



Pengaruh Penggunaan Komposit –Rami Sebagai Penyerap Gelombang Radar Pada *Stealth Technology*

Gayuh Pangestu Putri¹, Eddy Triyono², Budi Basuki S.³, Abu Hasan⁴,
Slamet Widodo⁵, Suhendro⁶

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri
Semarang, 50275, Indonesia

e-mail : gayuhpangestuputri@gmail.com

Abstrak— *Stealth technology* (teknologi siluman) merupakan salah satu teknologi yang digunakan untuk menghilangkan jejak dari deteksi RADAR musuh dengan cara memperkecil RADAR Cross Section (RCS) pada target. Salah satu cara untuk memperkecil nilai RCS dapat menggunakan RADAR Absorber Material (RAM). maka dari itu munculah Inovasi membuat teknologi siluman dengan menggunakan material komposit ekonomis bersifat dielektrik berbahan rami dengan campuran bahan komposit serbuk Alumina (Al_2O_3) dan Resin Epoxy kemudian disebut dengan Komposit-Rami. Oleh karena itu, pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai reflection loss Komposit-Rami dalam menyerap gelombang RADAR. Pengujian dilakukan pada rentang frekuensi 2 sampai 12 GHz dikarakterisasi dengan Vector Network Analyzer (VNA) menggunakan S-Parameter (S_{11}). Dari hasil penelitian Komposit-Rami dengan ketebalan 5mm paling efektif untuk digunakan sebagai RADAR Absorber Material (RAM) dengan penyerapan optimum pada frekuensi S-Band sebesar -15,158 dB, C-Band sebesar -16,398 dB dan X-Band sebesar -23,135 dB. sedangkan dari tiga band frekuensi tersebut, nilai reflection loss yang tertinggi dan optimum terdapat pada frekuensi X-Band dengan ketebalan 5mm yaitu sebesar -23,135 dB dengan Lebar pita penyerapan 1000 MHz dan memiliki persentase penyerapan sebanyak 93,1 %. Sehingga Komposit-Rami sangat efektif digunakan sebagai RAM pada frekuensi X-Band.

Kata Kunci— *Stealth technology, RADAR Cross Section, Reflection loss*

I. PENDAHULUAN

RADAR (*Radio Detection and Ranging*) merupakan alat atau fasilitas untuk mendeteksi, mengukur jarak dan membuat map benda-benda seperti pesawat terbang, berbagai kendaraan bermotor dan informasi cuaca menggunakan pancaran gelombang elektromagnetik dengan rentang frekuensi VHF (*Very High Frequency*) sampai EHF (*Extremely High Frequency*). Keefektifan sistem RADAR untuk dapat mendeteksi target sangat bergantung pada *RADAR Cross Section* (RCS) yaitu berupa daerah target yang memantulkan sinyal datang^[4]. Dalam dunia pertahanan militer, RADAR banyak digunakan untuk mendeteksi target musuh. Untuk mengantisipasi hal tersebut sistem *Stealth Technology* (teknologi siluman) patut dikembangkan karena sistem tersebut merupakan salah satu teknologi yang digunakan untuk menghilangkan jejak dari musuh. Untuk mengoptimalkan sistem *Stealth Technology*, RCS target harus seminimal mungkin dapat terbaca oleh RADAR.

Salah satu cara meminimalkan RCS dapat menggunakan metode RAM (*RADAR Absorbing Material*) yaitu pelapisan pada objek untuk mereduksi energi gelombang elektromagnetik yang diterima oleh target dengan cara mengubah gelombang elektromagnet yang dipancarkan RADAR menjadi energi panas^[1]. Sehingga pada penelitian ini, mengoptimalkan serapan gelombang RADAR dilakukan pembuatan *coating material* yang bersifat *dielectric absorber* dari serat Rami dengan serbuk Alumina (Al_2O_3) dan Resin Epoxy yang disebut sebagai komposit-rami.

