



**ANALISIS POLA HAMBURAN GELOMBANG MIKRO UNTUK
DETEKSI DINI KANKER PAYUDARA (PEMODELAN
MENGUNAKAN *METHOD OF MOMENT*)**

TESIS

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Magister Fisika (S-2) dan mencapai gelar Magister Sains

Oleh

**Siti Lailatul Arofah, S.Si
NIM 161820201004**

**PROGRAM STUDI MAGISTER FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Tesis ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Chafshoh dan Ayahanda H. Nur Hamid yang selalu memberikan doa dan dukungan;
2. Kakakku Siti Maghfirotul Ulyah dan Muhammad Zaini Arif, Adik-adikku Nurma Mas'udah dan Wulan Abidah, serta keluarga besar yang selalu mendoakan;
3. Guru-guru sejak Taman Kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
4. Almamater Program Studi Magister Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTO

“Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus dari rahmat Allah melainkan orang-orang yang kafur”
(terjemahan Surat Yusuf ayat 87)¹

Think like a queen. A queen is not afraid to fail. Failure is another steppingstone to greatness.
(Oprah Winfrey)²

¹ Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT. Kumudasmoro Grafindo.

² <https://www.goodreads.com/quotes/134176-think-like-a-queen-a-queen-if-not-afraid-to>

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Lailatul Arofah, S.Si.

NIM : 161820201004

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Pola Hamburan Gelombang Mikro untuk Deteksi Dini Kanker Payudara (Pemodelan Menggunakan *Method of Moment*)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 10 Juli 2019

Yang menyatakan,

Siti Lailatul Arofah, S.Si.

NIM 161820201004

TESIS

**ANALISIS POLA HAMBURAN GELOMBANG MIKRO UNTUK
DETEKSI DINI KANKER PAYUDARA (PEMODELAN
MENGUNAKAN *METHOD OF MOMENT*)**

Oleh
Siti Lailatul Arofah, S.Si.
NIM 161820201004

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M. Phil., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Sutisna, S.Pd., M.Si.

PENGESAHAN

Tesis yang berjudul “Analisis Pola Hamburan Gelombang Mikro untuk Deteksi Dini Kanker Payudara (Pemodelan Menggunakan *Method of Moment*)” karya Siti Lailatul Arofah, S.Si. telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Rabu, 10 Juli 2019

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota I

Agung Tjahjo N., S.Si., M.Phil., Ph.D
NIP 196812191994021001

Dr. Sutisna, S.Pd., M.Si.
NIP 197301152000031001

Anggota II

Anggota III

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP 196102041987111001

Drs. Yuda Cahyoargo H., M.Sc., Ph.D.
NIP 196203111987021001

Mengesahkan
Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP 196102041987111001

RINGKASAN

Analisis Pola Hamburan Gelombang Mikro untuk Deteksi Dini Kanker Payudara (Pemodelan Menggunakan *Method of Moment*); Siti Lailatul Arofah, S.Si., 161820201004; 2019; 77 halaman; Program Studi Magister Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Kanker payudara merupakan salah satu jenis kanker mematikan yang banyak diderita oleh wanita. Jumlah pasien yang meninggal akibat penyakit kanker payudara terbilang cukup besar. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya untuk mengurangi angka kematian, diantaranya adalah dengan melakukan deteksi dini serta pengecekan secara berkala. Teknik deteksi kanker yang saat ini sedang ramai dikembangkan adalah pencitraan gelombang mikro. Teknik pencitraan gelombang mikro umumnya dilakukan dengan dua proses, yakni *forward problem* dan *inverse problem*. Namun karena adanya kontras dielektrik yang besar pada jaringan payudara maka penyelesaian *inverse problem* menjadi lebih kompleks serta menghasilkan gambar dengan resolusi yang kurang baik.

Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan teknik pencitraan gelombang mikro yang lebih sederhana dan dapat digunakan untuk membedakan antara jaringan payudara normal dan jaringan payudara terjangkit kanker, yakni teknik pencitraan gelombang mikro dengan hanya menggunakan hasil *forward problem*. Proses *forward problem* dilakukan dengan menghitung medan terhambur di sekeliling objek payudara dengan menggunakan persamaan Maxwell.

