



UNIVERSITAS PERTAHANAN

**KARAKTERISASI KOMPOSIT NANO TURUNAN KARBON
BIOMASSA DAN KERAMIK OKSIDA SEBAGAI MATERIAL
PENYERAP RADAR MILITER**

ANSELMO BIMA RASENDRIYA

320210304005

**Skripsi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan dalam
Mendapatkan Gelar Sarjana**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM MILITER
PROGRAM STUDI FISIKA
BOGOR 2025**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

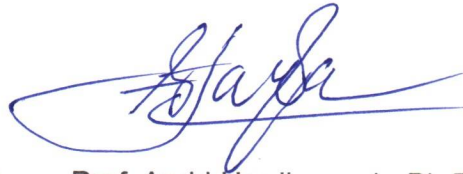
Nama : Anselmo Bima Rasendriya
NIM : 320210304005
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Judul : Karakterisasi Komposit Nano Turunan Karbon
Biomassa Dan Keramik Oksida Sebagai Material
Penyerap Radar Militer

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



M. Zuhnir Piliang, S.Si., M.Eng.
Kolonel Tek. NRP. 522657
Tanggal : 11/08/2025



Prof. Andri Hardiansyah, Ph.D.
NIP. 198811132018011003
Tanggal : 29/06/2025

Kepala Program Studi Fisika

Mengetahui,

Dekan Fakultas MIPA Militer



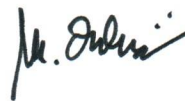
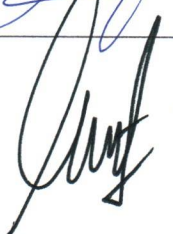
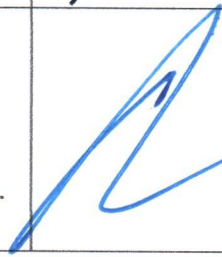
M. Zuhnir Piliang, S.Si., M.Eng.
Kolonel Tek. NRP. 522657
Tanggal : 11/08/2025



Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena, M.Si
Pembina Utama Muda IV/C
Tanggal : 11/8-2025

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Nama : Anselmo Bima Rasendriya
 NIM : 320210304005
 Program Studi : Fisika
 Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
 Judul : Karakterisasi Komposit Nano Turunan Karbon
 Biomassa dan Keramik Oksida sebagai Material
 Penyerap Radar Militer

No.	Nama	Tanda tangan	Tanggal
1.	Dosen Pembimbing I M. Zuhnir Piliang, S.Si., M.Eng. Kolonel Tek. NRP. 522657		18/07 2025
2.	Dosen Pembimbing II Prof. Andri Hardiansyah, Ph.D. NIP. 198811132018011003		29/06 2025
3.	Dosen Penguji I Dr. Riri Murniati, S.Si., M.Si. NIP. 199001202022032002		16/07 2025
4.	Dosen Penguji II Dr. Ir. Sovian Aritonang, S.Si., M.Si. Marsekal Pertama TNI.		9/7 2025

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apa pun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam skripsi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Bogor, 11 Agustus 2025



Anselmo Bima Rasendriya

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Pertahanan Republik Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anselmo Bima Rasendriya
NIM : 320210304005
Program Studi : Sarjana Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer
Jenis Karya : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pertahanan Republik Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Karakterisasi Komposit Nano Turunan Karbon Biomassa Dan Keramik Oksida Sebagai Material Penyerap Radar Militer

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Pertahanan Republik Indonesia berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Bogor, 11 - 08 - 2025

Pada tanggal :

Yang menyatakan



Anselmo Bima Rasendriya
NIM. 320210304005

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Karakterisasi Komposit Nano Turunan Karbon Biomassa Dan Keramik Oksida Sebagai Material Penyerap Radar Militer”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer, Universitas Pertahanan RI. Skripsi ini disusun dengan bantuan, dukungan, serta bimbingan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Purnawirawan Dr. Anton Nugroho, M.M.D.S., M.A. selaku Rektor Universitas Pertahanan RI;
2. Dr. Ir. Ence Darmo Jaya Supena M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pertahanan;
3. Kolonel Tek. M. Zuhnir Piliang, S.Si., M.Eng., selaku Kepala Program Studi Fisika Militer Universitas Pertahanan dan dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bantuan selama pembuatan skripsi;
4. Profesor Andri Hardiansyah Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dalam pembuatan skripsi dan pengalaman yang baru, baik akademik maupun non-akademik;
5. Segenap dosen dan staf Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan bantuan selama masa perkuliahan;
6. Orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan moral, materiil, serta doa yang tiada henti;
7. Rekan-rekan mahasiswa di Laboratorium Nanokarbon Fungsional yang telah banyak membantu dalam diskusi dan eksperimen;
8. Rekan penelitian penulis, Kadet Gita Resty Amalia yang selalu membantu saat penelitian;

9. Rekan-rekan Kadet Fisika yang menemani masa perkuliahan dan pendidikan di FMIPAM, Universitas Pertahanan RI.

Dengan kerendahan hati, tentunya skripsi ini belum mencapai nilai kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk hasil penelitian yang lebih baik. Pada akhirnya, semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat untuk pengembangan teknologi material canggih berbasis limbah untuk inovasi pertahanan militer.

