



UNIVERSITAS INDONESIA

EFEKTIVITAS PENGGUNAAN *ELECTRO CAPACITIVE CANCER TREATMENT* (ECCT) DALAM TERAPI KANKER PAYUDARA

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

YUNITA KUSUMA HANDAYANI

0806326494

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI S1 FISIKA
PEMINATAN FISIKA MEDIS DAN BIOFISIKA
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Yunita Kusuma Handayani

NPM : 0806326494

Tanda Tangan : 

Tanggal : 19 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Yunita Kusuma Handayani
NPM : 0809326494
Program Studi : S1 Fisika
Judul Skripsi : Efektivitas Penggunaan *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT) dalam Terapi Kanker Payudara

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi S1 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Warsito Purwo Taruno



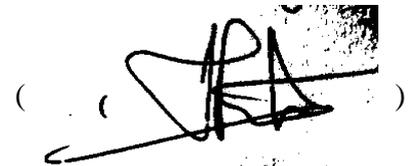
Pembimbing : Prof. Dr. Djarwani S. Soejoko



Penguji : Dwi Seno Kuncoro, M.Si



Penguji : Dr. Supriyanto Ardjo Pawiro



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 19 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala nikmat dan karunia yang telah diberikan, yang tak akan mampu dihitung oleh hamba-hambanya. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada teladan sepanjang zaman, Nabiyullah Muhammad Shollahu 'alaihi Wa Sallam, keluarga, sahabat serta pengikutnya yang setia.

Dalam rangka menyelesaikan Studi Sarjana Fisika (S1) Peminatan Fisika Medis Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, penulis mencoba untuk menyelesaikan skripsi dengan judul **EFEKTIVITAS PENGGUNAAN *ELECTRO CAPACITIVE CANCER TREATMENT* (ECCT) DALAM TERAPI KANKER PAYUDARA** tahun 2012.

Sebagai sebuah karya, skripsi ini mustahil dapat terselesaikan tanpa bantuan, masukan, sumbang saran dari berbagai pihak. Maka, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, Sang Pencipta dan Pecinta, Yang Maha Memberi, Mengasihi, Menyayangi dan Mengampuni setiap hamba-hambanya. Yang membuat segalanya pasti dan terjadi.
2. Untuk suamiku tercinta, Muhammad Diko Prakoso, dengan segala pengorbanannya membantu dan menunggu skripsi ini sampai selesai. Terima kasih atas kesabarannya menunda resepsi pernikahan kami demi skripsi ini.
3. Keempat orang tuaku tercinta, Papa dan Mama di Poris yang selalu menjadi motivasiku. Bapak dan Ibu di Jurumudi yang memiliki jasa besar dibalik pembuatan skripsi ini. Semoga semua orang tuaku mendapat rahmat dari Allah SWT.
4. Saudara-saudaraku Ka Ita, A' Firman, Mas Endi, Mba Yanti, Agung, Selly, ponakan-ponakanku tercinta: Sandira, Syifa, dan Akram, yang selalu menghiburku dalam kepenatan.
5. Bapak Dr. Warsito, M.Eng selaku Dosen Pembimbing I dan Direktur CTECH LABS PT Edward Technology yang telah memberi kesempatan

kepada penulis untuk menambah ilmu dan membimbing penulis dengan penuh kesabaran.

6. Prof. Dr. Djarwani S. S. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberi saran dan juga masukan bagi penulis dalam melaksanakan penelitian dengan penuh kesabaran.
7. Kepada Ka Rommy, Ka Vian, dan Ka Habib tim Jum'at kelabu yang selalu sabar menghadapi pasien-pasien Ca. Mammae, sumber data skripsiku.
8. Ka Marlin, Ka Ninik sumber inspirasi menulis skripsi.
9. Ka Yuni, Bang Cepi, Mas Ari, Mas Yanto, Bang Husen, Ka Bobby, Willy, Ka Andri, Ka Panji, Mas Khadir, Pak Edy, Mba Izzati, Mas Mariyasin, Ibu, Bu'de, Pak de, Pak Buddy, Pak Jauhari, Satpam Pos Modern Land serta Keluarga besar PT. Edwar Technology yang telah banyak membantu penulis mengatasi setiap kesulitan selama pengerjaan skripsi.
10. Sahabat-sahabatku tersayang Laila, Kharis, Irwin, Farah, Melandi yang selalu memberi semangat dan motivasi tiada henti. Terima kasih atas kesediaan waktunya mendengarkan curhat dan juga keluh kesah penulis.
11. Sahabat seperjuanganku di Edwar Technology Markus, Olay, Ipin, Putri dan Jannah yang telah berjuang bersama dalam suka dan duka serta banyak membantu penulis selama menyusun skripsi.
12. Sahabat-sahabat Fisika Medis 2008 Merry, Ayda, Yuyun, Susi, Jeje, Ita, Lukman, Rasih, Gun-gun, Nazib, Rion, Bowo, untuk semua kenangan dan kebersamaan yang kita lewati bersama-sama.
13. Sahabat-sahabat tercinta Fisika 2008 atas pelajaran berharga dan juga kebersamaan yang tak terlupakan.
14. Mba Ratna dan staff sekretariat Fisika UI, yang banyak membantu dari awal perkuliahan hingga akhir perkuliahan.
15. Bapak dan Ibu Fotokopi "*Cenat-Cenut*" atas bantuannya memfotokopikan skripsi kebanggaanku.
16. Semua pihak yang ikut membantu dalam penyelesaian skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

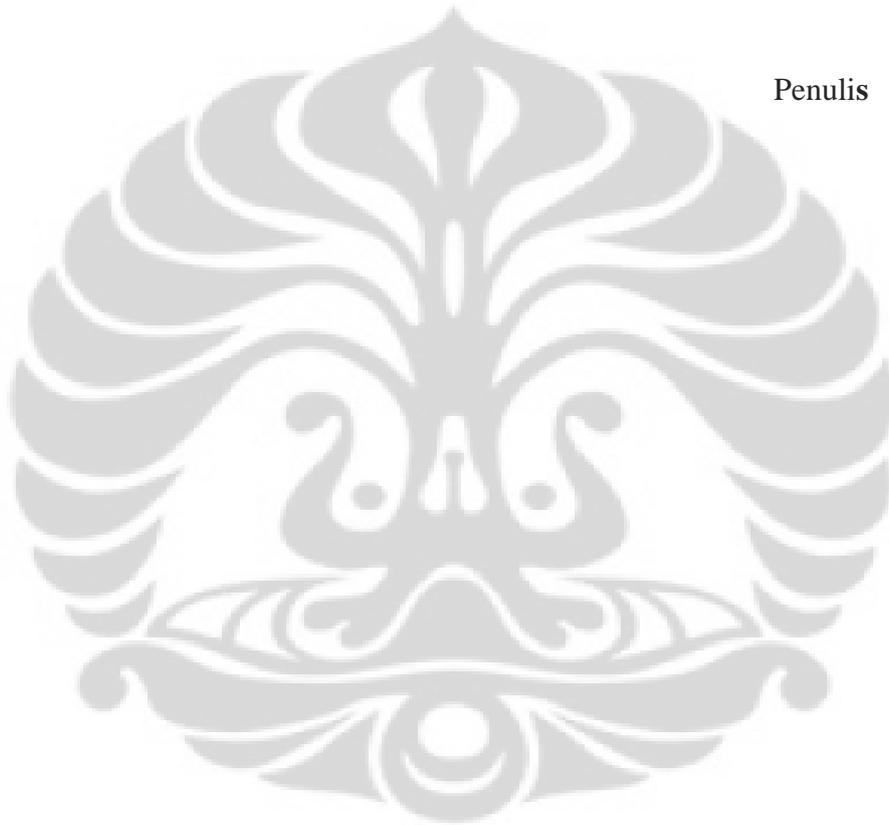
Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak mempunyai kesalahan. Oleh karena itu, penulis sangat menghargai segala kritikan dan saran yang bersifat membangun.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi dunia pendidikan dan bidang kesehatan, terutama dalam hal terapi kanker.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Tangerang, 19 Juni 2012

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Yunita Kusuma Handayani

NPM : 0806326494

Program Studi : S1 Fisika

Departemen : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Jenis Karya : Skripsi

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

EFEKTIVITAS PENGGUNAAN *ELECTRO CAPACITIVE CANCER TREATMENT* (ECCT) DALAM TERAPI KANKER PAYUDARA

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Tangerang

Pada tanggal : 19 Juni 2012

Yang menyatakan



(Yunita Kusuma Handayani)

ABSTRAK

Nama : Yunita Kusuma Handayani
Program Studi : S1 Fisika
Judul skripsi : Efektivitas Penggunaan *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT) dalam Terapi Kanker Payudara

Pengaruh medan listrik terhadap sel kanker ada dua macam yaitu menghambat pertumbuhan tumor dan menghancurkan sel kanker yang sedang mengalami pembelahan. Penelitian ini menggunakan *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT) *vest* tipe A dan tipe B dengan frekuensi 50 - 500 KHz dari sumber arus listrik bolak-balik dengan tegangan 2,4 – 3 V. Pemberian medan listrik dilakukan secara *in vivo* selama 16 jam secara kumulatif terhadap pasien bersel kanker payudara stadium II dengan atau tanpa metastase ke axilla dengan posisi sel kanker di lima kuadran yang berbeda pada payudara, yaitu *medial superior*, *medial inferior*, *central*, *lateral superior* dan *lateral inferior*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat terapi *Electro Capacitive Cancer Treatment* sangat efektif untuk menghambat pembelahan sel kanker dan membunuh sel kanker yang terletak pada kuadran *lateral superior*.

Kata kunci :
ECCT, ECVT, efektivitas, kanker payudara, kuadran

ABSTRACT

Name : Yunita Kusuma Handayani
Program study : S1 Fisika
Title of essay : The Effectiveness of Using Electro Capacitive Cancer Treatment (ECCT) in Breast Cancer Therapy

The influence of an electric field of cancer cell there are two kinds of which inhibits tumor growth and destroy cancer cells that are undergoing fission. This research uses Electro Capacitive Cancer Treatment (ECCT) vest type A and type B with frequency of 50 - 500 KHz of the electric current source back and forth with voltage 2,4 - 3 volt. Award of the electrical field conducted in in vivo for 16 hours cumulatively on patients with breast cancer-celled ferocity stadium level II with or without metastase to the axilla to the position of cancer cells in five different quadrants of breast medial superior, inferior, medial, central, lateral superior and inferior lateral. The results showed that Electric therapy very effective Capacitive Cancer Treatment to inhibit cell division and cancer kill cancer cells that are located on the superior lateral quadrant.

Key word :
ECCT, ECVT, Effectiveness, breast cancer, quadrant

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metode Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Karakteristik Sel Normal Pada Manusia	6
2.1.1 Struktur Sel Manusia	6
2.1.2 Mikrotubulus	11
2.1.3 Siklus Sel Manusia	12
2.2 Kanker	15
2.2.1 Karakteristik Sel Kanker	17
2.2.2 Proses Terjadinya Kanker	19
2.3 Kanker Payudara	20
2.3.1 Anatomi Payudara	20
2.3.2 Jenis Kanker	22
2.3.3 Prevalensi Kanker Berdasarkan Kuadran Pada Payudara	25
2.3.4 Penegakkan Diagnosis Kanker Payudara	25
BAB III. LANDASAN TEORI	
3.1 Electro Capacitive Cancer Treatment (ECCT)	29
3.1.1 Arus Listrik Bolak-balik/AC (<i>Alternating Current</i>)	29
3.1.2 Medan Listrik dalam Tubuh Manusia	30
3.1.3 Pengaruh Medan Listrik Terhadap Jaringan Tubuh Manusia	31
3.1.4 Pengaruh Medan Listrik Terhadap Sel Normal dan Sel Kanker	32
3.1.5 Prinsip Kerja <i>Electro Capacitive Cancer Treatment</i> (ECCT)	35
3.1.6 Gejala Klinis yang Mungkin Akan Timbul	40
3.2 Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT)	41
3.2.1 Permittivitas dan Konduktivitas Listrik Jaringan Payudara	42

3.2.2 Instrumentasi <i>Electrical Capacitance Volume Tomography</i> (ECVT).....	43
3.2.3 Prinsip Kerja <i>Electrical Capacitance Volume Tomography</i> (ECVT).....	43
3.2.4 Hasil Pencitraan dengan <i>Electrical Capacitance Volume Tomography</i> (ECVT) untuk Payudara.....	47
3.2.5 Perbandingan Hasil Pencitraan ECVT dengan Hasil Pencitraan Radiologi Sebelum Terapi dengan ECCT.....	50
BAB IV. METODE PENELITIAN	
4.1 Simulasi Distribusi Medan Listrik Pada Tubuh Manusia	57
4.2 Eksperimen.....	59
4.2.1 Peralatan dan Bahan.....	59
4.2.2 Metode Eksperimen	59
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1 Grafik Kecepatan Penurunan Konsentrasi Massa Sel Kanker	62
5.1.1 Posisi Kanker di <i>Medial Superior</i>	63
5.1.2 Posisi Kanker di <i>Medial Inferior</i>	65
5.1.3 Posisi Kanker di <i>Central</i>	67
5.1.4 Posisi Kanker di <i>Lateral Superior</i>	69
5.1.5 Posisi Kanker di <i>Lateral Inferior</i>	71
5.2 Gejala-gejala Umum yang Muncul Selama Pemakaian ECCT <i>Vest</i>	73
5.2.1 Posisi Kanker di <i>Medial Superior</i>	73
5.2.2 Posisi Kanker di <i>Medial Inferior</i>	74
5.2.3 Posisi Kanker di <i>Central</i>	74
5.2.4 Posisi Kanker di <i>Lateral Superior</i>	75
5.2.5 Posisi Kanker di <i>Lateral Inferior</i>	76
5.3 Hasil Pencitraan <i>Electrical Capacitance Volume Tomography</i> (ECVT).....	76
5.3.1 Posisi Kanker di <i>Medial Superior</i>	77
5.3.2 Posisi Kanker di <i>Medial Inferior</i>	77
5.3.3 Posisi Kanker di <i>Central</i>	78
5.3.4 Posisi Kanker di <i>Lateral Superior</i>	78
5.3.5 Posisi Kanker di <i>Lateral Inferior</i>	79
BAB VI. PENUTUP	
6.1 Kesimpulan	84
6.2 Saran.....	84
DAFTAR REFERENSI	85
DAFTAR LAMPIRAN	87

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Ringkasan Struktur dan Fungsi Sel	8
Tabel 3.1 Nilai Permittivitas dan Konduktivitas Listrik Suatu Material Pada Frekuensi 4 GHz	44
Tabel 4.1 Kode Pasien Sampel dalam Eksperimen	56
Tabel 5.1 Hasil <i>Scanning</i> ECVT Pasien Sampel Posisi <i>Medial Superior</i> Selama Pemakaian 3 Bulan	65
Tabel 5.2 Pengolahan Data Konsentrasi Maksimum Massa Sel Kanker di <i>Medial Superior</i>	65
Tabel 5.3 Hasil <i>Scanning</i> ECVT Pasien Sampel Posisi <i>Medial Inferior</i> Selama Pemakaian 3 Bulan	67
Tabel 5.4 Pengolahan Data Konsentrasi Maksimum Massa Sel Kanker di <i>Medial Inferior</i>	67
Tabel 5.5 Hasil <i>Scanning</i> ECVT Pasien Sampel Posisi <i>Central</i> Selama Pemakaian 3 Bulan	69
Tabel 5.6 Pengolahan Data Konsentrasi Maksimum Massa Sel Kanker di <i>Central</i>	69
Tabel 5.7 Hasil <i>Scanning</i> ECVT Pasien Sampel Posisi <i>Lateral Superior</i> Selama Pemakaian 3 Bulan	71
Tabel 5.8 Pengolahan Data Konsentrasi Maksimum Massa Sel Kanker di <i>Lateral Superior</i>	71

Tabel 5.9 Hasil <i>Scanning</i> ECVT Pasien Sampel Posisi <i>Lateral Inferior</i> Selama Pemakaian 3 Bulan	73
Tabel 5.10 Pengolahan Data Konsentrasi Maksimum Massa Sel Kanker di <i>Lateral Inferior</i>	73
Tabel 5.11 Persentase Penurunan Konsentrasi Massa Sel Kanker untuk Posisi <i>Medial Superior</i>	79
Tabel 5.12 Persentase Penurunan Konsentrasi Massa Sel Kanker untuk Posisi <i>Medial Inferior</i>	80
Tabel 5.13 Persentase Penurunan Konsentrasi Massa Sel Kanker untuk Posisi <i>Central</i>	80
Tabel 5.14 Persentase Penurunan Konsentrasi Massa Sel Kanker untuk Posisi <i>Lateral Superior</i>	81
Tabel 5.15 Persentase Penurunan Konsentrasi Massa Sel Kanker untuk Posisi <i>Lateral Inferior</i>	81
Tabel 5.16 Laju Penurunan Konsentrasi Massa Sel Kanker Selama 3 Bulan Pemakaian	83

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1.1 Lokasi Umum Terjadinya Kanker Payudara.....	1
Gambar 2.1 Struktur Sel Eukariotik.....	6
Gambar 2.2 Struktur Nukleus	7
Gambar 2.3 Penampang Sel Sitoplasma	8
Gambar 2.4 Struktur Mikrotubulus.....	11
Gambar 2.5 Siklus Sel	12
Gambar 2.6 Proses Pembelahan Secara Mitosis	14
Gambar 2.7 Gambaran Mikroskopis Elektron Sel Kanker	16
Gambar 2.8 Gambaran Anatomi dan Sistem Limfatik Sekitar Payudara	21
Gambar 2.9 Gambaran Intraductal Karsinoma In situ	22
Gambar 2.10 Gambaran Lobular Karsinoma In situ.....	23
Gambar 2.11 Gambaran Invasive Ductal Karsinoma	23
Gambar 2.12 Gambaran Invasive Lobular Karsinoma	24
Gambar 2.13 Penampang Kuadran Pada Payudara serta Prevalensinya.....	25
Gambar 2.14 Cara Pemeriksaan dengan ECVT dan Hasil yang ditampilkan dibandingkan dengan PET Scan	28
Gambar 3.1 Gelombang Arus Listrik Bolak-balik.....	29
Gambar 3.2 Elektron Bebas dalam Konduktor	30
Gambar 3.3 Medan Listrik didalam Konduktor.....	31
Gambar 3.4 (a) Pengaruh Medan Listrik Pada Sel Diam.....	32
Gambar 3.4 (b) Pengaruh Medan Listrik Pada Sel Membelah	32
Gambar 3.5 Pembelahan Sel dengan Pemberian Medan Listrik (Palti, Yolam)...	34

Gambar 3.6 Sistem <i>Electro Capacitive Cancer Treatment</i> (ECVT)	35
Gambar 3.7 <i>Electro Capacitive Cancer Treatment</i> (ECVT) <i>Power Supply</i>	36
Gambar 3.8 Pengisian Muatan ECCT.....	37
Gambar 3.9 (a) Desain ECCT <i>Vest</i> Tipe A Bagian Depan	37
Gambar 3.9 (b) Desain ECCT <i>Vest</i> Tipe A Bagian Belakang	37
Gambar 3.10 (a) Desain ECCT <i>Vest</i> Tipe B Bagian Depan	38
Gambar 3.10 (b) Desain ECCT <i>Vest</i> Tipe B Bagian Belakang	38
Gambar 3.11 Skema Sistem Perencanaan Terapi (<i>Treatment Planning System</i>) ECCT	39
Gambar 3.12 Sistem ECVT untuk Diagnosis Kanker Payudara.....	43
Gambar 3.13 (a) Hasil Rekonstruksi Full Air	45
Gambar 3.13 (b) Hasil Rekonstruksi Udara.....	45
Gambar 3.14 (a) Hasil Kalibrasi Pertama	46
Gambar 3.14 (b) Hasil Kalibrasi Kedua.....	46
Gambar 3.15 Grafik Hubungan antara Konsentrasi terhadap Nilai Permittivitas Zat	47
Gambar 3.16 (a) Grafik Tegangan Terhadap Pasangan Sensor	48
Gambar 3.16 (b) Kurva Kapasitansi Ternormalisasi	48
Gambar 3.17 (a) Hasil Pencitraan Anatomi Payudara Normal	49
Gambar 3.17 (b) Hasil Pencitraan Anatomi Payudara Bermassa Kanker.....	49
Gambar 3.19 Hasil Pencitraan dengan ECVT untuk Pasien dengan Hasil USG Pada Gambar 3.19.....	50
Gambar 3.20 Hasil <i>Mammography</i> yang Mencitrakan Kesan Khas <i>Malignancy</i> . 50	
Gambar 3.21 Hasil Pencitraan dengan ECVT untuk Pasien dengan Hasil <i>Mammography</i> Pada Gambar 3.21.....	51
Gambar 3.22 Hasil MRI 3T yang Mencitrakan Kesan Khas <i>Malignancy</i>	51

Gambar 3.23 Hasil Pencitraan dengan ECVT untuk Pasien dengan Hasil MRI 3T Pada Gambar 3.23	51
Gambar 3.24 Hasil PET-CT yang Mencitrakan Kesan Khas <i>Malignancy</i>	52
Gambar 3.25 Hasil Pencitraan dengan ECVT untuk Pasien dengan Hasil PET-CT Pada Gambar 3.25	52
Gambar 4.1 Skema Metode Penelitian.....	53
Gambar 4.2 Distribusi Medan Listrik ECCT <i>Vest</i> Tipe A.....	57
Gambar 4.3 Distribusi Medan Listrik ECCT <i>Vest</i> Tipe B	58
Gambar 5.1 Grafik Penurunan Konsentrasi Massa Sel Kanker Terhadap Waktu untuk Posisi <i>Medial Superior</i>	64
Gambar 5.2 Kurva Linear untuk Posisi Kanker di <i>Medial Superior</i>	64
Gambar 5.3 Grafik Penurunan Konsentrasi Massa Sel Kanker Terhadap Waktu untuk Posisi <i>Medial Inferior</i>	66
Gambar 5.4 Kurva Linear untuk Posisi Kanker di <i>Medial Inferior</i>	66
Gambar 5.5 Grafik Penurunan Konsentrasi Massa Sel Kanker Terhadap Waktu untuk Posisi <i>Central</i>	68
Gambar 5.6 Kurva Linear untuk Posisi Kanker di <i>Central</i>	68
Gambar 5.7 Grafik Penurunan Konsentrasi Massa Sel Kanker Terhadap Waktu untuk Posisi <i>Lateral Superior</i>	70
Gambar 5.8 Kurva Linear untuk Posisi Kanker di <i>Lateral Superior</i>	70
Gambar 5.9 Grafik Penurunan Konsentrasi Massa Sel Kanker Terhadap Waktu untuk Posisi <i>Lateral Inferior</i>	72
Gambar 5.10 Kurva Linear untuk Posisi Kanker di <i>Lateral Inferior</i>	72
Gambar 5.11 Diagram Batang Gejala-gejala Umum yang Muncul Selama Pemakaian ECCT <i>Vest</i> untuk Pasien dengan Posisi Kanker <i>Medial Superior</i>	73
Gambar 5.12 Diagram Batang Gejala-gejala Umum yang Muncul Selama Pemakaian ECCT <i>Vest</i> untuk Pasien dengan Posisi Kanker <i>Medial Inferior</i>	74

- Gambar 5.13 Diagram Batang Gejala-gejala Umum yang Muncul Selama Pemakaian ECCT *Vest* untuk Pasien dengan Posisi Kanker *Central* 75
- Gambar 5.14 Diagram Batang Gejala-gejala Umum yang Muncul Selama Pemakaian ECCT *Vest* untuk Pasien dengan Posisi Kanker *Lateral Superior*..... 75
- Gambar 5.15 Diagram Batang Gejala-gejala Umum yang Muncul Selama Pemakaian ECCT *Vest* untuk Pasien dengan Posisi Kanker *Lateral Inferior* 76
- Gambar 5.16 Hasil USG Pasien D2 Sebelum Terapi dengan ECCT 82
- Gambar 5.17 Hasil USG Pasien D2 Setelah Terapi dengan ECCT selama 70 hari atau sekitar 2,5 bulan 82



DAFTAR LAMPIRAN

A. Hasil Scanning Payudara untuk Posisi <i>Medial Superior</i>	87
B. Hasil Scanning Payudara untuk Posisi <i>Medial Inferior</i>	89
C. Hasil Scanning Payudara untuk Posisi <i>Central</i>	92
D. Hasil Scanning Payudara untuk Posisi <i>Lateral Superior</i>	94
E. Hasil Scanning Payudara untuk Posisi <i>Lateral Inferior</i>	97



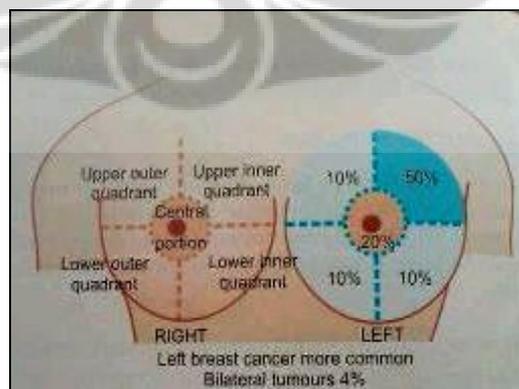
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kanker payudara merupakan kanker yang sangat menakutkan bagi kaum wanita, disamping kanker mulut rahim. Penyakit kanker payudara terhitung penyakit kanker yang paling umum menyerang kaum wanita. WHO menyatakan bahwa pada tahun 2012, kanker payudara menduduki peringkat kelima teratas di dunia sebagai jenis kanker dengan angka kematian tertinggi, yaitu 460.000 kematian (WHO's report 2012). Penderita kanker payudara pada dekade terakhir ini memperlihatkan kecenderungan meningkat. Setiap tahun lebih dari 250.000 kasus baru kanker payudara terdiagnosa di Eropa dan kurang lebih 175.000 di Amerika Serikat. Masih menurut WHO, tahun 2000 diperkirakan 1,2 juta wanita terdiagnosis kanker payudara dan lebih dari 700.000 meninggal karenanya. Belum ada data statistik yang akurat di Indonesia, namun data yang terkumpul dari rumah sakit menunjukkan bahwa kanker payudara menduduki ranking pertama diantara kanker lainnya pada wanita (WHO's report 2012)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Haagensen (*Text Book of Pathology Sixth Edition*, 2000), kanker payudara lebih sering terjadi di kuadran lateral atas, kemudian sentral (subareolar). Selain itu payudara sebelah kiri lebih sering terkena bila dibandingkan dengan kanan.



Gambar 1.1. Lokasi umum terjadinya kanker payudara.
(Sumber : Text Book of Pathology Sixth Edition)

Hingga saat ini, metode yang paling umum digunakan untuk terapi kanker payudara adalah dengan menggunakan teknik operasi, radioterapi, dan

kemoterapi. Terapi kanker dengan menggunakan ketiga metode tersebut memerlukan biaya yang cukup mahal dan juga memiliki efek negatif terhadap jaringan normal.

