



SUBSTITUSI LOGAM TANAH JARANG PADA BAHAN PENYERAP GELOMBANG RADAR



IMASTUTI

SUBSTITUSI LOGAM TANAH JARANG PADA BAHAN PENYERAP GELOMBANG RADAR

IMASTUTI



SUBSTITUSI LOGAM TANAH JARANG PADA BAHAN PENYERAP GELOMBANG RADAR

Penulis:
IMASTUTI

Editor:
Erik Santoso

Layouter :
Tim Kreatif PRCI

Cover:
Rusli

Cetakan Pertama : Agustus 2023

Hak Cipta 2023, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT
Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website : www.rcipress.rcipublisher.org
E-mail : rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2022 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I – : Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2023
18 x 25 cm
ISBN : 978-623-448-615-5

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada kami sehingga kami berhasil menyelesaikan Buku dengan judul Substitusi Logam Tanah Jarang Pada Bahan Penyerap Gelombang Radar sesuai yang ditargetkan.

Buku dengan judul Substitusi Logam Tanah Jarang Pada Bahan Penyerap Gelombang Radar ini berisikan mengenai efek yang ditimbulkan dari Substitusi Logam Tanah Jarang Terhadap Karakterisasi Bahan Penyerap Gelombang Radar Berbasis $\text{CoTi}_{1-x}\text{Ce}_x\text{O}_3$ Dengan Metode *Mechanical Milling*. Kami menyadari bahwa Buku ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun selalu kami harapkan demi kesempurnaan buku ini.

Akhir kata, kami sampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penyusunan Buku ini dari awal sampai akhir. Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa meridhoi segala usaha kita. Amin.

Agustus 2023, Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	I
DAFTAR ISI	II
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II HAKIKAT TEKNOLOGI PERTAHANAN	10
BAB III PRINSIP GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK	12
BAB IV SPEKTRUM GELOMBANG RADAR DAN KONSEP PENYERAPAN GELOMBAN	16
A. Spektrum Gelombang Radar	16
B. Konsep Penyerapan Gelombang (RAM)	17
BAB V DESKRIPSI BAHAN BAKU PROSES	21
A. Kobal Oksida	21
B. Titanium Oksida	22
C. Cerium Oksida	23
BAB VI METODE MECHANICAL MILLING	25
BAB VII PEMBUATAN CoTiO₃ (KOBAL TITANIUM OKSIDA) HASIL ANALISIS PIGMEN	28
A. Analisis Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i>	29
B. Analisis Morfologi Partikel dengan Karakterisasi SEM-EDS	30
C. Analisis Sifat Magnetik dengan Karakterisasi VSM	31
D. Analisis Penyerapan Gelombang Radar dengan Karakterisasi VNA	32
BAB VIII PIGMEN MODIFIKASI PEMBUATAN BAHAN CoTi₁ – xCexO₃	34
A. Hasil Analisis kualitatif dan kuantitatif dengan Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i>	35
B. Analisis Morfologi Partikel dengan Karakterisasi SEM-EDS	44

C. Hasil Analisis Sifat Magnetik dengan Karakterisasi VSM	50
D. Analisis Penyerapan Gelombang Radar dengan Karakterisasi VNA	54
BAB IX PENUTUP	57
DAFTAR PUSTAKA	58

BAB I

PENDAHULUAN

Letak geografis wilayah Indonesia luas dan berjajar pulau-pulau serta kepulauan sangat berpotensi mendapat ancaman dari negara lain dimanapun dan kapanpun sehingga dapat merugikan dan menghambat kemajuan bangsa. Komponen utama dan komponen pendukung pertahanan yang meliputi Tentara Nasional Indonesia (TNI) dan POLRI beserta penduduk (rakyat) sebagai pendeteksi ancaman sejak dini yang bersifat *early warning* pada ancaman-ancaman tersebut tidak mustahil kemungkinan akan terjadi dari negara lain. Sistem pertahanan semesta dibedakan sesuai fungsi adalah pertahanan militer dan pertahanan nirmiliter, dari upaya memperkuat pertahanan agar menjadi negara yang tak gentar dari negara asing, ditakuti serta memiliki jurus tangkis yang tinggi.¹ Aksi mempertahankan kedaulatan negara merupakan perihal pada kepentingan dan kebebasan untuk memperkuat kekuatan dan menjaga keselamatan rakyat dan perangkat negara.

