

**PENGARUH KETINGGIAN *REPLACEMENT TIP*,
PULSATION, LARUTAN *ETCHING*, MEDIA SUSPENSI DAN
AMPLITUDO TERHADAP NILAI *REFLECTION LOSS*
BARIUM HEXAFERRITE DOPAN Mg-Al**

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelas Sarjana Teknik dari
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

Tubagus Maulana Ichsan

3334180054

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

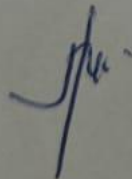
**PENGARUH KETINGGIAN *REPLACEMENT TIP*,
PULSATION, LARUTAN *ETCHING*, MEDIA SUSPENSI DAN
AMPLITUDO TERHADAP NILAI *REFLECTION LOSS*
BARIUM HEXAFERRITE DOPAN Mg-Al**

SKRIPSI

Disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

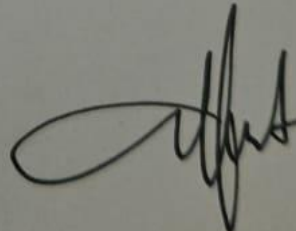
Pembimbing I



Prof. Dr. Dra. Erlina Yustanti, M. Si

NIP. 196803262002122001

Pembimbing II



Alfian Noviyanto, Ph.D.

NIP. 1207003

LEMBAR PERSETUJUAN

PENGARUH KETINGGIAN *REPLACEMENT TIP*, *PULSATION*, LARUTAN *ETCHING*, MEDIA SUSPENSI DAN AMPLITUDO TERHADAP NILAI *REFLECTION LOSS* *BARIUM HEXAFERRITE DOPAN Mg-Al*

Disusun dan diajukan oleh:

Tubagus Maulana Ichsan

3334180054

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal 18 Januari 2023

Susunan Dewan Penguji

Tanda Tangan

Penguji I : Prof. Dr. Dra. Erlina Yustanti, M. Si.

Penguji II : Alfian Noviyanto, Ph.D.

Penguji III : Tri Partuti, S. Si., M. Si.



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



Adhitya Trenggono, S. T., M. Sc.

NIP. 197804102003121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pengaruh Ketinggian *Replacement Tip*, *Pulsation*,
Larutan *Etching*, Media Suspensi Dan Amplitudo
Terhadap Nilai *Reflection Loss Barium Hexaferrite*
Dopan Mg-Al

Nama Mahasiswa : Tubagus Maulana Ichsan

NIM : 3334180054

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar pernyataan ini.

Cilegon, 03 Desember 2022



Tubagus Maulana Ichsan
NIM. 3334180054



ABSTRAK

Dalam bidang pertahanan dan keamanan, gelombang elektromagnetik memiliki peranan penting sebagai salah satu sistem yang dapat membantu dalam pengawasan keamanan suatu wilayah negara. Perkembangan serta pengetahuan terkait teknologi sistem radar (*radio detection and ranging*) berkaitan pada interaksi antara radiasi gelombang elektromagnetik dan materialnya. Material yang memiliki kemampuan untuk menyerap gelombang mikro, salah satunya adalah *Barium hexaferrite* (BHF). Material *barium hexaferrite* merupakan material *ferromagnetic* yang memiliki nilai koersivitas yang tinggi, saturasi magnetisasi dan temperatur transisi magnetik yang baik. Pada *barium hexaferrite* dapat menggunakan berbagai macam proses sintesis nanopartikel, yaitu metode *mechanical alloying*, *sol-gel*, *co-precipitation*, *microemulsion*, dan lain-lain. Berbagai macam cara dapat dilakukan, salah satunya dengan penambahan dopan. Penambahan dopan Mg-Al dengan rasio tertentu, dapat meningkatkan nilai dari *reflection loss*. Ditambah lagi, dengan adanya proses destruksi ulang sampel hingga berukuran nano dengan variasi ketinggian *replacement tip* dan *pulse on:off* dari alat destruksi ultrasonik, dapat mempengaruhi nilai *reflection loss* yang diperoleh. Oleh karena itu, perlu diamati dan dilakukannya penelitian bagaimana pengaruh destruksi ultrasonik dengan variasi ketinggian *replacement tip*, *pulse on:off* mesin destruksi ultrasonik, amplitudo, media suspensi yang digunakan, serta perlakuan prekursor yang dilakukan tahapan *etching* terlebih dahulu. Sampel dilakukan tahapan sintesis destruksi ultrasonik dengan variasi ketinggian *replacement tip* (1, 2, 3 dan 4 cm), *pulse on:off* (59:59, 49:49, 39:39, 29:29, 59:49, 59:39 dan 59:29), amplitudo (35%, 45% dan 55%), media suspensi (*aquadest*, *ethanol* dan *ethylene glycol*) dan konsentrasi *etching agent* HF (5%, 10% dan 15%). Parameter tetap yang diterapkan dalam proses destruksi ultrasonik ini, yaitu waktu sonikasi 4 jam dan frekuensi 20 kHz. Hasil sintesis material *absorber* dikarakterisasi XRD, PSA dan VNA. Parameter optimal proses destruksi ultrasonik selama 4 jam, *pulse* 59:59, ketinggian 2 cm, amplitudo 55%, media *aquadest* hasil proses *etching* HF 15% memperoleh ukuran partikel sebesar 229,8 nm, dengan nilai *reflection loss* sebesar -11,45 dB pada tingkat penyerapannya mencapai 92,83% di frekuensi 8-12 GHz.