Pada saat ini, alat-alat terapi masih banyak yang menggunakan sistem radioisotop dan *x-ray* yang memberikan dampak negatif (radiasi) bila dalam penggunaannya melebihi prosedur yang ditetapkan. Sementara sistem nonradioisotop seperti kemoterapi akan mengakibatkan efek negatif seperti mual-mual dan juga kesakitan. Selain itu, terapi dengan menggunakan radiasi dan kemoterapi memerlukan biaya yang besar sehingga hanya kalangan tertentu saja yang bisa menikmatinya. Seiring dengan kebutuhan pasien yang semakin meningkat dalam menggunakan alat terapi ini, maka dibutuhkan alat untuk terapi kanker yang tanpa menggunakan radiasi, efektif (berteknologi canggih dan akurat), efisien (daya produksi murah) sehingga terjangkau untuk semua kalangan. Dari kebutuhan itu semua, saat ini tengah dikembangkan suatu alat untuk menghancurkan sel kanker saat membelah setelah diberi arus lemah frekuensi tinggi selama beberapa waktu. Alat ini disebut dengan *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT).

Electro Capacitive Cancer Treatment (ECCT) merupakan suatu alat penemuan baru yang dapat digunakan untuk menghancurkan sel kanker saat membelah. Alat ini menggunakan sumber listrik bertegangan rendah 2,4 Volt, dan juga terdiri dari beberapa elektroda yang dikemas dalam bentuk rompi yang menghubungkan alat ini dengan permukaan tubuh pasien yang terkena kanker. Pembuatan alat ini cukup mudah dan juga murah, sehingga tidak perlu mengeluarkan biaya yang besar. Selain itu, alat ini juga cukup ringan dan kecil sehingga ketika alat ini digunakan maka tidak akan mengganggu aktivitas pasien.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka dalam penelitian tugas akhir ini pokok-pokok permasalahannya adalah bagaimana efektivitas alat *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT) dalam membunuh sel kanker payudara dengan letak yang berbeda. Permasalahan ini diangkat untuk meningkatkan efektivitas dan kualitas tingkat keberhasilan dari kerja alat *Electro Capacitive*

Cancer Treatment (ECCT) dalam proses terapi kanker payudara. Penelitian ini merupakan hal yang baru karena tahapan terapi dilakukan langsung terhadap pasien penderita kanker payudara, pengguna alat *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mempelajari prinsip dasar kerja alat *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT) terhadap sel kanker.
2. Melakukan studi gejala-gejala klinis dari alat *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT) terhadap penderita kanker payudara.
3. Mengontrol perkembangan terapi sel kanker payudara dengan mencitrakan massa kanker dengan alat pencitraan *Electrical Capacitance Volume Tomography* (ECVT)
4. Mengetahui efektivitas dari alat *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT) dalam proses terapi kanker payudara.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, masalah yang akan diteliti dibatasi sesuai dengan judul yang diajukan yaitu “Efektivitas Penggunaan *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT) dalam Terapi Kanker Payudara”. Penelitian ini difokuskan pada efektivitas alat ECCT dalam membunuh sel kanker payudara pada penderita dengan maksimum stadium II. Kanker payudara stadium II, yaitu tumor dengan diameter ≤ 2 cm dengan metastase aksila atau tumor dengan diameter 2-5 cm dengan atau tanpa metastase aksila.

Pasien yang akan diamati adalah pasien kanker payudara pengguna ECCT yang telah melalui pemeriksaan radiologi seperti USG atau mamografi untuk mengetahui letak tumor. Selain itu, pasien harus terlebih dahulu *discanning* dengan menggunakan *Electrical Capacitance Volume Tomography* (ECVT) untuk mengetahui ukuran volume massa sel kanker dan aktivitas sel kanker melalui proses pencitraan sehingga dapat ditentukan stadium kanker payudara melalui ukuran. Alat yang akan digunakan disini disebut dengan *Electro Capacitive*

Cancer Treatment (ECCT). Sumber tegangan yang digunakan pada *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT) adalah baterai 2,4 Volt. Alat ini dihubungkan dengan elektroda yang dikemas dalam bentuk rompi yang nantinya akan ditempelkan pada kulit pasien/permukaan tubuh pasien yang terkena kanker. Alat ini dipasang pada tubuh pasien selama mendekati 24 jam setiap hari selama 3 bulan. Saat waktu pemakaian berjalan 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu, 1 bulan, 1,5 bulan, 2 bulan, 2,5 bulan, dan 3 bulan pasien harus *discanning* dengan alat *Electrical Capacitance Volume Tomography* (ECVT) untuk mengontrol perkembangan terapi sel kanker yang dilakukan dengan parameter ukuran dan aktivitas sel kanker.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian terdiri dari beberapa tahap antara lain:

a. Studi Kepustakaan

Pada tahap ini, penulis mencari dan juga mempelajari tentang arus listrik beserta hubungannya dengan aktivitas sel kanker. Selain itu, penulis juga mencari dan mempelajari tentang patologi anatomi kanker payudara. Informasi ini dapat diperoleh dari berbagai literatur baik buku, internet, penjelasan dari dosen pembimbing dan juga diskusi dengan mahasiswa lain.

b. Pengambilan Data dan Eksperimen

Pengambilan data dilakukan selama 3 bulan untuk melihat keadaan pasien sebelum menggunakan *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT) dan setelah menggunakan *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT) yang dikontrol dengan hasil pencitraan ukuran konsentrasi massa kanker dengan menggunakan *Electrical Capacitance Volume Tomography* (ECVT). Data kontrol ini didapatkan dengan meletakkan desain sensor untuk dada atau payudara manusia yang dilakukan untuk memperoleh data sensitifitas sensor dan data kapasitansi sebagai acuan untuk pencitraan kanker pada saat pemakaian 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu, 1 bulan, 1,5 bulan, 2 bulan, 2,5 bulan, dan 3 bulan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pada penulisan ini dibagi menjadi 6 bab, yang masing-masing terdiri dari beberapa sub-bab untuk mempermudah penjelasan. Penulisan bab-bab dilakukan sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang penjelasan secara umum latar belakang permasalahan, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini penulis menguraikan pengaruh medan listrik terhadap sel kanker, anatomi payudara, serta patologi anatomi kanker payudara.

BAB III. LANDASAN TEORI

Pada bab ini penulis menguraikan teori-teori dasar yang digunakan pada penulisan, simulasi dan analisa dalam skripsi ini.

BAB IV. METODE PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan alat-alat yang digunakan dalam penelitian dan juga metode yang dilakukan untuk memperoleh data.

BAB V. HASIL DAN DISKUSI

Metode penelitian yang telah dilakukan memberikan hasil dan dijelaskan dalam bab ini, serta penjelasan mengenai hasil yang telah dicapai.

BAB VI. PENUTUP

Setelah melakukan komputasi dan menganalisa maka pada bab ini penulis menarik kesimpulan terhadap modul yang telah dibuat, ditambahkan saran-saran yang berguna untuk pengembangan sistem lebih lanjut.

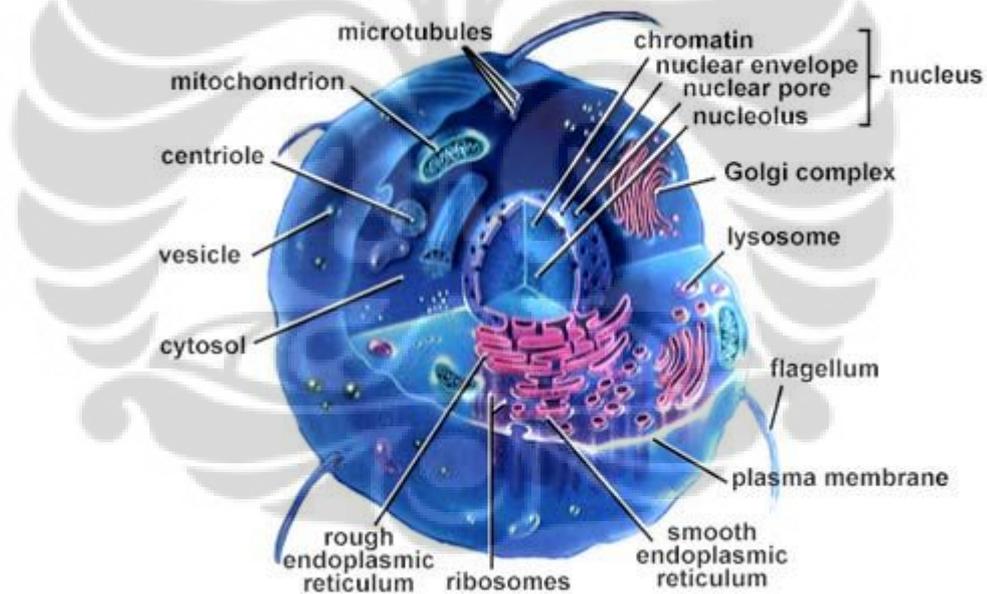
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Sel Normal Pada Manusia

2.1.1 Struktur Sel Manusia

Sel adalah blok-blok pembangun (*building blocks*) bagi keseluruhan tubuh manusia yang sangat kompleks. Sebagai unit organisasi terkecil, jutaan sel yang menyusun tubuh manusia memiliki fungsi yang spesifik dan teratur. Tubuh manusia tersusun atas sel *eukariotik*, yaitu sel yang memiliki membran inti dan organel-organel sel. Sebuah sel *eukariotik* terdiri dari tiga bagian utama, yaitu membran plasma yang membungkus sel, nukleus (inti) yang menyimpan bahan-bahan genetik sel, dan sitoplasma yang tersusun atas organel-organel sel.

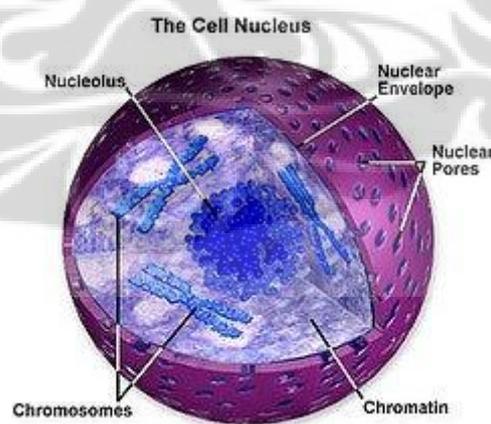


Gambar 2.1 Struktur sel eukariotik
(Sumber : <http://senbakusen.blogspot.com/2011/03>)

Membran plasma atau membran sel adalah suatu struktur membranosa yang sangat tipis yang membungkus setiap sel, memisahkan isi sel dari sekitarnya. Komponen penyusun membran sel antara lain adalah fosfolipid, protein, oligosakarida, glikolipid, dan kolesterol. Cairan yang terkandung di dalam sel tubuh dikenal secara kolektif sebagai cairan intrasel (CIS) dan cairan di luar tubuh disebut sebagai cairan ekstrasel (CES), membran plasma

atau membran sel ini berfungsi sebagai sawar mekanis mengatur pergerakan berbagai molekul antara CIS dan CES. Hal ini memungkinkan karena membran plasma atau sel ini mempunyai sifat permeabel. Adapun ketebalan membran plasma atau sel ini berkisar antara 7,5 – 10 nm.

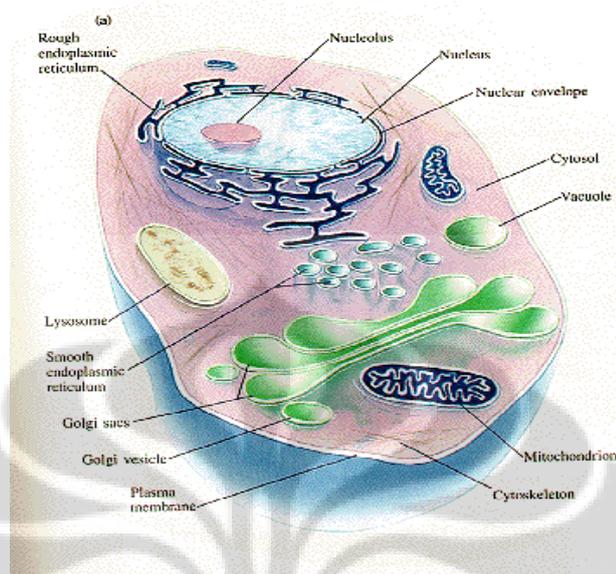
Dua bagian utama interior sel adalah nukleus dan sitoplasma. Nukleus (inti), dapat dilihat sebagai sebuah struktur bulat atau oval tersendiri, biasanya terletak dekat dengan bagian tengah sel. Nukleus dikelilingi oleh suatu membran berlapis ganda, yang memisahkannya dengan bagian-bagian sel yang lain. Di dalam nukleus terdapat materi genetik, yaitu asam deoksiribonukleat (deoxyribonucleic acid, DNA), yang memiliki dua fungsi penting. Pertama, memberikan kode atau “instruksi” untuk mengarahkan sintesis berbagai protein struktural dan enzimatik spesifik di dalam sel. Dengan begitu, secara tidak langsung, nukleus mengatur sebagian besar aktivitas sel dan berfungsi sebagai pusat kontrol sel. Kedua, sebagai cetak biru genetik selama replikasi sel untuk memastikan bahwa sel menghasilkan sel anak persis seperti induknya, sehingga dapat terus dihasilkan jenis sel yang identik di dalam tubuh. Cetak biru ini berfungsi juga untuk mewariskan karakteristik genetik ke generasi selanjutnya.



Gambar 2.2 Struktur Nukleus
(Sumber : <http://biologi06.blogspot.com/>)

Sitoplasma adalah bagian interior sel yang tidak ditempati oleh nukleus. Sitoplasma mengandung sejumlah struktur tersendiri yang sangat terorganisasi dan terbungkus membran yang disebut organel. Organel-organel

ini tersebar di dalam massa kompleks mirip gel yang disebut sitosol. Terdapat pula jaringan sitoskeleton yang menentukan bentuk sel, menyokong organisasi internal, dan mengatur berbagai gerakannya.



Gambar 2.3 Penampang sel sitoplasma ditunjukkan berwarna merah muda, yang menjadi tempat organel-organel sel (Sumber : <http://biologi.blogsome.com/2007/07/26>)

Tabel 2.1 Ringkasan Struktur dan Fungsi Sel

Bagian Sel	Jumlah Per Sel	Struktur	Fungsi
<i>Membran Plasma</i>	1	Lapis ganda lipid yang ditaburi oleh protein dan sejumlah kecil karbohidrat	Sawar selektif antara isi sel dan cairan ekstrasel; mengontrol aliran zat masuk dan keluar sel
<i>Nukleus</i>	1	DNA dan protein khusus yang dibungkus oleh sebuah membran berlapis ganda	Pusat pengaturan sel, menyimpan informasi genetik Menyediakan kode-kode untuk mensintesis protein strukural dan enzimatik yang menentukan sifat spesifik sel Cetak biru untuk replikasi sel

<i>Sitoplasma Organel-organel</i>			
<i>Retikulum endoplasma</i>	1	Jaringan membranosa yang luas dan kontinu, terdiri atas tubulus berisi cairan dan kantung gepeng, sebagian ditaburi oleh ribosom	Pembentukan membran sel baru dan komponen – komponen sel lain serta pembuatan zat-zat untuk disekresi
<i>Kompleks Golgi</i>	1 sampai beberapa ratus	Kantung membranosa yang gepeng dan bertumpuk-tumpuk	Pusat modifikasi, pengemasan, dan distribusi protein yang baru disintesis
<i>Lisosom</i>	300	Kantung membranosa yang mengandung enzim-enzim hidrolitik	Sistem pencernaan sel, menghancurkan bahan yang tidak diinginkan, misalnya benda asing dan sisa sel
<i>Peroksisom</i>	200	Kantung membranosa yang mengandung enzim-enzim oksidatif	Aktivitas detoksifikasi
<i>Mitokondria</i>	100-2.000	Badan-badan berbentuk batang atau oval yang dibungkus oleh dua membran, dengan membran bagian dalam melipat-lipat menjadi krista yang menonjol ke matriks di bagian dalam	Organel energi; tempat utama untuk membentuk ATP; mengandung enzim-enzim untuk siklus asam sitrat dan rantai transportasi elektron
<i>Vault</i>	Ribuan	Tong-tong berbentuk octagonal	Tidak jelas; mungkin mengangkut RNA pembawa pesan (messenger RNA) dari nukleus ke sitoplasma; mungkin penting bagi sistem kontraktif sel

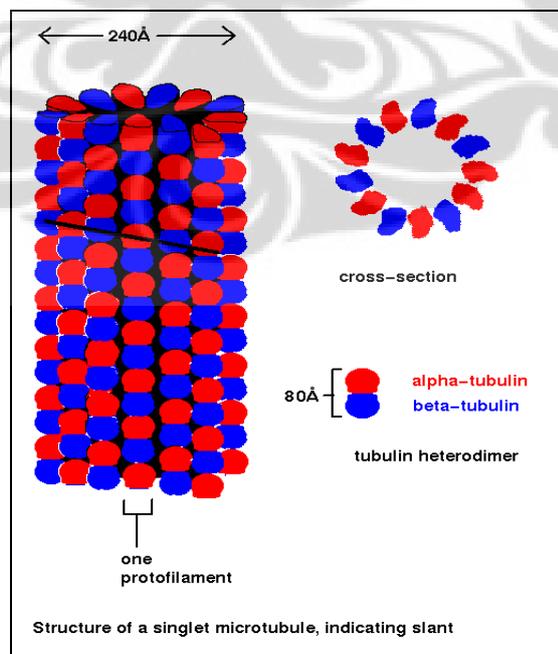
<i>Sitosol</i>			
<i>Enzim-enzim metabolisme perantara</i>	Banyak	Susunan sekuensial di dalam sitoskeleton	Reaksi intrasel yang melibatkan penguraian, sintesis, dan transformasi molekul organik kecil
<i>Ribosom</i>	Banyak	Granula-granula RNA dan protein—sebagian melekat ke retikulum endoplasma kasar, sebagian bebas di sitoplasma	Sintesis protein
<i>Vesikel sekretorik</i>	Bervariasi	Paket-paket produk sekretorik yang terbungkus membrane	Menyimpan produk sekretorik sampai mendapat sinyal untuk mengosongkan isinya ke luar sel
<i>Inklusi</i>	Bervariasi	Granula glikogen, butir lemak	Menyimpan kelebihan nutrisi
<i>Sitoskeleton</i>			
<i>Mikrotubulus</i>	Banyak	Pipa-pipa berongga, langsing, panjang yang terdiri dari molekul-molekul tubulin	Memmpertahankan bentuk sel asimeteris Mengkoordinasikan gerakan sel yang kompleks Membentuk mitotic spindle selama pembelahan sel
<i>Mikrofilamen</i>	Banyak	Rantai-rantai molekul aktin yang terjalin secara heliks; mikrofilamen yang terdiri dari molekul miosin juga terdapat di sel-sel otot	Berperan penting pada berbagai sistem kontraktile sel Sebagai penguat mekanis untuk mikrovili
<i>Filamen Intermediat</i>	Banyak	Protein ireguler seperti benang	Memiliki peran struktural di bagian-bagian sel yang terdapat stress mekanis
<i>Kisi-kisi Mikrotrabekuler</i>	1	Jalinan-jalinan filamen yang sangat	Menggantung dan menghubungkan

		halus dan saling berkaitan	secara fungsional unsur-unsur sitoskeleton yang lebih besar dan berbagai organel Mengorganisasikan enzim sitosol
--	--	----------------------------	--

2.1.2 Mikrotubulus

Mikrotubulus merupakan unsur sitoskeleton yang paling besar. Struktur ini adalah suatu tabung (selang) yang sangat ramping (bergaris tengah 22 nm), panjang, berongga, tidak bercabang, dan terutama tersusun atas tubulin, yaitu molekul protein globuler kecil (bergaris tengah 6 nm). Mikrotubulus penting untuk mempertahankan bentuk sel yang asimetris.

Karakteristik utama yang dimiliki oleh struktur mikrotubulus ialah memiliki polaritas. Tubulin berpolimerasi dan selalu berakhir dengan sub-kesatuan α suatu tubulin dimers menghubungkan sub-kesatuan β yang berikutnya. Oleh karena itu, di protofilaments pada satu bagian akhir akan mempunyai sub-kesatuan β terbuka. Mikrotubulus berbentuk benang silindris, berfungsi untuk mempertahankan bentuk sel dan sebagai rangka sel. Contoh organel ini antara lain benang-benang gelembung pembelahan.

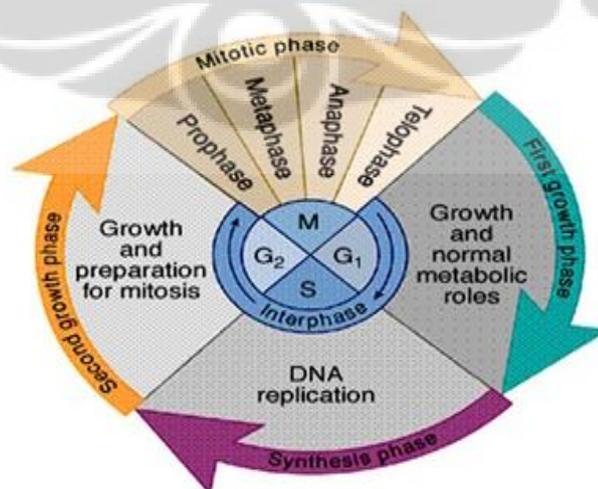


Gambar 2.4 Struktur mikrotubulus
(Sumber : <http://wdict.net/de/gallery/>)

Selain itu mikrotubulus berguna dalam pembentukan sentriol, flagel dan silia. Mikrotubulus adalah tabung yang disusun dari mikrotubulin, bersifat lebih kokoh dari aktin, mikrotubulus memiliki dua ujung; ujung negatif yang terhubung dengan pusat pengatur mikrotubulus, dan ujung positif yang berada di dekat membran plasma. Organel dapat meluncur disepanjang mikrotubulus untuk mencapai posisi yang berada didalam sel, terutama saat pembelahan sel. Mikrotubulus mempunyai fungsi mengarahkan gerakan komponen-komponen sel, mempertahankan bentuk sel serta membantu pembelahan sel secara mitosis.

2.1.3 Siklus Sel Manusia

Pada manusia, dimana sel manusia termasuk dalam sel-organisme multiseluler, ada proses-proses pembelahan sel yang dinamakan siklus sel. Sel-sel tubuh yang aktif melakukan pembelahan, memiliki siklus sel yang lengkap. Siklus sel yang dialami manusia terdiri dari dua fase, yaitu fase interfase dan fase mitosis (pembelahan). Interfase terdiri atas 3 fase yaitu fase G₁ (growth atau gap₁), fase S (synthesis), fase G₂ (growth atau gap₂). Fase mitosis memiliki dua fase lagi, yaitu kariokinesis dan sitokinesis. Kariokinesis adalah proses pembagian materi inti yang terdiri dari beberapa fase, yaitu Profase, Metafase, dan Telofase. Sedang sitokinesis adalah proses pembagian sitoplasma kepada dua sel anak hasil pembelahan.



Gambar 2.5 Siklus Sel
(Sumber : www.forumsains.com)

Fase siklus sel dimulai dari Fase S (sintesis). Pada fase ini merupakan tahap terjadinya replikasi DNA. Setelah itu, masuk fase M (mitosis), yang merupakan tahap terjadinya pembelahan sel (baik pembelahan biner atau pembentukan tunas). Kemudian fase G (gap), yang merupakan tahap pertumbuhan bagi sel. Fase ini terbagi lagi menjadi beberapa fase, yang pertama fase G_0 . Sel yang baru saja mengalami pembelahan berada dalam keadaan diam atau sel tidak melakukan pertumbuhan maupun perkembangan. Sinyal atau rangsangan dari dalam atau luar sel sangat mempengaruhi kondisi ini. Umumnya terjadi dan beberapa tidak melanjutkan pertumbuhan (dorman) dan mati. Fase G_1 , sel eukariot mendapatkan sinyal untuk tumbuh, antara sitokinesis dan sintesis. Masuk fase G_2 , yaitu pertumbuhan sel eukariot dan mitosis. Fase tersebut berlangsung dengan urutan $S > G_2 > M > G_0 > G_1 >$ kembali ke S. Dalam konteks Mitosis, fase G dan S disebut sebagai Interfase.

1. Kariokinesis

Kariokinesis selama mitosis menunjukkan ciri yang berbeda – beda pada tiap fasenya. Beberapa aspek yang dapat dipelajari selama proses pembagian materi inti berlangsung adalah berubah – ubah pada struktur kromosom, membran inti, mikro tubulus dan sentriol. Ciri dari tiap fase pada kariokinesis adalah:

a. Profase

Benang – benang kromatin berubah menjadi kromosom. Kemudian setiap kromosom membelah menjadi kromatid dengan satu sentromer. Kemudian Dinding inti (nucleus) dan anak inti (nucleolus) menghilang. Lalu Pasangan sentriol yang terdapat dalam sentrosom berpisah dan bergerak menuju kutub yang berlawanan. Dan serat – serat gelendong atau benang – benang spindle terbentuk diantara kedua kutub pembelahan.

b. Metafase

Setiap kromosom yang terdiri dari sepasang kromatida menuju ketengah sel dan berkumpul pada bidang pembelahan (bidang ekuator), dan menggantung pada serat gelendong melalui sentromer atau kinetokor.

c. Anaphase

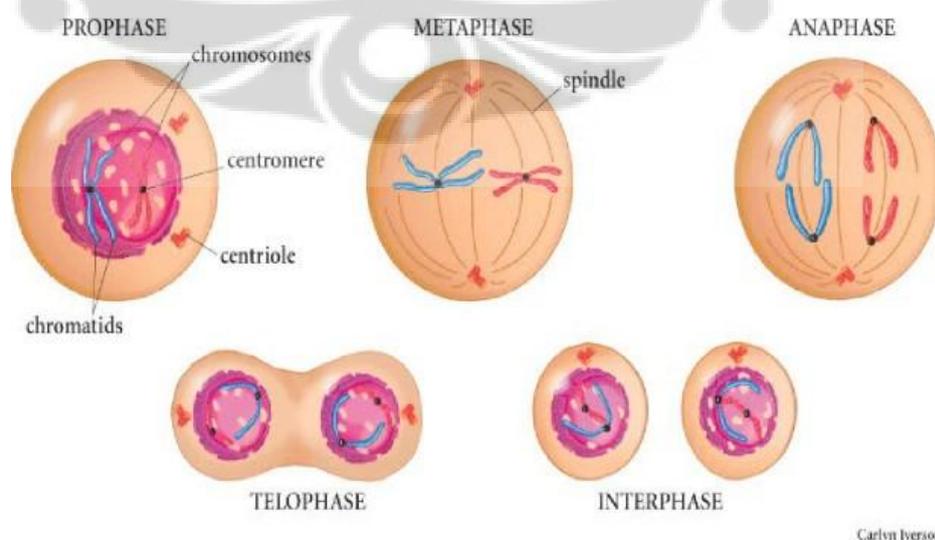
Sentromer dari setiap kromosom membelah menjadi dua dengan masing – masing satu kromatida. Kemudian setiap kromatida berpisah dengan pasangannya dan menuju ke kutub yang berlawanan. Pada akhir anafase, semua kromatida sampai pada kutub masing – masing.

d. Telofase

Kromatida yang berada pada kutub berubah menjadi benang-benang kromatin kembali dinding inti dan anak inti membentuk dua inti baru. Kemudian serat-serat gelendong menghilang. Lalu terjadi pembelahan sitoplasma (sitokinesis) menjadi dua bagian dan terbentuk membran sel pemisah ditengah bidang pembelahan. Akhirnya , terbentuk dua sel anak yang mempunyai jumlah kromosom yang sama dengan kromosom induknya.

