

**SIMULASI PROSES *ACCUMULATIVE ROLL BONDING* PADA
VARIASI MATERIAL SEBAGAI *ABSORBER* RADIASI
SMARTPHONE DENGAN MENGGUNAKAN
*FINITE ELEMENT METHOD (FEM)***

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapat gelar Sarjana Teknik dari
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

Bramasta Yuga Indrabayu
3334190045

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

2024

LEMBAR PENGESAHAN

**SIMULASI PROSES *ACCUMULATIVE ROLL BONDING* PADA
VARIASI MATERIAL SEBAGAI *ABSORBER* RADIASI
SMARTPHONE DENGAN MENGGUNAKAN
*FINITE ELEMENT METHOD (FEM)***

SKRIPSI

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

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing I



Prof. Ir. Agus Pramono, S.T., M.T., Ph.D.

NIP: 197608182008011012

Pembimbing II



Dr. Indah Uswatun Hasanah, S.Si., M.T.

NIP: 199012142019032022

LEMBAR PERSETUJUAN

**SIMULASI PROSES *ACCUMULATIVE ROLL BONDING* PADA
VARIASI MATERIAL SEBAGAI *ABSORBER* RADIASI
SMARTPHONE DENGAN MENGGUNAKAN
*FINITE ELEMENT METHOD (FEM)***

SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh:

Bramasta Yuga Indrabayu

3334190045

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal

21 Juni 2024

Susunan Dewan Penguji

Tanda Tangan

Penguji I : Prof. Ir. Agus Pramono, S.T., M.T., Ph.D.

Penguji II : Dr. Indah Uswatun Hasanah, S.Si., M.T.

Penguji III : Suryana, S.T., M.Si.



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

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D.

NIP: 198003072005011002

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Simulasi Proses *Accumulative Roll Bonding* pada
Variasi Material Sebagai *Absorber Radiasi Smartphone*
dengan Menggunakan *Finite Element Method (FEM)*

Nama : Bramasta Yuga Indrabayu

NIM : 3334190045

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut 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 ini.

Cilegon, Juni 2024



Bramasta Yuga Indrabayu

NIM. 3334190045

ABSTRAK

Smartphone merupakan alat telekomunikasi modern yang telah menjadi gaya hidup. Namun, *smartphone* memiliki efek serius mengenai kemungkinan bahaya yang disebabkan *electromagnetic field* (EMF). Masalah tersebut dapat dilakukan menggunakan *Accumulative Roll Bonding* (ARB) agar memiliki proteksi fisik dan mengurangi pancaran radiasi. Penelitian ini menggunakan material aluminium AA1100-O, tembaga ETP C11000, dan timbal murni L50042. Proses ini disimulasikan menggunakan *Finite Element Method* (FEM) menggunakan aplikasi ANSYS R2 2023 untuk melakukan simulasi ARB lalu mendapatkan nilai kekuatan. ANSYS *High Frequency Structure Simulator* (HFSS) untuk melakukan simulasi seberapa jauh pengaruh pelat dari pancaran radiasi *smartphone*. Penelitian ini menggunakan pelat dengan dua ukuran, yaitu 5 x 13 cm untuk tiga lapis dan 6 x 14 cm untuk empat lapis. Penelitian simulasi dimulai dengan proses *pre treatment* atau pemanasan dengan hasil temperatur dan *heat flux*. Setelah itu dilakukan pencanaian ARB sebanyak lima siklus atau lima kali. Hasilnya simulasi *pre treatment* mempengaruhi hasil proses pencanaian selanjutnya. Nilai kekuatan material pada simulasi juga menghasilkan kenaikan rata-rata sebesar 184%, dengan kenaikan tertinggi pada aluminium empat lapis, sebesar 375,2 MPa. Berbeda dengan penelitian langsung, di mana kenaikan tertinggi terjadi pada tembaga tiga lapis, hanya sebesar 211,35 MPa. Terakhir penelitian dilanjut simulasi radiasi dan menghasilkan simulasi yang dapat mengabsorb radiasi dengan rata-rata 19%. Penelitian simulasi didapatkan *absorber* radiasi tertinggi pada aluminium empat lapis, yaitu sebesar 216,3 μT , atau % absorbansi 23%. Berbeda dengan penelitian langsung, di mana *absorber* radiasi lebih tinggi terjadi pada timbal empat lapis, yaitu sebesar 0,77 μT , atau % absorbansi 97%, dengan rata-rata keseluruhan material *absorber* radiasi sebesar 91%.

Kata Kunci: *Accumulative Roll Bonding* (ARB), ANSYS, Simulasi Pemanasan, Simulasi Pencanaian, Simulasi Radiasi

ABSTRACT

Smartphones are modern telecommunication devices that have become a way of life. However, smartphones have serious effects regarding possible harm caused by electromagnetic fields (EMF). The problem can be solved using Accumulative Roll Bonding (ARB) to have physical protection and reduce radiation emission. This research uses aluminum AA1100-O, copper ETP C11000, and pure lead L50042. This process was simulated using the Finite Element Method (FEM) using the ANSYS R2 2023 application to simulate ARB and then obtain strength values. ANSYS High Frequency Structure Simulator (HFSS) to simulate how far the plate is affected by smartphone radiation. This research uses plates with two sizes, namely 5 x 13 cm for three layers and 6 x 14 cm for four layers. The simulation research starts with the pre-treatment or heating process with the results of temperature and heat flux. Afterward, ARB processing was carried out for five cycles or five times. The result is that the pre-treatment simulation affects the results of the subsequent rolling process. The strength value of the material in the simulation also resulted in an average increase of 184%, with the highest increase in four-layer aluminum, at 375.2 MPa. In contrast to experiment research, where the highest increase occurred in three-layer copper, only 211.35 MPa. Finally, the research continued with radiation simulation and produced simulations that can absorb radiation with an average of 19%. Simulation research obtained the highest radiation absorber in four-layer aluminum, which is 216.3 μ T, or % absorbance of 23%. In contrast to experiment research, where higher radiation absorber occurs in four-layer lead, which is 0.77 μ T, or % absorbance of 97%, with an overall average radiation absorber material of 91%.