Kata kunci : *Barium hexaferrite*, Destruksi Ultrasonik, Nanopartikel, *Reflection loss*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini dilaksanakan untuk memenuhi persyaratan sebagai sarjana di jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis menyadari bahwa tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Adhitya Trenggono, S. T., M. Sc. selaku Ketua Jurusan dan Koordinator Skripsi Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Ibu Prof. Dr. Dra. Erlina Yustanti, M. Si. selaku pembimbing I yang telah memberikan arahan kepada penulis dengan ketulusan hati. Walaupun penulis terkadang berulang kali melakukan kesalahan, beliau dengan penuh kesabaran memberikan bimbingan dan dukungannya kepada penulis agar segera menyelesaikan skripsinya. Serta, penulis tak lupa mengucapkan kata terima kasih yang sebanyak-banyaknya karena telah memberikan fasilitas laboratorium kepada penulis agar dapat menjalankan penelitiannya dengan baik dan segera menuntaskan tugas akhirnya.
3. Bapak Alfian Noviyanto, PhD. selaku pembimbing II yang telah memberikan fasilitas untuk melakukan pengujian PSA di Nano Center Indonesia dan memberikan arahan, serta saran kepada penulis.
4. Ibu Tri Partuti, S. Si., M. Si. selaku pembimbing III dan sekaligus dosen pembimbing akademik penulis selama periode perkuliahan. Penulis tak lupa untuk mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada beliau karena beliau telah banyak memberikan dukungan kepada penulis selama periode perkuliahan kemarin, hingga penyusunan skripsi penulis.

5. Ibu Wiji Rahayu, S. Si. beliau selaku pembimbing yang telah memberikan fasilitas kepada penulis untuk melaksanakan pengujian PSA di PT. DKSH.
6. Bapak Maulana Randa, S. T., M. Sc. beliau selaku pembimbing yang telah memberikan fasilitas kepada penulis untuk melaksanakan pengujian VNA di Laboratorium *Radar Cross Section* milik Kementerian Pertahanan Republik Indonesia.
7. Bapak Ir. Hadi Sudarmo, beliau selaku pembimbing yang membantu penulis dalam memberikan saran dan masukan terkait penelitian. Terima kasih bapak telah membantu penulis untuk merakit mesin *pump*, sungguh sangat terbantu oleh bapak.
8. Orang tua penulis, yang tak henti-henti menyemangati dan memberikan harapan agar penulis dapat segera menyelesaikan tugas akhirnya dengan baik.
9. Tak lupa juga, rekan seperjuangan yang hampir setiap hari bertemu di Lab., yaitu ada Ikram, Anes, Anika. Terima kasih kawan-kawan, semoga apa yang kita cita-citakan dapat tergapai.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kesalahan serta kekurangan. Untuk itu, Penulis mengharapkan kritik serta saran pembaca agar Skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Harapan Penulis semoga Skripsi ini berguna sebagai dan bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa maupun pihak-pihak lain yang memerlukannya sebagai bahan kajian maupun sumber referensi. Atas perhatiannya, Penulis ucapkan terima kasih.

Cilegon, Desember 2022

Tubagus Maulana Ichsan

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Hipotesis	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Material Nano Untuk Penyerapan Gelombang Mikro.....	6
2.2 Material Penyerap Gelombang Mikro Berbasis BHF	12
2.3 Material <i>Barium Hexaferrite</i> ($\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19}$).....	14
2.4 Efek Substitusi Ion Fe^{3+} Terhadap Daya Serap Gelombang Mikro	17
2.5 <i>Mechanical Alloying</i>	19
2.6 Proses Sonikasi.....	21
2.7 Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i>	24
2.8 Karakterisasi <i>Particle Size Analyzer</i>	25
2.9 Karakterisasi <i>Vector Network Analyzer</i>	27
2.10 Implementasi Material Penyerap Gelombang Mikro	28
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir.....	30
3.2 Alat dan Bahan	31

3.2.1	Alat-alat.....	31
3.2.2	Bahan-bahan.....	32
3.3	Prosedur Percobaan	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pengamatan Setelah Proses Destruksi Ultrasonik	35
4.2	Hasil dan Analisis PSA	39
4.2.1	Hasil dan Analisis PSA Variasi <i>Pulse on:off</i>	39
4.2.2	Hasil dan Analisis PSA Variasi off Pada <i>Pulse on:off</i>	41
4.2.3	Hasil dan Analisis PSA Variasi Ketinggian <i>Replacement Tip</i>	42
4.2.4	Hasil dan Analisis PSA Variasi Amplitudo	45
4.2.5	Hasil dan Analisis PSA Variasi Media Suspensi	46
4.2.6	Hasil dan Analisis PSA Variasi Konsentrasi Larutan <i>Etching Agent Hydrofluoric Acid (HF)</i>	49
4.3	Hasil dan Analisis VNA (<i>Vector Network Analyzer</i>)	51
4.4	Hasil dan Analisis XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>) Setelah Proses Destruksi Ultrasonik.....	58
4.5	Analisis Statistik.....	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		
LAMPIRAN A. Contoh Perhitungan		78
LAMPIRAN B. Gambar Alat dan Bahan		80

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Material BHF Dopan Penyerap Gelombang Mikro	12
2.2	Karakteristik BHF	15
4.1	Karakteristik Media Suspensi	48
4.2	Pengenceran Larutan HF 48%	49
4.3	Hasil <i>Fitting</i> Material BHF Dopan Mg-Al $x=0,5$ Setelah Proses Destruksi Ultrasonik Media Suspensi <i>Ethanol</i>	60
4.4	<i>Tests of Normality</i>	61
4.5	<i>Test of Homogeneity of Variances</i>	62
4.6	Uji ANOVA	62
4.7	Uji Korelasi	63
4.8	Data <i>Model Summary</i> ^b	64
4.9	Data Koefisien ^a	64
4.10	<i>Multiple Comparisons</i>	65