2. Sitokinesis

Selama sitokinesis berlangsung, sitoplasma sel manusia dibagi menjadi dua melalui terbentuknya cincin kontraktif yang terbentuk oleh aktin dan miosin pada bagian tengah sel. Cincin kontraktif ini menyebabkan terbentuknya alur pembelahan yang akhirnya akan menghasilkan dua sel anak. Masing – masing sel anak yang terbentuk ini mengandung inti sel, beserta organel-organel selnya.



Gambar 2.6 Proses Pembelahan Secara Mitosis
(Sumber : <http://cellcycleandmitosis.blogspot.com/>)

2.1.3.1 Kontrol Atas Reproduksi Sel

Aktivitas gen-gen regulator tertentu, yang menghasilkan berbagai protein yang mengaktifkan atau menginaktifkan reproduksi sel, menentukan kecepatan inheren suatu sel bereproduksi. Pada sel yang berbeda dapat diaktifkan berbagai gen regulator yang berlainan, sehingga sel yang bersangkutan memiliki kemungkinan yang lebih besar atau kecil untuk bereproduksi. Faktor-faktor yang mengaktifkan atau menginaktifkan gen regulator adalah hormon-hormon dalam darah, faktor pertumbuhan, bahan kimia, dan ion-ion yang dikeluarkan secara lokal oleh sel-sel di sekitarnya.

2.1.3.2 Diferensiasi Sel

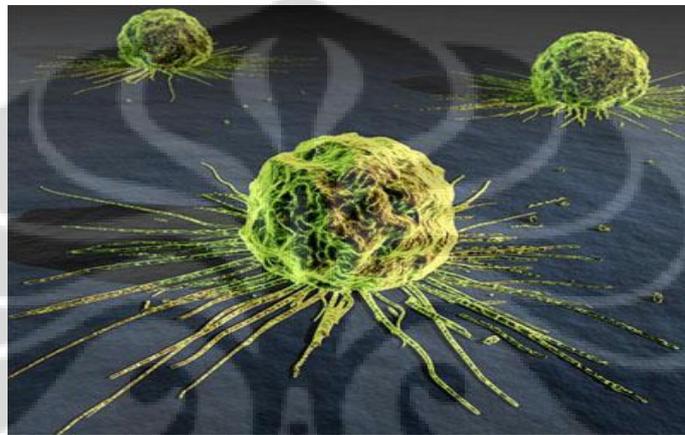
Selama perkembangan, sel normal akan berdiferensiasi. Diferensiasi berarti bahwa suatu sel menjadi khusus dalam struktur dan fungsinya, dan berkumpul dengan sel-sel yang berdiferensiasi serupa. Sebagai contoh, sebagian sel embrionik ditakdirkan untuk menjadi sel-sel retina, sedangkan yang lain ditakdirkan untuk menjadi sel-sel kulit atau jantung. Semakin spesialis suatu sel, semakin jarang sel tersebut masuk ke siklus sel serta bereproduksi dan membelah. Sel-sel saraf, yang tidak mengalami reproduksi, adalah sel yang berdiferensiasi tinggi.

2.2 Kanker

Kanker adalah suatu pertumbuhan sel yang abnormal, yang cenderung “menyerang” sel normal yang lain di sekitarnya dan dapat menyebar ke tempat-tempat yang jauh dari sel kanker awal yang muncul. Ini disebabkan oleh perubahan berganda dalam ekspresi gen yang mengarah untuk menjadi keseimbangan tidak teratur dari proliferasi sel dan kematian sel dan akhirnya berkembang menjadi sebuah populasi sel yang dapat menyerang jaringan.

Kanker merupakan penyakit yang dapat muncul pada hampir semua bagian tubuh. Karakteristik utama pada sel kanker adalah bersifat antisosial, artinya menjalankan aktivitas mereka tanpa mempertimbangkan sel lain dan jaringan lain

di sekitarnya. Jika kebanyakan sel normal dimonitor oleh berbagai mekanisme yang menjaga mereka tetap bekerja sama dengan sel lain, tetapi sel kanker menyebabkan kerusakan dan mencegah mereka untuk melakukan kerja sama. Setiap sel kanker dimulai dengan gangguan aktivitas normal ini. Sel kanker, bagaimanapun akan membelah sesuai keinginan mereka, tanpa menghiraukan seberapa sel kanker yang dapat merusak jaringan sekitarnya. Sel kanker juga dapat bergerak dan berpindah ke organ lain, menciptakan pembuluh darah untuk sel kanker itu sendiri, dan berhenti mematuhi aturan, dalam hal ini sinyal penuaan untuk melakukan apoptosis.



Gambar 2.7 Gambaran mikroskopis elektron sel kanker
(Sumber : <http://fireyourdiet.com/2011/11>)

Sel normal memiliki kemampuan untuk menyampaikan, mengolah dan mengaplikasikan informasi untuk kepentingan sel itu sendiri, yaitu untuk mengatur fungsi sel tersebut, termasuk pertumbuhan sel itu sendiri. Selain untuk sel normal itu sendiri, juga untuk mengharmoniskan serta mengintegrasikan dengan fungsi sel-sel di sekitarnya agar tidak terjadi kekacauan. Ketika sel kanker muncul, mekanisme ini menjadi kacau, dengan kata lain tidak berjalan sebagaimana seharusnya. Ketika cedera terjadi di dalam tubuh, sel normal menginstruksikan untuk melakukan proliferasi dan mengganti tempat sel-sel yang hancur dan sel-sel rusak dengan sel-sel baru atau bekas luka yang biasa kita kenal sebagai jaringan parut. Salah satu kesamaan ciri khas proliferasi dan sel-sel kanker adalah kedua sel ini memiliki potensial membran sel yang lebih rendah dari potensial membran sel dari sel dewasa yang sehat. Setelah selesai perbaikan

sel-sel normal di daerah cedera berhenti tumbuh dan potensial membrane mereka kembali normal.

Dalam jaringan kanker, potensial listrik sel membran dijaga pada tingkat yang lebih rendah daripada sel-sel sehat. Sel-sel kanker juga memiliki fitur lain yang berbeda dari sel poliferasi yang normal. Sel-sel normal terorganisasi dengan baik dalam pertumbuhan mereka, bentuk kontak yang kuat dengan tetangga dan berhenti tumbuh ketika mereka memperbaiki area cedera akibat kontak inhibisi dengan sel lain. Sel-sel kanker lebih mudah terpisah dan tidak menunjukkan kontak penghambatan pertumbuhan mereka. Sel-sel kanker menjadi independen dari jaringan normal sinyal dan pertumbuhan mekanisme kontrol. Dalam arti sel-sel kanker telah menjadi desynchronized dari seluruh tubuh. Jaringan tumor mempunyai permitivitas dan konduktivitas listrik yang lebih besar daripada jaringan normal.

2.2.1 Karakteristik Sel Kanker

Sel kanker memiliki ciri khas, walaupun dapat muncul pada berbagai organ, yaitu :

1. Mandiri dalam hal sinyal-sinyal pertumbuhan

Ini merupakan ciri yang paling khas dari sel kanker. Sel kanker membuat sendiri sinyal-sinyal pertumbuhan, sehingga pertumbuhan sel kanker akan terus menerus selama sel kanker tersebut masih ada.

2. Tidak sensitif terhadap sinyal-sinyal penghambat pertumbuhan (anti pertumbuhan)

Ciri lain dari sel kanker adalah tidak sensitif atau tidak merespon secara normal terhadap sinyal-sinyal yang mengatur pertumbuhan. Contohnya, banyak sel dalam tubuh orang dewasa tidak aktif membelah karena diberi sinyal untuk tidak membelah atau berkembang. Pada sel kanker, hilanglah kepekaan atau kesensitifannya terhadap sinyal anti pertumbuhan sehingga berkembanglah sel kanker tersebut.

3. Mampu menghindari dari apoptosis (*programmed cell death*)

Pembelahan sel yang tidak terkendali juga bisa dipicu oleh kemampuan sel kanker untuk menghindari kematian sel yang terprogram, yang kita

kenal apoptosis. Apoptosis sel sangat penting dalam proses perkembangan sel normal. Pada manusia, apoptosis berfungsi sebagai semacam jaringan pengaman karena sel yang normal yang mengalami kerusakan DNA berlebihan akan mengalami apoptosis. Tidak seperti sel yang normal, sel kanker resisten terhadap apoptosis, dengan begitu sel kanker akan terus tumbuh dan terus membelah.

4. Berkemampuan replikasi yang tak terbatas

Selain ketiga ciri di atas, sel kanker juga keluar aturan dalam hal replikasi atau pembelahan diri. Batas-batas ini ditetapkan disebagian besar oleh ujung kromosom yang dikenal dengan telomere. Di dalam sel somatik tubuh yang normal, telomere menyusut dan masing-masing memutari pembelahan sel. Ketika telomere ini menjadi terlalu pendek, sel tidak bisa lagi membelah. Sebaliknya, sel kanker dapat memperpanjang telomeranya sehingga memungkinkan untuk membagi jumlahnya hingga tidak terbatas.

5. Kemampuan angiogenesis yang berkesinambungan

Kemampuan angiogenesis dapat didefinisikan sebagai pembentukan jalur pembuluh darah. Sel kanker mempunyai kemampuan untuk terus membuat “jalur nutrisi” secara terus menerus. Sehingga, sel kanker akan terus mendapat nutrisi untuk pertumbuhannya.

6. Mampu menyusup ke jaringan lain dan bermetastasis

Pertumbuhan sel dan pembagian yang tidak terkendali merupakan apa yang banyak orang dikaitkan dengan kanker. Invasi jaringan dan metastasis (penyebaran) menyebabkan kanker menjadi mematikan. Untuk menyebarkan sel kanker ini, sel kanker harus mendapatkan mutasi yang bisa mengaktifkan gen dan memungkinkan sel-sel kanker tersebut membebaskan diri dari tumor primer. Kemungkinan menyusup dan bermetastasis dapat melalui aliran darah atau aliran limfe, atau menginfiltrasi ke jaringan sekitar dan membentuk koloni baru pada tempat lain di dalam tubuh.

2.2.2 Proses Terjadinya Kanker

Awal mula kanker tumbuh disebabkan oleh mutasi berangkai. Mutasi tersebut awalnya terjadi pada gen supresor tumor, yaitu gen yang menekan pertumbuhan. Kemudian dilanjutkan dengan mutasi pada gen *DNA repair* atau gen yang berfungsi untuk memperbaiki jika terdapat mutasi atau masalah lain pada gen. Jika terdapat mutasi pada protoonkogen, maka hal ini akan mengaktifkan pergerakan onkogen dan dapat menonaktifkan gen supresor tumor (yang menghambat onkogen). Beberapa faktor dapat memicu timbulnya proses ini. Faktor ini disebut sebagai faktor resiko. Hereditas, gaya hidup, infeksi bakteri atau virus, adalah beberapa faktor yang dapat memicu proses tadi dan menyebabkan kanker.

Dalam biologi, mutasi adalah perubahan barisan pasangan basa material genetika (DNA atau RNA). Mutasi dapat disebabkan oleh kesalahan penyalinan material genetika selama pembelahan sel dan paparan ultraviolet atau radiasi ionisasi, mutagen kimia, atau virus, atau ada faktor hereditas, atau mungkin dapat juga terjadi dengan sengaja dalam kendali sel selama proses pembelahan.

Mutasi gen supresor tumor mengganggu regulasi sel normal karena mutasi tersebut mampu menghilangkan restriction point yang seharusnya dilewati oleh setiap sel pada saat masuk ke siklus sel. Restriction point terjadi di antara fase G1 dan fase S siklus sel, berlangsung kira-kira dua hingga tiga jam sebelum DNA disintesa dalam fase S. Pathways yang teraktifkan sebagai respon kerusakan DNA merupakan sinyal bagi inaktivasi restriction point, sehingga siklus sel berhenti di fase G1. Apabila terjadi kerusakan DNA, siklus sel berhenti di fase G1 dan di fase G2. Pemberhentian di fase G1 berfungsi untuk mencegah DNA yang rusak direplikasi dan pemberhentian di G2 memungkinkan sel untuk menghindari pemisahan kromosom yang rusak.

Bila mutasi terjadi pada gen supresor tumor, maka sel tetap tumbuh dan berkembang kendati DNA yang dimilikinya mengalami kerusakan atau ketidakcocokan dengan *sequence* DNA normal. Kerusakan yang ditimbulkan dapat diwariskan kepada sel anakan atau keturunannya.

2.3 Kanker Payudara

Kanker payudara adalah jenis tumor ganas yang paling banyak pada wanita. Kanker payudara merupakan suatu pertumbuhan jaringan payudara abnormal yang tidak memandang jaringan lain di sekitarnya. Kanker payudara ini tumbuh secara tidak terkendali dan tidak mengindahkan sinyal-sinyal pertumbuhan pada jaringan payudara.

2.3.1 Anatomi Payudara

Payudara terletak pada hemitoraks kanan dan kiri dengan batas-batas sebagai berikut :

1. Batas payudara yang tampak dari luar :
 - Superior : iga II atau III
 - Inferior : iga VI atau VII
 - Medial : pinggir sternum
 - Lateral : garis aksilaris anterior
2. Batas payudara yang sesungguhnya :
 - Superior : hampir sampai ke klavikula
 - Medial : garis tengah
 - Lateral : m. Latissimus dorsi

Payudara terdiri dari berbagai struktur, yaitu :

- Parenkim epitelial
- Lemak, pembuluh darah, saraf dan saluran getah bening
- Otot dan fascia

Parenkim epitelial dibentuk oleh kurang lebih 15-20 lobus, yang masing-masing mempunyai saluran tersendiri untuk mengalirkan produknya, dan bermuara pada puting susu. Setiap lobus dibentuk oleh lobulus-lobulus yang masing-masing terdiri dari 10-100 kelompok asini. Lobulus-lobulus ini merupakan struktur dasar dari glandula mamma. Payudara dibungkus oleh fascia pektoralis superfisialis dimana permukaan anterior dan posterior dihubungkan oleh ligamentum Cooper yang berfungsi sebagai penyangga.

2.3.1.1 Vaskulari Payudara

a. Arteri

- Cabang-cabang perforantes a. Mammaria
- Rami pektoralis a. Torako-akromialis
- A. Torakalis lateralis (a. Mammaria eksterna)
- A. Torako-dorsalis

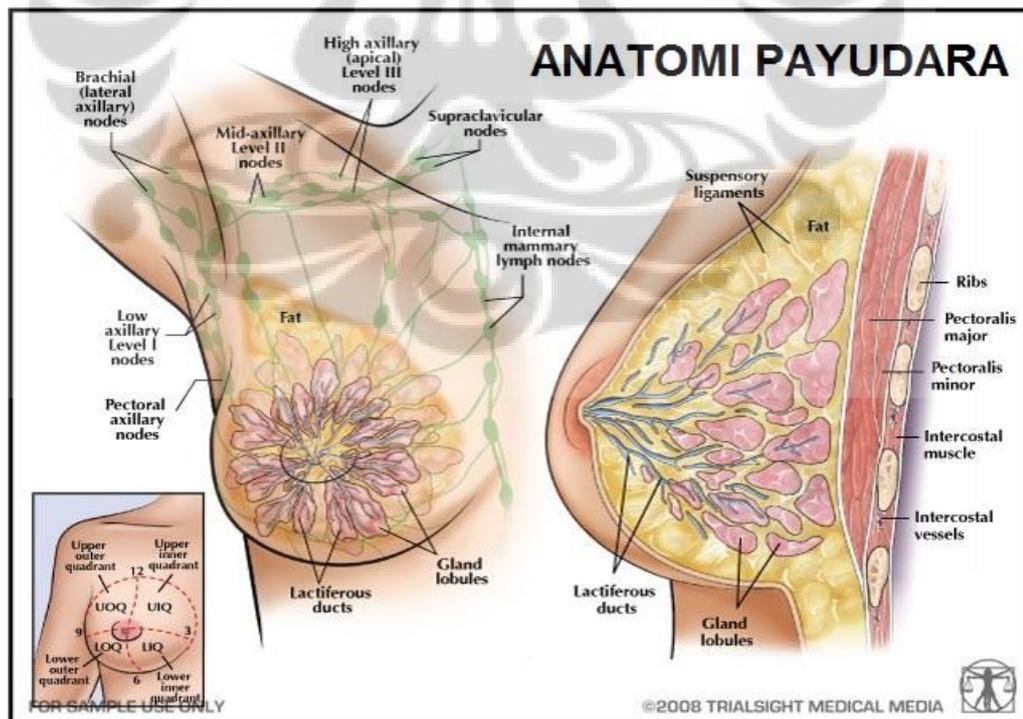
b. Vena

- Cabang-cabang perforantes v. Mammaria interna
- Cabang-cabang v. Aksilaris
- Vena-vena kecil yang bermuara pada v. Intertorakalis

2.3.1.2 Sistem Limfatik Payudara

a. Pembuluh getah bening

1. Pembuluh getah bening aksila
2. Pembuluh getah bening mammaria interna
3. Pembuluh getah bening di daerah tepi medial kuadran medial bawah payudara



Gambar 2.8 Gambaran anatomi dan sistem limfatik di sekitar payudara
(Sumber : copyright @ 2008 Trialsight Medical Media)

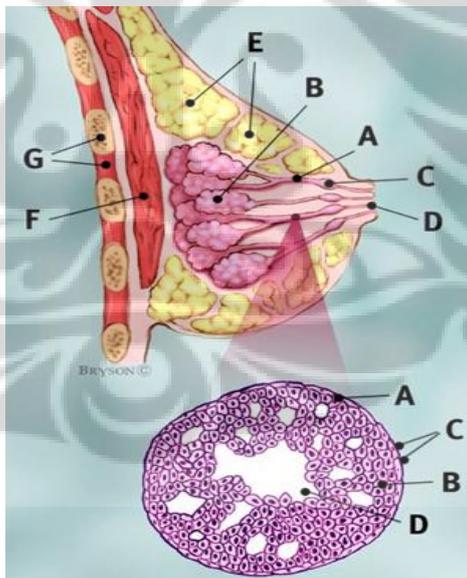
2.3.1.3 Kelenjar-kelenjar getah bening

1. Kelenjar getah bening grup aksila
2. Kelenjar getah bening skapula
3. Kelenjar getah bening sentral (Centra's node)
4. Kelenjar getah bening v. Aksilaris
5. Kelenjar getah bening interpektoral (Rotter's node)
6. Kelenjar getah bening subsklavikula
7. Kelenjar getah bening prepektoral
8. Kelenjar getah bening mammaria interna

2.3.2 Jenis Kanker Payudara

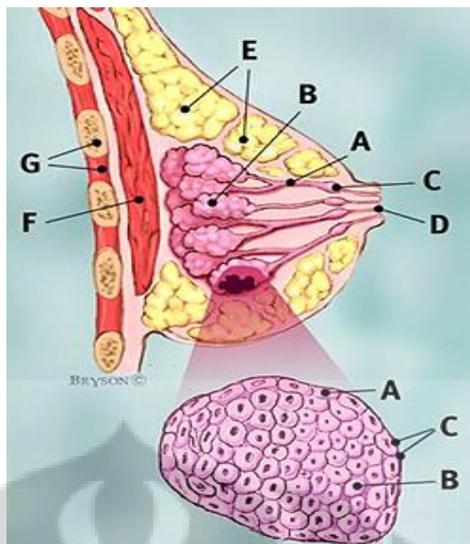
Berdasarkan gambaran histopatologinya, kanker payudara dapat diklasifikasikan berdasarkan klasifikasi WHO sebagai berikut :

1. Non invasive
 - a. Ductal Carcinoma In Situ



Gambar 2.9 Gambaran Intraduktal Karsinoma In Situ. Profil payudara (a) duktus (b) lobulus (c) duktus yang berdilatasi d)puting susu (e) lemak (f) Otot pektoralis mayor (g) dinding dada. Profil sel kanker (a) sel duktus yang normal (b) sel kanker duktus (c) membran basalis (d) lumen

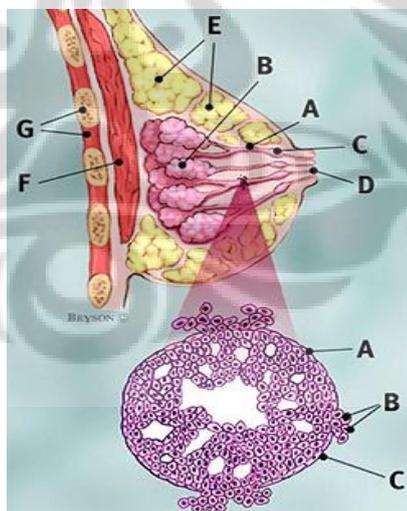
b. Lobular Carcinoma In Situ



Gambar 2.10 Gambaran Lobular Karsinoma In Situ. Profil payudara (a) duktus (b) lobulus (c) duktus yang berdilatasi (d) puting susu (e) lemak (f) Otot pektoralis mayor (g) dinding dada. Profil sel kanker (a) sel lobular yang normal (b) sel kanker lobular (c) membran basalis

2. Invasive carcinoma

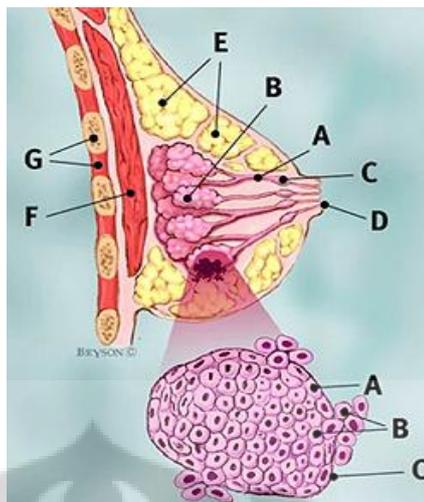
a. Invasive ductal carcinoma



Gambar 2.11 Gambaran Invasive Ductal Karsinoma. Profil payudara (a) duktus (b) lobulus (c) duktus yang berdilatasi (d) puting susu (e) lemak (f) Otot pektoralis mayor (g) dinding dada. Profil sel kanker a) sel duktus yang normal (b) sel kanker duktus yang telah menembus membran basalis (c) membran basalis

b. Invasive ductal carcinoma with predominant intraductal component

c. Invasive lobular carcinoma



Gambar 2.12 Gambaran Invasive Lobular Karsinoma. Profil payudara a)duktus b)lobulus c)duktus yang berdilatasi d)puting susu e)lemak f)Otot pektoralis mayor g)dinding dada. Profil sel kanker a)sel lobular yang normal b)sel lobular yang melewati membran basalis c)membran basalis

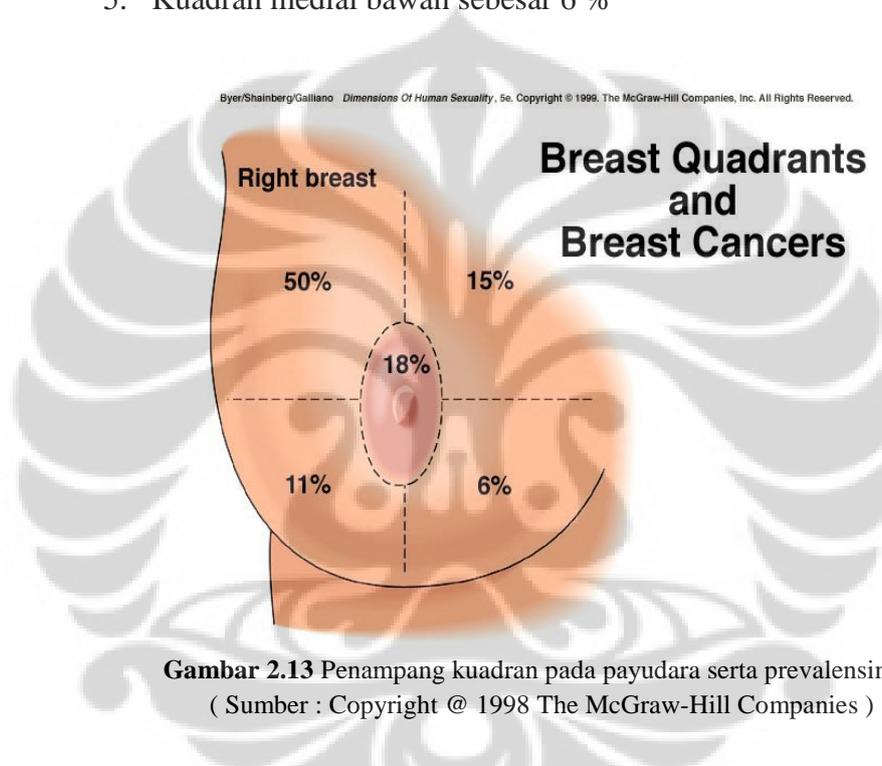
- d. Mucinous carcinoma
- e. Medullary carcinoma
- f. Papillary carcinoma
- g. Tubular carcinoma
- h. Adenocystic carcinoma
- i. Juvenile carcinoma
- j. Apocrine carcinoma
- k. Carcinoma with metaplasia
- l. Carcinoma with squamous type
- m. Carcinoma with spindle cell type
- n. Carcinoma with cartilagues and osseus type
- o. Carcinoma mixed type
- p. Paget's disease of breast

Di antara jenis-jenis histopatologis ini, jenis karsinoma duktal invasif yang paling sering ditemukan (kurang lebih sekitar 80 %).

2.3.3 Prevalensi Kanker Berdasarkan Kuadran Pada Payudara

Pada payudara, terbagi lima kuadran, yaitu lateral atas, lateral bawah, sentral, medial atas, medial bawah. Berikut adalah prevalensi timbulnya kanker payudara menurut Haagensen.

1. Kuadran lateral atas sebesar 50 %
2. Kuadran Lateral Bawah sebesar 11 %
3. Kuadran sentral sebesar 18 %
4. Kuadran medial atas sebesar 15 %
5. Kuadran medial bawah sebesar 6 %



Gambar 2.13 Penampang kuadran pada payudara serta prevalensinya
(Sumber : Copyright @ 1998 The McGraw-Hill Companies)

2.3.4 Penegakkan Diagnosis Kanker Payudara

Untuk sampai pada diagnosis kanker payudara diperlukan :

A. Pemeriksaan Fisik yang Baik

Hal ini meliputi :

1. Anamnesis yang lengkap

Didahului dengan pencarian identitas penderita secara lengkap. Keluhan utama penderita dapat berupa; massa tumor di payudara; rasa sakit; cairan dari puting susu; retraksi puting susu; adanya ekzema di sekitar aerola; keluhan kulit berupa dimpling, kemerahan, ulserasi atau adanya peau d'orange, atau

keluhan berupa pembesaran kelenjar getah bening aksila atau tanda metastasis jauh.