Sebuah negara memiliki kekuatan pada sisi pertahanan dan keamanan dengan cara mampu untuk mengembangkan potensi yang terperinci dalam Tingkat Kandungan Dalam Negeri (TKDN) yang dimiliki negara tersebut. Sumber daya alam, sumber daya manusia disertai pemerintah mendapat kesempatan terhadap negara untuk mengembangkan dan meningkatkan kualitas teknologi pertahanan yang maju sebagai proses mengembangkan pada produk-produk untuk Alat peralatan pertahanan dan keamanan (Alpahankam) negara. Sumber daya nasional yang dimiliki bangsa sebagai dasar impian setiap negara berkesempatan untuk mengembangkan produksi teknologi pertahanan secara independen dengan tantangan yang cukup besar.

Sebagai kekuatan pertahanan negara, pendukung penguatan pertahanan tidak hanya dari personil TNI yang banyak berdasarkan jumlah namun ketersediaan teknologi yang canggih menjadi daya dukung utama untuk pertahanan.² Aspek penguasaan bidang ilmu pengetahuan dan teknologi berkorelasi dengan mengikuti pengaruh dan persaingan penguasaan iptek tersebut dengan negara-negara lain.

¹ Kementerian Pertahanan. *Buku Putih Pertahanan Negara*. Jakarta:Kemhan, 2015.

² Karim, Salmy. *Membangun Kemandirian Industri Pertahanan Indonesia*. (Jakarta: Gramedia, 2014), hlm 1

Indonesia mampu melakukan alih teknologi dengan berbagai tahap mulai dari perumusan kebijakan, pengembangan kajian-kajian kajian, hingga mencapai tahapan kesiapan teknologi pada produksi awal, pengadaan dan produksi massal. Dalam hal ini, dorongan yang kuat harus terbentuk sistem yang berpadu-padan dengan menguatkan pada *triple-helix* dengan proses yang membangun suatu integrasi yang kokoh, yakni pemerintah, peneliti/universitas, serta industri dalam negeri saling memberikan dorongan dan koreksi untuk pembangunan dalam industri pertahanan. Kementerian Riset, Teknologi dan Perguruan Tinggi (Kemenristekdikti-RI) menegaskan peran kajian dan pengembangan yang terintegrasi sehingga mendukung hasil produk Industri Pertahanan dalam negeri yang mandiri, terarah dan sesuai titik tuju maka mencapai harapan pada kemandirian teknologi dalam negeri dan hasil produk Industri Pertahanan yang menjanjikan untuk dipakai oleh satuan kerja.³

Pada Tabel 1.1 menjelaskan bahwa fokus pengembangan pada Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) tahun 2017-2045 pada titik fokus riset pertahanan dan keamanan dan fokus riset bahan maju telah berintegrasi menfokuskan *coating* bahan penyerap gelombang radar ditempatkan pada kapal perang penyerap gelombang radar dalam pengembangan riset teknologi pendukung daya gerak. Teknologi pertahanan yang dianggap mewakili kekinian karena dapat menjawab harapan suatu negara memiliki pertahanan yang kuat dan dapat mengatasi ancaman yang potensi dinamikanya lebih fleksibel, dengan demikian suatu negara mendapatkan impeks strategis dalam struktural global atau dunia.⁴ Instansi dalam satuan kerja yang terkait berperan penting untuk menuju Rencana Induk Riset Nasional secara optimal.

Tabel 1.1 Tabel Integrasi Fokus Riset Pertahanan dan Keamanan dan Material Bahan Maju.

Integrasi Fokus Riset Pertahanan dan Keamanan					
Tema Riset	Topik Riset	Dukungan Anggaran	Institusi Terkait	Target	Link RIPIN 2015-2035
Teknologi	Pengembangan	Kemenhan	Kemenhan	Kapal perang	Mesin dan

³ Kemenristekdikti. *Rencana Induk Riset Nasional Tahun 2017-2045*. Jakarta: Kemenristek, 2017 (diakses pada <http://risn.ristekdikti.go.id/> tanggal 30 Desember 2018)

⁴ Kina Karya Indonesia. *Tonggak Bangkitnya Industri Pertahanan Lokal*. (Jakarta: Pusat Komunikasi Publik Kemenperin, 2012), hlm.5