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	(a) Konsep dari RF <i>Shielding</i> dan (b) Konsep dari RF <i>Absorber</i>	11
2.2	Ketergantungan frekuensi dari (a) riil dan (b) bagian imajiner dari permitivitas kompleks dan (c) riil dan (d) bagian imajiner dari permeabilitas kompleks sampel $BaFe_{12-2x}Mg_xAl_xO_{19}$ ($x=0$ dan $x=0,1$)...	18
2.3	Skematik Partikel Nano yang Disintesis Melalui <i>Mechanical Alloying</i> dan <i>Ultrasonic Irradiation</i>	19
2.4	(a) Karakteristik deformasi konstituen representative dari bubuk awal dalam <i>mechanical alloying</i> dan (b) <i>Collision</i> antara bola-bubuk-bola selama paduan mekanis.....	21
2.5	Proses Terbentuknya Kavitasi.....	23
2.6	Diagram Struktural PSA	26
2.7	Mekanisme <i>Vector Network Analyzer</i> (VNA)	28
3.1	Diagram Alir Penelitian Destruksi Ultrasonik BHF Dopan Mg-Al.....	31
4.1	Hasil Proses Destruksi Ultrasonik (A) Hari ke-0; (B) Hari ke-1 dan (C) Hari ke-2	35
4.2	Media Suspensi (A) <i>Aquadest</i> ; (B) <i>Ethylene glycol</i> dan (C) <i>Ethanol</i>	38
4.3	Ukuran Partikel Hasil Destruksi Ultrasonik Variasi <i>Pulse on:off</i>	40
4.4	Ukuran Hasil Destruksi Ultrasonik Variasi off Pada <i>Pulse on:off</i>	42
4.5	Ukuran Hasil Destruksi Ultrasonik Variasi Ketinggian <i>Replacement Tip</i>	44
4.6	Ukuran Hasil Destruksi Ultrasonik Variasi Amplitudo	46
4.7	Ukuran Hasil Destruksi Ultrasonik Variasi Media Suspensi.....	47
4.8	Ukuran Hasil Destruksi Ultrasonik Variasi <i>Etching Agent</i> HF	50
4.9	Hasil Nilai Permittivitas Material BHF	51
4.10	Hasil Nilai Permeabilitas Material BHF	53
4.11	Hasil Nilai <i>Loss Tangent</i> Material BHF	54
4.12	Hasil Nilai <i>Reflection Loss</i> Material BHF	55

4.13	Pola Difraksi BHF Dopan Mg-Al	59
B.1	Botol <i>Aquadest</i>	81
B.2	Gelas Beker 250 mL	81
B.3	Cetakan VNA	81
B.4	Mortar	81
B.5	Kertas Saring	81
B.6	Neraca Digital	81
B.7	Kertas pH Meter	81
B.8	<i>Qsonica Sonicator Q500</i>	81
B.9	Spatula	82
B.10	XRD D8 <i>Advance</i>	82
B.11	Pipet	82
B.12	Kompor Elektrik	82
B.13	VNA <i>type R3770</i>	82
B.14	Wadah Sampel	82
B.15	Corong <i>Buchner</i>	82
B.16	<i>Malvern type M3000</i>	82
B.17	<i>Aquadest</i>	83
B.18	<i>Ethanol 96%</i>	83
B.19	Sampel BHF	83
B.20	<i>Ethylene Glycol</i>	83
B.21	Surfaktan <i>Non-Ionic</i>	83
B.22	<i>Hydrofluoric Acid 48%</i>	83

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gelombang elektromagnetik, khususnya dalam bidang pertahanan dan keamanan memiliki peranan penting sebagai salah satu sistem yang dapat membantu dalam pengawasan keamanan suatu wilayah negara. Perkembangan serta pengetahuan terkait teknologi sistem radar (*radio detection and ranging*) berkaitan pada interaksi antara radiasi gelombang elektromagnetik dan materialnya (Taryana, Manaf, Sudrajat, & Wahyu, 2019b). Terjadi permasalahan baru yang disebabkan dengan adanya gelombang elektromagnetik, yaitu dampak gelombang elektromagnetik. Akibat dari adanya polusi ini, dapat menyebabkan kerusakan pada kesehatan manusia. Untuk meminimalisir adanya polusi gelombang elektromagnetik ini, material penyerap gelombang mikro yang dapat mengubah energi gelombang elektromagnetik menjadi energi panas atau bentuk energi lainnya. Banyak upaya yang telah dilakukan untuk mengeksplorasi material penyerap gelombang mikro yang sangat efisien dalam beberapa tahun terakhir (Wang, Wu, Fu, & Liu, 2021).

Material yang memiliki kemampuan untuk menyerap gelombang mikro, salah satunya adalah *barium hexaferrite* (BHF). Material *barium hexaferrite* merupakan material *ferromagnetic* yang memiliki nilai koersivitas yang tinggi, saturasi magnetisasi dan temperatur transisi magnetik yang baik. Pada *barium hexaferrite* dapat menggunakan berbagai macam proses sintesis nanopartikel, yaitu metode *mechanical alloying*, *sol-gel*, *co-precipitation*, *microemulsion*, dan lain-lain (Houbi et al., 2021). Dari banyaknya metode sintesis nanopartikel yang dapat digunakan, metode *mechanical alloying* sangat mudah untuk diterapkan. Dikarenakan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Prof. Dr. Dra. Erlina Yustanti, M. Si. (Yustanti et al., 2022), berhasil memperoleh nilai *reflection loss* terendah sebesar -40,8697 dB pada frekuensi 11,896 GHz dengan kemampuan