Dalam *RADAR Absorbing Material* (RAM), ada beberapa parameter harus diperhatikan. Diantaranya, berat, ketebalan, penyerapan gelombang mikro, ketahanan lingkungan dan kekuatan mekanik sangat penting^[3]. Rami dijadikan sebagai pengisi potensial karena memiliki sifat tarik paling kuat dan stabil yaitu 5,5 g/den, serta memiliki ketahanan dalam panas jika dibandingkan dengan serat lainnya (Mulyawan, 2015) begitu juga dengan Alumina (Al_2O_3) memiliki sifat ringan, anti karat, dan konduktif^[6].

Untuk mendefinisikan hilangnya energi gelombang elektromagnetik setelah mengenai suatu material digunakan besaran rugi refleksi (*Reflection Loss*). Semakin besar nilai minimum rugi refleksi, maka kemampuan serapan material semakin baik. Koefisien refleksi (Γ) merupakan rasio perbandingan antara gelombang pantul terhadap gelombang datang. Penelitian ini merujuk pada sistem *Stealth Technology* menggunakan *dielectric absorber* Komposit-Rami yaitu terdiri atas bahan komposit berupa Alumina (Al_2O_3) dan oleh Resin Epoxy serta serat rami. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian *reflection loss* yang optimum yaitu berupa besar daya yang dapat diserap oleh komposit dengan memperhatikan struktur pelapisan dan variasi ketebalan pelapisan.

II. LANDASAN TEORI

A. *Stealth Technology*

Stealth Technology merupakan suatu sistem yang biasanya diimplementasikan pada pesawat tempur yang memiliki kemampuan untuk menghindari pendeteksian, baik deteksi secara visual, audio, sensor panas, maupun gelombang radio. Secara visual, pesawat lebih sulit untuk terlihat bila mempunyai warna yang sama dengan warna latar belakangnya (kamouflase). Secara audio, tentunya berusaha untuk membuat pesawat semakin tenang. Secara sensor panas, pesawat biasanya dideteksi dari panas yang timbul dari badannya atau dari temperatur udara di sekelilingnya dan secara gelombang radio adalah dengan cara mencegah gelombang radio dari RADAR tidak terpantul dari badan pesawat dan kembali ke RADAR dengan menggunakan *RADAR Absorber Material* (RAM). *Stealth Technology* pada dasarnya berkaitan dengan pengurangan RCS / *Signatures* dan pengamatan pesawat, sehingga memberikan kemampuan pada pesawat untuk menghindari sistem pertahanan udara musuh.^[6]

B. *RADAR Absorbing Material* (RAM)

RADAR Absorbing Material (RAM) merupakan metode pelapisan yang diterapkan untuk mereduksi energi gelombang Elektromagnetik yang diterima oleh target. Material RAM dapat mengubah gelombang elektromagnet yang dipancarkan RADAR menjadi energi panas dengan kemampuan magnetik dan/atau dielektriknya. Mekanisme penyerapan oleh material magnetik diawali dengan konversi energi gelombang EM dalam proses pergerakan dipol magnetik sehingga timbul perputaran medan magnet material. Perputaran medan magnet searah dengan

medan magnet yang diberikan dari luar material dapat berperan pada proses penyerapan gelombang^[3]

1) *Sifat Dielektrik*

Muatan dominan atom dan molekul bahan dielektrik adalah positif dan negatif, yang disimpan pada posisi yang sama oleh gaya atom dan molekul, dan tidak bebas untuk terlepas. Namun, setelah menerapkan medan listrik ke bahan dielektrik pembentukan beberapa dipol listrik terjadi, yang menyelaraskan diri sesuai dengan orientasi medan listrik yang diterapkan.