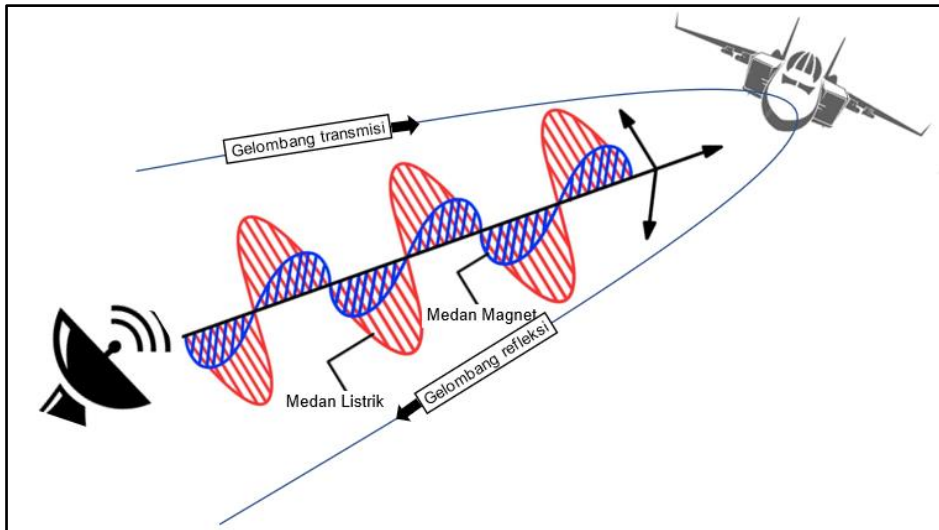
pendukung Daya Gerak	produk alat angkut matra laut		Kemenparin BPPT	antiradar	Perlengkapan Komponen
Teknologi pendukung Hankam	Pengembangan Produk material	Kemenhan LIPI	Kemenhan Kemenparin LAPAN BPPT BATAN	Material khusus alutsista coating antiradar	Mesin dan Perlengkapan Komponen
Integrasi Fokus Riset Material Bahan Maju					
Teknologi Eksplorasi Potensi Material Baru	Desain dan eksplorasi material pigmen absorber		Kemenparin BPPT Perguruan Tinggi	Teknologi ekstraksi isolasi bahan pigmen fungsional dan prototipe alat sensor pigmen multispektral	

(Sumber pada <http://risn.ristekdikti.go.id/>)

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi menjadikan persenjataan yang dibuat akan dimanfaatkan untuk bidang pertahanan di negara-negara maju. Penerapan dari teknologi canggih yang mengimplikasikan sebagai solusi untuk memecahkan masalah dari muncul ancaman-ancaman dan gangguan baru yang lebih dinamis terhadap lingkungan strategi pada masing-masing negara. Pada bidang kemiliteran, radar pada rentang frekuensi gelombang mikro dimanfaatkan untuk memvisualisasikan target atau obyek. Radar (*Radio Detection and Ranging*) dapat mencermati dan mengamati target untuk mendapatkan data lawan berupa panjang *range* target, azimuth, dan kecepatan.⁵ Pada pola kerja radar ialah sistem pemancar gelombang elektromagnetik ditransmisikan secara kontinu dan acak. Seketika energi elektron yang dipancarkan dari sistem mendapat respon/kontak pada suatu bahan maka energi tersebut (gelombang transmisi) akan memberikan informasi dengan cara mengembalikan energi (echo radar)

⁵ Suwadi., Fery Gustomo & Titiek Suryani. *Analisa Penggunaan Sinyal Radar Bentuk Pulsa dan Gelombang Kontinu untuk Target Bergerak dengan Model Clutter Terdistribusi Rayleigh*. (Journal ITS, 2013)

kepada mesin pemancar. Dengan demikian, kegiatan yang dilakukan dalam jangkauan militer pada situasi baik perang ataupun damai, radar menjadi pusaka terpenting dalam pertahanan untuk mengawasi pergerakan target asing atau obyek asing yang mengancam untuk memberikan keamanan dalam pertahanan negara.



**Gambar 1.1 Prinsip Kerja Gelombang pada Radar
(Rekayasa Peneliti, 2018)**

Pengurangan bahkan untuk menghilangkan deteksi radar terhadap target atau obyek yang dapat diaplikasikan dalam alutsista pertahanan, salah satunya adalah Teknologi *stealth* yang sedang dikembangkan pada fokus Rencana Induk Riset Nasional 2017-2045 pada bidang pertahanan dan keamanan serta bahan maju. Artinya adalah teknologi *stealth* (teknologi siluman) bertujuan untuk membuat navigasi dari musuh tidak mampu mendeteksi target atau obyek akibat dari penyerapan gelombang radar tersebut. Secara umum, pengembangan *stealth* pada Alat Peralatan Pertahanan dan Keamanan (Alpanhkam) terdapat dua jenis, yaitu teknologi *stealth* aktif dan teknologi *stealth* pasif. Teknologi *stealth* aktif merupakan pemasangan alat dan instrumen radar *jamming* yang digunakan sebagai pencacah radar.