Metode yang digunakan untuk menghitung medan terhambur pada penelitian ini adalah *Method of Moment* (MoM). Pada prosesnya, MoM menggunakan teknik *pulse basic function* untuk membagi domain objek menjadi sejumlah sel yang sama. MoM mengubah persamaan fungsional medan terhambur menjadi persamaan matriks untuk selanjutnya dihitung solusi penyelesaiannya.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa jaringan lemak mempunyai amplitudo lebih besar dengan jumlah gelombang lebih banyak, kemudian disusul jaringan *fibroglandular* dan jaringan tumor. Sedangkan ketika proses *scan* dilakukan pada jaringan payudara, diperoleh hasil bahwa jaringan payudara normal menunjukkan anomali medan terhambur pada frekuensi 25 GHz – 28 GHz, jaringan payudara terjangkit kanker dengan tumor di tengah mengalami anomali pada frekuensi 24 GHz – 27 GHz, sedangkan jaringan payudara terjangkit kanker dengan tumor di tepi mengalami anomali pada frekuensi 14 GHz - 20 GHz. Selanjutnya ketika jari-jari tumor pada jaringan payudara terjangkit kanker divariasikan, diperoleh hasil bahwa jaringan payudara terjangkit kanker dengan ukuran tumor lebih kecil menghasilkan amplitudo medan terhambur lebih besar, namun perbedaannya tidak terlihat signifikan. Ketika umur pasien divariasikan dengan umur 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun, diperoleh hasil bahwa model payudara berumur 75 tahun mempunyai nilai medan terhambur konstan pada frekuensi 27 GHz – 30 GHz, model payudara berumur 50 tahun dan 25 tahun konstan pada frekuensi 29 GHz – 30 GHz. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa teknik pencitraan gelombang mikro dengan menggunakan solusi *forward problem* dapat digunakan untuk membedakan antara jaringan payudara normal dan jaringan payudara terjangkit kanker, sehingga dapat digunakan sebagai teknik deteksi dini kanker payudara. Selain itu dapat diketahui juga bahwa deteksi kanker payudara menggunakan teknik ini menunjukkan perbedaan signifikan pada frekuensi ≥ 12 GHz.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut maka penelitian selanjutnya dapat dilakukan pada daerah frekuensi yang lebih tinggi, serta mempertimbangkan model jaringan payudara terjangkit kanker dengan beberapa jenis kanker payudara.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan teiss yang berjudul “Analisis Pola Hamburan Gelombang Mikro untuk Deteksi Dini Kanker Payudara (Pemodelan Menggunakan *Method of Moment*)”. Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendedikan strata dua (S2) pada Program Studi Magister Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan tesis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Agung Tjahjo Nugroho, S.Si., M.Phil., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Utama, Dr. Sutisna, S.Pd., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota, Drs. Sujito, Ph.D. selaku Dosen Penguji I, dan Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Penguji II yang telah membimbing serta memberikan masukan dalam penulisan tesis ini;
2. Bapak/Ibu dosen Program Studi Magister Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengeahuan Alam Universitas Jember yang telah memberikan ilmunya selama penulis menjadi mahasiswa;
3. Teman-temanku Nova, Ifa, Ayu, Elok, Dita, dan Umi yang telah banyak memberikan bantuan dan bersama berjuang menyelesaikan pendidikan;
4. Teman-teman angkatan Lorentz 12 yang masih setia memberikan dukungan dan semangat;
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Penulis juga menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan tesis ini. Akhirnya penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Jember, Juli 2019