serapannya 99,99%. Material *barium hexaferrite* tergolong kedalam material *hard magnet*, oleh sebab material *barium hexaferrite* perlu ditambahkan dopan. Penambahan dopan dilakukan untuk mempengaruhi sifat magnet dari material *barium hexaferrite* ini menjadi *soft magnet*. Banyak sekali unsur yang dapat bertindak sebagai dopan, salah satunya Mg-Al. Dikarenakan pada penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh Prof. Dr. Dra. Erlina Yustanti, M. Si (Yustanti et al., 2022), material *barium hexaferrite* yang dilakukan penambahan dopan Mg-Al, serta material tersebut dilakukan proses dengan metode *mechanical alloying* dan destruksi ultrasonik. Hasil *reflection loss* yang diperoleh dengan penambahan dopan Mg-Al adalah sebesar -40,8697 dB pada frekuensi 11,896 GHz. Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan diatas, penambahan dopan Mg-Al terbukti dapat meningkatkan kemampuan penyerapan gelombang mikro material *barium hexaferrite*, maka dari itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai destruksi ulang material *Barium hexaferrite* dopan Mg-Al dengan alat ultrasonik hingga berukuran nano dengan variasi ketinggian *replacement tip* (No & Son, 2019) dan durasi *pulse on:off* mesin ultrasonik destruksinya (Cabrera-Trujillo, Sotelo-Díaz, & Quintanilla-Carvajal, 2016) serta ditambahkan variasi amplitudo (Abdullah, Taip, Mustapa Kamal, & Abdul Rahman, 2018) dengan media suspensi (Sulistiyono, Manaf, & Firdiyono, 2012) dan perlakuan prekursor sebelum sonikasi dilakukan proses *etching* (Rafani, 2015).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini, antara lain:

1. Bagaimana pengaruh *pulse on:off* saat proses destruksi ultrasonik berlangsung terhadap nilai *reflection loss* material *barium hexaferrite* dopan Mg-Al?
2. Bagaimana pengaruh perbedaan ketinggian *replacement tip* saat proses destruksi ultrasonik berlangsung terhadap nilai *reflection loss* material *barium hexaferrite* dopan Mg-Al?

3. Bagaimana pengaruh media suspensi saat proses destruksi ultrasonik berlangsung terhadap nilai *reflection loss* material *barium hexaferrite* dopan Mg-Al?
4. Bagaimana pengaruh amplitudo saat proses destruksi ultrasonik berlangsung terhadap nilai *reflection loss* material *barium hexaferrite* dopan Mg-Al?
5. Bagaimana pengaruh proses *etching* pada material *barium hexaferrite* dopan Mg-Al sebelum dilakukan proses destruksi ultrasonik terhadap nilai *reflection loss*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini secara umum adalah untuk memperoleh parameter optimum pada proses sintesis material *barium hexaferrite* dengan nilai *reflection loss* yang baik supaya dapat digunakan sebagai bahan pelapisan material *absorber* untuk pesawat siluman. Tujuan khusus dilakukannya penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui pengaruh *pulse on:off* saat proses destruksi ultrasonik berlangsung terhadap nilai *reflection loss* pada material *barium hexaferrite* dopan Mg-Al.
2. Mengetahui pengaruh perbedaan ketinggian *replacement tip* saat proses destruksi ultrasonik berlangsung terhadap nilai *reflection loss* pada material *barium hexaferrite* dopan Mg-Al.
3. Mengetahui pengaruh media suspensi saat proses destruksi ultrasonik berlangsung terhadap nilai *reflection loss* pada material *barium hexaferrite* dopan Mg-Al.
4. Mengetahui pengaruh amplitudo saat proses destruksi ultrasonik berlangsung terhadap nilai *reflection loss* pada material *barium hexaferrite* dopan Mg-Al.
5. Mengetahui pengaruh perlakuan proses *etching* sebelum dilakukan proses destruksi ultrasonik terhadap nilai *reflection loss* pada material *barium hexaferrite* dopan Mg-Al.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian dilakukan Laboratorium Nanomaterial & Teknologi Proses CoE It.2 FT. UNTIRTA.
2. Melakukan karakterisasi XRD untuk mengetahui efek *broadening* akibat reduksi ukuran partikel.
3. Melakukan destruksi ultrasonik untuk menghasilkan sampel berukuran nanometer dengan parameter-parameter variasi yang telah ditetapkan.
4. Melakukan karakterisasi PSA untuk mengetahui distribusi ukuran partikel yang dihasilkan setelah sampel dilakukan proses destruksi ultrasonik sesuai dengan variasi yang telah ditetapkan.
5. Melakukan karakterisasi VNA untuk mengetahui nilai *reflection loss*.

1.5 Hipotesis

Hipotesis penelitian kali ini adalah *Barium hexaferrite* yang dihasilkan dari proses sintesis dengan menggunakan metode *mechanical alloying* dapat digunakan sebagai material penyerap gelombang mikro pada komponen elektronik, *microwave*, dan sebagai RAM (*Radar Absorbing Material*). Dengan penambahan dopan Mg-Al pada *Barium hexaferrite* akan menurunkan nilai dari *reflection loss*, sehingga nilai serapan yang diperoleh dapat mencapai 100% dengan dilakukannya destruksi ultrasonik, semakin dalam *replacement tip* akan menghasilkan ukuran partikel yang semakin halus, sehingga dapat meminimalisir nilai *reflection loss*-nya. Semakin cepat durasi *pulse on:off* dari alat destruksi ultrasoniknya, akan menyebabkan ukuran partikelnya semakin halus, sehingga dapat menurunkan nilai *reflection loss*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan penelitian ini terbagi menjadi lima bab, yaitu Bab I, Bab II, Bab III, Bab IV dan Bab V, serta terdiri atas Lampiran A dan Lampiran B. Bab I menjelaskan tentang latar belakang mengenai penelitian material *barium hexaferrite*, rumusan masalah merupakan dasar penelitian kali ini, tujuan