Adanya tumor ditemukan sejak beberapa lama, cepat atau tidak membesar, disertai sakit atau tidak. Biasanya tumor pada proses keganasan atau kanker payudara; mempunyai ciri dengan batas yang irregular umumnya tanpa ada rasa nyeri; tumbuh progresif cepat membesar.

2. Pemeriksaan fisik yang sistematis

Karena organ payudara dipengaruhi oleh faktor hormonal antara lain estrogen dan progesteron maka sebaiknya pemeriksaan payudara dilakukan disaat pengaruh hormonal ini seminimal mungkin, yaitu setelah menstruasi lebih kurang satu minggu dari hari pertama menstruasi. Dengan pemeriksaan yang baik dan teliti, ketepatan pemeriksaan untuk kanker payudara secara klinis cukup tinggi.

B. Pemeriksaan Penunjang

Ada beberapa pemeriksaan penunjang untuk diagnostik; yang umumnya hanya dapat dilakukan di rumah sakit yang besar (tipe C ke atas), yaitu :

1. Mammografi

Adanya proses keganasan akan memberikan tanda-tanda primer dan sekunder. Tanda primer berupa fibrosis reaktif, comet sign, adanya perbedaan yang nyata ukuran klinik dan rontgenologik dan adanya mikrokalsifikasi. Tanda-tanda sekunder berupa retraksi, penebalan kulit, bertambahnya vaskularisasi, perubahan posisi papilla dan aerola adanya bridge of tumor; keadaan daerah tumor dan jaringan fibroglanduler tidak teratur, infiltrasi dalam jaringan lunak di belakang mammae dan adanya metastasis ke kelenjar.

2. Ultrasonografi (USG)

Dengan pemeriksaan ini hanya dapat dibedakan lesi solid dan kistik.

3. *Magnetic Resonance Imaging* (MRI)

Pemeriksaan radiologi MRI memiliki sensitifitas yang lebih tinggi daripada pemeriksaan mamografi. Namun, pemeriksaan MRI memiliki nilai positif palsu yang lebih tinggi. Hal ini berarti bahwa hasil pencitraan MRI sering memberikan gambaran kelainan payudara yang ternyata bukan kanker. Oleh karena itu, pemeriksaan radiologi dengan menggunakan MRI tidak dianjurkan dilakukan oleh wanita tanpa resiko tinggi payudara.

4. PET Scan

Modalitas pencitraan diagnostik ini dapat menggambarkan anatomi dan metabolisme sel kanker. Zat kontras disuntikkan lewat vena dan akan diserap oleh sel kanker. Derajat penyerapan zat kontras oleh sel kanker dapat menggambarkan derajat histologis dan potensi agresivitas tumor. *PET Scan* tidak direkomendasikan untuk skrining rutin kanker payudara.

C. Pemeriksaan Histopatologi

Pemeriksaan ini merupakan “*gold standard*” dari pemeriksaan kanker payudara. Artinya hanya dengan pemeriksaan ini diagnosis pasti ditegakkan. Bahan pemeriksaan diambil dengan cara :

1. Eksisional biopsi, kemudian diperiksa potong beku atau PA. Ini untuk kasus-kasus yang diperkirakan masih operabel atau stadium dini.
2. Insisional biopsi; cara ini untuk kasus-kasus ganas yang sudah inoperabel atau lanjut.

Cara lain yaitu dengan FNAB (*Fine Needle Aspiration Biopsy*). Suatu pemeriksaan sitopatologi. Cara ini memerlukan keahlian khusus dalam pembacaan dan ketepatan dalam mengambil

aspiratnya. Ketepatan hasil FNAB cukup tinggi di tangan yang ahli (ahli sitopatologi) dan tepat cara pengambilannya.

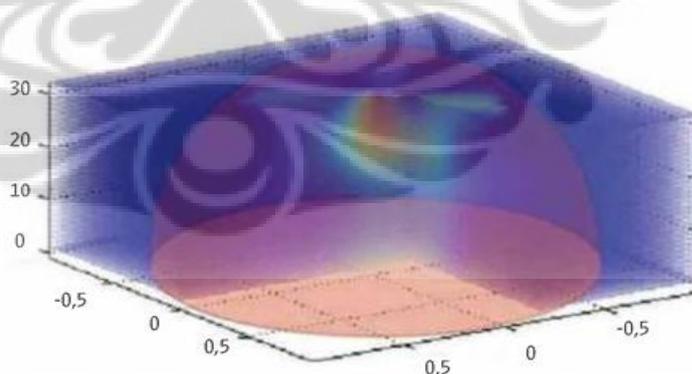
D. Pemeriksaan dengan menggunakan ECVT

Pemeriksaan kanker payudara dengan menggunakan ECVT merupakan metode pemeriksaan terbaru dalam menegakkan diagnostik. ECVT adalah teknik pencitraan dengan menggunakan sistem polarisasi listrik statik. Dengan menggunakan ini, konsentrasi minimal yang dapat ditampilkan mencapai 0,5 % (Habib, 2011). Metode pemeriksaan ini merupakan metode terbaru yang paling ekonomis dan paling akurat.



Foto sistem ECVT untuk diagnosis kanker payudara

Pencitraan dengan PET-CT



Hasil pencitraan dengan ECVT, warna merah hijau menunjukkan sel kanker di payudara.

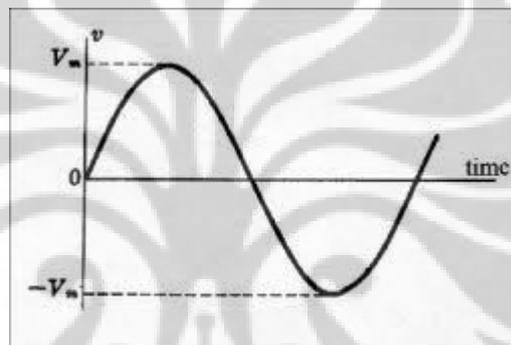
Gambar 2.14 Cara pemeriksaan ECVT dan hasil yang ditampilkan dibandingkan dengan PET-CT (Sumber : www.ristek.go.id. 2012)

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Electro Capacitive Cancer Treatment (ECCT)

3.1.1 Arus listrik Bolak-balik/AC (*Alternating Current*)

Arus listrik bolak-balik merupakan sumber arus yang energi listriknya ialah fungsi periodik dari waktu, dalam artian besar arus maupun tegangan dari listrik ini berubah-ubah secara periodik. Dalam amplitudo dan perubahan kutub secara teratur, energi listrik sumber arus AC berubah secara konstan. Gelombang arus listrik bolak-balik berbentuk sinusoidal yang memungkinkan pengaliran energi listrik yang paling efisien.



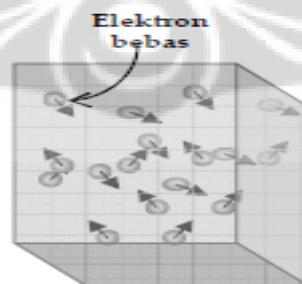
Gambar 3.1 Gelombang arus listrik bolak-balik

Beberapa karakteristik arus AC berhubungan erat dengan bentuk gelombang yang dipengaruhi oleh frekuensi, periode, panjang gelombang dan amplitudo. Pengaruh medan listrik dalam terapi terhadap jaringan tubuh manusia sangat bergantung terhadap besar kecilnya frekuensi. Dimana frekuensi dari arus AC diartikan sebagai banyaknya siklus listrik bolak-balik yang terjadi dalam 1 sekon. Dalam terapi kanker ini, frekuensi listrik AC yang digunakan adalah 50 - 500 KHz, yaitu berarti listrik AC ini bergerak bolak-balik sebanyak 50.000 - 500.000 kali selama 1 detik. Suatu informasi dapat dibawa oleh medan listrik melalui frekuensi dan fluktuasi amplitude (Steve Haltiwanger, 2010).

3.1.2 Medan Listrik dalam Tubuh Manusia

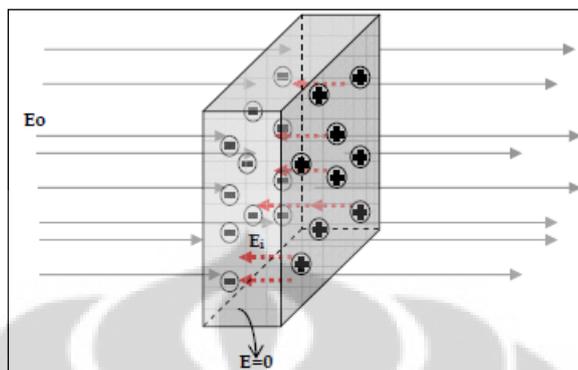
Ruang disekitar benda yang bermuatan listrik dimana benda-benda bermuatan listrik lain dalam ruangan akan merasakan dan mengalami gaya elektrostatik disebut sebagai medan listrik. Medan listrik memiliki orientasi tertentu pada setiap titik dalam ruang. Orientasi ini bergantung pada gaya desak muatan dan elemen polar. Pada saat dipole berorientasi ke arah medan, maka gaya yang diberikan oleh medan akan menjadi maksimal.

Medan listrik dapat berinteraksi dengan molekul bermuatan atau tidak bermuatan atau struktur sel dalam sistem hidup. Oleh karena itu, medan listrik yang diinteraksikan dengan tubuh manusia akan menyebabkan pergerakan dari partikel-partikel bermuatan, mengarahkan atau mengubah bentuk struktur-struktur seluler. Hal ini dikarenakan tubuh manusia sebagian besar tersusun atas hidrogen yang dapat dipengaruhi oleh medan listrik. Molekul-molekul hidrogen yang merupakan penyusun sel-sel dalam tubuh manusia mengandung dipol-dipol listrik sehingga bersifat seperti sebuah konduktor. Karakteristik khusus yang dimiliki oleh konduktor ialah mengandung elektron-eletron yang tidak terikat pada atom (muatan bebas), melainkan bergerak secara bebas dan acak. Jika suatu konduktor berinteraksi dengan medan listrik, maka perilaku elektron ini akan berubah dan bergerak hingga ke permukaan konduktor sedemikian sehingga besar medan listrik didalam konduktor akan menjadi nol.



Gambar 3.2 Elektron bebas dalam konduktor

Gambar 3.2 menunjukkan elektron dan muatan positif di dalam konduktor terpolarisasi (terpisah) pada kedua sisi konduktor sehingga menimbulkan medan listrik di dalam konduktor (E_i) yang awahnya berlawanan dengan medan listrik luar (E_o) sehingga jumlah medan listrik di dalam konduktor nol.



Gambar 3.3 Medan listrik di dalam konduktor adalah nol karena muatan bergerak ke tepi dan membentuk medan internal yang melawan medan luar

3.1.3 Pengaruh Medan Listrik Terhadap Jaringan Tubuh Manusia

Pengaruh medan listrik terhadap jaringan tubuh manusia ditentukan oleh rentang frekuensi dari arus bolak-balik yang menimbulkan medan listrik tersebut. Ada 3 tipe rentang frekuensi dari arus bolak-balik, yaitu frekuensi rendah, frekuensi menengah dan frekuensi tinggi.

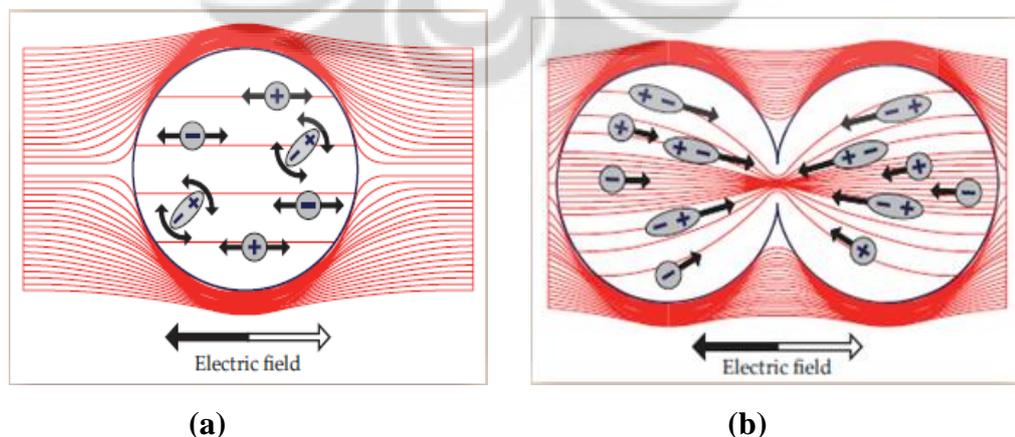
Medan listrik dari arus AC dengan rentang frekuensi rendah, yaitu dibawah 1 KHz dapat menstimulasi jaringan melalui depolarisasi membran seperti merangsang pertumbuhan tulang dan mempercepat penyembuhan fraktur. Pengaruh medan listrik dari arus bolak-balik dengan rentang frekuensi menengah (100 – 300 KHz) untuk efek stimulasi jaringan lebih rendah tetapi tidak ada efek biologis yang timbul. Efek dari rentang frekuensi yang tinggi, yaitu diatas 1 MHz ialah pemanasan yang lebih dominan. Rentang frekuensi menengah biasanya digunakan pada terapi kanker dengan medan listrik karena tidak menimbulkan efek biologis bagi jaringan tubuh manusia serta memiliki daya penghambat dan penghancur pembelahan sel.

Eksperimen yang akan dilakukan ialah mengamati kinerja alat terapi kanker payudara dengan menggunakan elektroda yang terisolasi terhadap pasien-pasien kanker payudara dengan tingkat keganasan maksimal stadium II dengan atau tanpa metastase ke aksilla. Resiko dari terapi ini sangat kecil

bagi tubuh. Namun, jika terapi ini menggunakan frekuensi 10 KHz, maka efek yang dapat timbul bagi tubuh manusia ialah efek kejang dan aritmia jantung (Basset, 1985). Akan tetapi, karena frekuensi yang digunakan dalam eksperimen ini lebih besar dari 10 KHz, maka efek samping tersebut bisa dianggap minimal.

3.1.4 Pengaruh Medan Listrik Terhadap Sel Normal dan Sel Kanker

Persamaan mendasar antara sel normal dengan sel kanker ialah keduanya memiliki sifat dapat membelah. Perbedaannya hanya terletak pada pengaruh sinyal-sinyal selular (sinyal yang mengatur kegiatan sel dan hubungannya dengan sel lain) terhadap proses pembelahan masing-masing sel. Jika sel normal masih bisa sensitif terhadap sinyal-sinyal pertumbuhan, yaitu sinyal yang mengatur proses tumbuhnya sel, sehingga proses pembelahan atau pertumbuhannya masih dapat terkontrol dan terkendali. Sedangkan sel kanker tidak terpengaruhi atau tidak sensitif terhadap sinyal-sinyal pertumbuhan sehingga pembelahan sel kanker tidak terkendali. Apabila tidak ada sinyal untuk membelah, maka sel normal akan diam, sedangkan sel kanker akan tetap membelah tak terkendali. Pengaruh medan listrik terhadap sel yang diam dan sel yang membelah sangat berbeda. Pada sel-sel yang membelah, efek medan listrik dapat mengganggu proses pembelahan sel. Hal tersebut dapat dilihat dari Gambar 3.4.

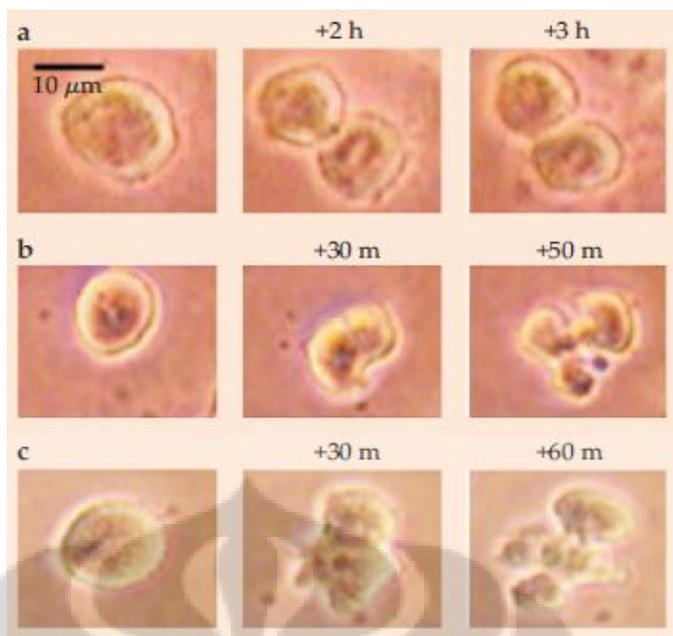


Gambar 3.4 Pengaruh medan listrik pada sel diam (a); Pengaruh medan listrik pada sel membelah (b). (Sumber : Copyright @ Palti, Yoram et.al. 2004)

Gambar 3.4 (a) menunjukkan distribusi medan listrik pada sel diam, dimana medan listrik eksternal tidak mampu untuk mempengaruhi medan listrik internal yang ada di dalam sel. Hal ini disebabkan karena membran sel atau lapisan lipid yang dimiliki oleh sel diam berperan seperti kapasitor berimpedansi tinggi pada frekuensi yang digunakan sehingga medan listrik eksternal tidak dapat menembus membran sel. Medan listrik eksternal tersebut hanya berada diluar dan sedikit sekali medan listrik eksternal yang melewati membran sel. Gambar 3.4 (b) menunjukkan bahwa pada saat sel membelah, sel akan menjadi sangat sensitif dengan rangsang dari luar, termasuk medan listrik eksternal. Ketika sel sedang mengalami pembelahan, medan listrik eksternal mampu mempengaruhi medan listrik internal sehingga garis-garis medan listrik internal akan menjadi lebih rapat karena adanya polaritas. Hal ini mampu menyebabkan dua macam pengaruh yang besar, yaitu menghambat proliferasi sel dan menghancurkan sel yang sedang mengalami pembelahan. Hal ini dapat dijadikan sebagai prinsip dasar terapi menggunakan medan listrik, dimana medan listrik memiliki pengaruh terhadap proses pembelahan sel. Sel kanker merupakan sel dengan tingkat pembelahan yang sangat tinggi. Oleh karena itu, dengan menggunakan prinsip dasar tersebut, pengaruh medan listrik dapat digunakan untuk terapi kanker.

3.1.4.1 Medan Listrik Menghambat Proliferasi Sel

Medan listrik dapat menjadi penghambat proliferasi sel karena dengan adanya medan listrik dapat menghambat pembentukan spindel mitosis, yaitu suatu struktur yang memandu replikasi kromosom saat mereka terpisah ke dalam dua sel anakan). Penyusun benang-benang spindel ialah mikrotubulus yang terdiri atas polimerasi tubulin dimer. Mikrotubulus memiliki momen dipol listrik yang tinggi sehingga dapat terpengaruhi oleh medan listrik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Yoram Palti, rentang waktu pembelahan sel normal tanpa pengaruh medan listrik ialah ± 1 jam. Namun, setelah diberi pengaruh medan listrik eksternal, proses pembelahan sel yang telah berlangsung 3 jam masih belum sempurna.



Gambar 3.5 Pembelahan sel dengan pemberian medan listrik (Palti, Yoram et.al.)

Pada gambar 3.5a terlihat bahwa proses pembelahan sel setelah diberikan medan listrik menjadi lebih lambat. Gambar 3.5b dan 3.5c menunjukkan medan listrik terkadang dapat menghancurkan sel yang sedang membelah.

3.1.4.2 Medan Listrik Menghancurkan Sel yang Membelah

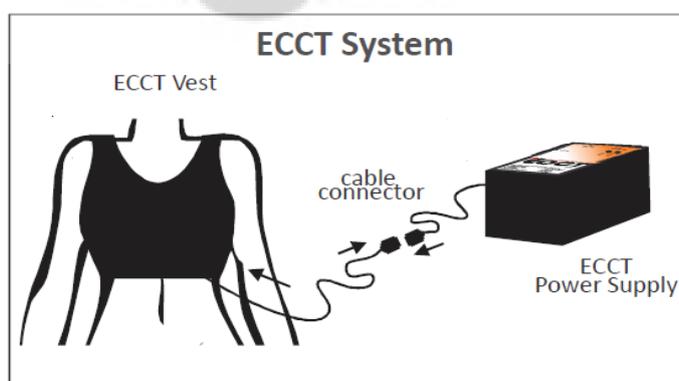
Medan listrik yang tinggi dan berkembang antara dua sel anakan, terkadang dapat menghancurkan sel-sel anakan sebelum mereka memisahkan diri dari pasangan mereka. Seperti yang terlihat pada gambar 3.4 (b) medan listrik pada ujung antara dua sel anakan yang akan berpisah lebih besar saat mengalami pembelahan. Hal ini membuat tubulin dimer bergerak ke arah medan listrik yang lebih besar. Peristiwa Bergeraknya tubulin dimer ke arah medan listrik yang lebih besar terjadi saat pra-telofase, yaitu antara anafase dan telofase. Akibat adanya pengaruh medan listrik, fungsi tubulin dimer terganggu dan tidak bisa berjalan dengan baik, yaitu menarik kromatid menuju kutub pembelahan sehingga menyebabkan kehancuran pembelahan sel.

3.1.5 Prinsip Kerja *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT)

Electro Capacitive Cancer Treatment atau ECCT adalah suatu perangkat terapi penghancur sel kanker dengan kemampuan menghancurkan sel kanker pada saat membelah setelah diberi arus listrik lemah berfrekuensi menengah selama beberapa waktu. Metode terapi ini merupakan metode terapi kanker terbaru yang mulai diterapkan untuk membunuh sel kanker di dalam tubuh manusia tanpa menggunakan radiasi. Selain itu, daya produksi yang murah juga menjadikan ECCT menjadi salah satu pilihan pengobatan kanker utama karena terjangkau untuk semua kalangan. Berbeda dengan modalitas terapi kanker yang lain, bentuk ECCT jauh lebih kecil, ringan, aman dan praktis untuk digunakan sehari-hari sehingga tidak mengganggu aktivitas penderita kanker yang lain.

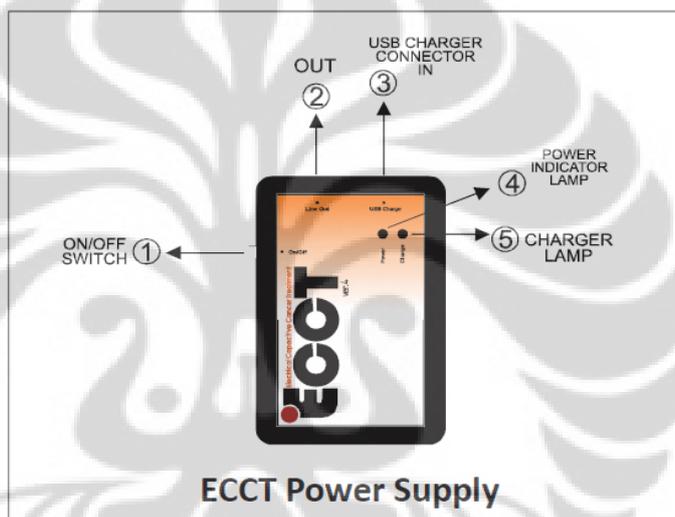
3.1.5.1 Sistem *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT)

Alat terapi penghancur sel kanker ECCT merupakan suatu sistem perangkat yang terdiri atas ECCT *power supply*, *cable connector* dan ECCT *vest*. ECCT *power supply* berfungsi menghasilkan arus listrik lemah berfrekuensi tinggi yang digunakan untuk mengganggu proses pembelahan sel kanker dan menghancurkan sel kanker yang sedang membelah. Arus listrik lemah berfrekuensi tinggi ini kemudian dialirkan ke ECCT *vest* melalui *cable connector*. Hal tersebut mengakibatkan timbulnya medan listrik pada ECCT *vest* yang berfungsi sebagai media pendistribusi medan listrik ke dalam jaringan tubuh.



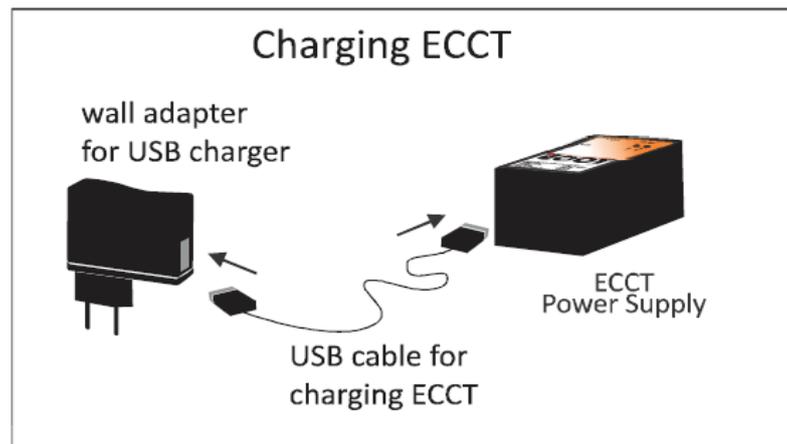
Gambar 3.6 Sistem *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT)
(Sumber : Copyright @ CTECH Laboratories EdWar Technology 2011)

ECCT *power supply* memiliki tegangan input sebesar 2,4 – 3 volt. Sumber tegangan ini diperoleh dari baterai *rechargeable* (bisa diisi ulang) dengan *maximum current charging* sebesar 350 mA selama 4 jam proses pengisian muatan baterai. Satu kali proses pengisian muatan baterai selama 4 jam dapat memberikan waktu penggunaan ECCT *power supply* selama 12 jam. Frekuensi elektroda yang digunakan dalam satu rangkaian ECCT *power supply* diatur sebesar 50 – 500 KHz. Tegangan output yang dihasilkan dari satu buah ECCT *power supply* berkisar antara 4,8 – 6 volt. Tegangan output inilah yang didistribusikan ke dalam jaringan tubuh dalam bentuk medan listrik.



Gambar 3.7 *Electro Capacitive Cancer Treatment (ECCT) Power Supply*
(Sumber : Copyright @ CTECH Laboratories EdWar Technology 2011)

Gambar 3.7 menunjukkan bagian-bagian ECCT *power supply* diantaranya saklar *ON/OFF* berfungsi menghidupkan dan mematikan ECCT *power supply*. LED biru berfungsi sebagai indikator ECCT menyala, sedangkan LED merah berfungsi sebagai indikator ECCT mati. *USB charger connector* berfungsi untuk memasukkan *wall adapter for USB charger*.