Keyword: *Accumulative Roll Bonding (ARB), ANSYS, Heating Simulation, Rolling Simulation, Radiation Simulation*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta 'ala, yang dengan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini berjudul “Simulasi Proses *Accumulative Roll Bonding* pada Variasi Material Sebagai *Absorber Radiasi Smartphone* dengan Menggunakan *Finite Element Method (FEM)*” yang menjadi salah satu syarat kelulusan sebagai seorang sarjana teknik metalurgi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Dalam kesempatan ini pula izinkan penulis untuk mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Gatot Widodo dan Ibu Yuliana Irmawati selaku orang tua serta adik dan keluarga besar dari penulis yang selalu memberikan doa, semangat, dan kasih sayang.
2. Bapak Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D. selaku ketua jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Bapak Prof. Ir. Agus Pramono, S.T., M.T., Ph.D. dan Ibu Dr. Indah Uswatun Hasanah, S.Si., M.T. selaku pembimbing pertama dan pembimbing kedua penulis yang selalu membimbing dalam penelitian hingga penyelesaian skripsi ini.
4. Seluruh staf, karyawan, dan pihak-pihak instansi yang terkait telah berpartisipasi dengan penelitian ini.
5. Kakak tingkat dan teman-teman Metalurgi 2019 yang telah memberikan doa, dukungan, dan partisipasinya.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih memiliki kekurangan, maka dari itu kritik dan saran bersifat membangun dari pihak-pihak diharapkan. Penulis berharap semoga Skripsi ini bermanfaat terkhusus bagi penulis dan kepada pembaca pada umumnya.

Cilegon, 21 Juni 2024

Bramasta Yuga Indrabayu

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
Bab I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Rumusan Masalah.....	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Sistematika Penelitian	6
Bab II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Ponsel Pintar (<i>Smartphone</i>).....	7

2.2	Radiasi Elektromagnetik	12
2.3	Antena	14
2.4	Aluminium	20
2.5	Timbal	25
2.6	Tembaga.....	29
2.7	<i>Accumulative Roll Bonding (ARB)</i>	33
2.8	<i>Case Smartphone Anti-Radiation (CSAR)</i>	36
2.9	Permeabilitas magnetik	38
2.10	<i>Finite Element Analysis (FEA)</i>	39
2.11	ANSYS.....	41
2.12	<i>ANSYS High Frequency Structure Simulator (HFSS)</i>	45
Bab III METODE PENELITIAN		47
3.1	Diagram Alir Penelitian	47
3.1.1	Diagram Alir Simulasi <i>Pre Treatment</i>	47
3.1.2	Diagram Alir Simulasi Pencanaian (<i>Rolling</i>).....	50
3.1.3	Diagram Alir Simulasi Pancaran Radiasi	52
3.2	Alat, Data, dan Komponen.....	55
3.2.1	Alat-alat yang Digunakan	55
3.2.2	Data dan Komponen yang Digunakan	55
3.3	Prosedur Penelitian	55

3.3.1	Prosedur Simulasi <i>Pre Treatment</i>	56
3.3.2	Prosedur Simulasi Pencanaian.....	56
3.3.3	Prosedur Simulasi Pancaran Radiasi	57
Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		59
4.1	Hasil Penelitian.....	59
4.2	Simulasi Proses <i>Pre Treatment</i>	64
4.3	Simulasi Proses Pencanaian	75
4.4	Simulasi Proses Radiasi <i>Absorber</i>	92
Bab V KESIMPULAN DAN SARAN		100
5.1	Kesimpulan.....	100
5.2	Saran	101
DAFTAR PUSTAKA.....		102
LAMPIRAN A CONTOH PERHITUNGAN.....		108
LAMPIRAN B DATA HASIL PENELITIAN		111
LAMPIRAN C GAMBAR ALAT DAN KOMPONEN.....		128

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Data Radiasi Beberapa Ponsel.....	10
Tabel 2.2 Komposisi Kimia AA1100-O.....	23
Tabel 2.3 <i>Material Properties</i> AA1100-O	24
Tabel 2.4 <i>Material Properties</i> L50042 <i>Sand Cast</i>	27
Tabel 2.5 Komposisi Kimia L50042 <i>Sand Cast</i>	29
Tabel 2.6 Komposisi Kimia ETP C11000.....	32
Tabel 2.7 <i>Material Properties</i> ETP C11000.....	33
Tabel 4.1 Perubahan Dimensi Pelat Al	60
Tabel 4.2 Perubahan Dimensi Pelat Cu.....	61
Tabel 4.3 Perubahan Dimensi Pelat Pb	62
Tabel 4.4 Hasil Temperatur dan <i>Heat Flux</i>	65
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Tarik Secara Penelitian Langsung	90
Tabel 4.6 % Kenaikan dari UTS dan <i>Max Stress</i>	91
Tabel 4.7 Data Hasil Radiasi Pengujian Langsung dan Pengujian Simulasi.....	99
Tabel B.1 Hasil Temperatur pada Simulasi Pemanasan Pelat Tiga Lapis	112
Tabel B.2 Hasil Temperatur pada Simulasi Pemanasan Pelat Empat Lapis	113
Tabel B.3 Hasil <i>Heat Flux</i> pada Simulasi Pemanasan Pelat Tiga Lapis.....	114
Tabel B.4 Hasil <i>Heat Flux</i> pada Simulasi Pemanasan Pelat Empat Lapis.....	115

