

## STUDI KOMPARATIF ARANG AKTIF LIMBAH BIOMASSA SEBAGAI RADAR ABSORBING MATERIAL (RAM)

**Dinda Khoirun Nisa<sup>1</sup>, Yayat Ruyat<sup>2</sup> dan Wahyu Widanarto<sup>3</sup>**

1. Program Studi Magister Teknologi Persenjataan, Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan RI, Kawasan IPSC Sentul, Bogor, Jawa Barat, 16810, Indonesia
2. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah, 53122, Indonesia  
E-mail: dinda.nisa@tp.idu.ac.id

### Abstrak

*Stealth technology (teknologi siluman) merupakan salah satu teknologi yang sedang dikembangkan untuk menghilangkan jejak RADAR dari musuh. Spektrum yang digunakan dalam teknologi ini yaitu pada rentang gelombang mikro (8 – 12 GHz). RAM (Radar Absorbing Material) merupakan salah satu rekayasa yang dapat digunakan dalam perancangan teknologi siluman. Salah satu bahan yang berpotensi untuk dijadikan RAM adalah arang aktif sebagai bahan dielektrik. Dalam tulisan ini dilakukan studi komparatif terkait arang aktif dari beragam limbah biomassa, seperti jerami gandum, sekam padi, sekam, loofah, ampas tebu, kulit jeruk bali, kulit nangka, batok kelapa, dan semangka. Tiap arang aktif dari bahan baku berbeda akan mendapatkan nilai frekuensi dan daya serap yang berbeda. Sekam padi dan loofah merupakan limbah biomassa yang berpotensi untuk dijadikan sebagai RAM karena memiliki daya serap yang baik dan frekuensi yang sesuai dengan teknologi siluman ini.*

**Kata kunci:** teknologi siluman; RAM; studi komparatif; biomassa

### Abstract

*Stealth technology is one of the technologies being developed to eliminate RADAR traces from the enemy. The spectrum used in this technology is in the microwave range (8-12 GHz). RAM (Radar Absorbing Material) is one of the techniques that can be used in the design of stealth technology. One material that has the potential to be used as RAM is activated charcoal as a dielectric material. In this paper, a comparative study is conducted on activated charcoal from various biomass wastes, such as wheat straw, rice husk, chaff, loofah, bagasse, grapefruit peel, jackfruit peel, coconut shell, and watermelon. Each activated charcoal from different raw materials will have different frequency and absorption values. Rice husk and loofah are biomass wastes that have the potential to be used as RAM because they have good absorption and frequencies that are suitable for this stealth technology.*

**Keywords:** stealth technology; RAM; comparative studies; biomass

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi terkait pemanfaatan gelombang elektromagnetik saat ini telah meluas diberbagai bidang di antaranya telekomunikasi, elektronik, militer, dan sipil. Pada bidang pertahanan militer, RADAR (*Radio Detection and Ranging*) yang merupakan salah satu gelombang elektromagnetik digunakan untuk mendeteksi target musuh dengan cara memantulkan sinyal datang gelombang [1]. Dahulu, RADAR memiliki kekurangan, yaitu gelombang elektromagnetik yang dipancarkan akan terpancar di dalam gelombang yang tidak terputus-putus. Hal ini menyebabkan RADAR

mampu mendeteksi kehadiran suatu benda, akan tetapi tidak pada lokasi yang tepat. Terobosan pun akhirnya terjadi pada tahun 1936 dengan pengembangan RADAR berdenyut (*pulsed*). RADAR berdenyut ini rupanya mampu memutus sinyal secara berirama sehingga memungkinkan untuk mengetahui kecepatan dan arah yang tepat mengenai target melalui ukuran antar gema [2].

*Stealth Technology* (teknologi siluman) merupakan salah satu teknologi yang sedang dikembangkan dibidang militer untuk menghilangkan jejak dari musuh. Implementasi teknologi ini biasanya digunakan pada pesawat tempur, kapal, dan rudal dengan membuat

peralatan tidak terlihat ke radar yang sedang bekerja. Secara sederhana, teknologi siluman ini tidak terdeteksi oleh radar. Rekayasa dalam pembuatan teknologi siluman ini yaitu dengan mendesain pada bagian sudut pesawat dan dengan pelapisan bagian pesawat menggunakan RAM (*Radar Absorbing Material*) [3]. Desain geometri dilakukan dengan cara memanipulasi bentuk kapal atau pesawat sehingga pantulan gelombang radar tidak dapat ditangkap oleh receiver. Pelapisan dengan menggunakan RAM dilakukan untuk mentransformasi energi gelombang elektromagnetik menjadi disipasi panas. Umumnya pelapisan ini merupakan cara yang lebih mudah dengan cara melapisakan RAM pada obyek dengan ketebalan tertentu [4].