penelitian, ruang lingkup penelitian, hipotesis dan sistematika penulisan. Bab II menerangkan tentang landasan teori mengenai, Material Nano Untuk Penyerapan Gelombang Mikro, Rekayasa Nanopartikel Berbahan Dasar *Barium Hexaferrite*, Sintesis Material *Barium Hexaferrite*, *Ultrasonic Destruction*, Karakterisasi *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Particle Size Analyzer (PSA)*, *Vector Network Analyzer (VNA)* dan Implementasi Material Penyerap Gelombang Mikro. Bab III mengutarakan metodologi penelitian yang akan memaparkan mengenai diagram alir penelitian, alat serta bahan yang dipakai saat penelitian berlangsung, serta tata cara prosedur saat melakukan penelitian. Bab IV menjelaskan tentang hasil dan pembahasan yang didapat setelah penelitian selesai dilakukan. Bab V merupakan kesimpulan dan saran yang berisikan kesimpulan menyeluruh dari hasil yang diperoleh, serta saran-saran untuk perbaikan atau aspek lain yang perlu dikaji lebih lanjut. Selanjutnya, terdapat daftar pustaka yang berisi referensi yang digunakan selama penyusunan skripsi ini. Serta terdapat Lampiran A yang berisikan contoh perhitungan, Lampiran B yang berisi gambar alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahi, F., Yousefi, M., Hekmati, M., Khajehnezhad, A., & Afghahi, S. S. S. (2019). Magnetic and microwave absorption properties of barium hexaferrite doped with La³⁺ and Gd³⁺. *Journal of Nanostructures*, 9(3), 579–586. <https://doi.org/10.22052/JNS.2019.03.019>
- Abdullah, Z., Taip, F. S., Mustapa Kamal, S. M., & Abdul Rahman, R. Z. (2018). Effect of sodium caseinate concentration and sonication amplitude on the stability and physical characteristics of homogenized coconut milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(11), 1–9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13773>
- Afzal, A., Khan, S. A., & Ahamed Saleel, C. (2019). Role of ultrasonication duration and surfactant on characteristics of ZnO and CuO nanofluids. *Materials Research Express*, 6(11), 1150d8. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab5013>
- Ahari, H., & Nasiri, M. (2021). Ultrasonic technique for production of nanoemulsions for food packaging purposes: A review study. *Coatings*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/coatings11070847>
- Ahmadi, M., Peymanfar, R., Abdolrahimi, N., & Javanshir, S. (2017a). *Preparation and characterization of templated barium hexaferrite (BaFe₁₂O₁₉) nanoparticles and investigation of its microwave absorption properties by silicone rubber matrix at x-band frequency*. 4814. <https://doi.org/10.3390/ecsoc-21-04814>
- Ahmadi, M., Peymanfar, R., Abdolrahimi, N., & Javanshir, S. (2017b). Preparation and characterization of templated barium hexaferrite (BaFe₁₂O₁₉) nanoparticles and investigation of its microwave absorption properties by silicone rubber matrix at x-band frequency. *Proceedings of The 21st International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry*, 4814. <https://doi.org/10.3390/ecsoc-21-04814>
- Ameh, E. S. (2019). A review of basic crystallography and x-ray diffraction applications. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 105(7–8), 3289–3302. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04508-1>
- Application, F., Data, P., Examiner, P., & Toatley, G. J. (2007). (12) *United States Patent*. 2(12).
- Application, P. (2020). *In (19)*.
- Araz, İ. (2019). Electromagnetic properties of Ce substituted barium hexaferrite in

X band frequencies. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 30(16), 14935–14943. <https://doi.org/10.1007/s10854-019-01866-0>

Arora, A., & Narang, S. B. (2018). Effect of La-Na Doping in Co-Ti Substituted Barium Hexaferrite on Electrical and X-Band Microwave Absorption Properties. *Journal of Electronic Materials*, 47(8), 4919–4928. <https://doi.org/10.1007/s11664-018-6349-8>

Asadi, A., Pourfattah, F., Miklós Szilágyi, I., Afrand, M., Żyła, G., Seon Ahn, H., ... Mahian, O. (2019). Effect of sonication characteristics on stability, thermophysical properties, and heat transfer of nanofluids: A comprehensive review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 58(February). <https://doi.org/10.1016/j.ulsonch.2019.104701>

Azis, R. S., Hashim, M., Zakaria, A., Hassan, J., Daud, N., Mohd Shahrani, N. M., & Siang, P. C. (2016). Magnetic properties and microstructures of cobalt substituted barium hexaferrites derived from steel waste product via mechanical alloying technique. *Materials Science Forum*, 846, 388–394. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.846.388>

Barchouchi, A., Molina-Boisseau, S., Gondrexon, N., & Baup, S. (2021). Sonochemical activity in ultrasonic reactors under heterogeneous conditions. *Ultrasonics Sonochemistry*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.ulsonch.2020.105407>

Brezhneva, N., Dezhkunov, N. V., Ulasevich, S. A., & Skorb, E. V. (2021). Characterization of transient cavitation activity during sonochemical modification of magnesium particles. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70(October), 105315. <https://doi.org/10.1016/j.ulsonch.2020.105315>

Cabrera-Trujillo, M. A., Sotelo-Díaz, L. I., & Quintanilla-Carvajal, M. X. (2016). Efecto de la amplitud y pulsación en ultrasonido de sonda a baja frecuencia sobre emulsiones aceite/agua. *DYNA (Colombia)*, 83(199), 63–68. <https://doi.org/10.15446/dyna.v83n199.56192>

Candani, D., Ulfah, M., Noviana, W., & Zainul, R. (2018). A Review Pemanfaatan Teknologi Sonikasi. *INA-Rxiv*, (26), 1–9.

Choi, J., & Son, Y. (2022). Quantification of sonochemical and sonophysical effects in a 20 kHz probe-type sonoreactor: Enhancing sonophysical effects in heterogeneous systems with milli-sized particles. *Ultrasonics Sonochemistry*, 82, 105888. <https://doi.org/10.1016/j.ulsonch.2021.105888>

Christianto, P. (2013). Analisa Rietveld terhadap Transformasi Fasa ($\alpha \rightarrow \beta$) pada Solid Solution Ti-3 at.% Al pada Proses Mechanical Alloying dengan Variasi Milling Time. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 2337–3539.

