang tidak bisa terbakar seperti CO₂ dan H₂O akan dilepaskan (Mash & Rodríguez-Reinoso, 2006).

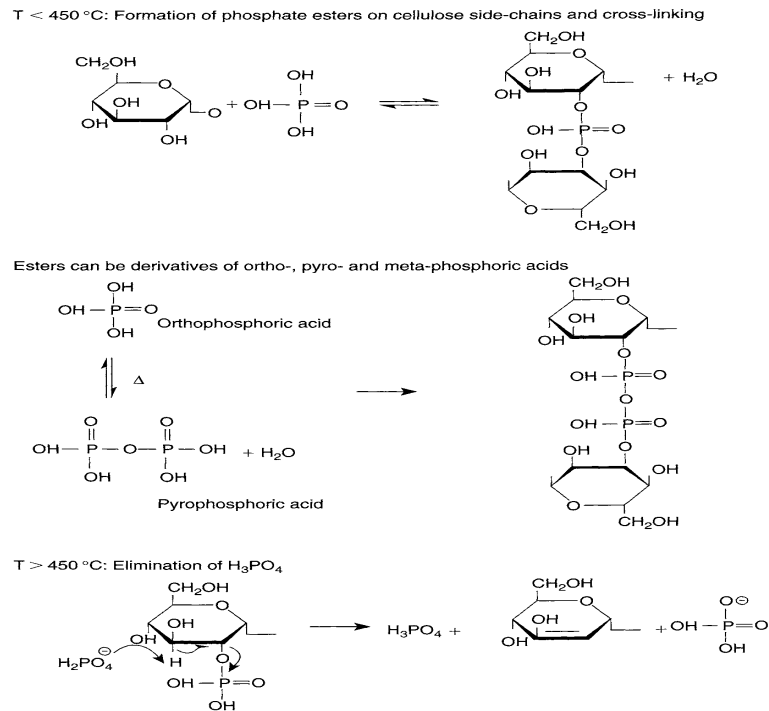
2.4.3.3 Tahap aktivasi

Pada proses karbonisasi, daya adsorpsi masih tergolong rendah karena terdapat residu yang menutupi permukaan pori dan pembentukan pori-pori belum sempurna. Maka dari itu, perlu dilakukan proses aktivasi pada karbon aktif untuk meningkatkan luas permukaan dan daya adsorpsi karbon aktif. Proses aktivasi adalah suatu proses yang dilakukan terhadap karbon atau arang yang bertujuan untuk memperbesar pori – pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Cobb, 2012).



Gambar 7 Karbon Aktif

Larutan yang dapat digunakan dalam proses pengaktifasian karbon adalah H_3PO_4 , ZnCl_2 , NaOH , dan lainnya.



Gambar 8 Mekanisme Asam Phosphat dengan Lignoselulosa

Penilaian kualitas KA dilakukan berdasarkan :

1. Ukuran

Meliputi : batangan, halus, atau pecah.

2. Sifat fisik

Meliputi : warna, bunyi, nyala, kekerasan, kerapuhan, nilai kalor, dan berat jenis.

3. Analisis KA

Meliputi : kadar air, kadar abu, karbon sisa, dan zat mudah menguap.

4. Suhu maksimum karbonisasi dan kemurnian KA.

Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas karbon adalah dengan cara dan proses pengolahan (Djarmiko *et al*, 1981). Menurut (Darmawan, 2000) penetapan kualitas KA umumnya dilakukan terhadap kombinasi sifat kimia dan fisika yaitu:

1. Sifat Fisika berupa kadar air

Kadar air merupakan kandungan air dalam KA dengan kondisi kering udara. Pada saat KA keluar dari tungku karbonisasi, kadar air yang terkandung sangat kecil, biasanya kurang dari 1%. Proses penyerapan air dari udara sangat cepat, sehingga dalam waktu singkat kadar air mencapai keseimbangan dengan udara sekitarnya. KA yang berkualitas baik yang dipasarkan adalah KA yang mempunyai kadar air 5-10 %.

2. Sifat Kimia, antara lain :

a. Kadar abu

Kadar abu merupakan jumlah sisa dari akhir proses pembakaran. Residu tersebut berupa zat-zat mineral yang tidak hilang selama proses pembakaran. Salah satu unsur utama abu adalah silika dan pengaruhnya kurang baik terhadap nilai kalor yang dihasilkan. Kadar abu setiap arang berbeda-beda tergantung jenis kayu, letak kayu dalam pohon, dan kandungan kulit kayu. KA yang baik mempunyai kadar abu sekitar 3%. Semakin rendah kadar abu maka akan semakin baik KA tersebut.