Sedangkan Teknologi *stealth* pasif yakni aplikasi rekayasa permukaan bahan dengan modifikasi wujud dan geometri permukaan pada produk alpanhkam yang difungsikan untuk membelokkan

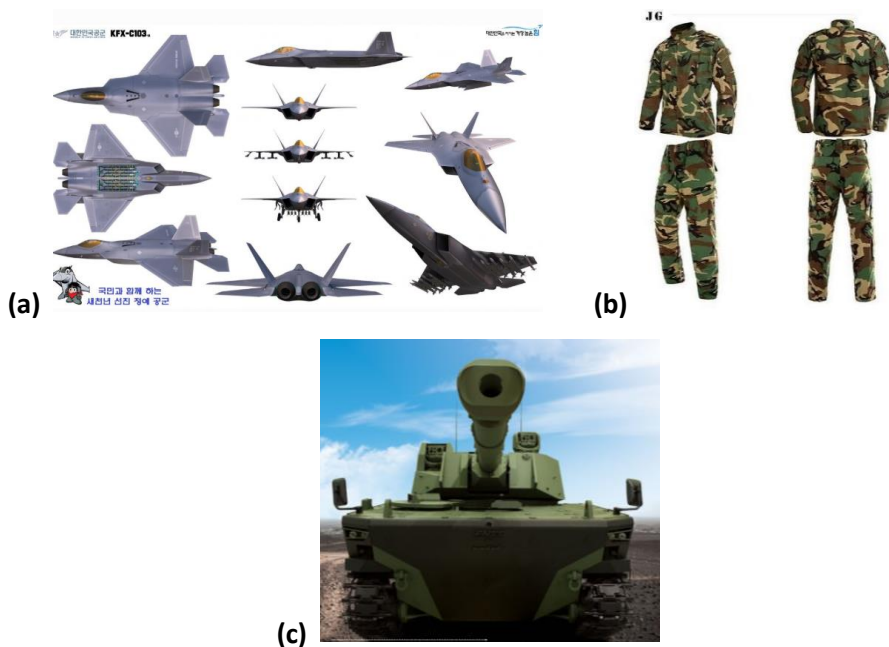
pancaran energi radar yang dikirim dari pemancar musuh agar gelombang tidak kembali ke *receiver* radar. Berikutnya adalah teknologi masa kini yang terus dikaji dan dikembangkan adalah rekayasa bahan untuk penyerapan distribusi gelombang radar yang dipancarkan dari radar musuh yang diletakkan pada permukaan produk pertahanan. Istilah pada umumnya adalah Radar Absorbing Material (RAM) yaitu rekayasa bahan yang dipergunakan untuk menyerap gelombang elektromagnetik pada frekuensi gelombang tujuan tertentu. Cara ini mengusahakan pengurangan energi gelombang radar yang dipantulkan dari target ke *receiver* radar.

Seperti pesawat terbang pengintai dengan fungsi *undetected* dimanfaatkan untuk menyerap gelombang radar dengan bentuk sangat aerodinamis dan pilihan bahan yang digunakan pada permukaan pesawat. Bahan penyerap gelombang radar (RAM) dengan dengan campuran polimer yang diaplikasikan pada pesawat tempur tipe F-22 Raptor dan F-35 Lightning II⁶ serta bomber B-2. Pesawat tersebut merupakan kendaraan tempur yang berhasil dengan teknologi pengindraan rendah yang menghasilkan pesawat tempur yang tanpa pecitraan radar di wilayah musuh.⁷ Teknologi *stealth* dikembangkan sebagai produk andalan di bidang militer yang difokuskan kepada kemampuan mengurangi kemampuan kerja radar lawan dalam mendeteksi posisi produk siluman tersebut. Hal ini dapat menjadikan pusat inovasi dengan kesepadanan Indonesia dengan sasaran pesawat tempur IFX unjuk kebolehan pada teknologi *Stealth* (tidak terdeteksi radar) melebihi pesawat *Eurofighter Typhoon* dan *Dassault's Rafale*, meskipun kemampuan *stealth* masih di bawah F-35 *Joint Strike Fighter*.⁸ Bangsa Indonesia diharapkan mampu dalam mengandalkan industri pertahanan secara mandiri, terfokus untuk logistik dan kendaraan militer serta Alpa Hankam lainnya dapat hak paten pada pengembangan teknologi dengan strategis dan mandiri bagi Indonesia.