RAM merupakan suatu bahan penyerap gelombang elektromagnetik yang memiliki sifat penyerap magnetik dan dielektrik yang diperoleh dari dua bahan yang berbeda [5]. Gelombang elektromagnetik apabila mengenai suatu bahan maka kemungkinan akan mengalami refleksi (pemantulan), transmisi (diteruskan), atau absorpsi (diserap). Mekanisme penyerapan gelombang elektromagnetik pada RAM yaitu dengan penyerapan energi magnet oleh bahan magnetik dan penyerapan energi listrik oleh bahan dielektrik. Energi yang berasal dari gelombang elektromagnetik tersebut akan ditransformasikan dalam bentuk disipasi panas melalui mekanisme polarisasi dipol-dipol magnetik sehingga tidak ada gelombang yang direfleksikan [4]. Bahan yang dapat digunakan sebagai RAM biasanya dari golongan logam, ferit, polimer konduktif, dan bahan dielektrik. Idealnya, RAM harus tipis, ringan, memiliki stabilitas termal yang tinggi, tahan terhadap korosi, memiliki daya hantar listrik dan magnet yang baik [6].

*Reflection loss* ( $R_L$ ) merupakan variabel yang menunjukkan seberapa besar gelombang elektromagnetik yang terserap. Untuk dapat mengetahui nilai  $R_L$  dari suatu material penyerap gelombang maka berikut merupakan persamaan yang dapat digunakan [7].

$$R_L = 20 \log|S_{11}| \quad (1)$$

dengan  $S_{11}$  merupakan koefisien refleksi yang didapatkan dari hasil pengujian alat VNA. Adapun hubungan antara daya serap gelombang dengan  $R_L$  ditunjukkan seperti pada tabel berikut :

Tabel 1. Hubungan antara daya serap dan *reflection loss* ( $R_L$ )

<i>Reflection Loss</i> (-dB)	Daya Serap (%)
1	20,57
2	36,90
3	49,88
4	60,19
5	63,38
6	74,88
7	80,05
8	84,15
9	87,41
10	90,00
11	92,06
12	93,69
13	94,99
14	96,02
15	96,84
16	97,49
17	98,00
18	98,42
19	98,74
20	99,00

Material karbon dengan berbagai macam bentuk seperti *carbon nanotubes* (CNT), *carbon nanofiber* (CNF), *carbon foams*, grafena, dan karbon aktif (arang aktif) telah banyak digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan material peredam gelombang mikro [8]. Karakteristik karbon sesuai dengan kriteria material penyerap sehingga dapat dijadikan sebagai bahan penyusun RAM . Selain itu material karbon memiliki nilai kerapatan rendah, sumber daya bahan baku yang melimpah, persiapan mudah, dan biaya yang relatif rendah sehingga mendapat perhatian intensif [9] Keberadaan struktur berpori dalam karbon juga dapat membuat penyerapan gelombang menjadi lebih baik karena ketika ada gelombang mikro yang melewati bahan karbon maka gelombang tersebut tidak langsung dipantulkan kembali, akan tetapi akan diteruskan untuk masuk ke dalam pori sehingga gelombang akan rusak dan kehabisan energi [10].

Arang aktif merupakan salah satu material karbon yang memiliki struktur morfologi berpori. Pori yang terkandung dalam arang aktif membuatnya dapat diaplikasikan sebagai pemurnian minyak, elektroda superkapasitor, elektroda baterai sekunder, dan

penyerap gelombang [8]. Arang aktif dapat dibuat dengan metode yang mudah dan murah, yaitu berasal dari bahan alam yang mengandung lignoselulosa. Bahan alam yang dapat dijadikan sebagai bahan baku arang aktif di antaranya seperti kayu, tempurung kelapa, limbah pengolahan kayu, limbah batu bara, limbah pertanian seperti kulit buah kopi, kulit buah coklat, jerami, tongkol pelepah jagung, dan sekam padi [11]. Pembuatan RAM dari arang aktif biomassa telah banyak dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkomparasikan tingkat penyerapan pada beberapa biomassa dari penelitian yang menjadikan arang aktif sebagai RAM (bahan penyerap gelombang elektromagnetik).