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Antena Sebagai Perangkat Transisi.....	15
Gambar 2.2 Bijih Bauksit	22
Gambar 2.3 Contoh Bentuk Produk Aluminium	22
Gambar 2.4 Bijih Kerusit.....	26
Gambar 2.5 Bijih Kalkopirit.....	30
Gambar 2.6 Skema Siklus ARB.....	34
Gambar 2.7 <i>Casing</i> Pelindung <i>Defender Shield</i> (a), <i>Safe Sleeve</i> (b), <i>Shield Your Body</i> (c).....	37
Gambar 2.8 (a) Pelat berlubang (model CAD) (b) Diskritisasi FEM (<i>mesh</i>).....	41
Gambar 2.9 Analisa Statis Bentuk Cacat.....	44
Gambar 3.1 Diagram Alir Simulasi <i>Pre Treatment</i>	49
Gambar 3.2 Diagram Alir Simulasi Pencanaian	52
Gambar 3.3 Desain Antena SIW <i>Aperture</i> 5G.....	53
Gambar 3.4 Diagram Alir Simulasi Pancaran Radiasi	54
Gambar 4.1 Pelat Tiga Lapis Al (a), Cu (b), Pb (c), dan Empat Lapis Al (d), Cu (e), Pb (f).....	60
Gambar 4.2 Kurva Waktu Terhadap Temperatur pada Pelat Tiga dan Empat Lapis pada Al (a), Cu (b), dan Pb (c)	67
Gambar 4.3 Gambaran Hasil Temperatur Pelat Tiga Lapis (a) Al (b) Cu (c) Pb	68
Gambar 4.4 Gambaran Hasil Temperatur Pelat Empat Lapis (a) Al (b) Cu (c) Pb	70
Gambar 4.5 Kurva Waktu Terhadap <i>Heat Flux</i> pada Pelat Tiga dan Empat Lapis pada Al (a), Cu (b), dan Pb (c)	71
Gambar 4.6 Gambaran Hasil <i>Heat Flux</i> Pelat Tiga Lapis (a) Al (b) Cu (c) Pb...	73

Gambar 4.7	Gambaran Hasil <i>Heat Flux</i> Pelat Empat Lapis (a) Al (b) Cu (c) Pb	74
Gambar 4.8	<i>Roller</i> Penelitian Langsung (a) dan Simulasi (b) Dalam cm	76
Gambar 4.9	Hasil Pencanaian Aluminium Tiga Lapis (a) <i>Stress</i> (b) <i>Strain</i>	78
Gambar 4.10	Hasil Pencanaian Tembaga Tiga Lapis (a) <i>Stress</i> (b) <i>Strain</i>	80
Gambar 4.11	Hasil Pencanaian Timbal Tiga Lapis (a) <i>Stress</i> (b) <i>Strain</i>	81
Gambar 4.12	Hasil Pencanaian Aluminium Empat Lapis (a) <i>Stress</i> (b) <i>Strain</i> ...	83
Gambar 4.13	Hasil Pencanaian Tembaga Empat Lapis (a) <i>Stress</i> (b) <i>Strain</i>	84
Gambar 4.14	Hasil Pencanaian Timbal Empat Lapis (a) <i>Stress</i> (b) <i>Strain</i>	85
Gambar 4.15	Grafik Tegangan-Regangan Pelat Al 3 Lapis dan 4 Lapis	87
Gambar 4.16	Grafik Tegangan-Regangan Pelat Cu 3 Lapis dan 4 Lapis	88
Gambar 4.17	Grafik Tegangan-Regangan Pelat Pb 3 Lapis dan 4 Lapis.....	89
Gambar 4.18	Hasil Simulasi Antena	93
Gambar 4.19	Hasil Simulasi Radiasi dengan Aluminium Tiga Lapis	94
Gambar 4.20	Hasil Simulasi Radiasi dengan Tembaga Tiga Lapis.....	95
Gambar 4.21	Hasil Simulasi Radiasi dengan Timbal Tiga Lapis	96
Gambar 4.22	Hasil Simulasi Radiasi dengan Aluminium Empat Lapis	97
Gambar 4.23	Hasil Simulasi Radiasi dengan Tembaga Empat Lapis.....	97
Gambar 4.24	Hasil Simulasi Radiasi dengan Timbal Empat Lapis	98
Gambar B.1	Hasil Simulasi Pemanasan Aluminium Tiga Lapis	117
Gambar B.2	Hasil Simulasi Pemanasan Tembaga Tiga Lapis	117
Gambar B.3	Hasil Simulasi Pemanasan Timbal Tiga Lapis.....	118
Gambar B.4	Hasil Simulasi Pemanasan Aluminium Empat Lapis	118
Gambar B.5	Hasil Simulasi Pemanasan Tembaga Empat Lapis	118
Gambar B.6	Hasil Simulasi Pemanasan Timbal Empat Lapis.....	119
Gambar B.7	Hasil Simulasi Pencanaian Aluminium Tiga Lapis.....	119
Gambar B.8	Hasil Simulasi Pencanaian Tembaga Tiga Lapis	120