Gambar 3.8 Pengisian Muatan ECCT
(Sumber : Copyright @ CTECH Laboratories EdWar Technology 2011)

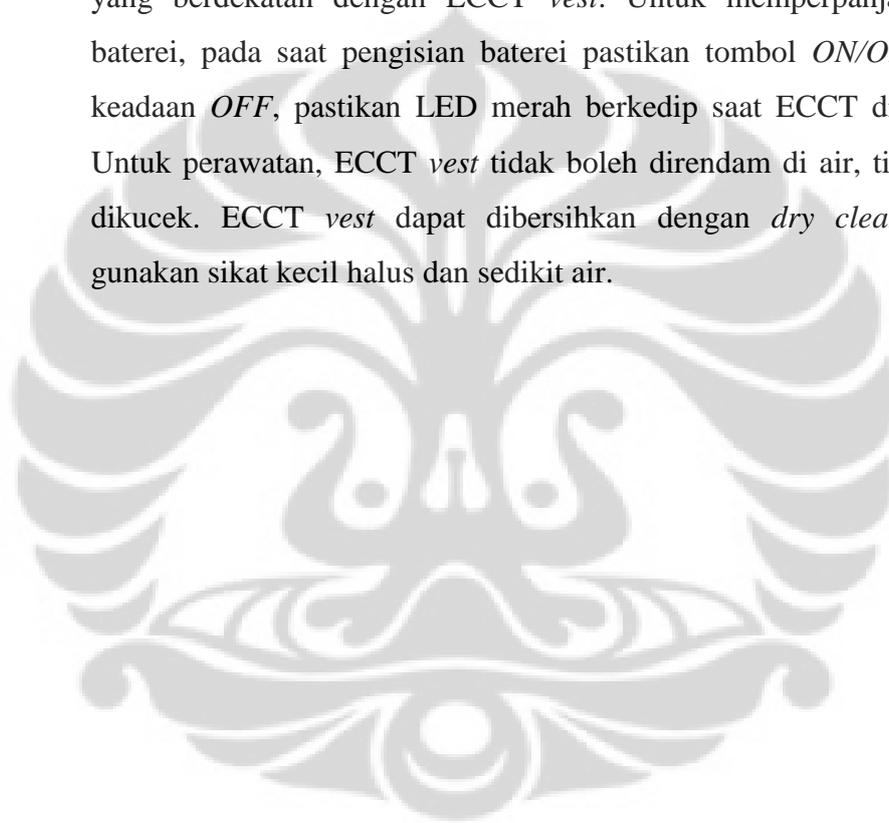
ECCT *vest* yang digunakan untuk mendistribusikan medan listrik ke jaringan tubuh manusia yang terkena kanker berbeda-beda bentuknya. Untuk terapi kanker payudara dengan tingkat keganasan stadium 2 digunakan ECCT *vest* berbentuk *rompi*. Ada 2 tipe *vest* yang digunakan untuk terapi kanker payudara, yaitu tipe A dan tipe B.

ECCT *vest* tipe A digunakan dalam terapi kanker payudara untuk posisi kanker terletak didalam jaringan payudara. Pada tipe ini, sensor transmitter yang berupa elektroda disisipkan pada bagian depan ECCT *vest* dengan posisi positif-negatif-negatif-positif, sedangkan pada bagian belakangnya disisipkan sensor transmitter dengan metode berlawanan dengan posisi depan *vest*. Hal ini bertujuan agar medan listrik mengalir dari depan tubuh ke belakang tubuh sehingga medan listrik dapat mempengaruhi sel kanker yang ada di jaringan payudara di bagian dalam. Desain ini dibuat untuk terapi kanker payudara yang terletak pada permukaan payudara dan juga melindungi tulang belakang dari resiko metastase sel kanker.

ECCT *vest* tipe B digunakan dalam terapi kanker payudara untuk posisi kanker terletak dipermukaan jaringan payudara. Pada tipe ini, sensor transmitter yang berupa elektroda disisipkan pada bagian depan ECCT *vest* dengan posisi positif-negatif-positif-negatif, sedangkan pada bagian belakangnya disisipkan sensor transmitter dengan metode berlawanan dengan posisi depan *vest*. Desain ini dibuat

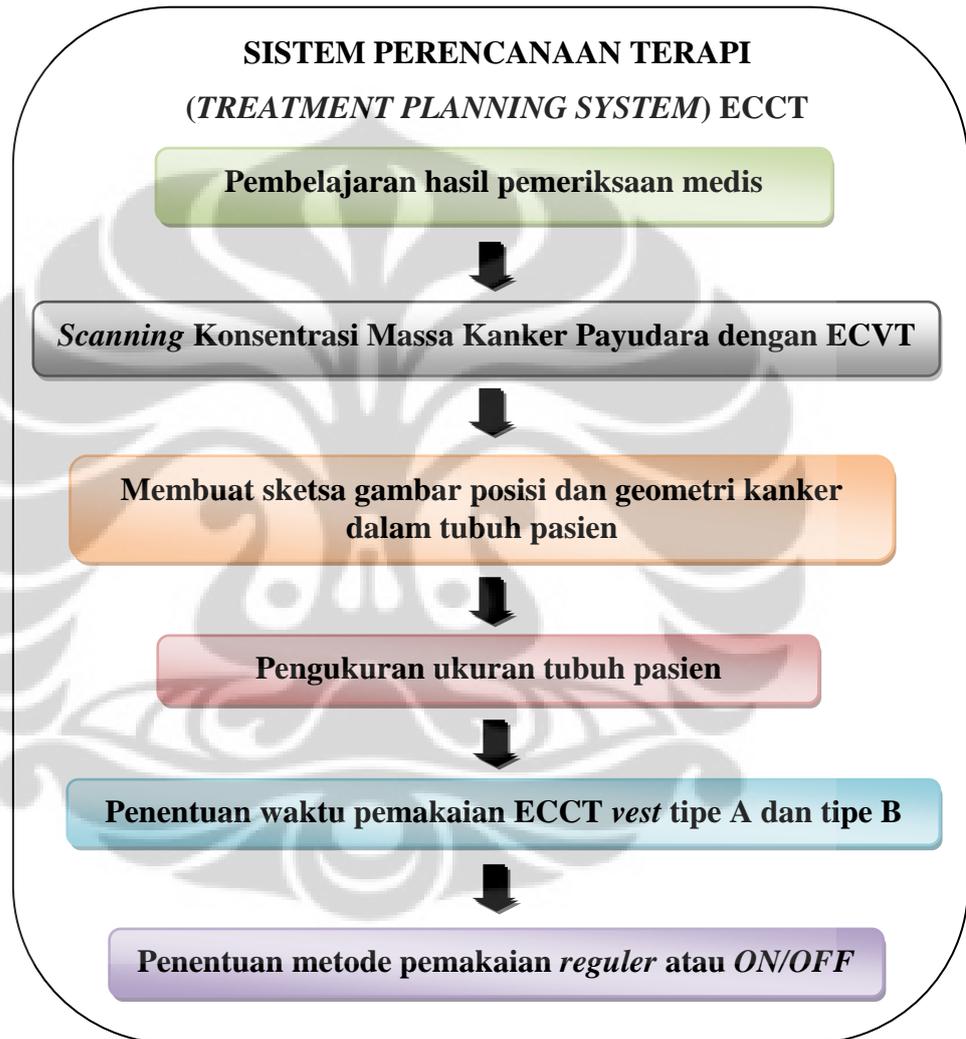
untuk terapi kanker payudara yang terletak pada permukaan payudara dan juga melindungi area permukaan payudara.

Pemakaian ECCT *vest* harus diluar baju dalam tipis, dimana *vest connector* disambungkan ke *power supply*. Dalam penggunaan alat terapi kanker ini harus dipastikan antara ECCT *vest* dengan ECCT *power supply* harus tersambung dengan baik. Pemakaian alat minimal 20 – 24 jam perhari berdasarkan hasil konsultasi dengan ahli fisika medis atau dokter. Selama penggunaan ECCT tidak boleh ada logam yang berdekatan dengan ECCT *vest*. Untuk memperpanjang umur baterai, pada saat pengisian baterai pastikan tombol *ON/OFF* dalam keadaan *OFF*, pastikan LED merah berkedip saat ECCT di *charger*. Untuk perawatan, ECCT *vest* tidak boleh direndam di air, tidak boleh dikucek. ECCT *vest* dapat dibersihkan dengan *dry cleaning* atau gunakan sikat kecil halus dan sedikit air.



3.1.5.2 Sistem Perencanaan Terapi *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT)

Seperti perangkat terapi kanker yang lain, ECCT pun memiliki suatu sistem perencanaan terapi (*Treatment Planning System*). Namun, sifat dari sistem perencanaan terapi ECCT tidak bersifat mutlak dan rigid, lebih fleksibel sesuai dengan kondisi pasien.



Gambar 3.9 Skema sistem perencanaan terapi (*Treatment Planning System*) ECCT

Perencanaan terapi dengan menggunakan ECCT diawali dengan pembelajaran dokumen-dokumen hasil pemeriksaan pasien seperti USG, mamografi, CT-Scan, atau PET-Scan serta hasil patologi anatomi, dimana dokumen-dokumen tersebut menunjukkan bahwa pasien menderita kanker payudara. Setelah dipastikan bahwa pasien

menderita kanker payudara, langkah kedua dilakukan *scanning* terhadap pasien yang telah diperiksa rekam medisnya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi massa kanker pasien. Langkah ketiga ialah fisikawan medis mulai membuat sketsa gambar posisi dan geometri kanker dalam tubuh pasien tersebut. Tahapan ini dilakukan agar perancangan desain ECCT *vest* efektif untuk menghancurkan dan mematikan sel kanker payudara dalam tubuh pasien. Efektivitas ini ditentukan oleh letak sensor transmitter negatif dan positif yang disisipkan di dalam ECCT *vest*. Penentuan tersebut sangat bergantung pada posisi kanker pasien. Tahapan perencanaan keempat adalah mengukur ukuran tubuh pasien agar desain ECCT *vest* sesuai dengan ukuran tubuh pasien sehingga pengobatan menjadi lebih optimal. Ukuran tubuh yang diperlukan untuk membuat ECCT *bra ves thorax* antara lain lingkaran dada, lingkaran pinggang, lingkaran leher dan lingkaran lengan. Langkah kelima dari sistem perencanaan terapi dengan ECCT adalah menentukan lamanya waktu pemakaian ECCT *vest* per hari yang disesuaikan dengan jenis patologi anatomi sel kanker payudara masing-masing pasien, daya tahan tubuh pasien dan riwayat terapi kanker lain yang dilakukan pasien. Tahapan sistem perencanaan terapi yang terakhir dengan ECCT ialah menentukan metode pemakaian ECCT. Adapun metode yang dapat dianjurkan diantaranya sistem regular, yaitu pemakaian cenderung tanpa henti selama banyaknya waktu yang ditentukan secara kumulatif. Metode lain ialah cara pemakaian *ON/OFF* seperti pemakaian 4 jam *ON* 2 jam *OFF* atau 2 jam *ON* 2 jam *OFF*. Anjuran pemakaian secara *ON/OFF* ditujukan bagi pasien-pasien dengan keadaan khusus.

3.1.6 Gejala Klinis yang Mungkin Akan Timbul

Pemakaian *Electro Capacitive Cancer Treatment* (ECCT) akan menimbulkan beberapa gejala-gejala umum terhadap pasien pengguna. Gejala-gejala umum yang akan timbul diklasifikasikan kedalam 3 tahapan terapi, yaitu tahapan terapi pertama saat pemakaian 3-4 hari, tahapan terapi

kedua saat pemakaian 1-2 minggu dan tahapan ketiga saat pemakaian diatas 1 bulan.

Pada tahapan terapi pertama saat pemakaian ECCT selama 3-4 hari pertama merupakan tahapan awal dimana medan listrik yang dihasilkan ECCT akan berinteraksi dengan sel kanker payudara pasien. Bentuk dari interaksi ini adalah panas dimana pasien akan merasakan rasa hangat di area yang di *cover* oleh ECCT *vest*. Rasa hangat tersebut akan timbul terutama di area payudara yang banyak terdapat sel kanker. Hal ini menyebabkan pasien akan lebih banyak berkeringat. Selain rasa hangat, pada tahapan terapi 3-4 hari pemakaian, pasien pada umumnya akan disertai rasa kembung sebagai tanda timbulnya gas-gas pada lambung, mulas, mual, pusing.

Pada tahapan terapi kedua, yaitu saat pemakaian ECCT selama 1-2 minggu, pasien akan memasuki proses pembuangan sel-sel kanker mati ke luar tubuhnya melalui sisa hasil metabolisme seperti *urine*, *feses*, keringat. Indikator terjadinya tahapan ini antara lain bentuk, warna, bau, dan frekuensi dari urine dan feses pasien yang dibuang selama proses pemakaian berbeda dari bentuk, warna, bau dan frekuensi pembuangan normal. Gejala ekstrim yang terjadi ialah keluarnya lendir dari keringat, feces dan urin pasien.

Pada tahapan terapi ketiga, yaitu saat pemakaian ECCT lebih dari 1 bulan. Pada tahapan ini gejala-gejala seperti tahap awal terapi dan tahap kedua terapi akan banyak berkurang walaupun masih sering terjadi. Tahapan terapi akhir ini juga meliputi proses preventif, yaitu membuat sel normal yang berada disekitar area kanker tidak terinduksi dan berkembang menjadi sel kanker.

3.2 Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT)

Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT) merupakan teknik pencitraan yang memanfaatkan nilai kapasitansi dari objek berbentuk volume yang dikelilingi oleh multi sensor (Habib, 2011). Sensor-sensor yang mengelilingi objek tersebut mengukur nilai kapasitansi listrik yang dipengaruhi oleh distribusi permitivitas yang terdapat di dalam objek yang kemudian direkonstruksi dengan algoritma yang sesuai untuk mendapatkan citra.

Alat pencitraan ECVT yang digunakan dalam eksperimen ini berfungsi untuk memperoleh rekonstruksi citra kanker payudara manusia pada berbagai macam kondisi. ECVT dapat mendeteksi dan memahami fenomena citra kanker payudara pada kondisi tertentu sehingga dapat mengetahui letak kanker tersebut pada payudara yang selanjutnya bisa digunakan untuk diagnosis dan dapat digunakan untuk perencanaan terapi kanker selanjutnya.

3.2.1 Permittivitas dan Konduktivitas Listrik Jaringan Payudara

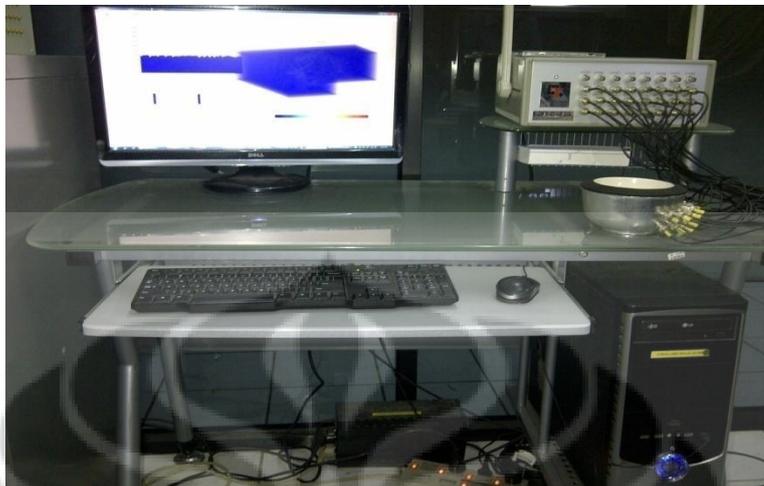
Permittivitas dan konduktivitas listrik yang dimiliki setiap jaringan berbeda-beda tergantung dari komponen penyusunnya. Permittivitas listrik mererespresentasikan konstanta dielektrik suatu jaringan. Jaringan payudara tersusun atas lemak dan glandular. Sebagian besar jaringan payudara tersusun atas lemak. Lemak memiliki nilai permittivitas yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan material lainnya. Sedangkan sel kanker memiliki nilai permittivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan komponen penyusun lainnya. Besarnya nilai permittivitas berbeda-beda untuk rentang frekuensi yang berbeda. Nilai konduktivitas menunjukkan kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Tabel 3.1 menunjukkan nilai permittivitas dan konduktivitas listrik suatu material pada frekuensi 4 GHz.

Tabel 3.1 Nilai permittivitas dan konduktivitas listrik suatu material pada frekuensi 4 GHz (Hagl et. al.)

Material	Permittivitas	Konduktivitas
Lemak	4.2	0.16
Tumor	43.7	6.94
Kulit	34.3	4.25

3.2.2 Instrumentasi *Electrical Capacitance Volume Tomography* (ECVT)

Sistem ECVT merupakan satu rangkaian instrumentasi yang terdiri atas sensor, *Data Acquisition System* (DAS), komputer.



Gambar 3.12 Sistem ECVT untuk diagnosis kanker payudara

Sensor ECVT terdiri atas 24 elektroda yang terdiri atas tiga tingkat. Setiap tingkat memiliki bentuk yang unik, yaitu pada tingkat pertama, sensor berbentuk persegi, pada tingkat kedua berbentuk trapezoid dan yang pada tingkat ketiga berbentuk segitiga. Bentuk sensor dengan variasi tersebut dibuat berdasarkan geometri objek yang ingin diteliti, yaitu payudara manusia yang akan di deteksi karena adanya suatu keabnormalitasan dari jaringan payudara atau kanker payudara pada area tertentu di payudara.

Komputer yang digunakan untuk sistem ECVT harus memiliki spesifikasi yang tinggi. Komputer ini harus mampu mengolah data rekonstruksi yang cukup besar untuk menghasilkan resolusi image yang tinggi sehingga dibutuhkan komputer bermemori besar dan berspesifikasi tinggi.

Untuk sistem DAS (*Data Acquisition System*) terdiri atas sensor papan akuisisi data meliputi *multiplexer*, *ADC converter*, *Programmable Microcontroller Gain Amplifier*, yang dihubungkan dengan PC menggunakan serial link. Saat akuisisi data kecepatan *clock* mencapai 2 MHz menggunakan sistem 100 volume gambar per detik selama 8 channel, 80 volume gambar perdetik untuk 12 channel, 60 volume gambar perdetik untuk 16 channel dan

40 volume gambar perdetik untuk 24 channel. Nilai kapasitansi diukur dengan menggunakan *multiplexer* kemudian dikuatkan oleh *differential amplifier* yang nilainya di kontrol oleh *gain control unit*. Setelah itu data-data yang masih dalam bentuk analog akan diubah kedalam bentuk digital oleh *analog to digital converter* (ADC) karena akan disampaikan pada sistem komputer yang hanya dapat menerima data digital. *Output* data digital akan masuk ke dalam *RS 232/USB* sebagai penghubung sistem dengan PC. Sebelum terjadi pengukuran kapasitansi oleh DAS maka terlebih dahulu dilakukan adalah persiapan pada sistem dengan melakukan kalibrasi. Maka setelah itu, sensor ECVT telah siap untuk digunakan.

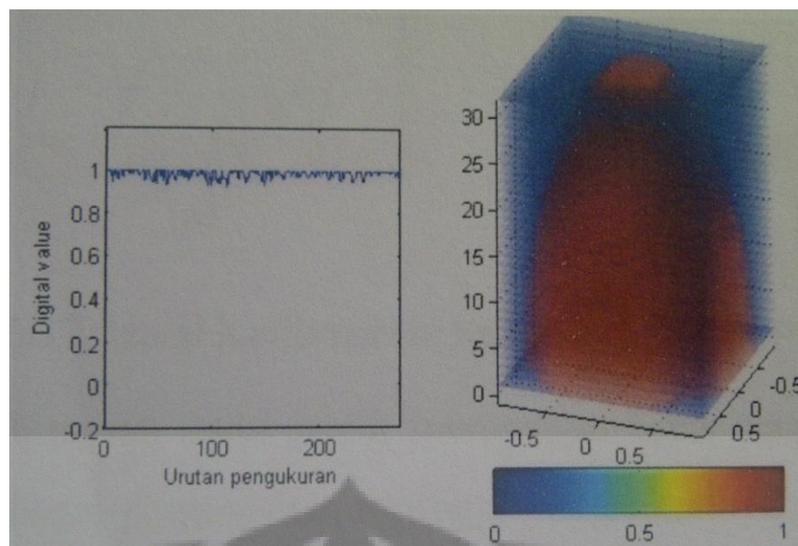
3.2.3 Prinsip Kerja *Electrical Capacitance Volume Tomography* (ECVT)

ECVT merupakan teknik tomografi yang memanfaatkan sifat kapasitansi listrik dari benda yang bersifat nonkonduktif. Pada ECVT terdapat pasangan sensor atau elektroda yang secara bergantian menghasilkan kapasitansi yang terukur yang dipengaruhi oleh distribusi permitivitas yang berada di dalamnya.

Proses pengambilan data kapasitansi dilakukan dengan melalui proses kalibrasi. Proses kalibrasi dilakukan dengan melakukan pengukuran pada dua keadaan, yang pertama keadaan kosong (udara) yang kedua keadaan air penuh (air). Kedua keadaan ini dipilih untuk mewakili nilai permitivitas kecil dan besar pada masing-masing keadaan (air dan udara).

Udara memiliki nilai permitivitas kecil, yaitu bernilai 1. Nilai permitivitas udara memiliki konsentrasi terendah pada hasil pencitraan ECVT, yaitu 0 % sehingga udara mewakili keadaan terendah pada suatu sistem pencitraan ECVT.

Air (*aquabidest*) memiliki nilai permitivitas besar, yaitu bernilai 80. Nilai permitivitas air memiliki konsentrasi tertinggi pada hasil pencitraan ECVT, yaitu 100 % sehingga air mewakili keadaan tertinggi pada suatu sistem pencitraan ECVT



(a)



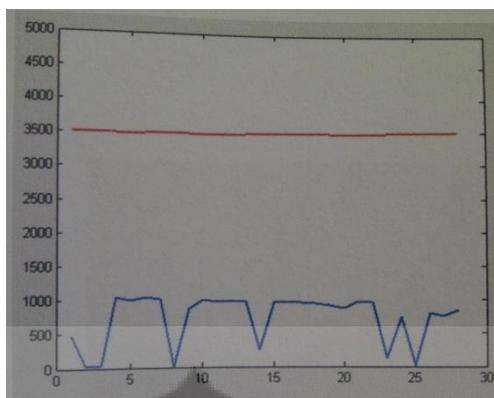
(b)

Gambar 3.13 Hasil rekonstruksi (a) full air (b) udara

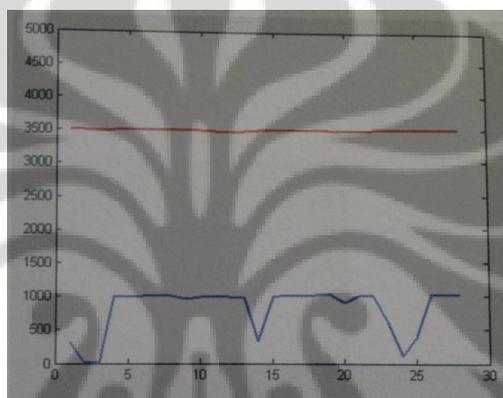
Pada gambar 3.13 (a) terlihat saat sensor diisi air memiliki warna merah yang bernilai maksimum. Pada grafik batang yang berada disebelah kiri terlihat bahwa semua sensor melakukan perhitungan secara maksimum (memuncak) dengan nilai konsentrasi 1 atau 100%. Pada gambar 3.13 (b) terlihat saat sensor tidak diisi apa-apa, kosong dan hanya berisi udara. Grafik batang hanya menunjukkan warna biru yang bernilai minimum dengan nilai konsentrasi 0,0 atau 0 %. Pada sensor terlihat tidak adanya aktifitas sensor.

Keadaan rendah atah batas bawah dilakukan dengan pengaturan tegangan sebesar 3500 mV, sedangkan keadaan tinggi dilakukan dengan

pengaturan tegangan sebesar 1000 mV. Pengaturan ini dikendalikan oleh pengaturan *gain amplifier* yang berada pada sistem akuisisi data.



(a)



(b)

Gambar 3.14 Hasil Kalibrasi (a) kalibrasi pertama (b) kalibrasi kedua

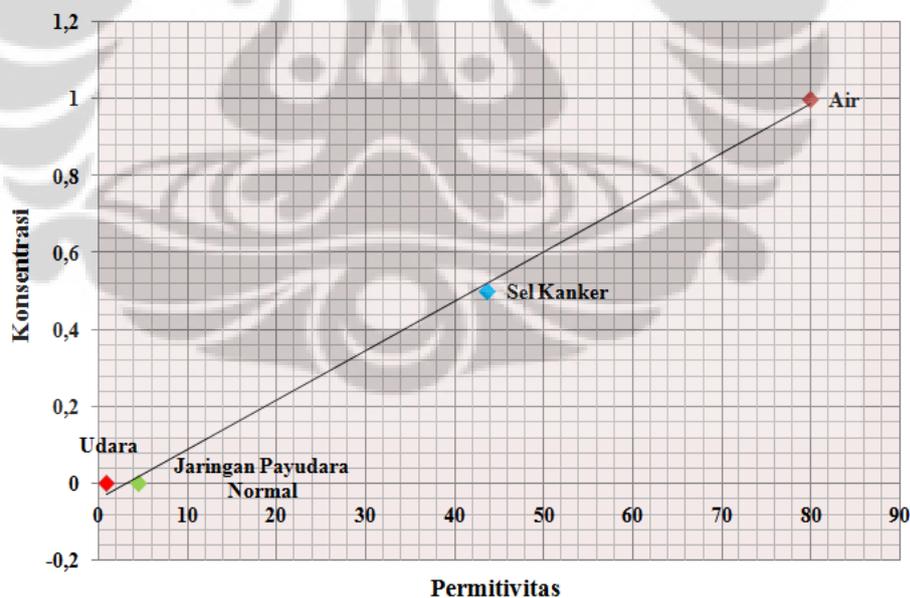
Garis merah pada grafik merupakan batas atas yang menandakan batas air sebagai permitivitas tertinggi yang nantinya pada gradasi warna dinyatakan dalam nilai 1. Garis biru meresrepresentasikan tingkat sensitivitas sensor terhadap perubahan keadaan udara dan air. Semakin linear garis pada grafik maka akan semakin baik.

Setelah diperoleh nilai kapasitansi, maka selanjutnya sensor ECVT bisa ditempelkan objek payudara pasien dengan proses seperti pada tahap kalibrasi sehingga didapat distribusi medan listrik berbeda dan nilai kapasitansi ketika terisi objek.

3.2.4 Hasil Pencitraan dengan *Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT)* untuk Payudara

Hasil pencitraan diagnostik *Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT)* merupakan hasil pencitraan 3 dimensi. Pada dasarnya yang dicitrakan oleh ECVT merupakan rekonstruksi citra payudara dengan berbagai kondisi. Setiap jaringan payudara normal memiliki nilai permitivitas yang sama sehingga saat di-*scanning* dengan ECVT menghasilkan nilai konsentrasi yang homogen dimana nilai konsentrasinya sama dengan nilai konsentrasi udara setelah dikalibrasi, yaitu 0,0 atau 0%.