Penulis

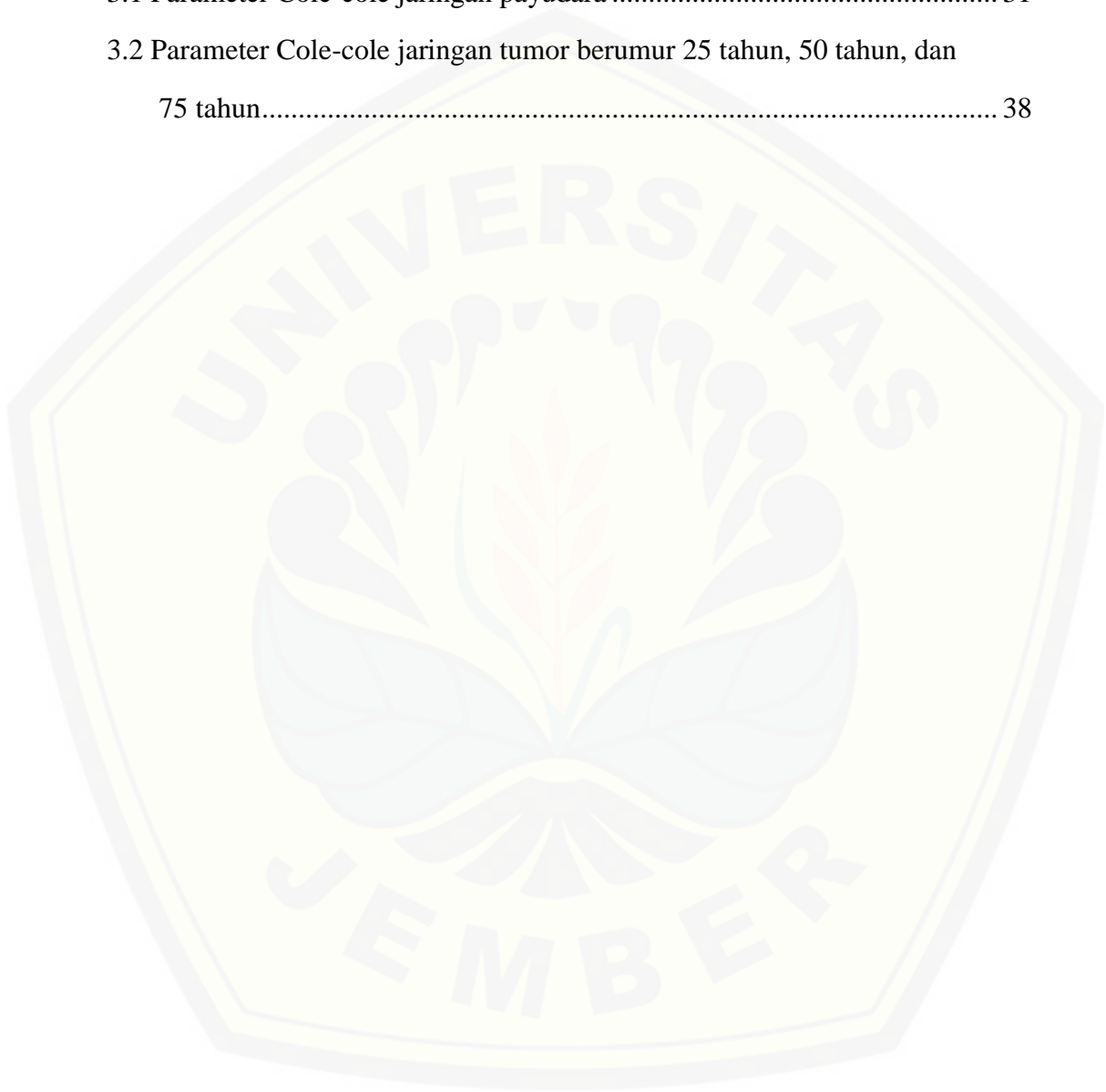
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN.....	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat.....	7
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Gelombang Elektromagnetik.....	8
2.2 Fungsi Bessel dan Fungsi Hankel.....	9
2.3 Gelombang Bidang dalam Bentuk Gelombang Silinder	10
2.4 Solusi Analitik Hamburan Gelombang Bidang TMz pada PEC	13
2.5 Objek Dielektrik	15
2.6 <i>Moment of Method</i>	19
2.7 <i>Pulse Basic Function</i>	22

BAB 3. METODE PENELITIAN	24
3.1 Rancangan Penelitian.....	24
3.2 Jenis dan Sumber Data	26
3.3 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukuran	26
3.3.1 Variabel Bebas.....	26
3.3.2 Variabel Terikat.....	27
3.3.3 Variabel Kontrol	27
3.4 Prosedur Penelitian	27
3.4.1 Pembuatan Model Penelitian	29
3.4.2 Akurasi Medan Terhambur.....	33
3.4.3 Aplikasi Medan Terhambur pada Jaringan Payudara.....	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Solusi Analitik Medan Terhambur pada Objek Dielektrik.....	39
4.2 Solusi Numerik Medan Terhambur pada Objek Dielektrik Menggunakan MoM.....	41
4.3 Pengaruh Radius Sel terhadap Akurasi Hasil Numerik Menggunakan MoM.....	45
4.4 Medan Terhambur Jaringan Payudara pada Rentang Frekuensi 0.5GHz-30GHz.....	49
4.5 Perbedaan Medan Terhambur Jaringan Payudara Normal dan Jaringan Terjangkit Kanker	54
4.6 Perubahan Medan Terhambur Jaringan Payudara Terjangkit Kanker ketika Jari-jari Tumor Divariasian.....	58
4.7 Perubahan Medan Terhambur Jaringan Payudara Terjangkit Kanker pada Beberapa Umur yang Berbeda	66
BAB5. PENUTUP.....	73
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Parameter Cole-cole jaringan payudara	31
3.2 Parameter Cole-cole jaringan tumor berumur 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun.....	38