Bogor, 11 Agustus 2025



Anselmo Bima Rasendriya

ABSTRAK

KARAKTERISASI KOMPOSIT NANO TURUNAN KARBON BIOMASSA DAN KERAMIK OKSIDA SEBAGAI MATERIAL PENYERAP RADAR MILITER

Penggunaan radar pada militer, mendorong maraknya perkembangan *radar absorbing materials* (RAMs). Material karbon nano aktif memiliki ukuran dan sifat dielektrik yang cocok untuk dikembangkan menjadi RAMs. Pada penelitian ini, limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dimodifikasi menjadi karbon aktif, lalu menjadi komposit nano karbon aktif dan keramik oksida dengan struktur dan permukaan berpori, serta amorf melalui aktivasi dan homogenisasi mekanik. Puncak difraksi yang merepresentasikan adanya kristalit TiO_2 dan ZnO pada material komposit nano yang diketahui melalui pengujian *X-Ray Diffraction*. Karakterisasi *Field Emission Scanning Electron Microscopy* menunjukkan permukaan dan struktur material yang berpori dan tidak teratur yang didukung dengan nilai rasio I_D/I_G dengan Spektroskopi Raman. Spektroskopi FTIR menganalisis adanya gugus fungsi hidroksida, Ti-O, dan Zn-O pada material komposit nano. Selanjutnya, penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan titik serapan gelombang elektromagnetik, pergeseran pada puncak *reflection loss* (RL) dan perubahan pada nilai koefisien penyerapan gelombang radar pada material. Pada material komposit nano AOPEB- TiO_2 , nilai *Reflection Loss* terendah sebesar -31,15 dB dengan koefisien penyerapan tertinggi mencapai 97,23% pada frekuensi 11 GHz. Sedangkan komposit nano AOPEB- ZnO secara berturut menunjukkan nilai RL terendah dan koefisien penyerapan tertinggi sebesar -18,81 dB dan 88,53% pada frekuensi 11 GHz. Hal ini menunjukkan serapan gelombang dapat dipolarisasikan dengan baik. Sehingga, material tersebut memiliki potensial yang baik untuk RAMs.

Kata Kunci : Komposit Nano, Luas Permukaan, Homogenisasi Mekanik, Reflection Loss, Material Penyerap Radar.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF NANOCOMPOSITES OF BIOMASS DERIVED CARBON AND CERAMICS OXIDE FOR MILITARY RADAR ABSORBING MATERIALS

The use of military radar has led to the development of radar absorbing materials (RAMs). Nano-activated carbon materials have suitable size and dielectric properties to develop into RAMs. In this study, oil palm empty bunches (OPEB) waste was modified into activated carbon and then turned into nanocomposites of activated carbon and ceramics oxide with porous and amorphous structures and surfaces through mechanical activation and mechanics homogenization. Diffraction peaks representing the presence of TiO_2 and ZnO crystallites of the nanocomposite materials are analyzed by X-Ray diffraction. Field Emission Scanning Electron Microscopy characterization shows the porous and disordered surface and structure of the materials, which is supported by the I_D/I_G ratio through Raman spectroscopy. The FTIR spectroscopy confirmed the presence of hydroxide, Ti-O, and Zn-O functional groups in the nanocomposite material. Furthermore, this study shows an increase of electromagnetic wave absorption points distribution, a shift of the reflection loss (RL) peak and an alteration of the value of the absorption coefficient in the material. AOPEB- TiO_2 nanocomposite shows the lowest Reflection Loss value of -31.15 dB with the highest absorption coefficient of 97.23% at a frequency of 11 GHz. At the same time, the AOPEB- ZnO nanocomposite shows the lowest RL value and the highest absorption coefficient of -18.81 dB and 88.53% at 11 GHz, respectively. Moreover, it shows that the wave absorption can be well polarized, which has potential for RAMs.