- Darmawan, L., Suparno, & Manaf, A. (2020). Enhancement of magnetic and microwave absorbing properties of $[\text{Ba}(\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Ti})_{12}\text{O}_{19}]_{1-x}[\text{CoFe}_{12}\text{O}_4]_x$ ($x = 0.2; 0.5; 0.8$) composites. *Journal of Physics: Conference Series*, *1485*(1), 0–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1485/1/012046>
- Deojay, D. M., Sostaric, J. Z., & Weavers, L. K. (2011). Exploring the effects of pulsed ultrasound at 205 and 616 kHz on the sonochemical degradation of octylbenzene sulfonate. *Ultrasonics Sonochemistry*, *18*(3), 801–809. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2010.10.005>
- Dheyab, M. A., Aziz, A. A., & Jameel, M. S. (2021). Recent advances in inorganic nanomaterials synthesis using sonochemistry: A comprehensive review on iron oxide, gold and iron oxide coated gold nanoparticles. *Molecules*, *26*(9). <https://doi.org/10.3390/molecules26092453>
- Goel, S., Bala, M., Garg, A., Shivling, V. D., & Tyagi, S. (2020). Lanthanum doped barium hexaferrite nanoparticles for enhanced microwave absorption. *Materials Today: Proceedings*, *28*(xxxx), 1753–1758. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.157>
- Goel, S., Garg, A., Baskey, H. B., Pandey, M. K., & Tyagi, S. (2021). Studies on dielectric and magnetic properties of barium hexaferrite and bio-waste derived activated carbon composites for X-band microwave absorption. *Journal of Alloys and Compounds*, *875*, 160028. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.160028>
- Goel, S., Garg, A., Baskey, H. B., & Tyagi, S. (2021). Microwave absorption study of low-density composites of barium hexaferrite and carbon black in X-band. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, *98*(2), 351–363. <https://doi.org/10.1007/s10971-021-05492-3>
- Goel, S., Garg, A., Gupta, R. K., Dubey, A., Prasad, N. E., & Tyagi, S. (2020). Effect of neodymium doping on microwave absorption property of barium hexaferrite in X-band. *Materials Research Express*, *7*(1). <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab6544>
- Green, M., & Chen, X. (2019). Recent progress of nanomaterials for microwave absorption. *Journal of Materiomics*, *5*(4), 503–541. <https://doi.org/10.1016/j.jmat.2019.07.003>
- Gultom, G., Rianna, M., Sebayang, P., & Ginting, M. (2020a). The effect of Mg-Al binary doped barium hexaferrite for enhanced microwave absorption performance. *Case Studies in Thermal Engineering*, *18*, 100580. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2019.100580>
- Gultom, G., Rianna, M., Sebayang, P., & Ginting, M. (2020b). The effect of Mg-

Al binary doped barium hexaferrite for enhanced microwave absorption performance. *Case Studies in Thermal Engineering*, 18, 0–5. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2019.100580>

Gunanto, Y. E., Izaak, M. P., Sitompul, H., & Adi, W. A. (2019). Reflection Loss Characteristic as Coating Thickness Function on the Microwave Absorbing Paint at a Frequency of 8-12 GHz. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 515(1), 12–17. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/515/1/012074>

Handoko, E., Sugihartono, I., Marpaung, M. A., Budi, S., Fahdiran, R., Randa, M., ... Alaydrus, M. (2021). Complex permeability, permittivity and microwave absorption properties of barium hexaferrite synthesized from natural iron sand. *Journal of Physics: Conference Series*, 1869(1), 6–10. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1869/1/012183>

Haruo Shimaoka. (2002). *Patent No. US 6,473,178 B2*. Japan.

Hodaei, A., Ataie, A., & Mostafavi, E. (2015). Intermediate milling energy optimization to enhance the characteristics of barium hexaferrite magnetic nanoparticles. *Journal of Alloys and Compounds*, 640, 162–168. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.03.230>

Houbi, A., Aldashevich, Z. A., Atassi, Y., Bagasharova Telmanovna, Z., Saule, M., & Kubanych, K. (2021). Microwave absorbing properties of ferrites and their composites: A review. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 529(September 2020). <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2021.167839>

Hu, S. L., Liu, J., Yu, H. Y., & Liu, Z. W. (2019). Synthesis and properties of barium ferrite nano-powders by chemical co-precipitation method. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 473, 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2018.10.044>

Kamali, M., Dewil, R., Appels, L., & Aminabhavi, T. M. (2021). Nanostructured materials via green sonochemical routes – Sustainability aspects. *Chemosphere*, 276, 130146. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130146>

Keith F. Anderson, Santa Rosa, C., (US); Alex Grichener, Plymouth, M., & US, (. (2021). *Patent No. US 10,969,421 B2*. USA.

Khan, I., Ali, S., Mansha, M., & Qurashi, A. (2017). Sonochemical assisted hydrothermal synthesis of pseudo-flower shaped Bismuth vanadate (BiVO₄) and their solar-driven water splitting application. *Ultrasonics Sonochemistry*, 36, 386–392. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.12.014>

Kumar, A., Agarwala, V., & Singh, D. (2013). Effect of particle size of BaFe₁₂O₁₉

on the microwave absorption CHARACTERISTICS in X-band. *Progress In Electromagnetics Research M*, 29(March), 223–236. <https://doi.org/10.2528/PIERM13011604>

Kumar, S., Datt, G., Santhosh Kumar, A., & Abhyankar, A. C. (2016). Enhanced absorption of microwave radiations through flexible polyvinyl alcohol-carbon black/barium hexaferrite composite films. *Journal of Applied Physics*, 120(16). <https://doi.org/10.1063/1.4964873>

Lévêque, J.-M., Cravotto, G., Delattre, F., & Cintas, P. (2018). *SPRINGER BRIEFS IN MOLECULAR SCIENCE ULTRASOUND AND SONOCHEMISTRY Organic Sonochemistry Challenges and Perspectives for the 21st Century*. Retrieved from <http://foodvaluechain.unimelb.edu.au/research/ultrasonic-encapsulation>