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Ilustrasi gelombang elektromagnetik	8
2.2 Gelombang bidang yang merambat dalam arah x positif.....	11
2.3 Gelombang bidang TMz pada PEC.....	13
2.4 Atom dalam material dielektrik	16
2.5 Formasi sebuah dipol antara dua muatan yang berlawanan yang nilainya sama dengan Q.....	16
2.6 Makroskopik material dielektrik.....	18
2.7 <i>Pulse Basic Function</i>	22
3.1 Diagram tulang ikan penelitian	24
3.2 Diagram alir penelitian.....	28
3.3 Model tomografi gelombang mikro	29
3.4 Model objek penelitian 3D.....	30
3.5 Penampang melintang objek	32
3.6 Kurva hubungan eror relatif dengan titik observasi.....	34
3.7 Model jaringan payudara.....	36
4.1 Pengaruh variasi radius sel terhadap kuat medan terhambur dan fase dari jaringan lemak, <i>fibroglandular</i> , dan tumor.....	46
4.2 Tingkat eror medan terhambur dari jaringan lemak, <i>fibroglandular</i> , dan Tumor.....	47
4.3 Medan terhambur dan fase jaringan payudara pada variasi frekuensi	48
4.4 Medan terhambur jaringan payudara pada frekuensi 0.5 GHz-30 GHz.....	50
4.5 Fase medan terhambur jaringan payudara pada frekuensi 0.5 GHz- 30 GHz	51

4.6 Pola medan terhambur dan fase jaringan lemak, <i>fibroglandular</i> , dan tumor pada 10 GH.....	53
4.7 Kuat medan terhambur jaringan payudara normal dan jaringan payudara terjangkit kanker.....	54
4.8 Fase medan terhambur jaringan payudara normal dan jaringan payudara terjangkit kanker.....	56
4.9 Visualisasi kuat medan terhambur dan fase jaringan payudara normal, terjangkit kanker dengan tumor di tengah, dan tumor di tepi.....	57
4.10 Medan terhambur dari jaringan tumor dengan variasi jari-jari	58
4.11 Fase medan terhambur dari jaringan tumor dengan variasi jari-jari	59
4.12 Visualisasi kuat medan terhambur dan fase jaringan tumor dengan variasi jari-jari tumor 0.2 cm, 0.4 cm, 0.6 cm, 0.8 cm, dan 1 cm	60
4.13 Medan terhambur dari jaringan payudara terjangkit kanker dengan variasi jari-jari tumor	63
4.14 Fase medan terhambur dari jaringan payudara terjangkit kanker dengan variasi jari-jari tumor.....	63
4.15 Visualisasi medan terhambur dan fase jaringan payudara terjangkit kanker dengan variasi jari-jari tumor.....	65
4.16 Kuat medna terhambur jaringan tumor pada umur 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun.....	66
4.17 Fase medan terhambur jaringan tumor pada umur 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun.....	67
4.18 Visualisasi 2D dari kuat medan terhambur dan fase jaringan tumor berumur 25 tahun, 50 tahun, dan 75 tahun.....	68
4.19 Kuat medan terhambur jaringan payudara terjangkit kanker pada variasi umur	69

4.20 Fase medan terhambur jaringan payudara terjangkit kanker pada variasi umur	70
4.21 Visualisasi 2D kuat medan terhambur dan fase jaringan payudara terjangkit kanker pada variasi umur.....	71



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

World Health Organization (WHO) pada tahun 2004 menyatakan bahwa kanker payudara merupakan salah satu dari lima jenis kanker yang berbahaya dan menjadi penyebab kematian seseorang. WHO juga telah mengestimasi bahwa dari tahun 2005 sampai tahun 2015 terdapat 84 juta orang meninggal dunia akibat kanker payudara. Menurut *American Cancer Society* (ACS), pada tahun 2009 terdapat lebih dari 40.000 wanita di Amerika meninggal karena menderita kanker payudara (Golnabi *et al.*, 2011). Di Indonesia kanker payudara juga menjadi kasus yang serius terutama pada wanita, kanker payudara menempati urutan kedua setelah kanker leher rahim sebagai kanker yang paling sering dialami oleh wanita (Anggorowati, 2013).