## METODE

Penelitian ini disusun dengan metode *Systematic Literature Review* (SLR) di mana metode ini merupakan metode pencarian dan pengumpulan data dari literatur nasional maupun internasional. Literatur diakses dari basis data *Google Scholar*, *Science Direct* dan situs lainnya dengan kriteria inklusif. Kata kunci yang digunakan dalam mencari jurnal, yaitu arang aktif biomassa, RAM, dan RADAR. Adapun tahapan dalam pendekatan SLR secara garis besar terbagi menjadi 3, yaitu: 1) Perencanaan, dalam penulisan jurnal mengacu pada rumusan masalah yang telah diuraikan pada bagian pendahuluan. Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data sekunder yang diperoleh melalui studi literatur, buku, ataupun artikel-artikel ilmiah yang berkaitan; 2) Pelaksanaan, penerapan metode SLR dapat membantu pencarian sumber. Pada tahap pencarian sumber referensi harus mencari sumber yang relevan; 3) Pelaporan, tahap akhir dalam pendekatan SLR yaitu menganalisa hasil referensi artikel yang telah dicari. Kemudian, hasil tersebut dibuat dalam bentuk tulisan pada pembahasan tinjauan literatur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil merupakan bagian utama artikel ilmiah, berisi : hasil bersih tanpa proses analisis data, hasil pengujian hipotesis. Hasil dapat disajikan dengan tabel atau grafik, untuk memperjelas hasil secara verbal

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang merambat tanpa memerlukan media untuk perambatannya. Gelombang elektromagnetik membawa muatan energi

listrik dan magnet yang keduanya saling tegak lurus. Spektrum gelombang elektromagnetik mencakup rentang frekuensi yang lebar. Sinar gamma, sinar-x, ultraviolet, sinar tampak, inframerah, gelombang mikro, dan gelombang radi merupakan contoh-contoh gelombang elektromagnetik. Seiring perkembangan zaman, pemanfaatan gelombang elektromagnetik mencakup banyak bidang, meski disamping itu tetap memberikan dampak negatif seperti mengganggu kesehatan manusia [11].

Dalam dunia militer gelombang elektromagnetik (RADAR) dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi keberadaann sasaran. Berkembangnya sistem radar justru menciptakan teknologi yang mampu memblokir dan mengurangi radiasi yang dipantulkan untuk menghindari atau membingungkan deteksi musuh. RAM merupakan salah satu teknologi yang dimaksud untuk mengelabui musuh dengan tujuan utamanya adalah mereduksi gelombang pantulan atau memantulkan gelombang ke arah yang berbeda dengan sumbernya. Untuk mengetahui kemampuan serapan RAM maka dapat dilihat dari nilai *reflection loss* ( $R_L$ ). Berikut merupakan sajian data RAM dari beberapa limbah biomassa yang didapatkan.

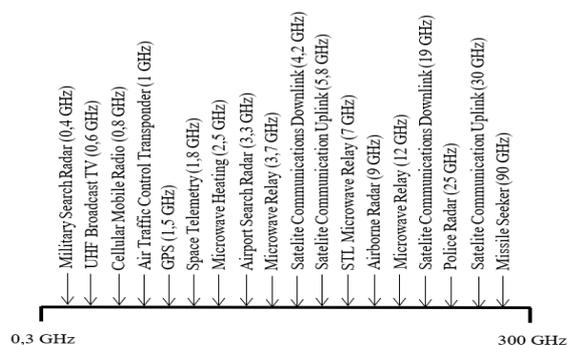
Tabel 2. Kinerja penyerapan gelombang radar dari arang aktif berbahan dasar limbah biomassa

Biomassa	<i>Reflection Loss</i> ( $R_L$ )	Frekuensi (GHz)	Lebar Pita Penyerapan (GHz)	Tebal (mm)
Jerami Gandum	-43.6	7.1	2.8 (5.8-8.6)	4.7
Sekam Padi	-43.0	13.36	3.68 (11.4-15.12)	1.5
Sekam	-14.58	1.91	0.95 (1.46-2.41)	4
Loofah	-44.8	10.67	4.69 (9.21-13.9)	2.7
Ampas Tebu	-48.2	15.6	5.1 (12.9-18)	1.9
Kulit Jeruk Bali	-47.9	4.32	4 (14-18)	1.5
Kulit Nangka	-23	17.1	1.9 (16.1-18.0)	5.5