Gambar B.9 Hasil Simulasi Pencanaian Timbal Tiga Lapis	120
Gambar B.10 Hasil Simulasi Pencanaian Aluminium Empat Lapis.....	121
Gambar B.11 Hasil Simulasi Pencanaian Tembaga Empat Lapis	121
Gambar B.12 Hasil Simulasi Pencanaian Timbal Empat Lapis	122
Gambar B.13 Grafik Hasil <i>Stress-Strain</i> Al Tiga Lapis dan Empat Lapis.....	122
Gambar B.14 Grafik Hasil <i>Stress-Strain</i> Cu Tiga Lapis dan Empat Lapis	123
Gambar B.15 Grafik Hasil <i>Stress-Strain</i> Pb Tiga Lapis dan Empat Lapis.....	123
Gambar B.16 Hasil Simulasi Radiasi Antena.....	124
Gambar B.17 Hasil Simulasi Radiasi Aluminium Tiga Lapis.....	124
Gambar B.18 Hasil Simulasi Radiasi Tembaga Tiga Lapis	125
Gambar B.19 Hasil Simulasi Radiasi Timbal Tiga Lapis	125
Gambar B.20 Hasil Simulasi Radiasi Aluminium Empat Lapis.....	126
Gambar B.21 Hasil Simulasi Radiasi Tembaga Empat Lapis	126
Gambar B.22 Hasil Simulasi Radiasi Timbal Empat Lapis	127
Gambar C.1 Jaringan Internet.....	129
Gambar C.2 Komputer	129
Gambar C.3 ANSYS R2 2023	129
Gambar C.4 ANSYS HFSS	129
Gambar C.5 AutoCAD 2022	129
Gambar C.6 Pelat Al 3 Lapis.....	130
Gambar C.7 Pelat Cu 3 Lapis	130
Gambar C.8 Pelat Pb 3 Lapis.....	130
Gambar C.9 Pelat Al 4 Lapis.....	130
Gambar C.10 Pelat Cu 4 Lapis	130
Gambar C.11 Pelat Pb 4 Lapis.....	130
Gambar C.12 <i>Roller</i>	131

Bab I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ponsel pintar atau disebut *smartphone* merupakan alat telekomunikasi modern yang telah menjadi gaya hidup saat ini. Beberapa ahli meyakini bahwa *smartphone* muncul ketika produsen mulai memasukkan program canggih dan fitur penjelajahan Web ke dalam *handset* mereka. Secara umum, perbedaan *smartphone* dari ponsel biasa adalah dengan berjalan di atas sistem operasi yang terbuka dan dapat menampung aplikasi yang ditemukan dan dikembangkan oleh pengembang luar [1]. Memiliki penggunaan sebanyak 210,77 juta; menjadikan Indonesia sebagai pasar *smartphone* terbesar di Asia dengan 21,2 persen didominasi oleh merek Oppo [2]. Namun dalam perkembangannya, *smartphone* memiliki efek yang cukup serius pada keselamatan yang menjadi kekhawatiran dari para pengguna peralatan nirkabel khususnya, mengenai kemungkinan bahaya yang disebabkan oleh *electromagnetic field* (EMF). EMF atau medan elektromagnetik adalah sifat ruang yang disebabkan oleh gerakan muatan listrik. Apabila muatan tersebut tidak bergerak maka hanya akan menghasilkan medan listrik, sementara itu apabila muatan tersebut bergerak maka akan menghasilkan medan magnet juga [3]. Kekhawatiran ini semakin meningkat terhadap kemungkinan efek kesehatan yang merugikan akibat paparan *radiofrequency radiation* (RFR), seperti yang berasal dari perangkat komunikasi seluler. Komunikasi seluler merupakan sinyal yang ditransfer melalui gelombang elektromagnetik melalui frekuensi radio dan sinyal

gelombang mikro. Sinyal ini menghasilkan radiasi elektromagnetik dalam bentuk radiasi panas yang terdiri dari radiasi *ionizing* yang berbahaya dan radiasi *non-ionizing* yang tidak berbahaya [4]. Untuk melihat tingkat radiasi pada *smartphone*, dapat dilakukan pengecekan menggunakan nilai *Specific Absorption Rate* (SAR) yang merupakan nilai dari radiasi RF pada *smartphone* yang sesuai dengan jumlah relatif energi RF yang diserap di kepala pengguna *handset* nirkabel. Lembaga independen dari pemerintah Amerika Serikat yaitu *Federal Communications Commission* (FCC) telah menetapkan batas SAR sebesar 1,6 W/kg atau 0,18 μ T dan Dewan Uni Eropa juga menetapkan batas SAR sebesar 2,0 W/kg atau 0,23 μ T [5].