⁶ Mouritz, Andrian P. *Introduction to Aerospace Materials*. (New Delhi: Woodhead Publishing India Private Limited, 2012)

⁷ Folgueras, Luiza De Castro & Mirabel Cerqueira Rezende dkk. *Multilayer Radar Absorbing Material Processing by Using Polymeric Nonwoven and Conducting Polymer*. (Brazil: Materials Research, 2008, Vol. 11, No. 3), hlm. 245-249.

⁸ Armandha, S.T., Arwin D.W.S., & Haryo Budi Rahmadi. *Ekonomi Politik Kerja Sama Korea Selatan – Indonesia dalam Joint Development*. (e-journal.unair.ac.id, 2018, License: CC BY-NC-SA 4.0), hlm 80



Gambar 1.2 Alat Peralatan Pertahanan dan Keamanan (a) Pesawat Kerja sama KFX-IFX (b) Seragam Kamuflase (c) Tank Kaplan (Sumber: a) dentmasoci.com b) Pinterenst.com c) Pindad.com diakses pada 25 Desember 2018)

Untuk meningkatkan teknologi pada alaphankam untuk pertahanan negara maka membutuhkan teknologi milineal untuk mengabsorbpsi gelombang radar dalam jangkauan frekuensi yang sangat lebar (*broadband absorber*). Pemanfaatan teknologi *stealth* yang dapat digunakan untuk kegiatan pengintaian (mata-mata), penangkapan illegal-fishing, atau untuk penyergapan musuh (*intercept*) di area pertahanan secara sembunyi baik untuk kematraan darat, laut, serta udara. Oleh sebab itu, bahan-bahan penyerap gelombang radar ini menjadi tema yang menjadi ketertarikan dalam kajian dan pengembangan pada Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) 2017-2045 pada bidang pertahanan dan keamanan serta bahan maju. Adapun eksplorasi bahan kotemporer yang dimanfaatkan untuk pengurangan citra dari radar yakni *Radar Absorbing Material (RAM)* akan dibahas pada kajian ini. Ditambah pula, identifikasi pigmen warna dimana alat peralatan pertahanan dan keamanan (alpahankan) Indonesia menerapkan pemakaian warna hijau sebagai warna utama untuk unsur penyamaran (*camuflage*). Dengan

demikian, pada kajian ini diperlukan pengembangan dan pemilihan bahan yang dikembangkan untuk pigmen baju tentara, pigmen cat bangunan, pesawat tempur, tank, produk tempur lain-lainnya yang tergabung dalam logistik TNI) yang mengurangi deteksi dari pancaran radar.

Bahan penyerap gelombang radar (RAM) memiliki persyaratan utama yaitu bahan harus memiliki sifat permitivitas yang maksimal dan sifat permeabilitas yang maksimal juga ⁹, yaitu bahan-bahan yang memiliki sifat magnet dan sifat listrik sebagai dasar penyerapan gelombang, yaitu bahan-bahan yang memiliki sifat magnet dan sifat listrik sebagai dasar penyerapan gelombang. Bahan-bahan tersebut merupakan hasil rekayasa bahan yang akan memiliki dua sifat yaitu memiliki sifat permitivitas dan permeabilitas untuk menyamakan fase gelombang (resonansi) dengan gelombang radar sehingga dapat berinteraksi satu sama yang lain yang mengakibatkan terjadinya penyerapan gelombang radar sebelum gelombang echo kembali ke *receiver*. Salah satu bahan yang terpilih pada kajian ini adalah bahan magnetik yang berbasis $CoTiO_3$. $CoTiO_3$ ini merupakan bahan yang memiliki sifat permitivitas dan permeabilitas berfasa tunggal. Dan juga $CoTiO_3$ ini merupakan pigmen warna hijau. $CoTiO_3$ terbuat dari persenyawaan antara kobal oksida dan titanium oksida yang disintering pada suhu diatas $1000^{\circ}C$. Sebagai bahan penyerap gelombang radar diperlukan rekayasa bahan sehingga dapat meningkatkan kemampuan penyerapan gelombang radar pada sistem ini. Langkah yang ditempuh adalah substitusi unsur logam tanah jarang pada sistem ini sehingga persenyawaan menjadi $CoTi_{1-x}Ce_xO_3$.