Li, Y., Kalbasi, R., Nguyen, Q., & Afrand, M. (2020). Effects of sonication duration and nanoparticles concentration on thermal conductivity of silica-ethylene glycol nanofluid under different temperatures: An experimental study. *Powder Technology*, 367, 464–473. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.03.058>

Manafi, S. A., Joughehdoust, S., Kiahosseini, S. R., & Farahbakhsh, I. (2019). Optimization of mechanical alloying parameters for synthesis of nanostructure hexagonal BaFe₁₂O₁₉. *Journal of the Australian Ceramic Society*, 55(2), 371–379. <https://doi.org/10.1007/s41779-018-0244-x>

Manawan, M., Manaf, A., Soegijono, B., & Yudi, A. (2014). Microstructural and magnetic properties of Ti²⁺-Mn⁴⁺ substituted barium hexaferrite. *Advanced Materials Research*, 896, 401–405. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.896.401>

Manawan, M. T. E. (2014). *Peningkatan Sifat Magnetik dan Absorpsi Gelombang Mikro pada Sistem Nanokomposit Berpenguat Hexaferrit melalui Proses Mechanical Alloying dan Destruksi Ultrasonik Daya Tinggi*. Indonesia.

Mosleh, Z., Kameli, P., Poorbaferani, A., Ranjbar, M., & Salamati, H. (2016). Structural, magnetic and microwave absorption properties of Ce-doped barium hexaferrite. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 397, 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2015.08.078>

Mukherjee, S., Mishra, P. C., Chakrabarty, S., & Chaudhuri, P. (2022). Effects of Sonication Period on Colloidal Stability and Thermal Conductivity of SiO₂-Water Nanofluid: An Experimental Investigation. *Journal of Cluster Science*, 33(4), 1763–1771. <https://doi.org/10.1007/s10876-021-02100-w>

Naftali Chayat. (2020). *Patent No. US 10,620,248 B2*. israel.

- Nakama, Y. (2017). Surfactants. In *Cosmetic Science and Technology: Theoretical Principles and Applications*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802005-0.00015-X>
- Neill, S. P., & Hashemi, M. R. (2018). In Situ and Remote Methods for Resource Characterization. In *Fundamentals of Ocean Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-810448-4.00007-0>
- Nikmanesh, H., Moradi, M., Bordbar, G. H., & Alam, R. S. (2016). Synthesis of multi-walled carbon nanotube/doped barium hexaferrite nanocomposites: An investigation of structural, magnetic and microwave absorption properties. *Ceramics International*, 42(13), 14342–14349. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.05.089>
- Nikmanesh, H., Moradi, M., Bordbar, G. H., & Shams Alam, R. (2017). Effect of multi dopant barium hexaferrite nanoparticles on the structural, magnetic, and X-Ku bands microwave absorption properties. *Journal of Alloys and Compounds*, 708, 99–107. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2017.02.308>
- No, Y., & Son, Y. (2019). Effects of probe position of 20 kHz sonicator on sonochemical oxidation activity. *Japanese Journal of Applied Physics*, 58(SG). <https://doi.org/10.7567/1347-4065/ab0adb>
- Novizal, Edie, S., & Manawan, M. T. E. (2016). Analysis of the magnetic properties nanoscale barium hexaferrite (BHF) prepared by milling and ultrasonic method. *Journal of Physics: Conference Series*, 776(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/776/1/012017>
- Pavithra, S., Manikandan, S., Saranprabhu, M. K., Sivapalan, B., & Rajan, K. S. (2018). Ultrasonication assisted co-dispersion of nanostructured magnesium-lined paraffin wax and magnesium oxide in a heat transfer fluid for energy related applications. *Journal of Molecular Liquids*, 271, 828–837. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.09.065>
- Pokhrel, N., Vabbina, P. K., & Pala, N. (2016). Sonochemistry: Science and Engineering. *Ultrasonics Sonochemistry*, 29, 104–128. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.07.023>
- Putra, K. P., & Manaf, A. (2017). Structural and magnetic properties of (Ba_{1-x}Lax)Fe₁₂O₁₉ obtained by mechanical alloying and ultrasonic irradiation. *AIP Conference Proceedings*, 1862(July), 1–5. <https://doi.org/10.1063/1.4991159>
- Rafani, A. (2015). *Pengaruh Etching Terhadap Pembentukan Nanopartikel Strontium Hexaferrite Dengan Substitusi Parsial Ion Mn-Ti*. University of Indonesia.

- Rao, M. V., Sengar, A. S., C K, S., & Rawson, A. (2021). Ultrasonication - A green technology extraction technique for spices: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 116(February), 975–991. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.09.006>
- Raveendran, A., Sebastian, M. T., & Raman, S. (2019). Applications of Microwave Materials: A Review. *Journal of Electronic Materials*. <https://doi.org/10.1007/s11664-019-07049-1>
- Rianna, M., Sembiring, T., Kurniawan, C., Setiadi, E. A., Simbolon, S., Ginting, M., & Sebayang, P. (2017). Microstructure and magnetic properties of BaFe_{12-2x}Mg_xAl_xO₁₉ for microwave absorbing materials. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(17), 6586–6590.
- Rianna, M., Situmorang, M., Kurniawan, C., Tetuko, A. P., Setiadi, E. A., Ginting, M., & Sebayang, P. (2019). The effect of Mg-Al additive composition on microstructure, magnetic properties, and microwave absorption on BaFe_{12-2x}Mg_xAl_xO₁₉ (x = 0–0.5) material synthesized from natural iron sand. *Materials Letters*, 256, 126612. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.126612>
- Rostami, M., Jafarpour, M., & Majles Ara, M. H. (2021). An investigation on the microwave absorption properties of Co–Al–Ti substituted barium hexaferrite-MWCNT nanocomposites. *Journal of Alloys and Compounds*, 872, 159656. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.159656>
- Sandhya, M., Ramasamy, D., Sudhakar, K., Kadirgama, K., & Harun, W. S. W. (2021). Ultrasonication an intensifying tool for preparation of stable nanofluids and study the time influence on distinct properties of graphene nanofluids – A systematic overview. *Ultrasonics Sonochemistry*, 73, 105479. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105479>
- Sinaga, Z., & Joniwarta, J. (2020). Analisis Ukuran Kristal Dan Sifat Magnetik Melalui Proses Pemesinan Milling Menggunakan Metode Karakterisasi Xrd, Mechanical Alloying, Dan Ultrasonik Tekanan Tinggi Pada Material Barium Hexaferrite (Baf₁₂o₁₉). *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 5(1), 9–14. <https://doi.org/10.52447/jktm.v5i1.2372>
- Sonawane, S. S., Khedkar, R. S., & Wasewar, K. L. (2015). Effect of sonication time on enhancement of effective thermal conductivity of nano TiO₂–water, ethylene glycol, and paraffin oil nanofluids and models comparisons. *Journal of Experimental Nanoscience*, 10(4), 310–322. <https://doi.org/10.1080/17458080.2013.832421>
- Steffen HEUEL, M. (D.); S., NEIDHARDT, D. (D.); T., & BEDNORZ, E. (D.). (2021). *Patent No. US 2021/0223301 A1*. Germany.