Batok Kelapa	-30.6	13.9	5.1 (11.8-16.9)	2.25
Semangka	-37.2	13.8	5.72 (12.28-18.0)	2.0

Akhir-akhir ini pemanfaatan limbah biomassa telah menarik perhatian peneliti untuk dimanfaatkan sebagai bahan penyerapan dan perlindungan dari gelombang radar karena sifatnya yang terbarukan dan ramah lingkungan. Limbah biomassa merupakan bahan yang mengandung karbon berkelanjutan dengan jumlah melimpah di alam, akan tetapi belum dimanfaatkan dengan baik. Padahal, [12] Pembuatan RAM dengan limbah biomassa ini sedang banyak dilakukan sebagai upaya pengolahan limbah agar dapat bermanfaat bagi lingkungan dan dapat meningkatkan nilai ekonomi masyarakat. Adapun jenis limbah biomassa yang baik untuk dapat dijadikan sebagai arang aktif adalah yang memiliki kandungan lignoselulosa (lignin, selulosa, hemiselulosa) yang tinggi.

Tabel 2 yang telah disajikan di atas merupakan data hasil pengukuran dari beberapa limbah biomassa yang telah dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif dan didapatkan hasil yang berbeda-beda. Dilihat dari frekuensinya, pemanfaatan gelombang mikro dalam kehidupan sehari-hari bergantung pada frekuensi yang digunakan. Beberapa kegunaan gelombang mikro seperti pada perangkat komunikasi, radar, pemanas gelombang mikro, dan medis. Berikut merupakan gambar spektrum gelombang mikro.



Gambar 1. Spektrum gelombang mikro

Pemanfaatan gelombang mikro dalam militer adalah untuk mencari operasi suatu radar pada frekuensi 450 MHz, siaran televisi UHF pada 470-870 MHz, dan pita telepon seluler

pada 900 MHz. Lebih dari itu, berkisar antara 1-2 GHz gelombang mikro digunakan dalam lalu lintas angkasa dan troposcatter. Pada peralatan pemanas seperti kompor microwave, frekuensi yang digunakan sebesar 2,45 GHz. Gelombang mikro di atas 3 GHz digunakan pada bandara, saluran telepon, dan saluran televisi lintas negara. Komunikasi satelit downlink pada 4 GHz dan uplink pada 6 GHz. Kemudian untuk kisaran 7 GHz digunakan pada STL yang memancarkan radio dan televisi, 10 GHz untuk meneruskan sambungan pita telepon, 20 GHz untuk downlink komunikasi satelit, 30 GHz untuk frekuensi uplink yang sesuai.

Radar pencari peluru atau proyektil menggunakan pita frekuensi sebesar 94 GHz. Adapun *stealth technology* (teknologi siluman) yang merupakan tinjauan pada penelitian ini menggunakan lebar pita frekuensi pada rentang *X-band*, yaitu berkisar antara 8 – 12 GHz. Sajian mengenai beberapa daerah jangkauan lebar pita frekuensi yang telah ditetapkan secara internasional dalam *International Telecommunication Union Radiocommunication Sector (ITU-R)* terkait gelombang mikro, yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. Pembagian daerah frekuensi gelombang mikro [13]

Penamaan	Rentang frekuensi (GHz)
L	1,22 – 1,70
R	1,70 – 2,60
S	2,60 – 3,95
H	3,95 – 5,85
C	5,85 – 8,20
X	8,20 – 12,4
Ku	12,4 – 18,0
K	18,0 – 26,5
Ka	26,5 – 40,0
U	40,0 – 60,0
E	60,0 – 90,0
F	90,0 – 140,0
G	140,0 – 220,0

Menyesuaikan tabel di atas maka dalam pemanfaatan untuk RAM adalah biomassa sekam padi dan loofah, yaitu masing-masing memiliki frekuensi sebesar 13.36 GHz dan 10.67 GHz. Namun, tidak menutup kemungkinan bahwasanya jerami gandum dan batok kelapa juga dapat menyerap frekuensi

pada *X-band* karena rentang frekuensi yang dihasilnya berkisar mendekati pita tersebut.