Permitivitas jaringan payudara normal lebih tinggi daripada nilai permitivitas udara. Hal ini menjadi acuan bagi sistem pencitraan ECVT dalam mendeteksi dan memahami fenomena citra kanker payudara pada kondisi tertentu. Dalam prinsipnya, suatu sel dan jaringan yang memiliki nilai permitivitas yang lebih tinggi dari pada permitivitas sel dan jaringan payudara normal akan memiliki nilai konsentrasi yang lebih tinggi daripada konsentrasi sel dan jaringan payudara normal.

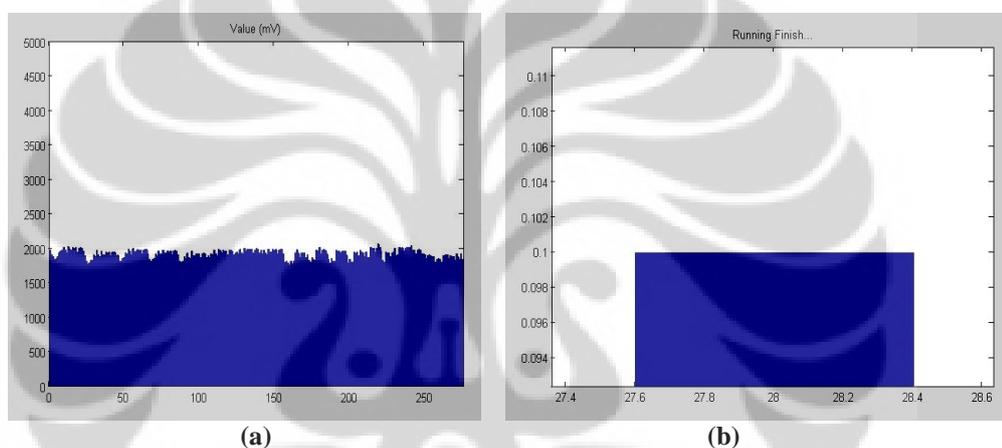


Gambar 3.15 Grafik hubungan antara konsentrasi terhadap nilai permitivitas zat

Sel kanker memiliki nilai permitivitas yang lebih tinggi daripada nilai permitivitas udara dan lebih rendah dari nilai permitivitas air. Hal ini berarti

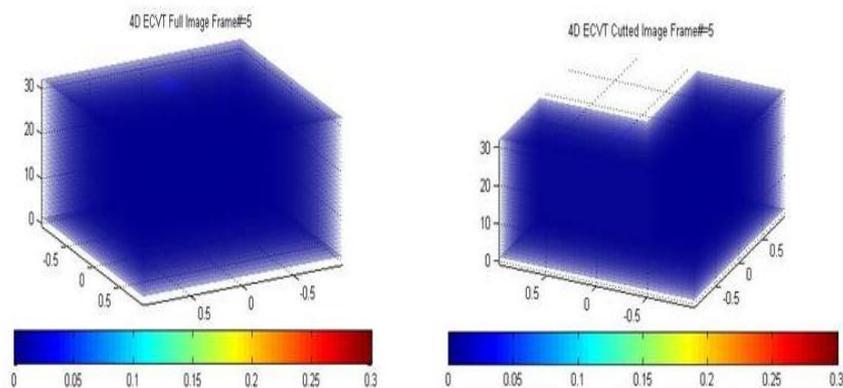
nilai konsentrasi yang dimiliki oleh sel kanker akan berada pada rentang diantara 0 – 1 atau 0% - 100%. Suatu konsentrasi sel dan jaringan kanker didefinisikan sebagai konsentrasi suatu zat yang memiliki nilai permitivitas lebih tinggi daripada nilai permitivitas jaringan payudara normal.

Tampilan hasil pencitraan ECVT terdiri atas kurva kapasitansi ternormalisasi, 3D ECVT *cutted image* dan kurva tegangan. Seperti yang telah dijelaskan bahwa sensor yang digunakan oleh ECVT untuk payudara memiliki 24 channel disusun dalam 3 tingkat. Bagian atas terdiri atas 8 sensor segitiga dengan urutan sensor 1 hingga 8, tingkat kedua terdiri atas 8 sensor berbentuk trapezoid dengan urutan 9 hingga 16, sedangkan tingkat ketiga terdiri atas 8 sensor berbentuk persegi dengan urutan 17 hingga 24.

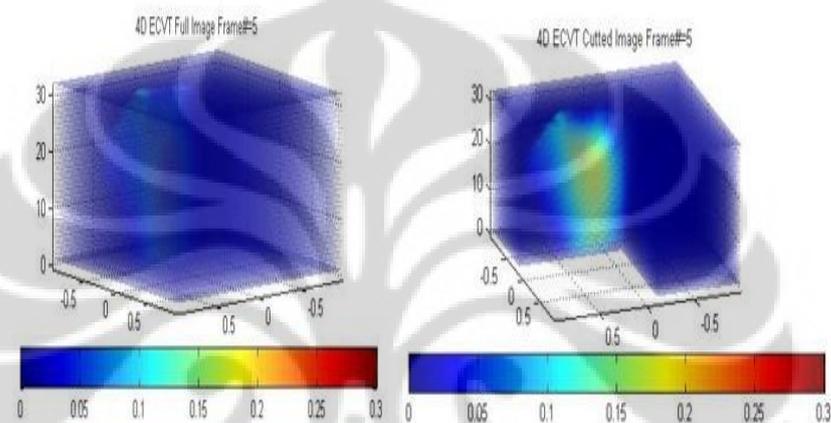


Gambar 3.16 Grafik tegangan terhadap pasangan sensor (a) kurva kapasitansi ternormalisasi (b)

Pada Gambar 3.16 (a) diperlihatkan grafik tegangan yang diterima seluruh pasangan sensor. Pasangan sensor yang mungkin ada berjumlah 276 pasangan dari 24 channel dimana pada grafik pasangan sensor tersebut memperoleh tegangan sekitar 2000 mV. Pada Gambar 3.16 (b) terlihat grafik konsentrasi tertinggi massa kanker terhadap posisi ditemukannya massa kanker tersebut. Pada grafik tersebut terlihat bahwa pada posisi pasangan sensor ke 27 dan 28 terdapat konsentrasi massa kanker tertinggi sebesar 0,97 atau sekitar 97%.



(a)



(b)

Gambar 3.17 Hasil pencitraan anatomi payudara normal (a). Payudara bermassa kanker (b)

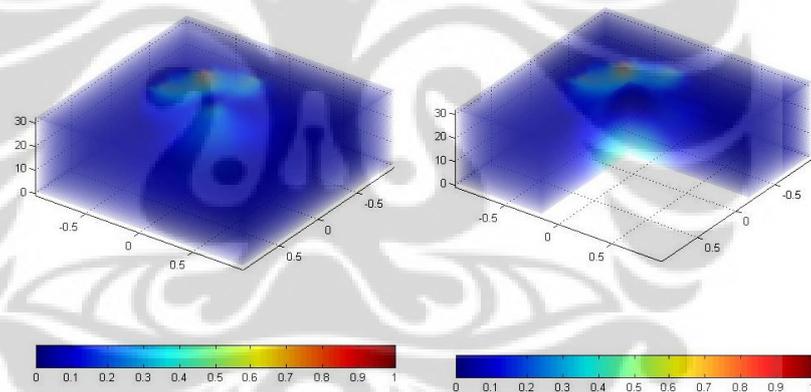
Gambaran anatomi payudara yang dicitrakan direpresentasikan dalam bentuk seperti Gambar 3.17. Jika berwarna biru gelap menggambarkan jaringan payudara yang sehat dan normal tanpa massa kanker. Warna biru muda dapat menggambarkan sel mati, lesi, kista ataupun massa kanker dalam jumlah dan tingkat keaktifan yang rendah. Warna kuning menggambarkan massa kanker, sedangkan warna merah menunjukkan massa kanker yang keras atau cairan, baik berupa leukosit mati (nanah) maupun darah.

3.2.5 Perbandingan Hasil Pencitraan ECVT dengan Pemeriksaan Radiologi Sebelum Terapi dengan ECCT.

a. ECVT dengan USG

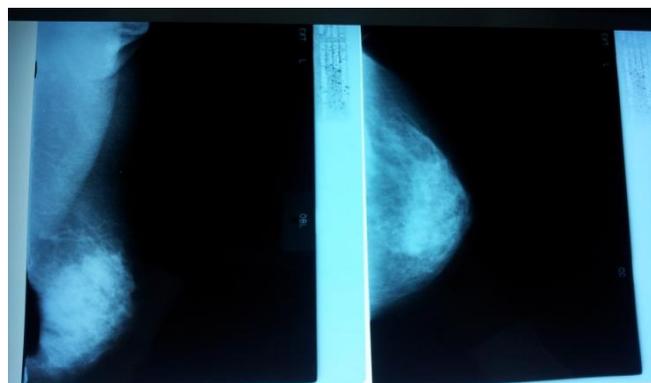


Gambar 3.18 Hasil USG yang mencitrakan kesan khas *malignancy*

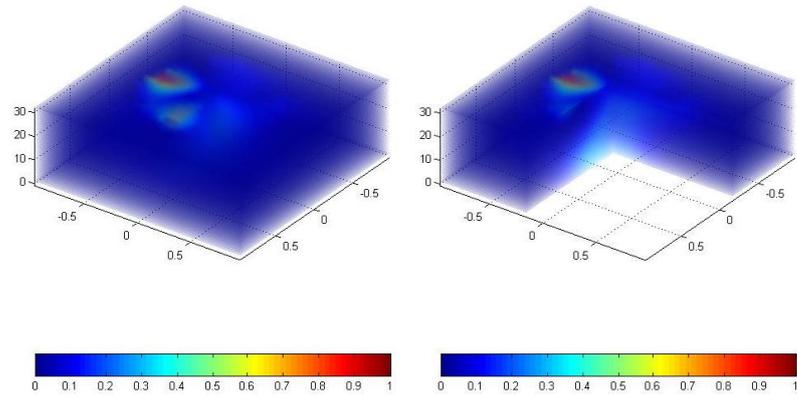


Gambar 3.19 Hasil Pencitraan dengan ECVT untuk pasien dengan Hasil USG pada gambar 3.18

b. ECVT dengan Mammografi

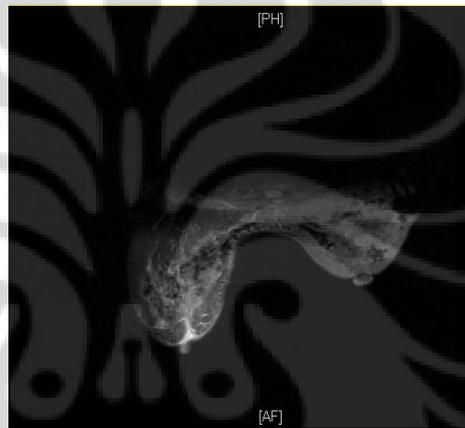


Gambar 3.20 Hasil *Mammography* yang mencitrakan kesan khas *malignancy*

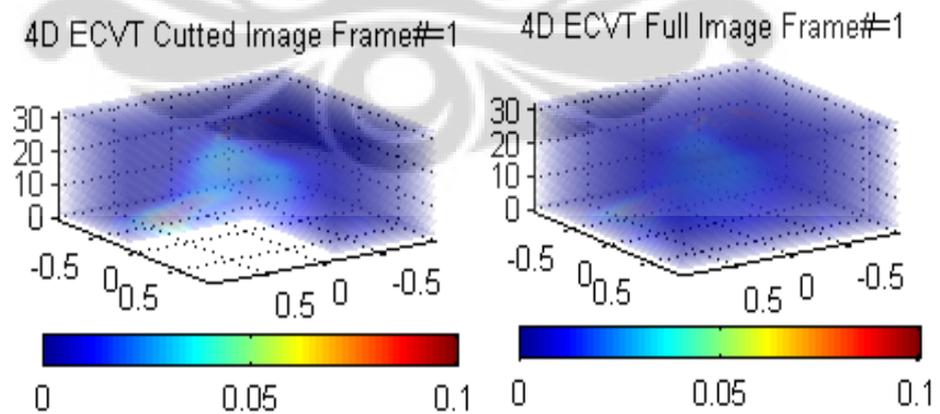


Gambar 3.21 Hasil ECVT untuk pasien dengan hasil *mammography* pada gambar 3.20

c. ECVT dengan MRI 3T

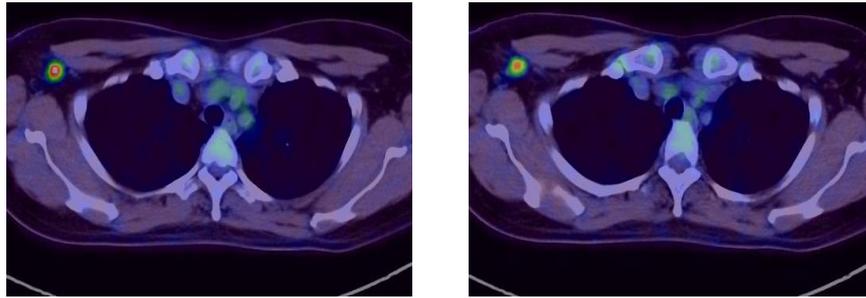


Gambar 3.22 Hasil MRI 3T yang mencitrakan kesan khas *malignancy*

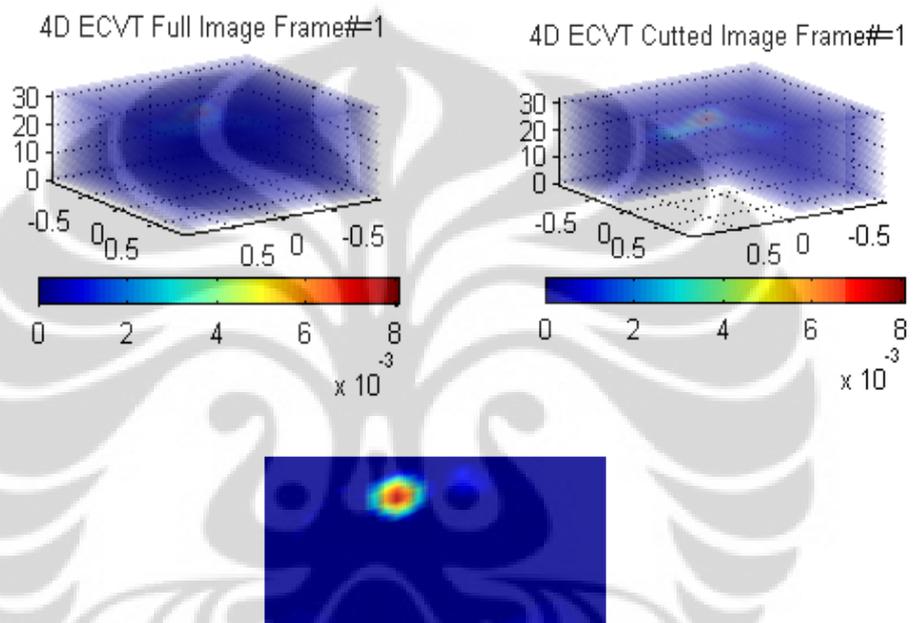


Gambar 3.23 Hasil ECVT untuk pasien dengan hasil MRI 3T pada gambar 3.23

c. ECVT dengan PET-CTScan



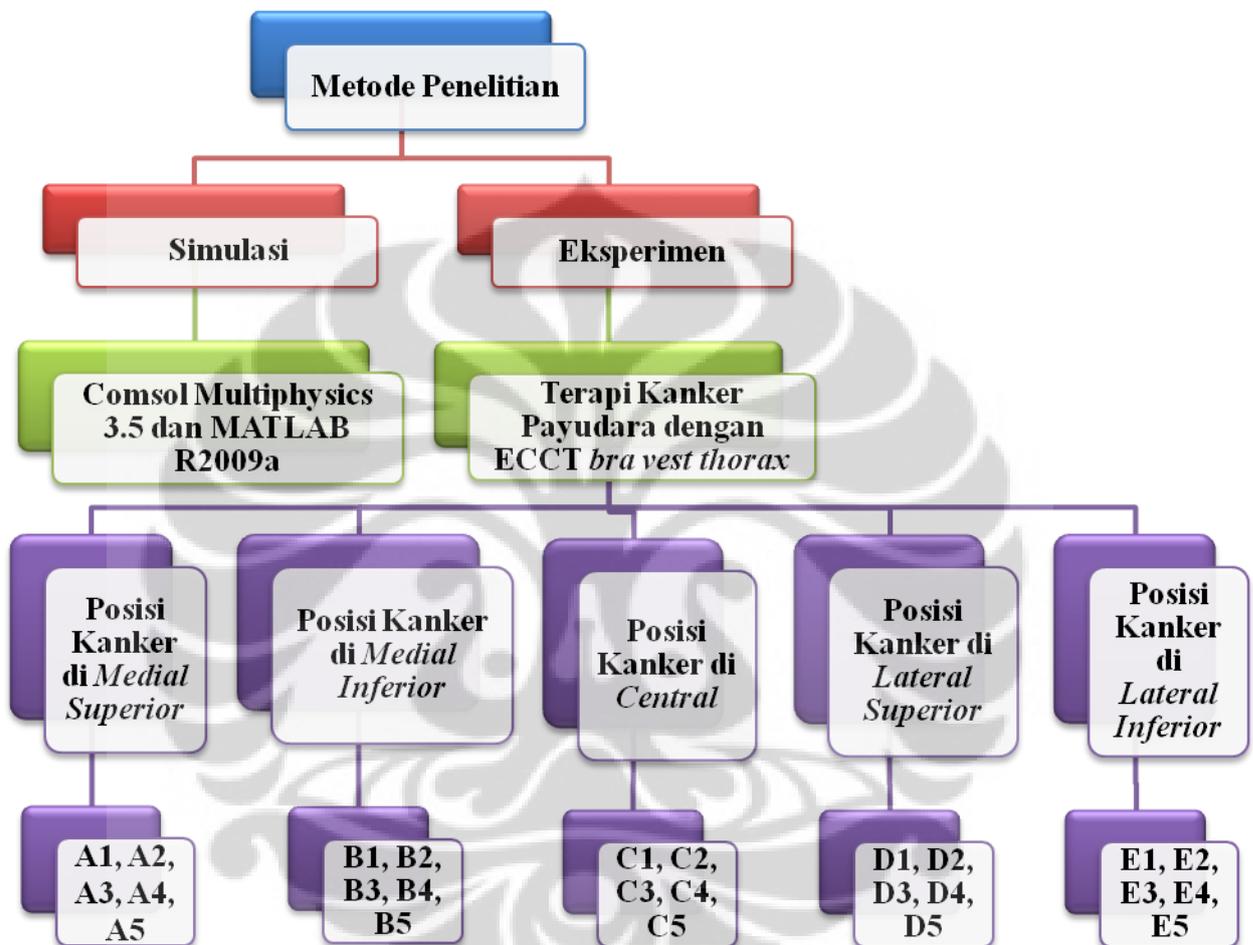
Gambar 3.24 Hasil PET-CT yang mencitrakan kesan khas *malignancy*



Gambar 3.25 Hasil ECVT untuk pasien dengan hasil PET-CT scan pada gambar 3.25

BAB IV METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, metode yang dilakukan meliputi simulasi dan eksperimen. Gambar 4.1 menunjukkan skema penelitian yang dilakukan.



Gambar 4.1 Skema metode penelitian

Objek dari eksperimen ini adalah pasien kanker payudara stadium II berusia antara 37 – 64 tahun yang menggunakan alat ECCT *vest* tipe A dan tipe B berfrekuensi 50-500 kHz dengan waktu pemakaian maksimal 16 jam per hari secara kumulatif, yaitu 8 jam tipe A dan 8 jam tipe B. Tahapan terapi yang dilakukan masing-masing pasien selama 84 hari atau sekitar 3 bulan. Pasien tersebut diklasifikasikan berdasarkan kuadran posisi kanker pada payudara, yaitu *medial superior*, *medial inferior*, *central*, *lateral superior* dan *lateral inferior*.

Setiap posisi diwakili oleh 5 orang pasien. Pasien-pasien tersebut dinamai dengan metode berdasarkan Tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Kode pasien sampel dalam eksperimen

Kuadran di Payudara	Letak Payudara	Kode
Medial Superior	Kiri	A1
	Kanan	A2
	Kiri	A3
	Kanan	A4
	Kiri	A5
Medial Inferior	Kiri	B1
	Kanan	B2
	Kanan	B3
	Kanan	B4
	Kiri	B5
Central	Kiri	C1
	Kiri	C2
	Kiri	C3
	Kanan	C4
	Kiri	C5
Lateral Superior	Kanan	D1
	Kiri	D2
	Kanan	D3
	Kanan	D4
	Kiri	D5
Lateral Inferior	Kiri	E1
	Kiri	E2
	Kiri	E3
	Kiri	E4
	Kanan	E5

Pasien A1 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker pada *medial superior* kiri dengan hasil kesan *Ultrasonography Mammae* sebagai *lobular carcinoma in situ* berukuran 11,7 x 23 mm. Pasien A2 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker pada *medial superior* kanan dengan hasil kesan *Ultrasonography Mammae* sebagai *lesi maligna* berukuran 12,4 x 14 mm. Pasien A3 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker pada *medial*

superior kiri dengan hasil kesan *Ultrasonography Mammae* sebagai *sugestif malignancy* berukuran 8,2 x 7,6 x 6,2 mm. Pasien A4 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker pada *medial superior* kanan dengan hasil *Ultrasonography Mammae* sebagai *lesi maligna* berukuran 1,3 x 4,5 x 1,4 cm. Pasien A5 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker pada *medial superior* kiri dengan hasil *Ultrasonography Mammae* sebagai massa padat *irreguler malignancy* berukuran 1,8 cm x 1,8 cm.

Pasien B1 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker pada *medial inferior* kiri dengan hasil kesan *Ultrasonography Mammae* sebagai *neoplasma multinoduler* dengan ukuran (21 x 22) mm. Pasien B2 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi *medial inferior* kanan dengan hasil kesan *Ultrasonography Mammae* sebagai massa padat *irreguler* dengan *mikrokalsifikasi* dengan ukuran 3,3 cm dan KGB aksila 1,7 cm. Pasien B3 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker pada *medial inferior* kanan dengan hasil kesan *Ultrasonography Mammae* sebagai *lesi solid maligna* dengan ukuran 2 cm. Pasien B4 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker pada *medial inferior* kanan dengan hasil kesan *Ultrasonography Mammae* sebagai *lesi solid maligna pada kwadran inferior medial* kanan berukuran 14 x 15 mm. Pasien B5 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker pada *medial inferior* kiri dengan hasil *Mammography* sebagai *lesi maligna pada kwadran inferomedial* kiri berukuran 2,7 x 2,6 cm.

Pasien C1 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker di *central* payudara kiri dengan hasil *Ultrasonography Mammae* sebagai tumor mammae kiri solid daerah *subnipple* curiga *maligna* berukuran 1,8 x 1,4 x 1,1 cm. Pasien C2 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi di *central* payudara kiri dengan hasil *Histatologi Mammae* sebagai *carcinoma ductal invasif* berukuran 2,5 x 2 x 1 cm. Pasien C3 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker di *central* payudara kiri dengan hasil *mammography* sebagai massa padat berbatas *spiculated irreguler*. Pasien C4 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker di *central* payudara kanan dengan hasil *Ultrasonography Mammae* sebagai *lesi maligna* dengan ukuran 1,1 x 1,29 x 1,38 cm. Pasien C5 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker di *central* payudara kiri dengan hasil

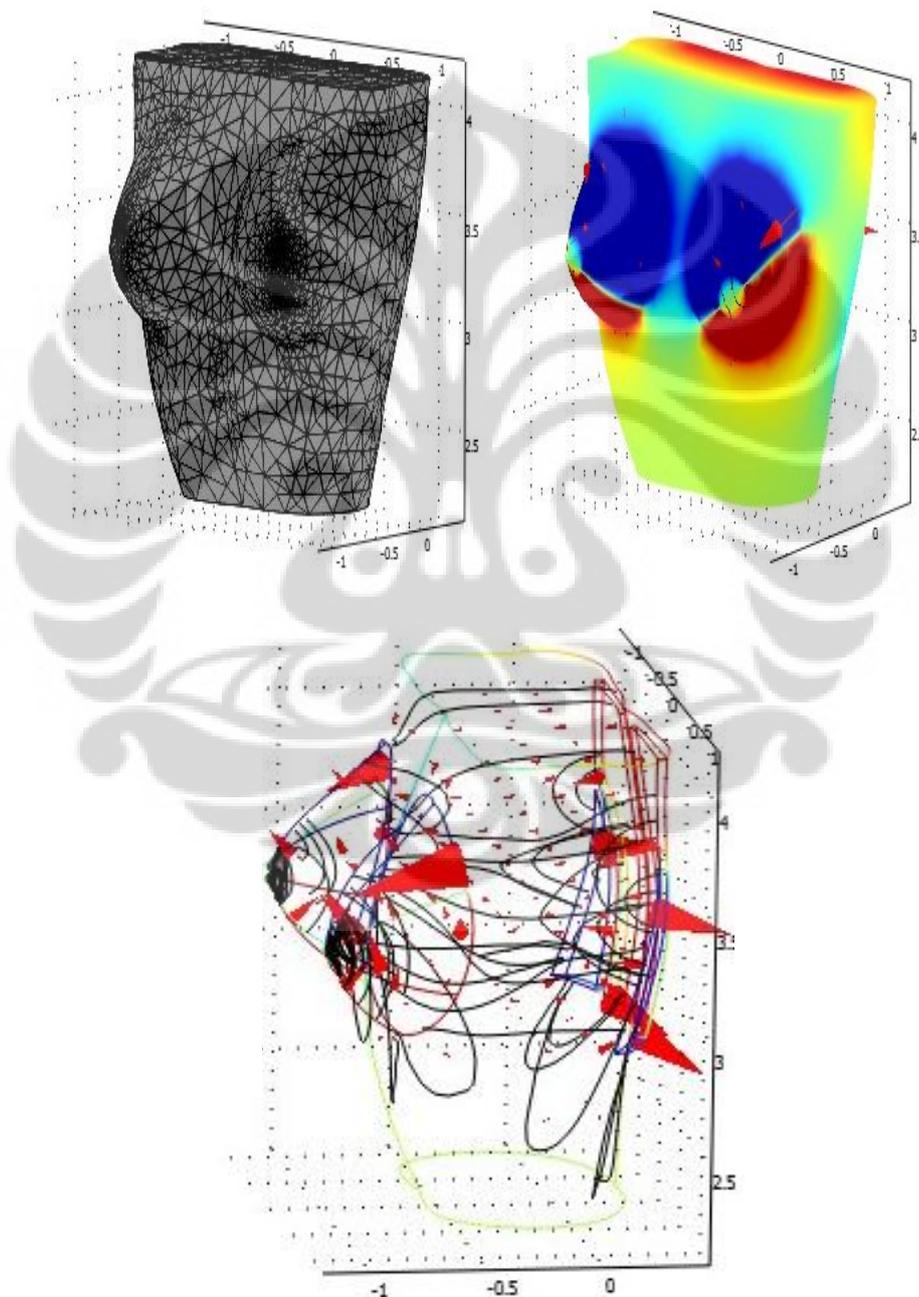
Ultrasonography Mammae sebagai massa *malignancy* di mammae kiri berukuran 2,27 x 1,78 x 2,3 cm.