Dalam menekan pancaran radiasi, maka dihadirkan produk berupa *Case Smartphone Anti-Radiation* (CSAR). CSAR digunakan untuk mengurangi pancaran radiasi dikarenakan benda tersebut termasuk ke dalam jenis aksesoris pada *smartphone* dan biasa digunakan oleh para penggunanya dalam kehidupan sehari-hari, namun dengan menggunakan material yang dapat mengurangi pancaran radiasi tersebut. Solusi tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan proses *Accumulative Roll Bonding* (ARB) untuk mendapatkan hasil yang mumpuni sebagai sebuah *casing smartphone* yaitu memiliki proteksi secara fisik dan dapat pula mengurangi pancaran radiasi. ARB adalah salah satu proses *Severe Plastic Deformation* (SPD) dimana spesimen diberikan perlakuan pengikatan gulungan konvensional setelah penumpukan dua strip dilakukan berulang kali [6]. Pada penelitian ini digunakan material berupa aluminium, timbal, dan tembaga. Aluminium yang digunakan adalah berjenis AA1100-O, yaitu paduan aluminium murni komersial dengan kandungan aluminium minimal 99,0%. AA1100-O merupakan bagian dari seri 1000 dan merupakan komposisi Al paling berat dari seri

ini, selain itu juga memiliki sifat mekanik dan ketahanan korosi yang sangat baik. Lalu untuk tembaga yang digunakan adalah tembaga *Electrolytic Tough Pitch* (ETP) berkode UNS C11000 yang merupakan paduan tembaga murni komersial dengan kemurnian minimum 99,9% tembaga. Tembaga ini sangat konduktif, sehingga ideal untuk konduktor listrik dan elektronik, perlengkapan pengelasan, anoda, dan perangkat pembawa arus. Kemudian timbal yang digunakan adalah timbal murni *sand cast* berkode UNS L50042 dengan kemurnian sebesar 99,94%; lunak atau ulet, dan biasa digunakan dalam komponen kelistrikan.

Penelitian ini didasarkan dengan penelitian langsung yang dilakukan oleh Khoirul Rifai Sambilan, Alumni jurusan teknik metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Pada hasil penelitiannya, didapatkan data berupa *Ultimate Tensile Strength* (UTS) dari pelat yang telah dilakukan, yaitu pada aluminium tiga lapis sebesar 80,497 MPa; aluminium empat lapis sebesar 87,617 MPa; tembaga tiga lapis sebesar 211,35 MPa; tembaga empat lapis sebesar 172,25 MPa; timbal tiga lapis sebesar 7,68 MPa; dan timbal empat lapis sebesar 9,868 MPa. Selain nilai UTS, didapatkan pula nilai penurunan radiasi *smartphone* yang dilakukan dengan tiga *smartphone* yang berbeda-beda dan pelindung atau *casing* yang berbeda pula, yaitu pelindung plastik dan dua pelindung keramik yang berbeda. Hasil penelitian radiasi kemudian dirata-ratakan dan menunjukkan hasil penurunan radiasi dengan pelat aluminium tiga lapis sebesar 85%, aluminium empat lapis sebesar 89%, tembaga tiga lapis sebesar 90%, tembaga empat lapis sebesar 92%, timbal tiga lapis sebesar 95%, dan timbal empat lapis sebesar 97% [7].

Penelitian tersebut disimulasikan menggunakan *Finite Element Method* (FEM) yang merupakan teknik numerik yang digunakan untuk melakukan *Finite*

Element Analysis (FEA) dari setiap fenomena fisik yang diberikan. Metode tersebut merupakan metode yang populer untuk menyelesaikan persamaan diferensial secara numerik yang muncul dalam bidang teknik dan pemodelan matematika. FEM yang digunakan pada penelitian ini merupakan aplikasi ANSYS di mana perangkat lunak simulasi teknik dengan pengaplikasian *Computer Aided Engineering* (CAE) atau multi-fisika. ANSYS memberikan tentang pengembangan perangkat lunak tertanam yang berbasis model dan lingkungan simulasi dengan generator kode otomatis bawaan untuk mempercepat perangkat lunak tertanam. Sementara itu, ANSYS yang digunakan adalah ANSYS versi R2 2023 untuk melakukan simulasi *pre treatment* atau pemanasan, kemudian dilanjutkan dengan simulasi pencanaan dengan metode ARB yang menghasilkan nilai kekuatan. Selanjutnya penggunaan ANSYS *High Frequency Structure Simulator* (HFSS) untuk melakukan simulasi seberapa jauh pengaruh CSAR dari pancaran radiasi *smartphone* dari para pengguna. Oleh karena itu, penelitian CSAR ini dilakukan untuk mencari nilai kekuatan, kekerasan, dan redaman radiasi dari variasi-variasi material yang telah disebutkan dan kemudian dilakukan verifikasi dan validasi terhadap penelitian CSAR yang dilakukan pula secara langsung dari alumni mahasiswa yang menggunakan spesimen dengan variasi material yang memiliki kesamaan dengan penelitian simulasi.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu untuk mensimulasikan material *case smartphone* yang kuat dan tangguh sebagaimana mestinya sebuah aksesoris *case* pada umumnya, namun dapat mengurangi radiasi dari *smartphone* tanpa

mengganggu kinerjanya. Material yang digunakan pun adalah aluminium, tembaga, dan timbal. Adapun untuk tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

1. Memverifikasi pengaruh perlakuan panas atau *pre-heating* sebelum dilakukan proses ARB dengan menggunakan aplikasi ANSYS R2 2023
2. Memverifikasi nilai kekuatan material dari hasil proses ARB dengan variasi lapisan sebanyak 3 dan 4 lapis menggunakan aplikasi ANSYS R2 2023
3. Memverifikasi kemampuan variasi material untuk menurunkan pancaran radiasi pada *smartphone* dengan variasi lapisan sebanyak 3 dan 4 lapis menggunakan aplikasi ANSYS HFSS

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian kali ini adalah bagaimana simulasi proses pada tiga variasi material yaitu aluminium, timbal, dan tembaga efektif meredam pancaran radiasi *smartphone* dengan melakukan proses ARB pada aplikasi ANSYS versi R2 2023 dan ANSYS *High Frequency Structure Simulator* (HFSS).