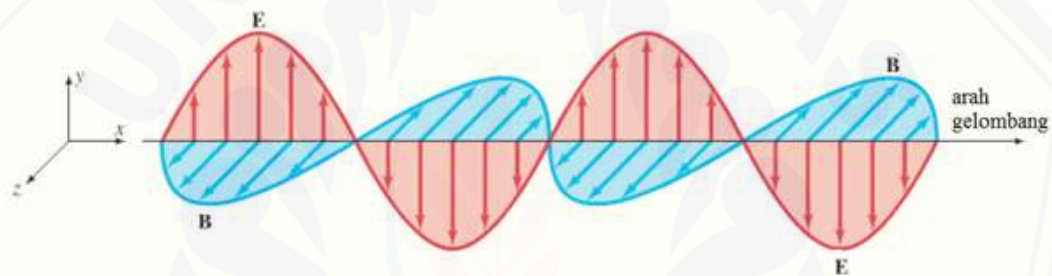
Upaya untuk mengurangi jumlah penderita kanker payudara adalah dengan melakukan pengecekan rutin serta melakukan deteksi dini kanker payudara. Jika kanker dapat dideteksi cukup dini, maka pasien dapat bertahan lima tahun lebih lama dengan persentase sampai 90% (Kwon dan Lee, 2016). Menurut data statistik dari tahun 1990 sampai tahun 2006, angka kematian pasien akibat kanker payudara menurun sebesar 3.2% pertahun untuk penderita di bawah usia 50 tahun. Penurunan angka kematian ini disebabkan oleh berkembangnya pengobatan serta pendeteksian dini kanker payudara (Golnabi *et al.*, 2011). Ketika kanker diketahui pada stadium awal, maka pasien dapat melakukan perawatan berupa operasi pembedahan atau kemoterapi. Pada tahun 1970 telah dilakukan percobaan kemoterapi (*adjuvant*) pada pasien, dan hasilnya pasien dapat hidup lebih lama dan bebas dari penyakit kanker (Giordano *et al.*, 2003). Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan teknik pendeteksian kanker payudara agar dapat diketahui kemungkinan adanya kanker sedini mungkin.

Payudara yang terinfeksi kanker mempunyai bentuk fisik yang berbeda dengan payudara normal. Pada payudara yang terinfeksi kanker biasanya muncul

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang terdiri dari komponen medan listrik (E) dan medan magnet (B) yang saling tegak lurus dan mempunyai bentuk gelombang sinus dengan fase yang sama (Yousif, 2014). Bentuk gelombang elektromagnetik ditunjukkan pada gambar 2.1, warna merah menunjukkan komponen medan listrik sedangkan warna biru menunjukkan komponen medan magnet.