Kobal oksida dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang diantaranya sebagai superkapasitor, aplikasi sensor, superkonduktor dan lain sebagainya.¹⁰ Bahan kobal yang mempunyai jari-jari atom yang mendekati sama dengan Besi (Fe). Sampai saat ini bahan yang berbahan besi menjadi opsi yang sangat bagus untuk difungsikan sebagai bahan pengabsorb magnetik pada gelombang radar (mikro).¹¹

⁹ Nasution, E.L., & Astuti. *Sintesis Nanokomposit PAni/Fe3O4 sebagai Penyerap Magnetik pada Gelombang Mikro*. (Universitas Andalas: Jurnal Fisika, 2012)

¹⁰ A'yuni Qurrota & Irmira K. Murwanti. *Impregnasi dan Karakterisasi Struktur Padatan Co_3O_4 pada Pendukung CaF_2* . (Jurnal Sains dan Seni Pomits, 2012 Vol.1, No. 1), hlm. 1

¹¹ Nasution, E.L., & Astuti, *op., cit.*

Sehingga diharapkan bahan baku kobal memiliki sifat bahan jenis magnet ferite yang sesuai dengan syarat sifat bahan penyerap gelombang radar (RAM). Bahan kobal oksida tergolong material yang sangat stabil dengan sifat konduktivitas yang baik.

Titanium Oksida memiliki sifat fisik dan kimia khusus, titanium dioksida dengan berstruktur nano telah menunjukkan jumlah prospek aplikasi yang menjanjikan. Ini termasuk: sel surya, produksi hidrogen, dan agen antibakteri dan membersihkan diri, pengolahan air, dll.¹² Partikel titanium oksida (TiO_2) memiliki permukaan yang luas sehingga mampu diabsorpsi dan struktur nanopartikel TiO_2 yang memiliki nilai keseragaman tinggi menjadikan bahan campuran dapat terabsorpsi muatan lebih baik. Dari penjelasan diatas menyebutkan bahwa bahan titanium oksida adalah bahan yang cocok sebagai sifat RAM yang memiliki sifat listrik karena titanium oksida mampu bersifat dielektrik atau menyimpan muatan listrik.

Potensi logam tanah jarang (*Rare Earth Material/REE*) di Indonesia dinyatakan sebagai *smart-material* yang banyak ditemukan di wilayah galian timah dan bahan galian logam mulia. Logam tanah jarang diproses menjadi material bergugus individu dalam bentuk oksida kemudian dipadukan dengan bahan lain yang dapat direkayasa untuk menjadi bahan magnet, cat antiradar dan *contrast agent*.¹³ Bahan kimia yang berbahan magnet dengan substitusi dengan logam tanah jarang sebagai inovasi bahan pilihan sangat bagus untuk bahan penyerap gelombang radar. Dari kajian ini menerapkan logam tanah jarang yang memiliki nilai plus pada kualitas dan nilai fungsi. Kajian ini dilakukan dengan tingkat kemandirian dalam negeri dengan pemakaian bahan baku dari sumber daya dalam negeri.

Kajian ini memanfaatkan Logam Tanah Jarang (*Rare Earth Material/REE*) yang merupakan *smart-material* diakui mempunyai kemampuan untuk penyerapan gelombang radar yang kekinian untuk keilmuan material. Logam Tanah Jarang (*Rare Earth Material/REE*) memiliki sifat yang khas diantaranya stabilitas panas yang bagus dan kemampuan menghantarkan listrik yang baik serta memiliki dua sifat pada gelombang sehingga dapat menyamai gelombang radar agar dapat

12 Wu, Xiao-ping. *A Review – The Applications of Nano-Structured Titanium Oxide Materials*. (Key Engineering Materials, 2018, Vol.727), hlm. 316.

13 INFO-IPTEK-DIKTI. "PLUTHO Rintis Industri Logam Tanah Jarang di Indonesia" dalam <https://ristekdikti.go.id/plutho-rintis-industri-logam-tanah-jarang-di-indonesia/> diakses pada tanggal 24 Agustus 2018 pukul 17.23 WIB.

berinteraksi dengan bahan penyerap gelombang radar (RAM). Bahan ini dengan menggunakan cerium oksida yang merupakan bahan yang berbasis logam tanah jarang yang sangat unggul untuk stabilitas kimia dan peningkatan suhu, *high ionic conductivity*, kapasitansi dan penyerap ultraviolet yang kuat.¹⁴

Dari bahan Co_3O_4 , TiO_2 , dan CeO_2 kemudian membentuk bahan baru untuk membuat gelombang terjadi *impedance matching* yang mana kalibrasi dari Co_3O_4 , TiO_2 , dan CeO_2 difungsikan merekayasa dari bahan konduktif dan kapasitatif serta penambahan cerium oksida yang memiliki unsur keduanya. Sehingga, pada kajian ini menginginkan sintesis berbasis $CoTi_{1-x}Ce_xO_3$ dapat menjadi riset yang lebih objektif pada *reflection loss* jika bahan kajian menggunakan logam tanah jarang yang berfokus pada peningkatan sifat dielektrik dan sifat magnet menggunakan teknik metalurgi serbuk dengan reaksi padatan fabrikasi sederhana.