Pasien D1 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker pada *lateral superior* kanan dengan hasil *Ultrasonography Mammae* sebagai *lesi solid* tidak berbatas tegas dengan ukuran 2,9 x 1,6 x 1,2 cm. Pasien D2 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker di *lateral superior* kiri dengan hasil *mammography* sebagai *sugestif maligna* berukuran ± 2,3 x 2,5 x 2,1 cm. Pasien D3 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker di *lateral superior* kanan dengan hasil *Ultrasonography Mammae* sebagai *lesi solid maligna* berukuran 10 x 9 mm. Pasien D4 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker di *lateral superior kanan* dengan hasil *Ultrasonography Mammae* sebagai *lesi hipoechoic, mikrolobulated, irreguler, malignancy* berukuran 2,36 x 1,71 cm. Pasien D5 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker di *lateral superior* kiri dengan hasil *Ultrasonography Mammae* dengan hasil *Ultrasonography Mammae* sebagai *sugestif maligna tail mammae sinistra* yang kaya *vasculer* berukuran 2,1 x 2 x 1,9 cm.

Pasien E1 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker di *lateral inferior* kiri dengan hasil *Ultrasonography Mammae* sebagai *massa mammae sinistra sugestif maligna* berukuran 2,1 x 1,5 cm. Pasien E2 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker di *lateral inferior* kiri dengan hasil *Ultrasonography Mammae* sebagai *invasif carcinoma* dengan ukuran 1,6 x 0,2 cm. Pasien E3 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker di *lateral inferior* kiri dengan hasil *Ultrasonography Mammae* sebagai *massa mammae sinistra sugestif maligna* dengan *mastitis carsinoma* berukuran 3,22 x 2,98 x 2,86 cm. Pasien E4 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker di *lateral inferior* kiri dengan hasil hispatologi sebagai *Ca. mammae lobular* berukuran 2 x 2 x 1,5 cm. Pasien E5 merupakan pasien kanker payudara dengan posisi kanker di *lateral inferior kanan* dengan hasil *Ultrasonography Mammae* sebagai *massa sugestif maligna* berukuran terbesar 2,4 cm.

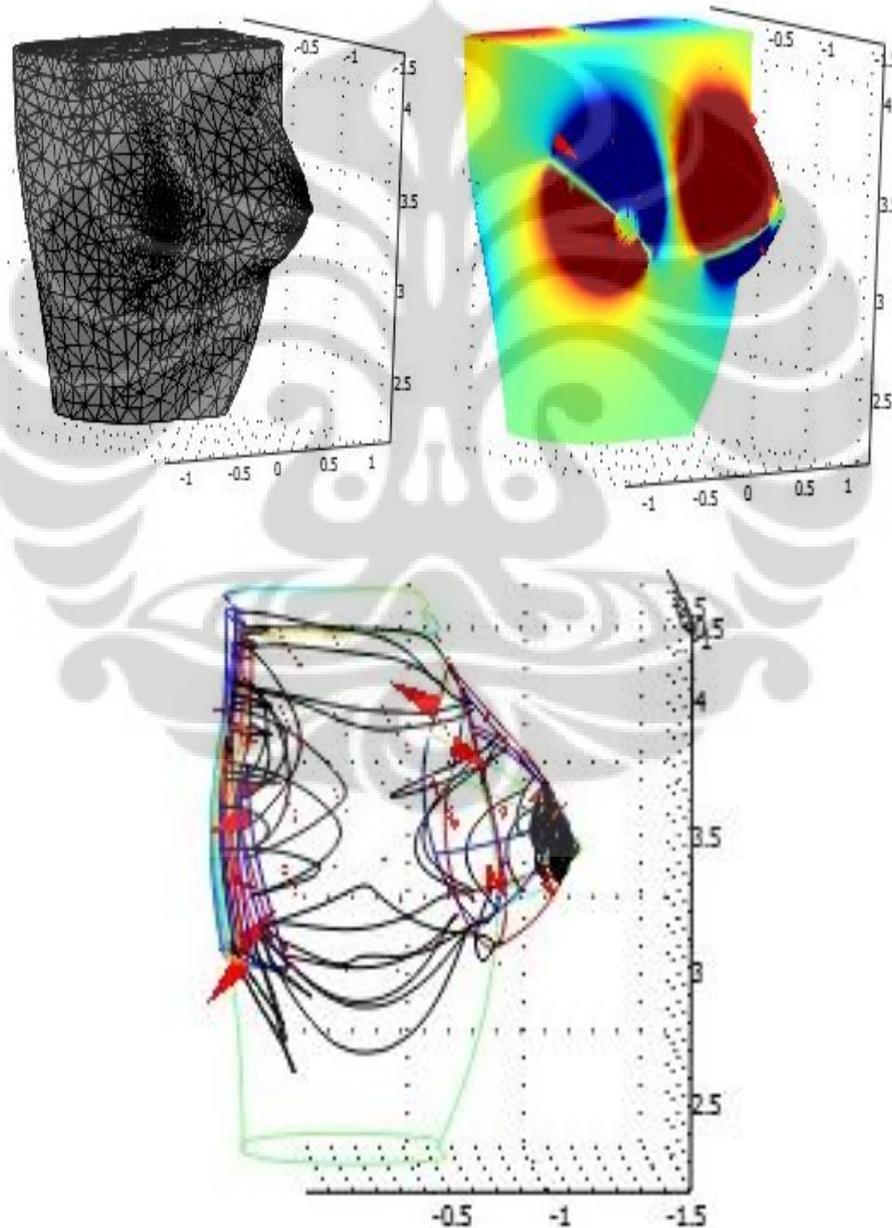
4.1 Simulasi Distribusi Medan Listrik Pada Tubuh Manusia

Distribusi medan listrik ECCT *vest* dapat disimulasikan dengan menggunakan software COMSOL Multiphysics 3.5. Langkah pertama adalah membuat model silinder seperti pada Gambar 4.2 dan 4.3. Terlihat pada hasil simulasi bahwa tipe A yang simulasikan pada silinder memiliki penetrasi medan listrik ke jaringan dalam lebih optimal, sedangkan pada hasil simulasi tipe B terlihat bahwa distribusi medan listrik di permukaan lebih optimal.



Gambar 4.2 Distribusi medan listrik ECCT *vest* tipe A

Dari hasil simulasi terlihat bahwa untuk ECCT *vest* tipe A memiliki distribusi medan listrik yang lebih banyak ke arah permukaan depan dan permukaan belakang. Selain itu, dibagian dalam juga memiliki pengaruh medan listrik karena ada aliran medan listrik dari elektroda yang berbeda muatan di bagian depan dan belakang. Namun, bagian dalam memiliki pengaruh medan listrik yang tidak optimal. Hal ini disebabkan medan listrik lebih banyak mengalir di daerah sekitar elektroda, dimana elektroda memang diletakkan pada permukaan karena jarak antara elektroda lebih pendek.



Gambar 4.3 Distribusi medan listrik ECCT *vest* tipe B

Dari hasil simulasi terlihat bahwa untuk ECCT *vest* tipe B memiliki distribusi medan listrik yang lebih optimal pada permukaan depan dan permukaan belakang. Hal ini disebabkan medan listrik lebih banyak mengalir didaerah sekitar elektroda, dimana elektroda memang diletakkan pada permukaan karena jarak antara elektroda lebih pendek.

Dari hasil simulasi untu ECCT *vest* tipe A dan tipe B distribusi medan listrik memang terlihat lebih banyak di area *superolateral* atau pada kuadran *medial lateral*. Hal ini menunjukkan intensitas medan listrik pada area tersebut lebih tinggi dari pada bagian payudara lainnya.

4.2 Eksperimen

4.2.1 Peralatan dan Bahan

a. *Electro Capacitive Cancer Treatment (ECCT)*

Sistem ECCT dibutuhkan sebagai perangkat terapi kanker payudara. Sistem ECCT ini terdiri dari ECCT *power supply*, *cable connector* dan ECCT *vest*. ECCT *power supply* yang digunakan memiliki rentang frekuensi menengah, yaitu 50-500 KHz dan tegangan output 4,8 – 6 volt. ECCT *vest* yang digunakan untuk terapi kanker payudara berjenis *vest* tipe A untuk melindungi paru-paru dari metastase sel kanker dan *vest* tipe B untuk melindungi bagian permukaan payudara dan tulang belakang.

b. *Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT)*

Sistem ECVT dibutuhkan sebagai peralatan diagnostik kanker payudara. *Electrical Capacitance Volume Tomography (ECVT)* yang digunakan untuk mencitrakan kondisi anatomi payudara dengan keabnormalitasan tertentu terdiri atas sensor 24 channel, *Data Acquisition Systems* dan komputer. Hasil pencitraan ECVT setiap pasien akan menjadi indikator efektivitas terapi kanker payudara dengan menggunakan ECCT.

4.2.2 Metode Eksperimen

Melalui sistem instrumentasi ECCT, suatu alat kapasitif elektro terapi kanker, medan listrik dengan frekuensi 50-500 KHz dialirkan ke dalam ECCT *vest* yang kemudian mendistribusikannya ke jaringan payudara pasien.

a. Menentukan Sampel Pasien Kanker Payudara

Pasien kanker payudara yang dijadikan sampel eksperimen ini merupakan pasien kanker payudara pengguna ECCT *vest* dengan klasifikasi khusus, yaitu berstadium maksimal stadium II serta telah menggunakan ECCT *vest* minimal 3 bulan.

Pasien sampel tersebut kemudian di klasifikasikan lagi berdasarkan posisi kankernya pada area payudara. Ada lima buah posisi kanker payudara di payudara pasien yang diamati, yaitu *medial superior*, *medial inferior*, *center*, *lateral superior* dan *lateral inferior*. Masing-masing posisi akan diwakili oleh 5 orang pasien. Setiap pasien akan menggunakan alat terapi ECCT selama 16 – 20 jam per hari.

b. Memonitoring Keadaan Pasien Sampel

Selama 3 bulan pemakaian ECCT *vest*, pasien akan dimonitoring secara rutin pada saat pemakaian 3 hari pertama, 1 minggu, 2 minggu, 3 minggu, 1 bulan, 1,5 bulan, 2 bulan, 2,5 bulan dan 3 bulan. Hal-hal yang akan di amati adalah gejala-gejala positif secara fisik pada pasien yang menggambarkan bahwa sistem ECCT yang digunakan pasien bekerja dengan baik dan optimal. Gejala-gejala yang akan diamati meliputi perubahan pada *feces*, *urine*, keringat dan kerja sistem pencernaan pasien. Jika alat ini bekerja dengan baik, maka akan timbul salah satu atau semua gejala di atas. Seperti feces, urine atau keringat yang bertambah banyak ataupun bau atau keduanya dan agak terganggunya sistem pencernaan seperti mual dan kembung.

c. Melakukan Pemeriksaan Diagnostik dengan ECVT

Proses penghancuran sel kanker setiap pasien dapat diamati melalui pencitraan dengan sistem diagnostik ECVT. Dari hasil pencitraan

ECVT dapat diketahui sisa konsentrasi maksimum massa kanker setiap pasien setelah menggunakan sistem ECCT *vest*. secara rutin. Hasil ini berguna untuk mengetahui efektivitas dari pemakaian ECCT *vest*.

d. Mengetahui Pengaruh Medan Listrik Terhadap Masing-masing Pasien.

Untuk mengetahui pengaruh medan listrik terhadap masing-masing pasien pada setiap klasifikasi posisi kanker di payudara adalah dengan membandingkan sisa konsentrasi maksimum massa kanker dari pencitraan ECVT setiap pasien. Konsentrasi massa maksimum setiap kanker pada masing-masing kuadran akan merespresentasikan kemampuan ECCT dalam membunuh sel kanker pada suatu kuadran payudara atau posisi letak kanker di payudara. Hasil pencitraan ECVT yang akan dibandingkan dari setiap pasien. Kecepatan pengurangan konsentrasi massa kanker setiap pasien akan di plot pada suatu grafik yang kemudian dapat dibandingkan kecepatan penurunan konsentrasi massa kanker di setiap kuadran yang diamati.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Grafik Kecepatan Penurunan Konsentrasi Massa Sel Kanker

Hasil eksperimen ini diperoleh dari 25 orang pasien kanker payudara stadium II yang menggunakan alat ECCT *vest* tipe A dan tipe B berfrekuensi 50-500 kHz dengan waktu pemakaian maksimal 16 jam per hari secara kumulatif, yaitu 8 jam tipe A dan 8 jam tipe B. Tahapan terapi yang dilakukan masing-masing pasien selama 84 hari atau sekitar 3 bulan. Pasien tersebut diklasifikasikan berdasarkan kuadran posisi kanker pada payudara, yaitu *medial superior*, *medial inferior*, *central*, *lateral superior* dan *lateral inferior*. Setiap posisi diwakili oleh 5 orang pasien.

Pengamatan dilakukan dengan memantau konsentrasi massa kanker dari 8 kali tahap pencitraan dengan ECVT selama 3 bulan. Hasil dari pengamatan tersebut akan digambarkan dalam sebuah grafik dengan waktu pemakaian sebagai sumbu x atau variabel bebas, sedangkan konsentrasi massa sel kanker sebagai sumbu y atau variabel terikat. Persamaan grafik antara waktu pemakaian ECCT dalam satuan sekon terhadap konsentrasi massa sel kanker diperoleh melalui persamaan berikut :

$$\varepsilon = \varepsilon_0 e^{-\Delta\delta.t} \quad \text{persamaan (5.1)}$$

$$-\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} = \Delta\delta.t + c \quad \text{persamaan (5.2)}$$

Merespresentasikan persamaan garis;

$$y = ax + b \quad \text{persamaan (5.3)}$$

$$y = -\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0} \quad \text{persamaan (5.4)}$$

$$x = t \quad \text{persamaan (5.5)}$$

$$a = \Delta\delta \quad \text{persamaan (5.6)}$$

Dimana;

ε = konsentrasi massa sel kanker akhir (massa / volume)

ε_0 = konsentrasi massa sel kanker awal (massa / volume)

$\Delta\delta$ = kecepatan penurunan konsentrasi massa sel kanker

t = waktu pemakaian ECCT (sekon)

5.1.1 Posisi Kanker di *Medial Superior*

Posisi *medial superior* atau *superomedial* merupakan posisi atas payudara yang dekat dengan *os sternum*. Posisi ini dinamai juga dengan istilah *upper inner quadrant of mammae*. Besarnya prevalensi tumbuhnya sel kanker pada posisi ini sebesar 15%.

Tabel 5.1 Hasil *scanning* ECVT pasien sampel posisi *medial superior* selama 3 bulan pemakaian

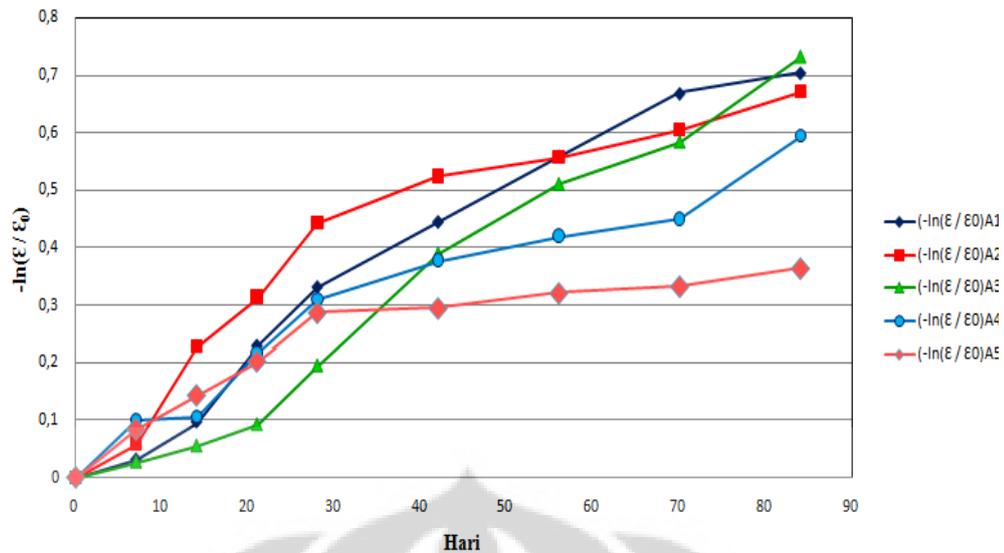
Waktu (Hari)	Konsentrasi Maksimum Massa Sel Kanker				
	A1	A2	A3	A4	A5
0	0,390	0,260	0,260	0,210	0,360
7	0,378	0,245	0,253	0,190	0,331
14	0,354	0,207	0,246	0,189	0,312
21	0,310	0,190	0,237	0,169	0,294
28	0,280	0,167	0,214	0,154	0,270
42	0,250	0,154	0,176	0,144	0,268
56	0,223	0,149	0,156	0,138	0,261
70	0,200	0,142	0,145	0,134	0,258
84	0,193	0,133	0,125	0,116	0,250

Konsentrasi maksimum massa sel kanker hasil *scanning* pada hari ke-0 pemakaian dinyatakan sebagai ϵ_0 atau konsentrasi awal. Sedangkan konsentrasi setelah pemakaian dinyatakan sebagai ϵ konsentrasi akhir.

Tabel 5.2 Pengolahan data konsentrasi maksimum massa sel kanker di *medial superior*

Waktu (Hari)	Konsentrasi Maksimum Sel Kanker				
	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{A1}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{A2}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{A3}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{A4}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{A5}$
0	0	0	0	0	0
7	0,031	0,059	0,027	0,100	0,084
14	0,097	0,228	0,055	0,105	0,143
21	0,230	0,314	0,093	0,217	0,203
28	0,331	0,443	0,195	0,310	0,288
42	0,445	0,524	0,390	0,377	0,295
56	0,559	0,557	0,511	0,420	0,322
70	0,668	0,605	0,584	0,449	0,333
84	0,703	0,670	0,732	0,594	0,365

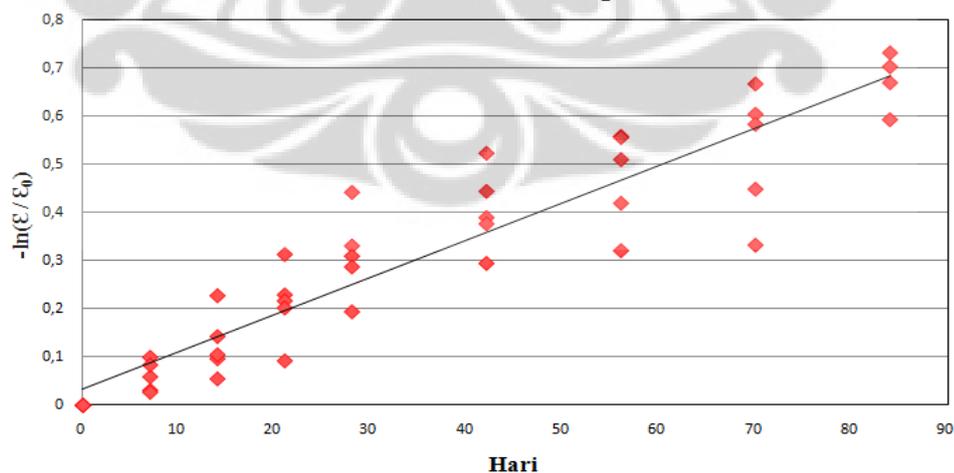
Data diatas kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik penurunan konsentrasi massa sel kanker terhadap waktu pemakaian seperti gambar di bawah ini.



Gambar 5.1 Grafik penurunan konsentrasi massa sel kanker terhadap waktu untuk posisi *medial superior*

Pada Gambar 5.1 terlihat grafik penurunan konsentrasi massa sel kanker terhadap waktu pemakaian pada posisi kanker di *medial superior*. Grafik tersebut diperoleh dari data hasil *scanning* payudara pasien Ca. mammae dengan posisi kanker pada *medial superior* yang terlampir dalam Tabel 5.1.

Kelinearitasan grafik pada Gambar 5.1 dapat direspresentasikan melalui grafik dibawah ini.



Gambar 5.2 Kurva linear untuk posisi kanker di *medial superior*

Dari grafik diatas didapatkan persamaan garis $y = 0,007 x + 0,033$. Sehingga dapat diketahui untuk posisi *medial superior* laju penurunan konsentrasi rata-ratanya sebesar 0,007 peluruhan massa sel kanker / hari.

5.1.2 Posisi Kanker di *Medial Inferior*

Posisi *medial inferior* atau *inferomedial* merupakan posisi bawah payudara yang dekat dengan *os sternum*. Posisi ini dinamai juga dengan istilah *lower inner quadrant of mammae*. Besarnya prevalensi tumbuhnya sel kanker pada posisi ini sebesar 6%.

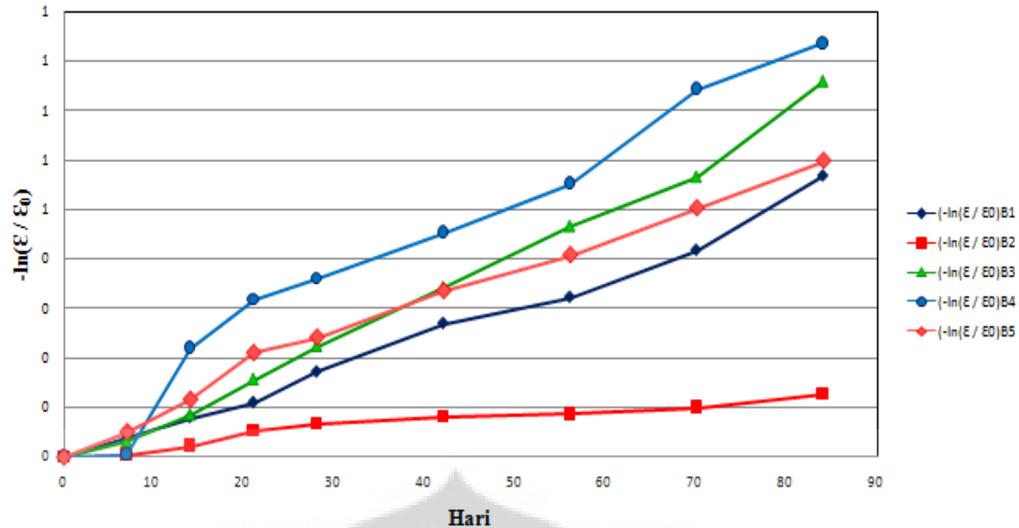
Tabel 5.3 Hasil *scanning* ECVT pasien sampel posisi *medial inferior* selama 3 bulan pemakaian

Waktu (Hari)	Konsentrasi Maksimum Massa Sel Kanker				
	B1	B2	B3	B4	B5
0	0,760	0,500	0,470	0,400	0,200
7	0,730	0,498	0,456	0,398	0,190
14	0,702	0,489	0,432	0,321	0,178
21	0,681	0,474	0,402	0,291	0,162
28	0,640	0,467	0,376	0,279	0,157
42	0,580	0,461	0,334	0,254	0,143
56	0,550	0,458	0,295	0,230	0,133
70	0,500	0,452	0,267	0,190	0,121
84	0,430	0,440	0,220	0,173	0,110

Konsentrasi maksimum massa sel kanker hasil *scanning* pada hari ke-0 pemakaian dinyatakan sebagai ϵ_0 atau konsentrasi awal. Sedangkan konsentrasi setelah pemakaian dinyatakan sebagai ϵ konsentrasi akhir.

Tabel 5.4 Pengolahan data konsentrasi maksimum massa sel kanker di *medial inferior*

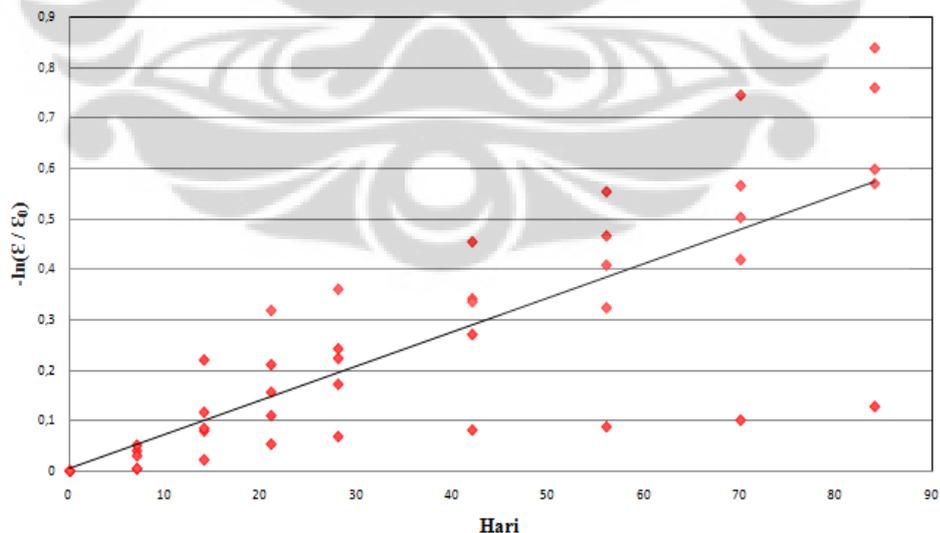
Waktu (Hari)	Konsentrasi Maksimum Massa Sel Kanker				
	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{B1}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{B2}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{B3}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{B4}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{B5}$
0	0	0	0	0	0
7	0,040	0,004	0,030	0,005	0,051
14	0,079	0,022	0,084	0,220	0,117
21	0,110	0,053	0,156	0,318	0,211
28	0,172	0,068	0,223	0,360	0,242
42	0,270	0,081	0,342	0,454	0,335
56	0,323	0,088	0,466	0,553	0,408
70	0,419	0,101	0,565	0,744	0,503
84	0,570	0,128	0,759	0,838	0,598



Gambar 5.3 Grafik penurunan konsentrasi massa sel kanker terhadap waktu untuk posisi *medial inferior*

Pada Gambar 5.3 terlihat grafik penurunan konsentrasi massa sel kanker terhadap waktu pemakaian pada posisi kanker di *medial inferior*. Grafik tersebut diperoleh dari data hasil *scanning* payudara pasien Ca. mammae dengan posisi kanker pada *medial inferior* yang terlampir dalam Tabel 5.3.

Kelinearitasan grafik pada Gambar 5.3 dapat direspresentasikan melalui grafik dibawah ini.



Gambar 5.4 Kurva linear untuk posisi kanker di *medial inferior*

Dari grafik diatas didapatkan persamaan garis $y = 0,006 x + 0,005$. Sehingga dapat diketahui untuk posisi *medial inferior* laju penurunan konsentrasi rata-ratanya sebesar 0,006 peluruhan massa sel kanker / hari.