Keywords: Nanocomposites, Activated Carbon, Mechanical Homogenization, Reflection Loss, Radar Absorbing Materials.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL (<i>hardcover</i>)	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK (Bahasa Indonesia)	ix
ABSTRACT (Bahasa Inggris)	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Landasan Teori	4
2.2 Penelitian Terdahulu	25
2.3 Kerangka Berpikir	28
2.4 Hipotesis	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Metode dan Desain Penelitian	30

3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.3	Alat dan Bahan	31
3.4	Variabel Penelitian	32
3.5	Prosedur Penelitian	33
3.6	Metode Analisis	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1	Hasil	38
4.2	Pembahasan	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		60
LAMPIRAN		70



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema Hubungan Medan Magnet dan Medan Listrik	5
Gambar 2.2 Rentang Spektrum Gelombang EM	6
Gambar 2.3 Skema Perjalanan Pantulan Gelombang Radar	7
Gambar 2.4 Mekanisme Hamburan pada Interaksi Gelombang EM dengan RAMs	11
Gambar 2.5 Limbah TKKS	15
Gambar 2.6 Skema Interaksi Elektron dengan Sampel pada Teknik FE-SEM	19
Gambar 2.7 Skema Interaksi Sinar-X dengan Kristal Atom pada Teknik XRD	21
Gambar 2.8 Skema Deteksi dan Interaksi Laser dengan Material pada Spektroskopi Raman	21
Gambar 2.9 Skema Deteksi dan Interaksi Sinar IR dengan Material pada Spektroskopi FTIR	22
Gambar 2.10 Skema Parameter Hamburan pada VNA Dua Port	24
Gambar 2.11 Kerangka Berpikir Penelitian	28
Gambar 3.1 (a) Laboratorium Nanokarbon Fungsional dan (b) Gedung Fisika Maju	30
Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian	33
Gambar 3.3 Skema Proses Karbonisasi dan Aktivasi pada Karbon Turunan Biomassa	34
Gambar 3.4 Skema Proses Homogenisasi Mekanik pada Komposit Nano	35
Gambar 4.1 Skema Perubahan Struktur dan Permukaan Limbah TKKS Menjadi AOPEB	38
Gambar 4.2 Skema Pembentukan Komposit Nano dengan Metode Homogenisasi Mekanik	39
Gambar 4.3 Mikrograf dari (a) OPEB, (b) AOPEB, Komposit Nano (c) AOPEB-TiO ₂ , (d) AOPEB-ZnO	40

Gambar 4.4 Pemetaan EDX OPEB	40
Gambar 4.5 Pemetaan EDX AOPEB	41
Gambar 4.6 Pemetaan EDX Komposit Nano AOPEB-TiO ₂	41
Gambar 4.7 Pemetaan EDX Komposit Nano AOPEB-ZnO	41
Gambar 4.8 Pola Difraktogram Sinar X(a) OPEB dan AOPEB, (b) Komposit Nano AOPEB-TiO ₂ , dan AOPEB-ZnO	42
Gambar 4.9 Spektrografi Raman (a) OPEB, (b) AOPEB, (c) Komposit Nano AOPEB-TiO ₂ , dan (d) AOPEB-ZnO dengan nilai rasio I _b /I _c pada tiap material	43
Gambar 4.10 Spektrum FTIR (a) OPEB dan AOPEB, (b) Komposit Nano AOPEB-TiO ₂ dan AOPEB-ZnO	44
Gambar 4.11 Grafik RL Terhadap Frekuensi (a) OPEB dan AOPEB (b) Komposit Nano AOPEB-TiO ₂ dan AOPEB-ZnO	45

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Pita Frekuensi Radar	8
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	26
Tabel 3.1 Skema Waktu Penelitian Tugas Akhir	30
Tabel 3.2 Alat Penelitian dan Keterangan	31
Tabel 3.3 Bahan Penelitian dan Keterangan	31
Tabel 4.1 Kandungan Unsur Semua Material	40
Tabel 4.2 Luas Area dan Posisi Puncak D-band dan G-band dengan Nilai Rasio I_D/I_G pada Material Karbon dan Komposit Nano.	44
Tabel 4.3 Tabel Nilai Puncak RL dan Koefisien Penyerapan Gelombang Radar Material Karbon dan Komposit Nano	45

DAFTAR SINGKATAN



Radar	: <i>Radio Detecting and Ranging</i>
EM	: Elektromagnetik
RAMs	: <i>Radar Absorbing Materials</i> / Material Penyerap Radar
RCS	: Titik Penampang Radar
RL	: <i>Reflection Loss</i>
dB	: Desibel
GHz	: Giga Hertz
EWR	: <i>Early Warning Radar</i>
TKKS	: Tandan Kosong Kelapa Sawit
OPEB	: TKKS Terkarbonisasi
AOPEB	: TKKS Teraktivasi
TiO ₂	: <i>Titanium Dioxide</i>
ZnO	: <i>Zinc Oxide</i>
FE-SEM	: <i>Field Emission Scanning Electron Microscopy with</i>
EDX	<i>Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i>
XRD	: <i>X-Ray Diffraction</i>
FTIR	: <i>Fourier-Transform Infrared</i>
VNA	: <i>Vector Network Analyzer</i>
KOH	: <i>Potassium Hydroxide</i>
HEBM	: <i>High Energy Ball Milling</i>