¹⁴ Liying, HE., SU.Yimin., Jiang Lanhong., & SHI Shikao. *Recent Advances of Cerium Oxide Nanoparticles in synthesis, Luminescence and Biomedical Studies: a Review*. (Journal of Rare Earths, 2015, Vol. 33, No. 8), hlm. 791.

BAB II

HAKIKAT TEKNOLOGI PERTAHANAN

Pertahanan merupakan sebuah keadaan, peristiwa, usaha, dan wujud yang secara nyata untuk menentukan kedaulatan dan keselamatan sebuah bangsa dan negara¹⁵. Pertahanan negara merupakan segala macam perencanaan, monitoring, aksi serta evaluasi untuk menegakkan kedaulatan, segenap bangsa utuh dan keselamatan warga negara dari segala macam paksaan dari kekerasan dan serangan dari pihak lain karena dinamika struktur dalam negeri atau luar negeri. Hal ini sudah tercantum dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan negara yaitu suatu sistem yang melibatkan seluruh warga negara, wilayah, dan segenap sumber daya nasional yang telah dipersiapkan secara dini oleh pemerintah dan dilaksanakan secara total atau menyeluruh, terpadu, terarah dan berkelanjutan¹⁶. Negara memiliki kewajiban atas kedaulatan bangsanya sendiri yang dilaksanakan oleh seluruh elemen masyarakat dalam segala profesi sehingga penguatan komponen utama dan komponen cadangan terlaksana secara ideal. Pengembang teknologi dan ilmu pengetahuan yang tergolong komponen cadangan dari para ahli/peneliti memberikan peran pada pendukung sistem pertahanan negara. Secara tidak langsung, segala profesi peneliti, civitas akademika, dosen, pekerja industri pertahanan. Segala elemen yang bertanggung jawab dengan kajian dan pengembangan IPTEK memiliki tugas yang terpadu menjadi Indonesia kuat pada pertahanan khususnya segi keilmuan untuk pencapaian produk menuju produk komersial.

Keseluruhan dalam bidang pertahanan negara yang melibatkan masyarakat dan sumber daya nasional, serta sarana dan prasarana secara terpadu, terarah dan sustainabilitas berusaha untuk mempertahankan otoritas negara dan rakyat. Undang-undang yang mengatur sistem pertahanan dan keamanan rakyat semesta, diatur dalam UUD Negara Republik Indonesia tahun 1945 Pasal 30 Ayat (2)¹⁷. Dalam Undang-Undang telah membahas atas pertahanan dan keamanan negara dimana militer sebagai elemen (komponen) utama

¹⁵ Tippe, Syarifuddin. *Ilmu Pertahanan Sejarah, Konsep, Teori dan Implementasi*. (Jakarta Selatan: Salemba Humanika, 2016)