pada Gambar 2.1 menjelaskan radiasi insiden yang diserap, ditransmisikan atau dipantulkan kembali (refleksi internal). Ketika gelombang elektromagnetik menimpa permukaan yang dilapisi dengan RAM, radiasi yang terjadi tidak akan langsung terserap sepenuhnya. Atenuasi gelombang mikro pada suatu RAM bisa terjadi mekanisme pelemahan yang sangat kompleks dan berbeda. Persamaan 2.1 dan 2.2 menunjukkan komponen-komponen dari distribusi energi kejadian di dalam material^[3]

$$E_i = E_a + E_t + E_r \dots\dots\dots(2. 1)$$

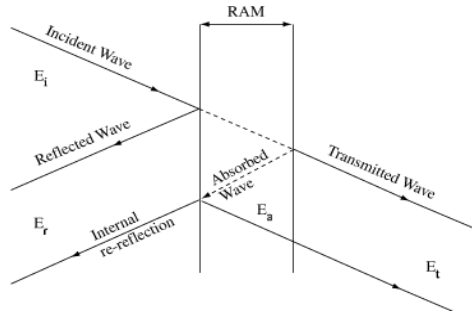
Keterangan:

- E_i = Energi kejadian
- E_a = Energi yang diserap
- E_t = Energi yang ditransmisikan
- E_r = Energi yang dipantulkan

Redaman dinyatakan menurut Persamaan 2.2. Parameter ini dinyatakan dalam dB.

$$Attenuation (dB) = 10 \log E_r / E_i \dots\dots\dots(2. 2)$$

Gambar 1 memperlihatkan Jalur gelombang elektromagnetik pada material [3]



Gambar 1 Jalur gelombang elektromagnetik pada material^[3]

Untuk menentukan tebal yang digunakan sebagai bahan penyerap dapat menggunakan persamaan 2.3

$$d = \frac{1}{z_0 \sigma} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

- Z_0 = impedansi bebas
- Z_m = impedansi lapisan
- d = ketebalan komposit
- y = propagasi konstant
- σ = Konduktivitas bahan

2) Rami (*Boehmeria Nivea*)

Serat rami mempunyai kekuatan tarik yaitu 5,5 g/den, mempunyai mulur paling kecil yaitu 5%. Sifat fisik rami yang paling kuat dan stabil tersebut mengindikasikan sifat super molekuler yang baik. Sifat fisik rami dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1
Sifat fisik/mekanik serat rami

Kekutan (g/den)	Mulur (%)	Moisture Regain (%)
5,5	5	6

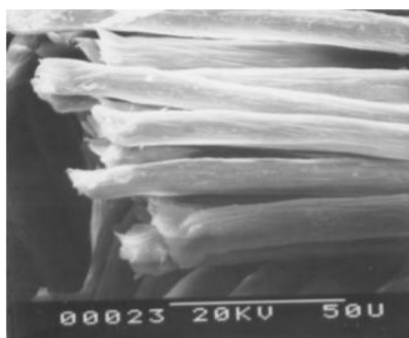
Berdasarkan data pada Tabel 2.1 sifat fisika atau mekanika dan sifat termalnya maka serat rami paling cocok untuk dijadikan sebagai salah satu bahan dalam pembuatan komposit yang solid, kuat, dan stabil. ^[5]

Pengujian termomekanika pada rami yang dimaksudkan untuk mengetahui perubahan Panjang (mulur dan mengkerut) dengan suhu 30°C sampai 250°C dengan kecepatan pemanasan 10°C/menit. Data pengujian termomekanika serat rami disajikan pada Tabel 2 merupakan hasil pengujian kekuatan serat rami pada beberapa suhu. ^[5]

Tabel 2
Hasil Pengujian menggunakan TMA

Suhu (°)	Perubahan Dimensi (%)
30	0
50	3
100	15
150	24
200	10
250	2
Total Konstant	54
Rata – rata	9