- Sukor, N., Jusoh, R., Rahim, S. A., & Kamarudin, N. (2018). Ultrasound assisted methods for enhanced extraction of phenolic acids from *Quercus Infectoria* galls. *Materials Today: Proceedings*, 5(10), 21990–21999. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.07.060>
- Sulistiyono, E., Manaf, A., & Firdiyono, F. (2012). Pengaruh Media Suspensi Terhadap Proses ULtrasonic Milling Pada Partikel Hydromagnesite. *Majalah Metalurgi*, 6, 135–140.
- Suryanarayana, C. (2019). Mechanical Alloying: A Novel Technique to Synthesize Advanced Materials. *Research*, 2019, 1–17. <https://doi.org/10.34133/2019/4219812>
- Syazwan, M. M., Azis, R. S., Hashim, M., Ismayadi, I., Kanagesan, S., & Hapishah, A. N. (2017). Co-Ti- and Mn-Ti-substituted barium ferrite for electromagnetic property tuning and enhanced microwave absorption synthesized via mechanical alloying. *Journal of the Australian Ceramic Society*, 53(2), 465–474. <https://doi.org/10.1007/s41779-017-0056-4>
- Taha, M. A., Youness, R. A., & Zawrah, M. F. (2019). Review on nanocomposites fabricated by mechanical alloying. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, 26(9), 1047–1058. <https://doi.org/10.1007/s12613-019-1827-4>
- Taryana, Y., Adi, W. A., Mahmudin, D., Wahyu, Y., & Manaf, A. (2020). Structural, magnetic and microwave absorption characteristics of $\text{Ba}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12}\text{O}_{19}$ ($X = 0; 0.1; 0.2; 0.3; 0.5; 0.7$). *Key Engineering Materials*, 855 KEM, 261–267. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.855.261>
- Taryana, Y., Manaf, A., Sudrajat, N., & Wahyu, Y. (2019a). Material Penyerap Gelombang Elektromagnetik Jangkauan Frekuensi Radar. *Jurnal Keramik Dan Gelas Indonesia*, 28(1), 1–29.
- Taryana, Y., Manaf, A., Sudrajat, N., & Wahyu, Y. (2019b). *MATERIAL PENYERAP GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK JANGKAUAN FREKUENSI RADAR Electromagnetic Wave Absorbing Materials on Radar Frequency Range*.
- Verma, G., & Ray, K. P. (2021). Design, Fabrication and Characteristics of Eco-Friendly Microwave Absorbing Materials: A Review. *IETE Technical Review (Institution of Electronics and Telecommunication Engineers, India)*, 0(0), 1–19. <https://doi.org/10.1080/02564602.2021.1927865>
- Wang, B., Wu, Q., Fu, Y., & Liu, T. (2021). A review on carbon/magnetic metal composites for microwave absorption. *Journal of Materials Science and*

Technology, 86, 91–109. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2020.12.078>

- Wu, H., Zheng, H., Li, Y., Ohl, C. D., Yu, H., & Li, D. (2021). Effects of surface tension on the dynamics of a single micro bubble near a rigid wall in an ultrasonic field. *Ultrasonics Sonochemistry*, 78, 105735. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105735>
- Yasui, K. (2021). Numerical simulations for sonochemistry. *Ultrasonics Sonochemistry*, 78, 105728. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105728>
- Yustanti, E., Hafizah, M. A. E., & Manaf, A. (2017). Surfactant-assisted synthesis of Ba_{0.7}Sr_{0.3}TiO₃ nanoparticles by mechanical alloying and ultrasonic irradiation. *AIP Conference Proceedings*, 1788, 0–4. <https://doi.org/10.1063/1.4968372>
- Yustanti, E., & Manaf, A. (2018). The effect of milling time and sintering temperature on Mn, Ti substituted barium hexaferrite nanoparticle. *AIP Conference Proceedings*, 1945. <https://doi.org/10.1063/1.5030259>
- Yustanti, E., Noviyanto, A., Chotimah, L. C., Saputra, M. A. R., Randa, M., & Manawan, M. (2022). Increased Electromagnetic Wave Absorption through Controlled Sonication Processing on BaFe_{11.2}Mg_{0.4}Al_{0.4}O₁₉ Nanoparticles. *Coatings*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/coatings12091367>
- Yustanti, E., Trenggono, A., & Manaf, A. (2020). Physical and microwave absorption characteristics of high powered ultrasonically irradiated crystalline BaFe₉Mn_{1.5}Ti_{1.5}O₁₉ particles. *International Journal of Technology*, 11(2), 310–321. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i2.2988>