Gambar 21. Ilustrasi gelombang elektromagnetik

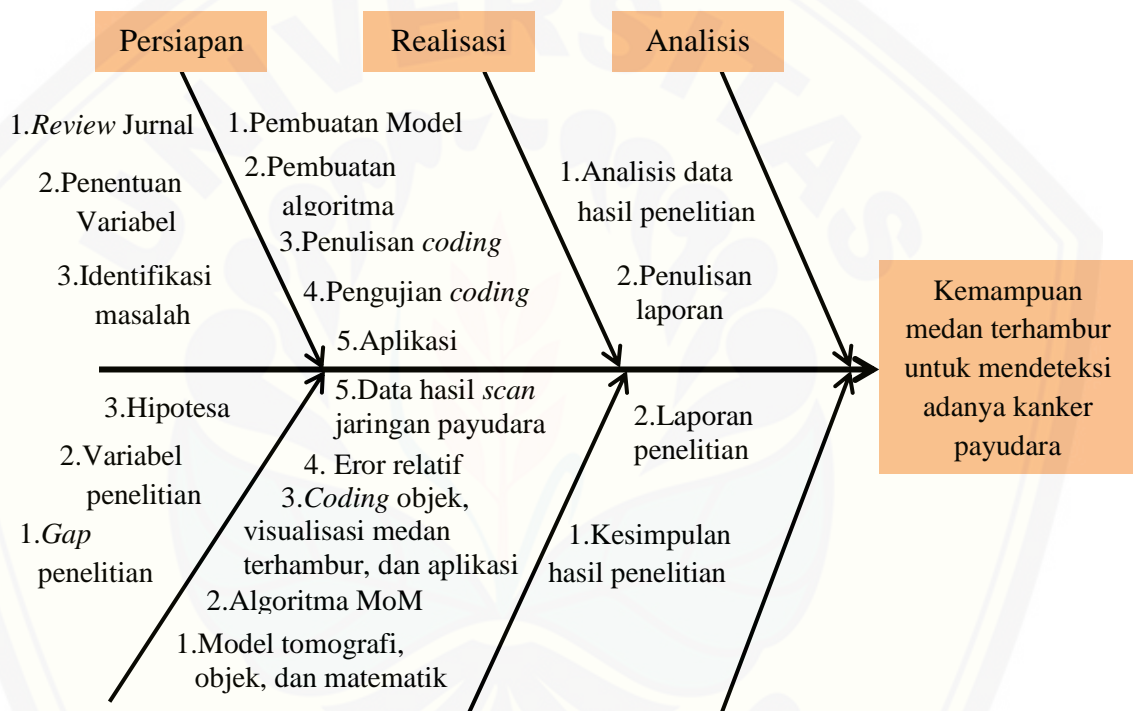
Gelombang elektromagnetik dicirikan dengan adanya frekuensi dan sifat-sifat medium yang dilalui gelombang saat merambat yang dinyatakan sebagai konstanta permitivitas (ϵ) dan permeabilitas (μ) bahan (Muller, 1969). Gelombang elektromagnetik dapat merambat dengan beberapa mekanisme, yakni refleksi (pemantulan), refraksi (pembiasan), difraksi (lenturan), dan *scattering* (hamburan). Hamburan terjadi ketika gelombang merambat melalui sel yang mempunyai ukuran sebanding dengan panjang gelombangnya.

Gelombang elektromagnetik mempunyai rentang frekuensi dari 10 Hz sampai dengan 10^{22} Hz. Gelombang elektromagnetik terbagi menjadi beberapa spektrum gelombang, yakni gelombang radio, gelombang mikro, sinar infra merah, cahaya tampak, sinar ultraviolet, sinar X dan sinar gama. Keseluruhan gelombang ini mempunyai sifat umum gelombang yang sama, yakni menjalar dengan kecepatan sama dengan kecepatan cahaya (c). Perbedaannya terletak pada

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga tahap, yakni tahap persiapan, tahap realisasi, dan tahap analisis. Rancangan penelitian ini dapat dilihat pada diagram tulang ikan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram tulang ikan penelitian

Penelitian diawali dengan tahap persiapan, yakni dengan melakukan *review* jurnal-jurnal terkait sehingga diperoleh *gap* penelitian yang selanjutnya digunakan sebagai topik dalam penelitian ini. Penelitian tentang tomografi gelombang mikro telah banyak dilakukan, dan kebanyakan dari penelitian-penelitian tersebut menggunakan penyelesaian *forward problem* dan *inverse problem*. Namun resolusi gambar yang dihasilkan masih kurang baik untuk digunakan sebagai deteksi dini kanker payudara serta dibutuhkan waktu penyelesaian yang lama karena bentuknya lebih kompleks. Oleh karena itu pada

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Kuat medan terhambur dan fase yang dihasilkan oleh jaringan lemak, *fibroglandular*, dan tumor pada frekuensi 0.5 GHz – 30 GHz mempunyai pola yang berbeda. Perbedaan ini dapat dilihat dari amplitudo dan jumlah gelombang yang dihasilkan. Kuat medan terhambur jaringan lemak mempunyai amplitudo paling besar, kemudian disusul oleh jaringan *fibroglandular*, dan jaringan tumor. Sedangkan jika ditinjau dari jumlah gelombangnya, jaringan lemak menghasilkan jumlah gelombang paling banyak dengan lima gelombang, kemudian jaringan *fibroglandular* dengan $4\frac{1}{4}$ gelombang, dan jaringan tumor dengan empat gelombang. Namun kuat medan terhambur yang dihasilkan oleh ketiganya mengalami penurunan ketika frekuensi gelombang mikro yang digunakan semakin diperbesar. Fase medan terhambur yang dihasilkan oleh ketiga jaringan juga berbeda. Fase jaringan lemak mengalami penurunan ekstrim secara tiba-tiba pada frekuensi 7 GHz, serta mengalami peningkatan tiba-tiba frekuensi 12.5 GHz dan 29 GHz. Fase jaringan *fibroglandular* mengalami penurunan tiba - tiba pada frekuensi 7 GHz. Sedangkan fase jaringan tumor mengalami pergeseran pola pada frekuensi 7 GHz - 8 GHz.