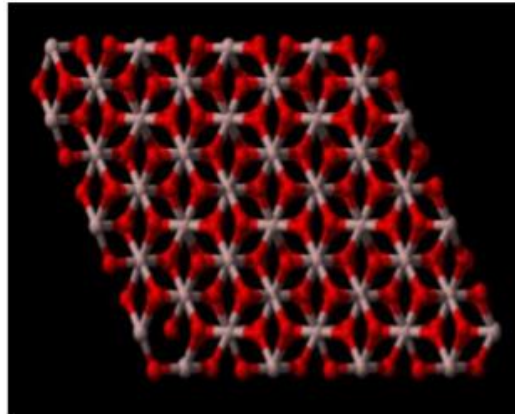
Sifat termomekanika serat rami pada suhu hingga 150°C mengalami perpanjangan. Pada suhu selanjutnya serat rami mengalami mengkerut kembali sedikit demi sedikit sehingga pada suhu 250°C, serat tersebut kembali mendekati panjang semula. Fenomena ini menunjukkan bahwa serat rami mempunyai dimensi yang lebih stabil. ^[5] Serat rami diamati menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan pembesaran 600 kali seperti disajikan pada Gambar 2. Terlihat bahwa serat tersebut berpenampang relatif bulat dan padat berisi. ^[5]



Gambar 2 Pengamatan serat rami menggunakan SEM ^[5]

3) Aluminium Oksida (Al_2O_3)

Aluminium oksida (alumina) adalah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen, dengan rumus kimia Al_2O_3 . Secara alami, alumina terdiri dari mineral korondum, dan memiliki bentuk kristal seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3



Gambar 3 Struktur kristal mineral korondum alumina^[5]

Dari Gambar 3 menunjukkan senyawa tersebut termasuk dalam kelompok material aplikasi karena memiliki sifat - sifat yang sangat mendukung pemanfaatannya dalam beragam peruntukan. Senyawa ini secara luas sebagai bahan isolator suhu tinggi, karena memiliki kapasitas panas yang besar ^[2] Alumina juga dikenal sebagai senyawa berpori sehingga dimanfaatkan sebagai *adsorben*. Sifat lain dari alumina yang sangat mendukung aplikasinya adalah daya tahan terhadap korosi dan titik lebur yang tinggi, yakni mencapai 2053 - 2072⁰C ^[2]

III. MODEL YANG DIUSULKAN

A. Perancangan System

Membuat bahan komposit terdiri atas Epoxy Hardener dan Epoxy Resin dengan serbuk Alumina (Al₂O₃) menggunakan perbandingan 1 : 1 : 1. Kemudian dilapiskan pada serat rami. Gambar 4 memperlihatkan bahan komposit



(a) (b) (c)

Gambar 4 Bahan komposit: (a) Epoxy Hardener (b) Epoxy Resin (c) Alumina

Dicetak dengan dua variasi ketebalan yaitu 3mm dan 5mm digunakan perbandingan 40% serat rami dan 60% bahan komposit yang terdiri dari Epoxy dan Alumina (Al₂O₃). Dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6



Gambar 5 Desain komposit-rami 3 mm



Gambar 6 Desain komposit-rami 5 mm

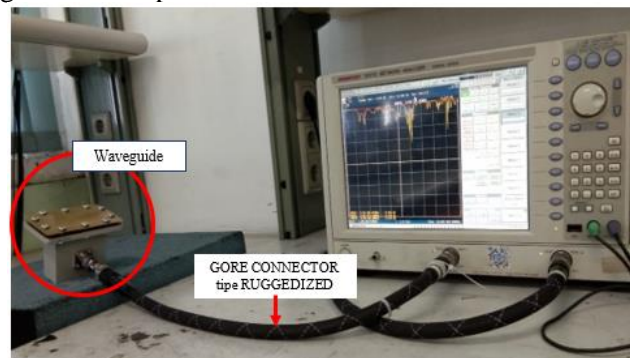
B. Skenario Pengujian

Pengukuran Komposit-Rami menggunakan *Vector Network Analyzer* (VNA) yaitu alat yang digunakan untuk mengukur gelombang mikro dan parameter scattering suatu bahan pada rentang frekuensi 10 KHz sampai 110 GHz dengan bantuan Waveguide. *Open and Endend Coaxial Probe* (OECF) yaitu teknik buka tutup probe tanpa merusak sampel digunakan sebagai metode pengukuran pada komposit. Pengukuran pada komposit menggunakan parameter (S_{11}) yaitu perbandingan kompleks dari sinyal terpantul (refleksi) dengan sinyal awal. Pengukuran dilakukan di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI Bandung dengan menggunakan VNA ADVANTEST tipe-3770.