¹⁶ *Ibid.*

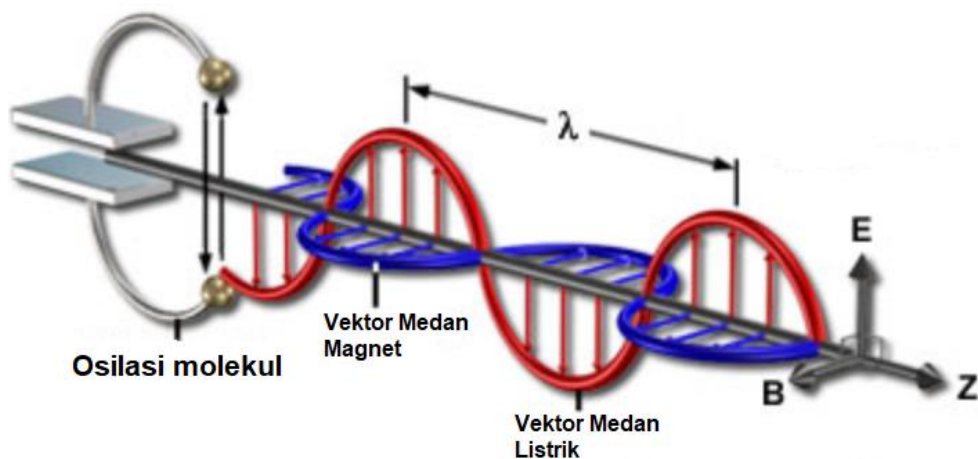
¹⁷ *Ibid.*

dan seluruh rakyat dari berbagai profesi sebagai komponen pendukung. Hal tersebut menjadi aspek terpenting dalam membangun pertahanan negara adalah memberdayakan peneliti, universitas dan pemerintah dengan terpadu melaksanakan peningkatan industri pertahanan pada produk-produk Alpa Hankam. Maka ini sebagai langkah awal untuk pengembangan kekuatan Alpa Hankam sesuai kebutuhan yang laik. Hukum sebab-akibatnya adalah dibutuhkan kemajuan IPTEK yang diupayakan untuk membangun industri pertahanan yang berimplikasi pada kualitas produk alpa Hankam yang dilakukan oleh cendekia dalam negeri.

BAB III

PRINSIP GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK

Gelombang elektromagnetik memiliki sifat yang dinamik yang menurunkan suatu persamaan Maxwell yang menggambarkan hubungan antara medan magnet dan medan listrik¹⁸. Gelombang elektromagnetik yang datang terdiri dari besaran fisis secara bersamaan secara konstan sudut yakni besaran magnet dan besaran listrik. Gelombang elektromagnetik bertransmisi dengan satuan yang memiliki sifat magnetik dan bahan bersifat listrik.



Gambar 2.1 Prinsip Kerja Gelombang Elektromagnetik
(Sumber:

<https://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/polarizedlight/emwave/>,
2018)

Secara umum, gelombang elektromagnetik memiliki perubahan medan magnet dan listrik secara bersamaan yang mengalami gerakan sinusoidal yang tegak lurus dengan arah rambatnya secara bersamaan yang memiliki nilai maksimum dan minimum pada titik temu ruang dan waktu yang sama (diilustrasikan pada Gambar 2.1). Karakteristik gelombang elektromagnetik mengalami peristiwa-peristiwa gelombang

¹⁸ Balanis, C.A. *Advanced Engineering Electromagnetics*. (Amerika: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 2012), hlm 123

pada umumnya seperti pemantulan, pembiasan, interferensi, polarisasi dan difraksi.

Permeabilitas adalah ukuran suatu bahan untuk mendukung pembentukan medan magnet dalam dirinya dengan tingkat magnetisasi bahan akibat respon terhadap medan magnet yang diterapkan konstan¹⁹. Kuat Medan magnet H yang menimbulkan medan magnet M yang menimbulkan dipol dan reorientasi dipol magnetik dalam media tertentu. Permeabilitas pada bahan memiliki perbedaan konstanta permeabilitas pada natural setiap bahan. Berdasarkan hukum Ampere :

$$\begin{aligned}
 H &= \frac{1}{\mu_0} B - M \\
 H + M &= \frac{1}{\mu_0} B \\
 B &= \mu_0 (H + M) \\
 \text{dengan } M &= X_m H \\
 B &= \mu_0 (H + X_m H) \\
 B &= \mu_0 H (1 + X_m) \\
 \mu &= 1 + X_m \dots\dots\dots (2.1) \\
 \mu &= \frac{B}{H} \text{ dengan } \mu_r = \frac{\mu}{\mu_0} \dots\dots\dots (2.2)
 \end{aligned}$$

Simbol μ disebut dengan permeabilitas dari material. Permeabilitas memiliki fungsi dimana perbandingan B dan H yang mempunyai satuan yang sama. Permeabilitas tidak konstan secara umumnya. Permeabilitas relatif disimbolkan μ_r dan merupakan rasio permeabilitas pada suatu media terhadap permeabilitas ruang bebas. Pada frekuensi gelombang mikro, dan juga dalam kristal anisotropik, B dan H akan memiliki arah vektor yang berbeda maka permeabilitas kemudian memiliki karakter tensor. Dalam kasus bahan polikristalin yang mengandung sejumlah besar kristalin berorientasi acak, permeabilitas akan menjadi skalar²⁰. Pada gerakan harmonik, H dan B akan dapat didefinisikan sebagai beda fase δ antara H dan B.

$$H = H_0 e^{j\omega t} \text{ dan } B = B_0 e^{j(\omega t - \delta)} \dots\dots\dots (2.3)$$

¹⁹ *Ibid.*, hlm. 55.

²⁰ Yuping, Wu. *Development of Barium Hexaferrite Composite Material for Microwave Absorption*. (Singapore: National University of Singapore, 2006), hlm. 24