Kuat medan terhambur dan fase yang dihasilkan oleh jaringan normal, jaringan payudara terjangkit kanker dengan tumor di tengah, dan jaringan payudara terjangkit kanker dengan tumor di tepi mempunyai pola yang berbeda. Jaringan payudara normal mengalami anomali pada rentang frekuensi 22 GHz – 26 GHz. Jaringan payudara terjangkit kanker dengan tumor di tengah mengalami

DAFTAR PUSTAKA

- Alaydrus, M. 2011. *Antena Prinsip dan Aplikasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Anggorowati, L. 2013. Faktor Risiko Kanker Payudara Wanita. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 8(2), pp. 113–120.
- Balanis, C. A. 1989. *Advanced Engineering Electromagnetics*. second edi. United States of America: John Wiley.
- Bindu, G., Lonappan, A., dan Thomas, V. 2006. Active Microwave Imaging for Breast Cancer Detection. *Progress In Electromagnetics Research, PIER*, 58, pp. 785–9.
- Bowman, F. 1958. *Introduction for Bessel Function*. New York: Dover Publications Inc.
- Bulyshev, A. E., Semenov, S., Souvorov, A. 2001. Computational Modeling of Three-Dimensional Microwave Tomography of Breast Cancer, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 48(9), pp. 1053–1056.
- Chaudary, S. S., Mishra, R., Swarup, A. 1984. Dielectric Properties of Normal and Malignant Human Breast Tissue at Radiowave and Microwave Frequencies. *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, 21.
- Dye, T. D., Bogale, S., Hobden, C. 2012. Experience of Initial Symptoms of Breast Cancer and Triggers for Action in Ethiopia. *International Journal of Breast Cancer*, 2012, p. 5. doi: 10.1155/2012/908547.
- Fear, E. C., Meaney, P. M. dan Stuchly, M. A. 2003. Microwaves for Breast Cancer Detection?. *IEEE Potential*, pp. 12–18.
- Gabriel, S., Lau, R. W. dan Gabriel, C. 1996. The dielectric properties of biological tissues: II. Measurements in the frequency range 10 Hz to 20 GHz. *Physics in Medicine and Biology*, 41(11), pp. 2251–2269.
- Garg, R. 2008. *Analytical and Computational Methods in Electromagnetics*. Boston, London: Artech house.
- Garrett, J. dan Fear, E. 2015. Average Dielectric Property Analysis of Complex Breast Tissue with Microwave Transmission Measurements. *Sensors*. 15(1), pp. 1199–1216.
- Gibson, W. C. 2008. *The Method of Moments in Electromagnetics, Contemporary Physics*. United State: Taylor and Francis Group.