b. Kadar zat menguap

Zat mudah menguap adalah zat selain air, yaitu karbon terikat dan abu yang terdapat di dalam KA, yang terdiri atas cairan dan sisa yang tidak habis dalam proses karbonisasi. Kadar zat mudah menguap ini tergantung pada proses karbonisasi dan temperatur yang diberikan. Apabila proses karbonisasi lama dan temperatur karbonisasi ditingkatkan akan semakin menurunkan persentase kadar zat menguapnya.

c. Kadar karbon terikat (*fixed carbon*)

Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh kadar zat mudah menguap dan kadar abu. Semakin besar kadar zat menguap dan kadar abu maka akan menurunkan kadar karbon

terikat. Kadar karbon terikat dalam arang kayu berkisar 50-95 %. KA dari kayu yang berkulitas baik yang mempunyai kadar karbon terikat antara 70-80 %.

d. Nilai kalor bakar

Nilai kalor bakar adalah nilai panas yang ditimbulkan oleh KA akibat adanya reaksi pembakaran pada volume tetap. KA dengan nilai kalor bakar yang tinggi sangat disukai, baik untuk keperluan rumah tangga ataupun industri.

KA yang berkualitas harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Mempunyai kandungan karbon (*fixed carbon*) diatas 75%.
2. Cukup keras ditandai dengan tidak mudah hancur.
3. Kadar abunya tidak lebih dari 5%.
4. Kadar zat menguapnya tidak lebih dari 15%.
5. Kadar airnya tidak lebih dari 15%.
6. Tidak tercemar oleh unsur-unsur yang membahayakan atau kotoran lainnya.

2.5 Sekam Padi

Sekam padi merupakan salah satu limbah pertanian yang paling banyak dihasilkan. Secara global, padi dihasilkan sekitar 600 ton setiap tahunnya. Sekitar 20% adalah sekam padi yaitu sekitar 120 ton. Sebagian besar di suatu negara sekam padi dibuang begitu saja atau pun dihasilkan dengan cara dibakar. Setiap 1000 kg penggilingan padi, sekitar 220 kg (22%) sekam padi dihasilkan, dan sebagian nya lagi dihasilkan 55kg (25%) abu dalam proses pembakaran. Pada proses penggilingan padi menghasilkan sekam padi sekitar 20-30%, dedak 8-12% dan beras giling 50-63.5% dari berat awal gabah. Sekam padi memiliki persentase yang tinggi sehingga dapat

menimbulkan masalah lingkungan. Kandungan sekam padi dapat dianalisa pada tabel berikut ini.

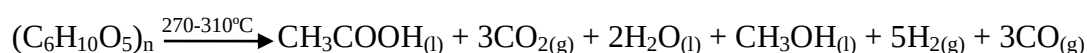
Tabel 2 Analisa Kandungan Sekam Padi

Komponen	% berat
Air	2,4-11,35
Crude protein	1,7-7,26
Crude karbohidrat	3,042-45,92
Ekstrak nitrogen berat	24,7-38,79
Crude fiber	31,37-49,92
Abu	13,16-29,01
Selulosa	34,34-43,80
Lignin	21,40-46,97

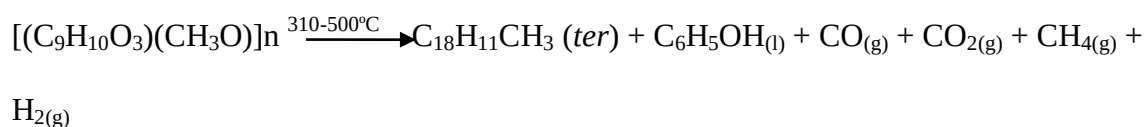
(Mohanta *et al.*, 2012)

Selulosa ketika didehidrasi pada suhu $< 250^{\circ}\text{C}$ dengan laju pemanasan lambat maka akan menghasilkan karbon, air, CO_2 , CO, dll. Dan apabila tingkat polimerisasinya rendah maka selulosa akan aktif dan ketika depolimerisasi dipanaskan pada suhu yang lebih dominan yaitu $300^{\circ}\text{C} < T < 450^{\circ}\text{C}$ maka akan menghasilkan hydrosugar (levoglucosan, dll.). Sedangkan pada selulosa yang aktif ketika difragmentasi pada suhu optimun yaitu sekitar 600°C maka akan menghasilkan karbonil, asam, alkohol, dll) (Kan, Strezov, & Evans, 2016). Kandungan selulosa sekam padi cukup besar sehingga mampu menghasilkan pembakaran yang merata dan konstan (Putri Miftakhul Rohmah, 2014).