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini memiliki variabel bebas, terikat, dan terkontrol. Variabel bebas pada penelitian ini adalah jenis material yang digunakan untuk *case smartphone*. Lalu pada variabel terikatnya adalah hasil atau *output* tingkat peredam radiasi pada material, kekuatan dan kekerasan dari material *case*, dan pengaruh dari jumlah lapisan material dalam meredam radiasi. Terakhir pada

variabel kontrolnya adalah pancaran radiasi saat tidak diberi *case* dan ketika menggunakan *case* pada umumnya.

1.5 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan penelitian ini memiliki lima bab. Bab I menjelaskan mengenai latar belakang dari dilakukannya penelitian pengaruh radiasi *smartphone* bagi manusia, parameter material *absorber* radiasi, variasi material *absorber* radiasi, dilanjutkan dengan tujuan penelitian yang akan dilakukan, batasan masalah, dan sistematika penulisan penelitian. Bab II menjelaskan mengenai radiasi antena, material yang digunakan pada penelitian, *Accumulative Roll Bonding (ARB)*, *Finite Element Analysis (FEA)* dan ANSYS. Bab III menjelaskan mengenai metode penelitian simulasi *pre treatment*, pencanaan, dan radiasi yang berisi diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta prosedur dalam penelitian dimulai dari pembuatan desain, penyesuaian *meshing* dan *boundary*, dan proses pengujian. Bab IV menjelaskan tentang hasil penelitian yang telah dilakukan. Bab V berisi tentang kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan. Selain itu terdapat daftar pustaka yang digunakan dan lampiran data hasil penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Woyke, *The Smartphone: Anatomy of an industry*. The new press, 2014.
- [2] “Smartphone market in Indonesia - Statistics and facts,” Statista Research Department. Accessed: Feb. 28, 2023. [Online]. Available: <https://www.statista.com/topics/5020/smartphones-in-indonesia/#topicOverview>
- [3] The Editors of Encyclopedia, “Electromagnetic Field,” Britannica. Accessed: Jul. 08, 2024. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/science/electromagnetic-field>
- [4] N. Maregu, “Long term exposure of mobile phone radiation and human health,” *Journal of Information Engineering and Applications*, vol. 6, no. 8, pp. 22–30, 2016.
- [5] T. Ben Rashid, *Analysis of Biological Effects of Cell Phone Radiation on Human Body Using Specific Absorption Rate (SAR) and Thermoregulatory Response*. University of Colorado Colorado Springs, 2017.
- [6] G. Faraji, H. S. Kim, and H. T. Kashi, “Chapter 3 - Severe Plastic Deformation Methods for Sheets,” in *Severe Plastic Deformation*, G. Faraji, H. S. Kim, and H. T. Kashi, Eds., Elsevier, 2018, pp. 113–129. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813518-1.00003-5>.
- [7] K. Rifai S, “Studi Pendahuluan Karakteristik Casing Smartphone Peredam Radiasi Melalui Teknik Accumulative Roll Bonding dengan Variasi Logam Al, Cu dan Pb,” Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, 2023.
- [8] R. Coulling, “Investigating Smartphones-there’s a theory for that: Smartphones as an Assemblage and Apparatus,” 2014.
- [9] K. G. S. Venkatesan, “Comparison of CDMA & GSM Mobile Technology,” *Middle-East Journal of Scientific Research*, vol. 13, no. 12, pp. 1590–1594, 2013.
- [10] GSM Arena, “SAR Head & Body.” Accessed: Feb. 05, 2024. [Online]. Available: <https://www.gsmarena.com/>
- [11] R. Buckus, B. Strucinskiene, and J. Raistenskis, “The assessment of electromagnetic field radiation exposure for mobile phone users,” *Vojnosanit Pregl*, vol. 71, no. 12, pp. 1138–1143, 2014, doi: 10.2298/VSP140119013B.

- [12] R. Percuoco, "Plain Radiographic Imaging," in *Clinical Imaging*, Elsevier, 2014, pp. 1–43. doi: 10.1016/B978-0-323-08495-6.00001-4.
- [13] Melba Phillips and Hellmut Fritzsche, "electromagnetic radiation," *Encyclopaedia Britannica Inc.* Accessed: Mar. 07, 2023. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/science/electromagnetic-radiation>
- [14] O. Erogul et al., "Effects of Electromagnetic Radiation from a Cellular Phone on Human Sperm Motility: An In Vitro Study," *Arch Med Res*, vol. 37, no. 7, pp. 840–843, Oct. 2006, doi: 10.1016/j.arcmed.2006.05.003.
- [15] A. Keykhosravi, M. Neamatshahi, R. Mahmoodi, and E. Navipour, "Radiation Effects of Mobile Phones and Tablets on the Skin: A Systematic Review," *Adv Med*, vol. 2018, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1155/2018/9242718.
- [16] H. J. Visser, *Antenna Theory and Applications*. John Wiley & Sons, 2012.
- [17] C. A. Balanis, *Antenna theory analysis and design*. Hoboken, New Jersey Wiley, 2016.
- [18] Y. Huang and K. Boyle, *Antennas*. John Wiley & Sons, 2008.
- [19] T. Trzepieciński, S. M. Najm, V. Oleksik, D. Vasilca, I. Paniti, and M. Szpunar, "Recent Developments and Future Challenges in Incremental Sheet Forming of Aluminium and Aluminium Alloy Sheets," *Metals (Basel)*, vol. 12, no. 1, p. 124, Jan. 2022, doi: 10.3390/met12010124.
- [20] R. Lumley, *Fundamentals of aluminium metallurgy: production, processing and applications*. Elsevier, 2010.
- [21] D. Perkins, *Mineralogy: Pearson New International Edition*. Pearson Education, 2013. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=m0ypBwAAQBAJ>
- [22] Metalmen, "Aluminum 1100 Properties & Products," <https://www.metalmensales.com/aluminum-1100-properties-products/>.
- [23] United Aluminum, "Aluminum Alloy 1100 Data Sheet," <https://unitedaluminum.com/1100-aluminum-alloy/>.
- [24] E. E. Alvarado, I. A. Figueroa, and G. Gonzalez, "Microstructural and Mechanical Analysis of an 1100 Aluminum Alloy Processed by Repetitive Corrugation and Straightening," *Physics of Metals and Metallography*, vol. 121, no. 13, pp. 1319–1325, Dec. 2020, doi: 10.1134/S0031918X20130025.