### SIMPULAN DAN SARAN

Bahan karbon memiliki keunggulan dalam penyerapan gelombang elektromagnetik karena kepadatannya yang rendah, luas permukaan yang besar, konduktivitas yang sangat baik, dan memiliki sifat dielektrik. Dalam dunia militer bahan karbon sedang banyak dikembangkan dalam pelapisan teknologi siluman, salah satunya adaah arang aktif. Pembuatan arang dapat menggunakan limbah biomassa yang ramah lingkungan, seperti jerami gandum, sekam padi, sekam, loofah, ampas tebu, kulit jeruk bali, kulit nangka, batok kelapa, dan semangka. Semua biomassa ini berpotensi untuk dapat dijadikan bahan baku pembuatan arang yang baik. Diantara material biomassa yang paling potensial sebagai RAM adalah sekam padi dan loofah karena kualifikasi frekuensi yang sama dengan radar teknologi siluman yaitu 8 – 12 GHz.

### DAFTAR PUSTAKA

- 1 Seo I, Chin W, Lee D. 2004. Characterization of Electromagnetic Properties of Polymeric Composite Materials with Free Space Method. *Compos Struct.* **66**(1–4): 533.
- 2 Faruq AHA, Sutrisno I, Iskandar, Suwondo. I, Wiratno D. 2022. Optimalisasi Pemasangan Radar Untuk Memperbaiki dan Mengurangi Bahaya Kegagalan Navigasi di Atas Kapal. *J. Kewarganegaraan.* **6**(2): 3926.
- 3 Taryana Y, Manaf A, Sudrajat N, Wahyu Y. 2019. Material Penyerap Gelombang Elektromagnetik Jangkauan Frekuensi Radar. *J. Keramik dan Gelas Indones.* **28**(1): 1.
- 4 Saville P. 2005. Review of Radar Absorbing Materials Defence R & D Canada – Atlantic. *Def. Res. Dev. Canada.* (January): 62.
- 5 Kong I, Ahmad SH, Abdullah MH, Hui D, Yusoff AN, Puryanti D. 2010. Magnetic and microwave absorbing properties of magnetite–thermoplastic natural rubber nanocomposites. *J. Magn. Magn. Mater.* **322**(21): 3410.
- 6 Ruiz-Perez F, López-Estrada SM, Tolentino-Hernández R V., Caballero-Briones F. 2022. Carbon-based radar absorbing materials: A critical review. *J. Sci. Adv. Mater. Devices.* **7**(3): .
- 7 Gunanto YE, Jobiliong E, Adi WA. 2016. Microwave absorbing properties of Ba<sub>0.6</sub>Sr<sub>0.4</sub>Fe<sub>12-z</sub>Mn<sub>z</sub>O<sub>19</sub> (z = 0-3) materials in XBand frequencies. *J. Math. Fundam. Sci.* **48**(1): 55.
- 8 Zhang H, Wang B, Feng A, Zhang N, Jia Z, Huang Z, Liu X, Wu G. 2019. Mesoporous carbon hollow microspheres with tunable pore size and shell thickness as efficient electromagnetic wave absorbers. *Compos. Part B Eng.* **167**: 690.
- 9 XU D-B, WANG Q-J, WU Y-C, YU G-H, Shen Q, HUANG Q-W. 2012. Humic-Like Substances from Different Compost Extracts Could Significantly Promote Cucumber Growth. *Pedosphere.* **22**(6): 815.
- 10 Liu J, Fang D, Liu X. 2007. A shear horizontal surface wave in magnetoelectric materials. *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control.* **54**(7): 1287.
- 11 Asano N, Nishimura J, Nishimiya K, Hata T, Imamura Y, Ishihara S. 1999. Formaldehyde Reduction in Indoor Environments by Wood Charcoals. *Wood Res. Bull. Wood Res. Inst. Kyoto Univ.* **86**(1999-09–30): 7.
- 12 Cheng B-H, Huang B-C, Zhang R, Chen Y-L, Jiang S-F, Lu Y, Zhang X-S, Jiang H, Yu H-Q. 2020. Bio-coal: A renewable and massively producible fuel from lignocellulosic biomass. *Sci. Adv.* **6**: 1.
- 13 Oktafiana T. The Analysis of Phase, Magnetic Proprties, and Microwave Absobtion in Magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) Powder and Type I Portland Cemenr Materials. Institute of Technology Sepuluh Nopember.