Reaksi penguraian selulosa



Reaksi penguraian lignin





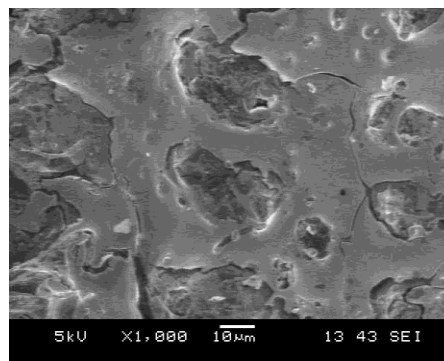
Gambar 9 Sekam Padi.

2.6 Karakterisasi Material Penyerap Gelombang Radar

2.6.1 *Scanning Elektron Microscopy* (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah suatu alat yang digunakan untuk mengetahui morfologi atau struktur mikro dari zat padat. Alat ini dilengkapi dengan detector disperse Energy (EDX) sehingga dapat digunakan untuk mengetahui elemen-elemen pada sampel (Ristiani & Zainuri, 2016).

Scanning Electron Microscope (SEM) juga merupakan salah satu tipe mikroskop elektron yang dapat menghasilkan resolusi tinggi dari gambaran suatu permukaan sampel. Prinsip kerja SEM yaitu dapat menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi yang tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas elektron sekunder ke arah elektron kesegala arah. Dari semua berkas elektron yang dipantulkan terdapat satu berkas elektron yang dipantulkan dengan intensitas yang tertinggi (Sujatno, *et al.*, 2015).



Gambar 10 analisis KA menggunakan SEM

2.6.2 *X-ray Diffraction (XRD)*

Karakterisasi XRD digunakan untuk menentukan struktur kristal menggunakan sinar-X. XRD memanfaatkan peristiwa difraksi sinar X saat melewati susunan atom (kristal) pada sampel. Sinar X digunakan karena dapat memenuhi syarat terjadinya difraksi yaitu memiliki panjang gelombang yang mendekati lebar kisi (dalam kasus ini jarak antar atom penyusun sampel) (Jahuddin, Ratnasari, Rabbani, & Khazai, 2014).

Jika seberkas sinar X ditembakkan ke padatan, sebagian dari sinar tersebut akan disebarkan ke segala arah oleh elektron dari atom atau ion yang terletak pada jalur datangnya sinar. Susunan atom yang tertentu dari kristal mengakibatkan sebaran sinar tersebut akan melewati jalur yang berbeda. Akibatnya, gelombang sinar tersebut memiliki fasa yang berbeda sehingga dapat terjadi interferensi saling meniadakan atau interferensi saling memperkuat yang akan menimbulkan sinar difraksi.

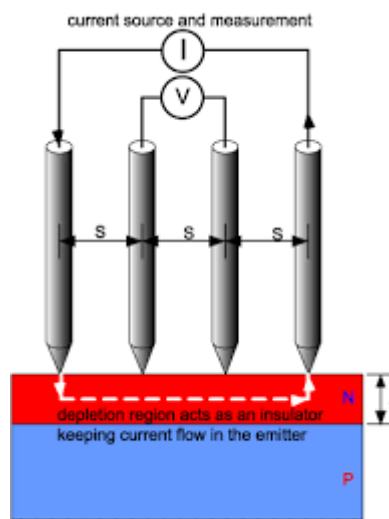
Dari hasil XRD ini dapat dilakukan karakterisasi secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif yaitu untuk mengetahui jenis kristal dengan cara membandingkan puncak-puncak difraktogram dengan data difraktogram standar. Sedangkan secara kuantitatif untuk mengetahui persen kristalinitas dengan cara membandingkan puncak tertinggi difraktogram sampel terhadap difraktogram standar pada nilai d (jarak antar unit sel) yang sama (Nakagaito, Iwamoto, & Yano, 2005).

2.6.3 *Four Point Probe (FPP)*

Four Point Probe (FPP) merupakan metoda yang paling banyak digunakan untuk mengukur resistivitas semikonduktor. Selain mengukur resistivitas suatu bahan alat ini juga sekaligus digunakan untuk mengukur resistansi, tebal, dan tipe suatu bahan.

Teknik *Four Point Probe* (FPP) dikembangkan oleh Wenner pada tahun 1996 yang digunakan untuk mengukur resistivitas Bumi (Mafahir, 2015).

Four Point Probe (FPP) terdiri dari empat ujung logam tungsten yang berjarak sama dengan jari-jari terbatas. Setiap ujung didukung dengan pegas untuk memeperkecil kerusakan pada saat penggunaan. Sebuah sumber arus impedansi tinggi digunakan untuk menyuplai arus melalui dua probe terluar, voltmeter digunakan untuk mengukur tegangan melewati dua probe terdalam untuk menentukan resistivitas sampel (Ilm Abdul, 2015).