Parameter yang dibuat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Ketebalan komposit : 3mm dan 5mm
2. Frekuensi range : 2 – 12 GHz
3. S-Parameter (S_{11}) : < -10 dB
4. Persentase penyerapan : > 80%

Pemasangan *waveguide* pada kabel *coaxial* yang menyambung ke VNA dapat dilihat pada Gambar 7 untuk pengukuran komposit



Gambar 7 Pengukuran komposit menggunakan VNA

IV. IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

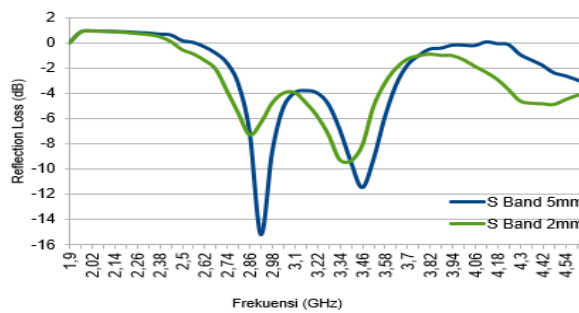
A. Pembahasan

Pengujian sifat absorpsi komposit dikarakterisasi menggunakan alat *Vector Network Analyzer* (VNA) dengan parameter fisis *Reflection Loss* yang menunjukkan jumlah fraksi gelombang elektromagnetik terserap karena adanya resonansi gelombang tersebut pada komposit dengan menggunakan satuan *decibel*. Besar *Reflection Loss* bergantung terhadap karakteristik yang ada pada komposit diantaranya kekasaran, tebal lapisan dan ukuran partikel.

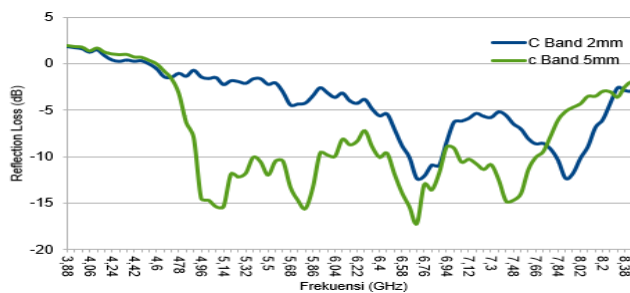
Tabel 3
Data pengujian dengan reflection loss optimum

Ketebalan	Frekuensi (GHz)			Reflection Loss (dB)		
	S-Band	C-Band	X-Band	S-Band	C-Band	X-Band
3mm	3,34	6,76	9,64	-9,32	-12,38	-21,65
5mm	2,86	6,7	8,44	-15,19	-17,20	-23,14

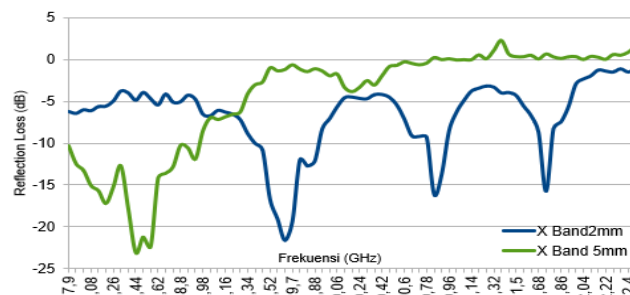
Penyerapan gelombang mikro dapat dilihat berdasarkan nilai reflection loss yang ditunjukkan pada Tabel 3. Dari ketiga Band frekuensi tersebut, nilai reflection loss yang paling kecil terdapat pada frekuensi X-Band dengan ketebalan 5mm yaitu sebesar -23,14 dB. Sedangkan nilai reflection yang tertinggi terdapat pada frekuensi S-Band dengan ketebalan 3mm yaitu sebesar -6,30 dB. Semakin kecil nilai reflection loss maka, menunjukkan bahwa Komposit-Rami tersebut mampu menyerap gelombang mikro dan memiliki peluang menjadi *RADAR Absorber Material* (RAM). Kemampuan komposit sebagai *RADAR Absorber Material* (RAM) yang baik tidak hanya dilihat dari besarnya nilai reflection loss 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 frekuensi. Hasil analisis data pelebaran pita penyerapan komposit RAM ditunjukkan pada gambar 8, gambar 9, gambar 10 grafik di bawah ini.