- [25] E. Rambung and V. P. Kalanjati, "Aluminum foil shield diminishes the electromagnetic radiation of mobile phones in the cerebellum of adult male rats," 2018.
- [26] Material Property Data, "Material Compare," MatWeb. Accessed: Mar. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.matweb.com/folders/Compare.aspx?FolderID=4273992>
- [27] ASM International, "Alcoa 6013 aerospace aluminum chosen by Samsung for Galaxy S6 smartphone." Accessed: Feb. 05, 2024. [Online]. Available: https://www.asminternational.org/ims/news/-/journal_content/56/10180/25545915/NEWS;jsessionid=FD29AA2960AF08CB55C660C3723DBE02/?p_p_col_count=4&p_p_col_id=column-2&p_p_col_pos=2&p_p_id=webcontentresults_WAR_webcontentsearchportlet_INSTANCE_35iDxUvqEPc6&p_p_lifecycle=0&p_p_mode=view&p_p_state=normal
- [28] R. J. Sinclair, *The extractive metallurgy of lead*. AusIMM Carlton, 2009.
- [29] A. Rosihan and H. Husaini, "Logam berat sekitar manusia," 2017, Pustaka Buana.
- [30] C. J. Boreiko, "SAFETY | Materials Toxicity," in *Encyclopedia of Electrochemical Power Sources*, Elsevier, 2009, pp. 233–240. doi: 10.1016/B978-044452745-5.00393-2.
- [31] S. Lyon, "Corrosion of Lead and its Alloys," *Shreir's Corrosion*, pp. 2053–2067, Dec. 2010, doi: 10.1016/B978-044452787-5.00098-6.
- [32] M. E. Schlesinger, K. C. Sole, and W. G. Davenport, *Extractive Metallurgy of Copper*. Elsevier Science, 2011. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=bcwiQepD2yYC>
- [33] R. Bonewitz, M. Carruthers, and R. Efthim, *Rock and minerals: the definitive visual guide*. Dorling Kindersley Limited, 2008.
- [34] M. Sahan, M. Kucuker, B. Demirel, K. Kuchta, and A. Hursthouse, "Determination of Metal Content of Waste Mobile Phones and Estimation of Their Recovery Potential in Turkey," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 16, no. 5, p. 887, 2019, doi: 10.3390/ijerph16050887.
- [35] M. Kutz, *Mechanical engineers' handbook*. John Wiley & Sons Inc, 2015.
- [36] ASM International, "UNS C10100," *Alloy Digest*, vol. 37, no. 5, May 1988, doi: 10.31399/asm.ad.cu0538.

- [37] N. Tsuji, “Bulk nanostructured metals and alloys produced by accumulative roll-bonding,” in *Nanostructured Metals and Alloys*, Elsevier, 2011, pp. 40–58. doi: 10.1533/9780857091123.1.40.
- [38] C. M. Cepeda-Jiménez and M. T. Pérez-Prado, “4.12 Processing of Nanoparticulate Metal Matrix Composites,” in *Comprehensive Composite Materials II*, Elsevier, 2018, pp. 313–330. doi: 10.1016/B978-0-12-803581-8.09984-7.
- [39] A. Pramono, L. Kollo, and R. Veinthal, “Hot and cold regions during accumulative roll bonding of Al/Al₂O₃ nanofibre composites,” *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, vol. 65, no. 2, p. 132, 2016, doi: 10.3176/proc.2016.2.12.
- [40] Y. Saito, H. Utsunomiya, N. Tsuji, and T. Sakai, “Novel ultra-high straining process for bulk materials—development of the accumulative roll-bonding (ARB) process,” *Acta Mater*, vol. 47, no. 2, pp. 579–583, 1999, doi: 10.1016/s1359-6454(98)00365-6.
- [41] D. J. Panagopoulos and G. P. Chrousos, “Shielding methods and products against man-made Electromagnetic Fields: Protection versus risk,” *Science of The Total Environment*, vol. 667, pp. 255–262, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.02.344.
- [42] H. M. Zandrato, R. Meilano, J. Bukit, and M. Simorangkir, “Anti Radiation Case from Paper Waste for Smarthphone,” vol. 5, no. 7, pp. 1–6, 2018.
- [43] DefenderShield, “DefenderShield 5G EMF Protection Universal Phone Case,” Anti-radiation. Accessed: Jul. 08, 2024. [Online]. Available: <https://anti-radiation.co.uk/products/universal-emf-phone-case>
- [44] SafeSleeve, “SAFESLEEVE FOR SAMSUNG GALAXY S5, S6 EDGE, S7 EDGE, NOTE 5, J3, AND J7,” SafeSleeve Cases.
- [45] Shield Your Body, “SYB Phone Pouch by Shield Your Body,” EMSafe by Shopify. Accessed: Jul. 08, 2024. [Online]. Available: <https://emfsafeshop.com/products/syb-phone-pouch-by-shield-your-body>
- [46] M. Canada, *Time-Averaged Specific Absorption Rate (TAS) Assessment Procedures for Wireless Devices Operating in the 4 MHz to 6 GHz Frequency Band*. Innovation, Science and Economy Development Canada, 2021.
- [47] ICNIRP, “Frequently Asked Questions related to the ICNIRP RF EMF Guidelines 2020.” Accessed: Jun. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.icnirp.org/en/rf-faq/index.html>