- Giordano, S. H., Buzdar, A. U., Smith, T. L., Kau, S., Yang, Y., dan Hortobagyi, G. 2003. 'Is Breast Cancer Survival Improving? Trends in Survival for Patients with Recurrent Breast Cancer Diagnosed from 1974 through 2000. *American Cancer Society*, pp. 44–52. doi: 10.1002/cncr.11859.
- Golnabi, A. H., Meaney, P., dan Geimer, S. 2011. Microwave imaging for breast cancer detection and therapy monitoring. *IEEE Topical Conference on Biomedical Wireless Technologies, Networks, and Sensing Systems*, pp. 59–62.
- Grzegorzcyk, T. M., Meaney, P., Kaufman, P. 2012. Fast 3-D Tomographic Microwave Imaging for Breast Cancer Detection. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 31(8), pp. 1584–1592.
- Harrington, R. F. 1993. *Field Computation by Moment Methods*. New York: IEEE PRESS.
- Hippel, A. R. 1954. *Dielectric Materials and Applications*. USA: Artech house.
- Joines, W. T., Yang, Z. Li, C., dan Jirtle, R. 1994. The Measured Electrical Properties of Normal and Malignant Human Tissues from 50 to 900 MHz. *Medical Physics*, 21, p. 4.
- Kharkovsky, S. dan Zoughi, R. 2007. Microwave and Millimeter Wave Nondestructive Testing and Evaluatio. *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, April.
- Khuda, I., Khatun, s., dan Reza, K. 2014. Improved Debye Model for Experimental Approximation of Human Breast Tissue Properties at 6 GHz Ultra-Wideband Centre Frequency. *International Journal of Engineering and Technology (IJET)*, 5(6), pp. 4708–4717.
- Kwon, K., Lim, Y., dan Kim, C. 2012 .Microwave Tomography Analysis System for Breast Tumor Detection. *Journal of Medical Systems*, 36(3), pp. 1757–1767.
- Kwon, S. dan Lee, S. 2016. Recent Advances in Microwave Imaging for Breast Cancer Detection. *International Journal of Biomedical Imaging*, 2016, p. 26.
- Lazebnik, M., McCartney, L., dan Popovic, D. 2007. A large-scale study of the ultrawideband microwave dielectric properties of normal breast tissue obtained from reduction surgeries. *Physics in Medicine and Biology*, 52(10), pp. 2637–2656.
- Li, X., Hagness, S., dan Van Veen, B. 2005. An Overview of Ultra-Wideband Microwave Imaging Via Space-Time Beamforming for Early Stage Breast Cancer Detection. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Magazine*, 47(1), pp. 19–34.

- Li, X. dan Hagness, S. C. 2001. A confocal microwave imaging algorithm for breast cancer detection. *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*. 11(3), pp. 130–132.
- Martellosio, A., Pasian, M., dan Bozzi. 2016. Dielectric properties characterization from 0.5 to 50 GHz of breast cancer tissues. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*. 65(3). pp. 1–14.
- Meaney, P. M., Fanning, M., dan Li, D. 2000. A clinical prototype for active microwave imaging of the breast. *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.* 48. no. 11(11), pp. 1841–1853.
- Mitrayana . 2015. *Teori Dan Aplikasi Gelombang Mikro*. Yogyakarta: Universitas Yogyakarta.
- Muller, C. 1969. *Foundations of The Mathematical Theory of Electromagnetic*. California: Springer-Verlag.
- Nugroho, A. T. dan Wu, Z. 2015. Inexact Newton backtracking method for solving microwave tomography inverse problem. *IST 2015 - 2015 IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques. Proceedings*. (4). pp. 0–5.
- Peterson, A. F., Ray, S. L. and Mittra, R. 1998. *Computational Methods for Electromagnetics*. New York: IEEE PRESS.
- Ruvio, G., Solimene, R., dan Cuccaro, A. 2014. Field penetration in MRI-based breast models: A numerical investigation. *8th European Conference on Antennas and Propagation. EuCAP 2014*. pp. 316–319.
- Sasaki, K., Wake, K. dan Watanabe, S. 2014. Development of best fit Cole-Cole parameters for measurement data from biological tissues and organs between 1 MHz and 20 GHz. *Radio Science*, 49(7), p. 459.
- Shea, J. D., Kosmas, P., dan Hagness, S. 2010. Three-dimensional microwave imaging of realistic numerical breast phantoms via a multiple-frequency inverse scattering technique. *Medical Physics*. 37(8). pp. 4210–4226.
- Siu, A. L. 2016. Screening for breast cancer: U.S. Preventive services task force recommendation statement. *Annals of Internal Medicine*. 164(4). pp. 279–296. doi: 10.7326/M15-2886.
- Srivastava, G. P. dan Gupta, V. J. 2006. *Microwave Devices and Circuit Design*. PHI Learning Pvt. Ltd.
- Ünal, İ., Turetken, B., Bulus, U., dan Canbay, C. 2013. Analysis of the Electromagnetic Field Scattered by a Spherical Breast Tumour Model. *Proceedings of the 2013 International Symposium on Electromagnetic Theory*, pp. 574–577.

Winters, D. W., Bond, E., Ven, B., dan Hagness, S. C. 2006. Estimation of the Frequency-Dependent Average Dielectric Properties of Breast Tissue Using a Time-Domain Inverse Scattering Technique. *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, 54(11), pp. 3517–3528. doi: 10.1109/TAP.2006.884296.

Yousif, M. E. 2014. The Electromagnetic Radiation Mechanism. *International Journal of Fundamental Physical Sciences*. 4(3). pp. 72–79.