Gambar 8 Grafik reflection loss pada frekuensi S-Band



Gambar 9 Grafik reflection loss pada frekuensi C-Band



Gambar 10 Grafik reflection loss pada frekuensi X-Band

V. KESIMPULAN

Dari hasil pembuatan dan percobaan sistem pada penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian Komposit-Rami yang paling efektif untuk digunakan sebagai *RADAR Absorber Material (RAM)* yaitu Komposit-Rami dengan ketebalan 5mm karena memiliki nilai *reflection loss* yang tinggi pada setiap band frekuensi diantaranya pada frekuensi S-Band sebesar -15,158 dB, C-Band sebesar -16,398 dB dan X-Band sebesar -23,135 dB.
2. Dari pengujian pada tiga band frekuensi nilai *reflection loss* yang tertinggi dan optimum terdapat pada frekuensi X-Band dengan ketebalan 5mm nilainya yaitu sebesar -23,135 dB dengan lebar pita penyerapan 1000 MHz dan memiliki persentase penyerapan sebanyak 93,1 %. Sehingga Komposit-Rami sangat efektif digunakan sebagai RAM pada frekuensi X-Band.

Saran yang diajukan dari tugas akhir ini untuk penelitian selanjutnya adalah Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada variasi struktur pelapisan Komposit-Rami untuk penyerapan frekuensi rentan S-Band, karena sangat berpengaruh terhadap *reflection loss* gelombang elektromagnetik dan perlu dilakukan pengujian dengan menggunakan parameter S_{21} untuk mengetahui nilai yang ditransmisikan dari Komposit-Rami.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Awal, N.” Studi Penyerapan Gelombang Elektromagnetik Rentang X-Band Dengan Menggunakan Penyerap Pani Konduktif Dan Barium M-Heksaferit Terdoping Ion Zn ($0,3 \leq X \leq 0,9$)” . 2017 Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 17 - 29.
- [2] Dewi, L. P.. “Study Perubahan Fasa Alumina yang Dihasilkan dengan Metode Elektrokimia” . 2014 Digital Repository Unila, 8 - 10.
- [3] Folgueras, L. d., Nohara, E. L., Fuez, R., & Rezende, M. C). “Dielectric Microwave Absorbing Material Processed by Impregnation of Carbon Fiber Fabric with Polyaniline” . . 2007, Material Research, 95 - 99.
- [4] Khoirotul , Y., & Zainuri , M.. “Karakterisasi Material Penyerap Gelombang RADAR Berbahan Dasar Karbon Aktif Kulit Singkong dan Barium”, 2016,*M-Heksaferit*. 50 - 56.
- [5] Mulyawan, A. S.). “Identifikasi Sifat Fisik dan Sifat Termal Serat Serat Selulosa untuk Pembuatan Komposit”. 2015, *Arena Tekstil Vol. 30 No. 2*, 75 - 82.
- [6] Purba, f. S., “Penentuan Kadar Aluminium Oksida (Al_2O_3) dalam Limbah Pengolahan Aluminium”. 2009. USU Repository, 21 - 23.
- [7] Rao, A. G., & Mahulikar, S. P. “Integerated Reviev of Stealth Technology and Its Role in Airpower”. 2002. Aeronautical Journal Researc Gate, 7 - 17.



Gayuh Pangestu Putri. adalah mahasiswi tingkat terakhir Program Sarjana Sain Terapan Teknik Telekomunikasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang.. Bidang penelitian yang sedang ditekuni saat ini adalah Telekomunikasi