- [48] C. A. Grimes and D. M. Grimes, "Permeability and permittivity spectra of granular materials," *Phys Rev B*, vol. 43, no. 13, pp. 10780–10788, May 1991, doi: 10.1103/PhysRevB.43.10780.
- [49] R. Dosoudil, M. Usakova, A. Gruskova, and J. Slama, "Influence of the Synthesis Method of Filler on Permeability and Microwave Absorption Properties of Ferrite/Polymer Composites," *IEEE Trans Magn*, vol. 50, no. 4, pp. 1–4, Apr. 2014, doi: 10.1109/TMAG.2013.2286452.
- [50] E. Madenci and I. Guven, *The Finite Element Method and Applications in Engineering Using ANSYS®*. Springer US, 2015. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=aJKeBgAAQBAJ>
- [51] Y. Nakasone, S. Yoshimoto, and T. A. Stolarski, "Overview of ANSYS Structure and Visual Capabilities," in *Engineering Analysis with ANSYS Software*, Elsevier, 2006, pp. 37–50. doi: 10.1016/B978-075066875-0/50032-6.
- [52] X. Chen and Y. Liu, *Finite element modeling and simulation with ANSYS Workbench*, Second. CRC press, 2013.
- [53] H. H. Lee, *Finite Element Simulations with ANSYS Workbench 2022: Theory, Applications, Case Studies*. SDC Publications, 2022. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=EV5wEAAAQBAJ>
- [54] C. Technologies and S. Tickoo, *ANSYS Workbench 14.0: A Tutorial Approach*. CADCIM, 2012.
- [55] ANSYS, "Ansys HFSS," ANSYS Inc. Accessed: Mar. 11, 2023. [Online]. Available: <https://www.ansys.com/products/electronics/ansys-hfss>
- [56] G. Carosi, G. Rybka, and K. van Bibber, *Microwave Cavities and Detectors for Axion Research: Proceedings of the 2nd International Workshop*. in *Springer Proceedings in Physics*. Springer International Publishing, 2018. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=iMRIDwAAQBAJ>
- [57] M. Kopp, *An Introduction to HFSS: Fundamental Principles, Concepts, and Use*. Canonsburg: ANSYS Inc., 2013.
- [58] D. J. Bisharat, S. Liao, and Q. Xue, "High Gain and Low Cost Differentially Fed Circularly Polarized Planar Aperture Antenna for Broadband Millimeter-Wave Applications," *IEEE Trans Antennas Propag*, vol. 64, no. 1, pp. 33–42, 2016, doi: 10.1109/TAP.2015.2499750.

- [59] Z. Wang, H. Tong, Z. Wang, H. Yang, Y. Wei, and Y. Qian, “Effect of Gap Length and Partition Thickness on Thermal Boundary Layer in Thermal Convection,” *Entropy*, vol. 25, no. 2, p. 386, Feb. 2023, doi: 10.3390/e25020386.
- [60] C. Gao, X. He, F. Ye, S. Wang, and G. Zhang, “Electromagnetic Wave Absorption and Mechanical Properties of CNTs@GN@Fe₃O₄/PU Multilayer Composite Foam,” *Materials*, vol. 14, no. 23, p. 7244, Nov. 2021, doi: 10.3390/ma14237244.
- [61] Y. M. Almaetah, K. N. Abushgair, and M. A. Hamdan, “Aluminium Alloys Nanostructures Produced by Accumulative Roll Bonding (ARB).,” *Jordan Journal of Mechanical & Industrial Engineering*, vol. 15, no. 4, 2021.
- [62] H. L. Yu, C. Lu, A. K. Tieu, and C. Kong, “Fabrication of Nanostructured Aluminum Sheets Using Four-Layer Accumulative Roll Bonding,” *Materials and Manufacturing Processes*, vol. 29, no. 4, pp. 448–453, Apr. 2014, doi: 10.1080/10426914.2013.872259.
- [63] A. Pramono, A. Yolanda, and A. A. Alhamidi, “Pre-heating of multi-axial forging (MAF) on aluminum based composites,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 478, p. 012029, Feb. 2019, doi: 10.1088/1757-899X/478/1/012029.
- [64] C. Woolston, “How strong are different magnetic fields?,” *Los Angeles Times*. Accessed: Jul. 03, 2024. [Online]. Available: <https://www.latimes.com/health/la-he-electromagnetic-types15-2010feb15-story.html>