Gambar 11. Skema Pengukuran Four Point Probe

Disebut probe empat titik, karena ada empat titik kontak yang disentuhkan pada permukaan sampel. Keempat titik kontak (probe) itu dibuat berderet dalam satu garis lurus dengan jarak antara probe diatur sedemikian rupa sehingga satu sama lain mempunyai jarak yang sama. Arus listrik yang konstan dialirkan sepanjang permukaan sampel melalui dua probe terluar. Jika sampel mempunyai resistansi, maka akan ada penurunan tegangan ketika arus mengalir sepanjang sampel tersebut. Perubahan

tegangan tersebut diukur melalui dua probe bagian dalam. Besar listrik yang menunjukkan kualitas konduktivitas bahan, seperti tegangan *output* dan *arus output* dapat ditentukan secara teliti dengan metoda *Four Point Probe* (Reka, 1982).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa

1. Suhu optimum karbon aktif pada proses karbonisasi yaitu suhu 300⁰C yang memiliki kadar air 1.99%, kadar abu 48.21%, kadar uap 8,9%, kadar karbon terikat 42,89%
2. Nilai konduktivitas listrik karbon aktif sekam padi sebelum aktivasi yaitu 12.7 x 10⁻⁶ Ω/cm dan nilai konduktivitas listrik sesudah aktivasi yaitu 0,127 Ω/cm.
3. Karbon aktif sekam padi termasuk kedalam bahan yang bersifat semikonduktor.
4. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa karbon aktif memiliki struktur amorf
5. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa karbon aktif setelah aktivasi memiliki pori-pori yang banyak dibandingkan dengan karbon aktif tanpa aktivasi

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan disarankan melakukan karakterisasi material penyerap gelombang radar menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahiduzzaman, M., & Sadrul Islam, A. K. M. 2016. Preparation of porous bio-char and activated carbon from rice husk by leaching ash and chemical activation. *SpringerPlus*, 5(1), 1248. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2932-8>
- Anggun Pradilla Sandi, A. 2014. Pengaruh Waktu Aktivasi Menggunakan H_3PO_4 terhadap Struktur dan Ukuran Pori Karbon Berbasis Arang Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*), 3(2), 115–120.
- Bhattacharya, P., Sahoo, S., & Das, C. K. 2012. Microwave absorption behaviour of MWCNT based nanocomposites in X-band region. *Express Polymer Letters*, 7(3), 212–223. <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2013.20>
- Binanipuram, P., & Kerala, O. 2016. Preparation and Characterization of activated carbon, 551–558.
- Caffarena VDR, Ogasawara T, Pinho MS, C. J. 2007. Synthesis and characterization of nanocrystalline $Ba_3Co_0.9Cu_{1.1}Fe_{24}O$ powder and its application in the reduction of radar cross section, (*matter Sci Pol* 25(3)), 857–884.
- Darmawan, H. 2000. Pengaruh Bahan Baku, Jenis Perekat dan Tekanan Kempa Terhadap Kualitas Briket Arang.
- Deriyana Tri Rahmawati. 2015. Variasi Penambahan Fe_3O_4 pada Paduan $Pani/Fe_3O_4$ Sebagai Bahan Penyerap Gelombang Mikro, 4, 1–5.
- Esterlita, N. H. 2015. Pengaruh Penambahan Aktivator $ZnCl_2$, KOH , dan H_3PO_4 dalam Pembuatan Karbon Aktif dari Pelepah Aren (*Arenga Pinnata*), 4(1).
- Fajrin, L. F. 2015. Pengaruh Karbon Bambu Betung Terhadap Peyerapan Gelombang Mikro (8-12 GHz) Bahan Magnetic (Fe_3O_4).
- Folgueras, L. de C., Alves, M. A., & Rezende, M. C. 2010. Microwave absorbing paints and sheets based on carbonyl iron and polyaniline: Measurement and simulation of their properties. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 2(1), 63–70. <https://doi.org/10.5028/jatm.2010.02016370>
- Ghasemi, A., Hossienpour, A., Morisako, A., Liu, X., & Ashrafizadeh, A. 2008. Investigation of the microwave absorptive behavior of doped barium ferrites. *Materials and Design*, 29(1), 112–117.
- Ilm Abdul, I. 2015. *Pengaruh Suhu Subtrat Terhadap Sifat-Sifat Listrik Bahan Semikonduktor Lapisan Tipis Pbs, Pbte Hasil Preparasi dengan Teknik Vakum Evaporasi*. Yogyakarta.
- Jahuddin, Ratnasari, Rabbani, & Khazai. 2014. Karakterisasi CuO menggunakan SEM, EDS, XRD DAN FTIR.
- Kan, T., Strezov, V., & Evans, T. J. 2016. Lignocellulosic biomass pyrolysis: A review