5.1.3 Posisi Kanker di *Central*

Posisi *central* atau *center* merupakan posisi tengah payudara, yaitu pada daerah *aerola*. Posisi ini dinamai juga dengan istilah *central position of mammae*. Besarnya prevalensi tumbuhnya sel kanker pada posisi ini sebesar 18%.

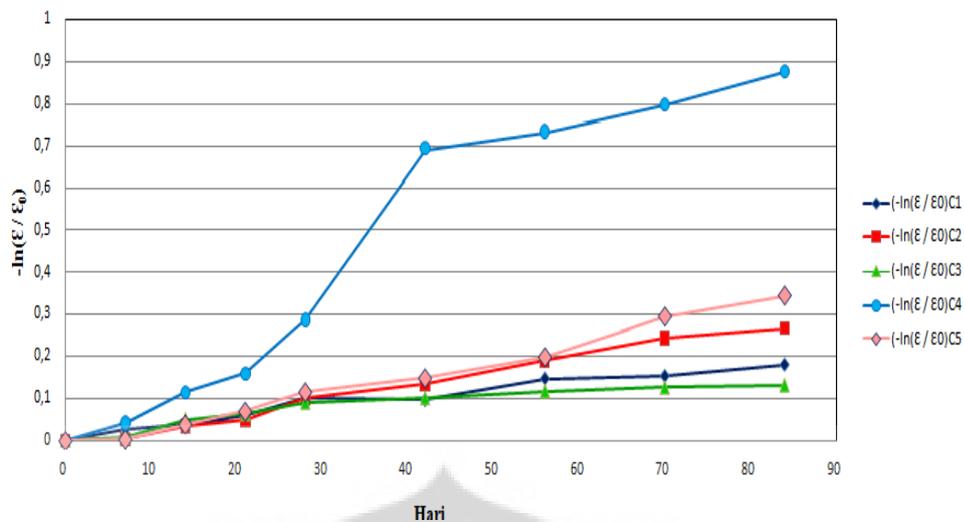
Tabel 5.5 Hasil *scanning* ECVT pasien sampel posisi *central* payudara selama 3 bulan pemakaian

Waktu (Hari)	Konsentrasi Maksimum Massa Sel Kanker				
	C1	C2	C3	C4	C5
0	0,580	0,430	0,410	0,360	0,310
7	0,564	0,429	0,407	0,345	0,309
14	0,558	0,415	0,390	0,321	0,298
21	0,547	0,409	0,385	0,307	0,289
28	0,525	0,389	0,375	0,270	0,276
42	0,527	0,376	0,371	0,180	0,267
56	0,501	0,356	0,365	0,173	0,254
70	0,498	0,338	0,362	0,162	0,231
84	0,485	0,330	0,360	0,150	0,220

Konsentrasi maksimum massa sel kanker hasil *scanning* pada hari ke-0 pemakaian dinyatakan sebagai ϵ_0 atau konsentrasi awal. Sedangkan konsentrasi setelah pemakaian dinyatakan sebagai ϵ konsentrasi akhir.

Tabel 5.6 Pengolahan data konsentrasi maksimum massa sel kanker di *central*

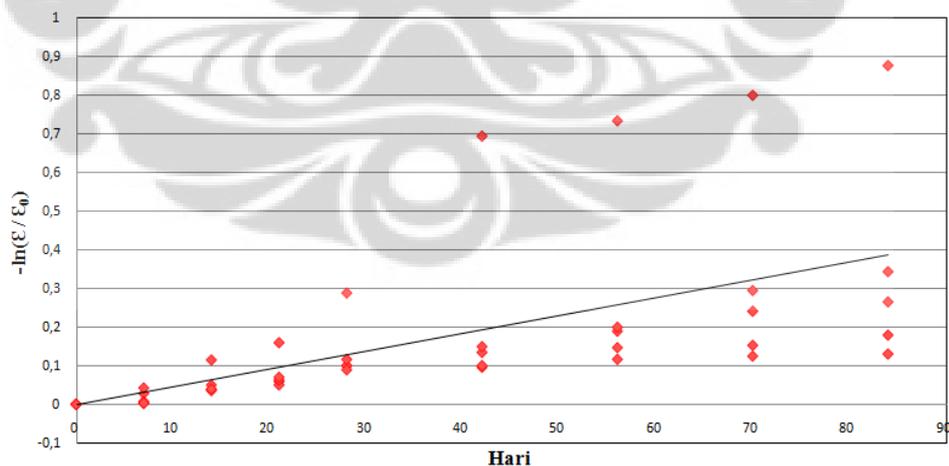
Waktu (Hari)	Konsentrasi Maksimum Massa Sel Kanker				
	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{C1}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{C2}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{C3}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{C4}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{C5}$
0	0	0	0	0	0
7	0,028	0,002	0,007	0,043	0,003
14	0,039	0,036	0,050	0,115	0,039
21	0,059	0,050	0,063	0,159	0,070
28	0,100	0,100	0,089	0,288	0,116
42	0,096	0,134	0,100	0,693	0,149
56	0,146	0,189	0,116	0,733	0,199
70	0,152	0,241	0,125	0,799	0,294
84	0,179	0,265	0,130	0,875	0,343



Gambar 5.5 Grafik penurunan konsentrasi massa sel kanker terhadap waktu untuk posisi *central*

Pada Gambar 5.5 terlihat grafik penurunan konsentrasi massa sel kanker terhadap waktu pemakaian pada posisi kanker di *medial inferior*. Grafik tersebut diperoleh dari data hasil *scanning* payudara pasien Ca. mammae dengan posisi kanker pada *medial inferior* yang terlampir dalam Tabel 5.5.

Kelinearitasan grafik pada Gambar 5.5 dapat direpresentasikan melalui grafik dibawah ini.



Gambar 5.6 Kurva linear untuk posisi kanker pada *central* payudara

Dari grafik diatas didapatkan persamaan garis $y = 0,004 x + 0,005$. Sehingga dapat diketahui untuk posisi *central* laju penurunan konsentrasi rata-ratanya sebesar 0,004 peluruhan massa sel kanker / hari.

5.1.4 Posisi Kanker di *Lateral Superior*

Posisi *lateral superior* atau *superolateral* merupakan posisi atas payudara kearah *axilla*. Posisi ini dinamai juga dengan istilah *upper outer quadrant of mammae*. Prevalensi tumbuhnya sel kanker pada posisi ini sebesar 50%.

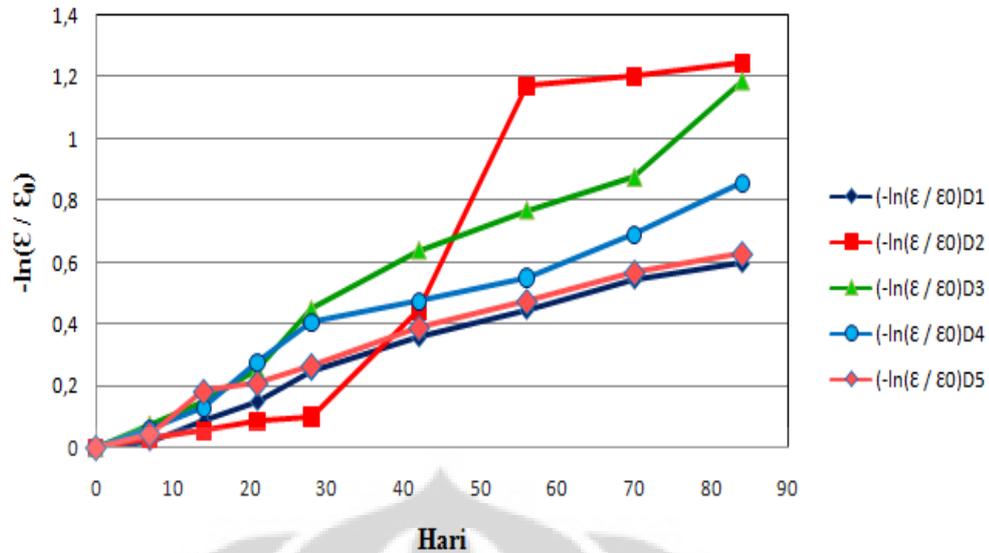
Tabel 5.7 Hasil *scanning* ECVT pasien sampel posisi *lateral superior* payudara selama 3 bulan pemakaian

Waktu (Hari)	Konsentrasi Maksimum Massa Sel Kanker				
	D1	D2	D3	D4	D5
0	0,500	0,420	0,360	0,330	0,900
7	0,490	0,408	0,334	0,310	0,860
14	0,460	0,397	0,310	0,290	0,750
21	0,430	0,385	0,280	0,250	0,730
28	0,390	0,380	0,230	0,220	0,690
42	0,350	0,270	0,190	0,205	0,610
56	0,320	0,130	0,167	0,190	0,560
70	0,290	0,126	0,150	0,165	0,510
84	0,275	0,121	0,110	0,140	0,480

Konsentrasi maksimum massa sel kanker hasil *scanning* pada hari ke-0 pemakaian dinyatakan sebagai ϵ_0 atau konsentrasi awal. Sedangkan konsentrasi setelah pemakaian dinyatakan sebagai ϵ konsentrasi akhir.

Tabel 5.8 Pengolahan data konsentrasi maksimum massa sel kanker di *lateral superior*

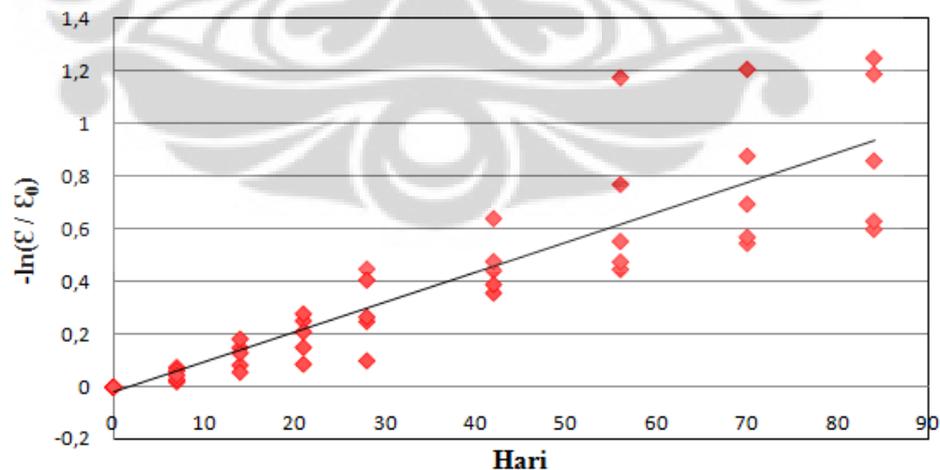
Waktu (Hari)	Konsentrasi Maksimum Massa Sel Kanker				
	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{D1}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{D2}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{D3}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{D4}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{D5}$
0	0	0	0	0	0
7	0,020	0,029	0,075	0,063	0,045
14	0,083	0,056	0,150	0,129	0,182
21	0,151	0,087	0,251	0,278	0,209
28	0,248	0,100	0,448	0,405	0,266
42	0,357	0,442	0,639	0,476	0,389
56	0,446	1,173	0,768	0,552	0,474
70	0,545	1,204	0,875	0,693	0,568
84	0,598	1,246	1,186	0,857	0,629



Gambar 5.7 Grafik penurunan konsentrasi massa sel kanker terhadap waktu untuk posisi *lateral superior*

Pada Gambar 5.7 terlihat grafik penurunan konsentrasi massa sel kanker terhadap waktu pemakaian pada posisi kanker di *medial inferior*. Grafik tersebut diperoleh dari data hasil *scanning* payudara pasien Ca. mammae dengan posisi kanker pada *medial inferior* yang terlampir dalam Tabel 5.7.

Kelinearitasan grafik pada Gambar 5.7 dapat direspresentasikan melalui grafik dibawah ini.



Gambar 5.8 Kurva linear untu posisi kanker di *lateral superior*

Dari grafik diatas didapatkan persamaan garis $y = 0,011 x - 0,021$. Sehingga dapat diketahui untuk posisi *lateral superior* laju penurunan konsentrasi rata-ratanya sebesar 0,011 peluruhan massa sel kanker / hari.

5.1.5 Posisi Kanker di *Lateral Inferior*

Posisi *lateral inferior* atau *inferolateral* merupakan posisi bawah payudara kearah *axilla*. Posisi ini dinamai juga dengan istilah *lower outer quadrant of mammae*. Prevalensi tumbuhnya sel kanker pada posisi ini sebesar 11%.

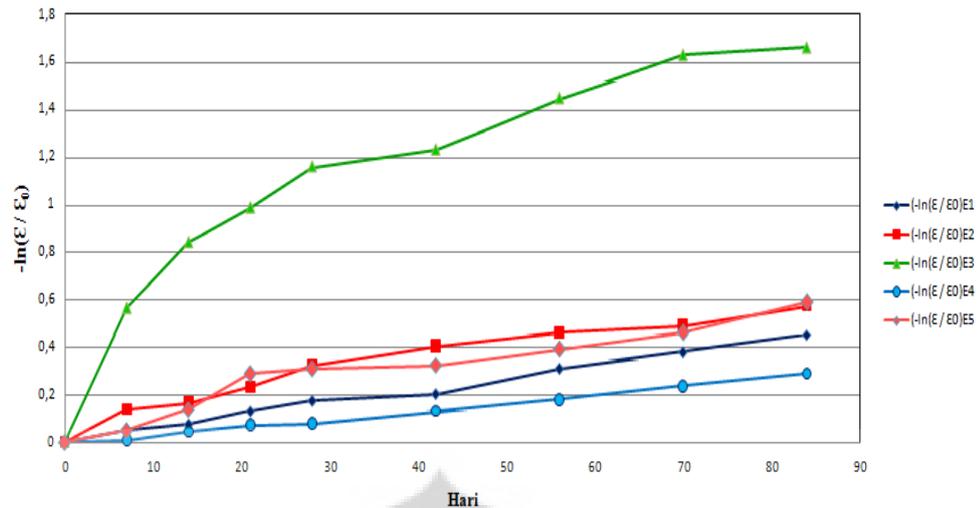
Tabel 5.9 Hasil *scanning* ECVT pasien sampel posisi *lateral inferior* payudara selama 3 bulan pemakaian

Waktu (Hari)	Konsentrasi Maksimum Massa Sel Kanker				
	E1	E2	E3	E4	E5
0	0,846	0,780	0,510	0,280	0,270
7	0,802	0,679	0,290	0,278	0,257
14	0,786	0,659	0,220	0,268	0,235
21	0,743	0,617	0,190	0,261	0,202
28	0,710	0,563	0,160	0,259	0,198
42	0,690	0,520	0,149	0,246	0,195
56	0,620	0,491	0,120	0,234	0,182
70	0,580	0,476	0,100	0,221	0,170
84	0,540	0,440	0,097	0,210	0,150

Konsentrasi maksimum massa sel kanker hasil *scanning* pada hari ke-0 pemakaian dinyatakan sebagai ϵ_0 atau konsentrasi awal. Sedangkan konsentrasi setelah pemakaian dinyatakan sebagai ϵ konsentrasi akhir.

Tabel 5.10 Pengolahan data konsentrasi maksimum massa sel kanker di *lateral inferior*

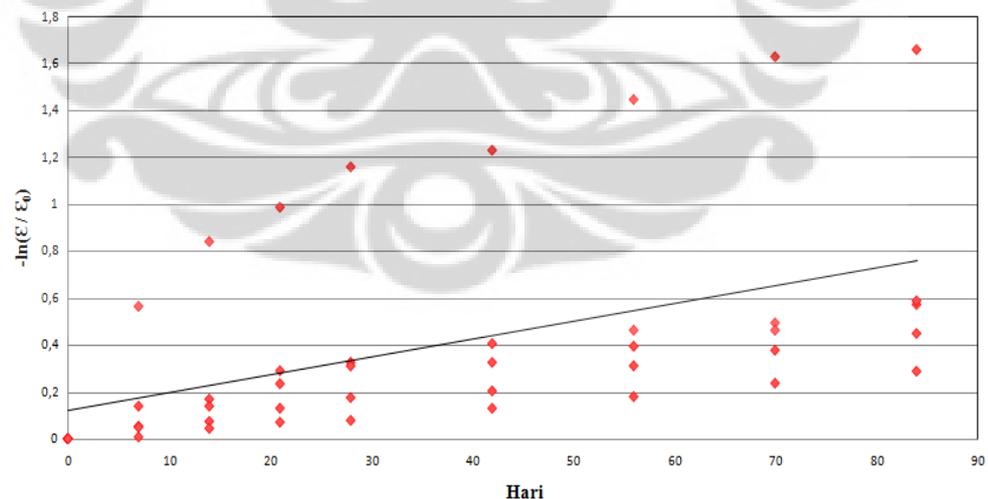
Waktu (Hari)	Konsentrasi Maksimum Massa Sel Kanker				
	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{E1}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{E2}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{E3}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{E4}$	$(-\ln(\epsilon / \epsilon_0))_{E5}$
0	0	0	0	0	0
7	0,053	0,139	0,565	0,007	0,049
14	0,074	0,169	0,841	0,044	0,139
21	0,130	0,234	0,987	0,070	0,290
28	0,175	0,326	1,159	0,078	0,310
42	0,204	0,405	1,230	0,129	0,325
56	0,311	0,463	1,447	0,179	0,394
70	0,377	0,494	1,629	0,237	0,463
84	0,449	0,573	1,660	0,288	0,588



Gambar 5.9 Grafik penurunan konsentrasi massa sel kanker terhadap waktu untuk posisi *lateral inferior*

Pada Gambar 5.9 terlihat grafik penurunan konsentrasi massa sel kanker terhadap waktu pemakaian pada posisi kanker di *medial inferior*. Grafik tersebut diperoleh dari data hasil *scanning* payudara pasien Ca. mammae dengan posisi kanker pada *medial inferior* yang terlampir dalam tabel 5.9.

Kelinearitasan grafik pada Gambar 5.9 dapat direspresentasikan melalui grafik dibawah ini.



Gambar 5.10 Kurva linear untuk posisi kanker di *lateral inferior*

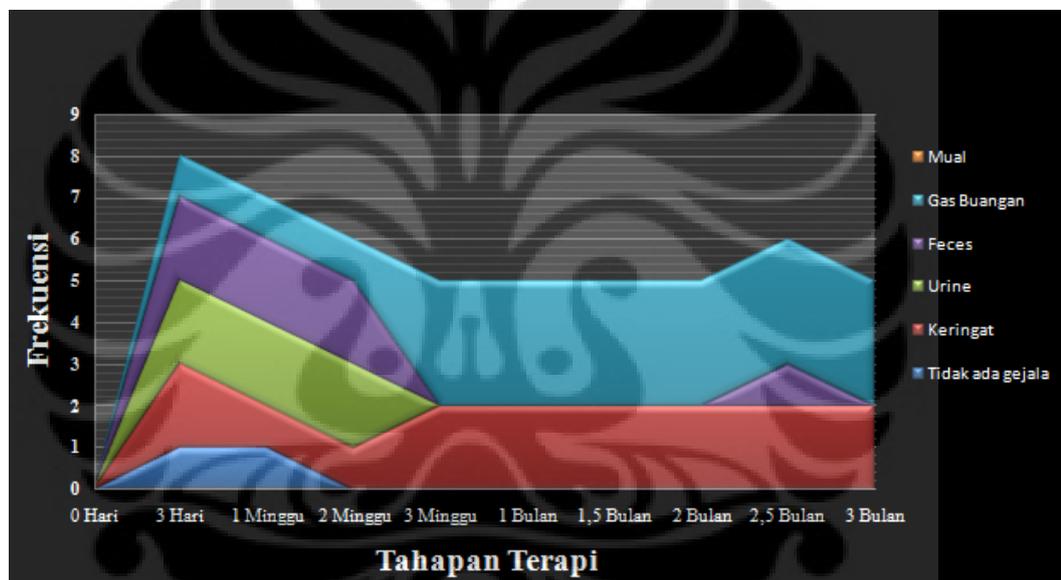
Dari grafik diatas didapatkan persamaan garis $y = 0,007 x - 0,012$. Sehingga dapat diketahui untuk posisi *lateral superior* laju penurunan konsentrasi rata-ratanya sebesar 0,007 peluruhan massa sel kanker / hari.

5.2 Gejala – gejala Umum yang Muncul Selama Pemakaian ECCT *vest*

Gejala umum yang timbul merupakan suatu indikator terjadinya interaksi medan listrik terhadap medan magnet. Sehingga gejala umum dapat dipantau sebagai suatu tanda alat ECCT *vest* berjalan dengan baik. Suatu gejala umum yang terjadi juga dapat menggambarkan bagaimana karakteristik suatu tipe sel kanker terhadap medan listrik.

5.2.1 Posisi Kanker di *Medial Superior*

Dari Gambar 5.11 terlihat bahwa pasien dengan posisi kanker *medial superior* pada 3 hari pertama pemakaian alat ECCT *vest*, gejala pembuangan sudah mulai terjadi melalui *urine* dan *feces*. Namun, saat 3 minggu pemakaian gejala yang dominan terjadi hanyalah keringat dan gas buangan.

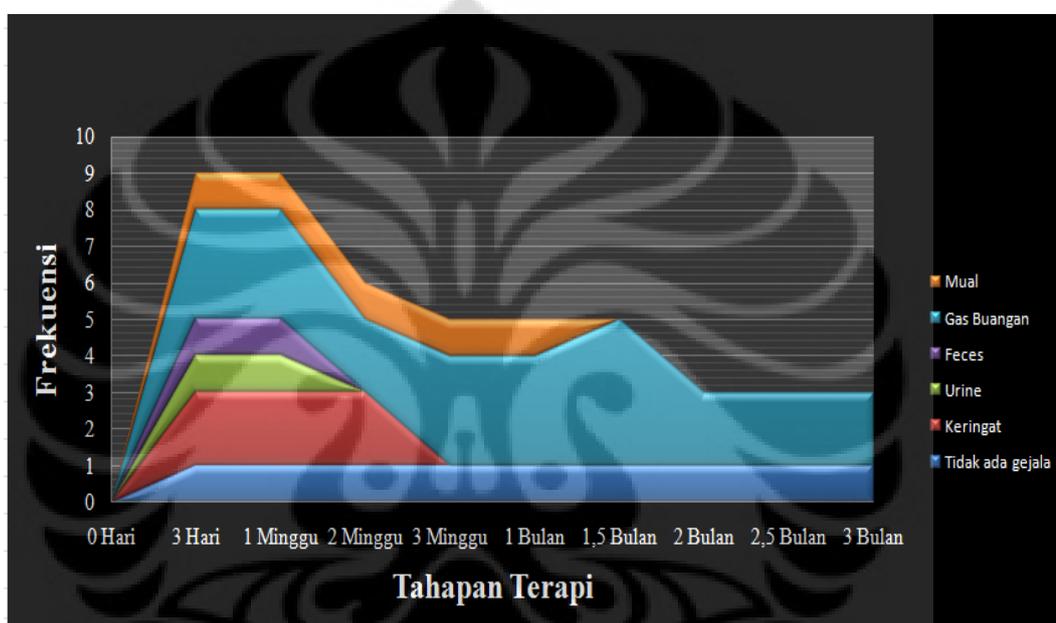


Gambar 5.11 Diagram batang gejala-gejala umum yang muncul selama pemakaian ECCT *vest* tipe A maupun tipe B untuk pasien dengan posisi kanker *medial superior*

Indikator timbulnya gejala ini ialah perubahan warna *urine* dan *feces* normal menjadi merah dan hitam dengan frekuensi *urine* $\pm 2 - 3$ kali / jam disiang hari dan frekuensi *feces* $\pm 3 - 4$ kali/hari. Sedangkan untuk tahapan terapi 3 minggu hingga 3 bulan pasien ada yang mengalami gejala positif keringat dan gas buangan. Pada posisi ini, interaksi antara medan listrik dengan sel kanker menimbulkan reaksi lambung.

5.2.2 Posisi Kanker di *Medial Inferior*

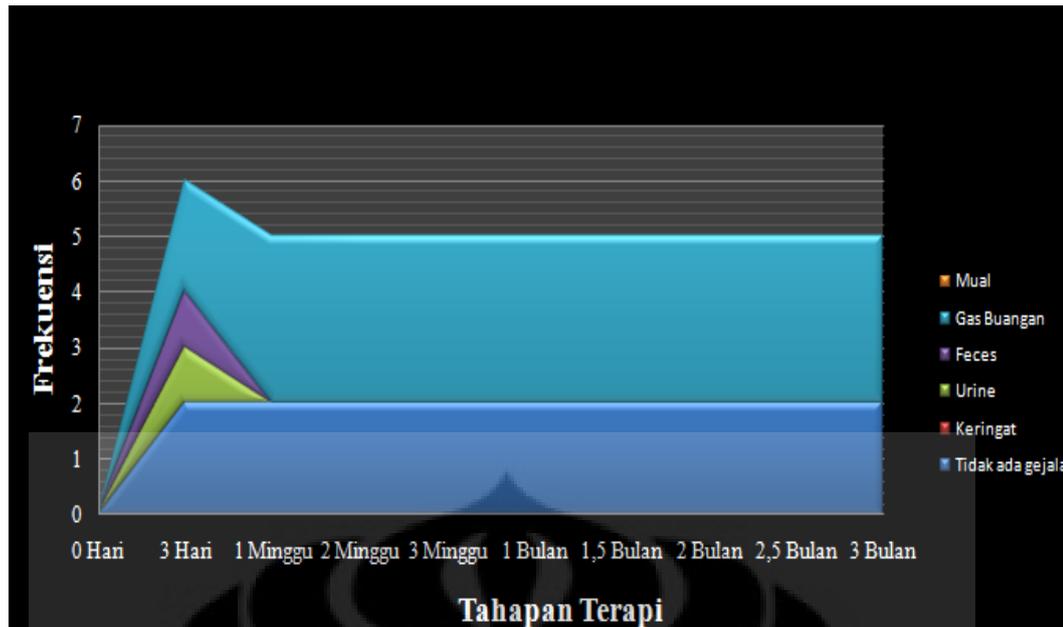
Dari Gambar 5.12 terlihat bahwa beberapa pasien dengan posisi kanker di *medial inferior* yang tidak mengalami gejala positif sama sekali pada 3 hari pertama. Namun, setelah 1 minggu hingga 1 bulan terlihat kedua pasien mengalami seluruh gejala-gejala positif dimana gas buangan dan keringat menjadi gejala yang paling dominan. Setelah pemakaian 3 minggu pemakaian alat ECCT *vest*, gejala positif yang timbul hanya gas buangan dan mual saja. Indikator terjadinya gejala positif dari lambung, yaitu adanya kembung dan mual akibat timbulnya gas-gas dekat lambung.



Gambar 5.12 Diagram batang gejala-gejala umum yang muncul selama pemakaian ECCT *vest* tipe A maupun tipe B untuk pasien dengan posisi kanker *medial inferior*

5.2.3 Posisi Kanker di *Central*

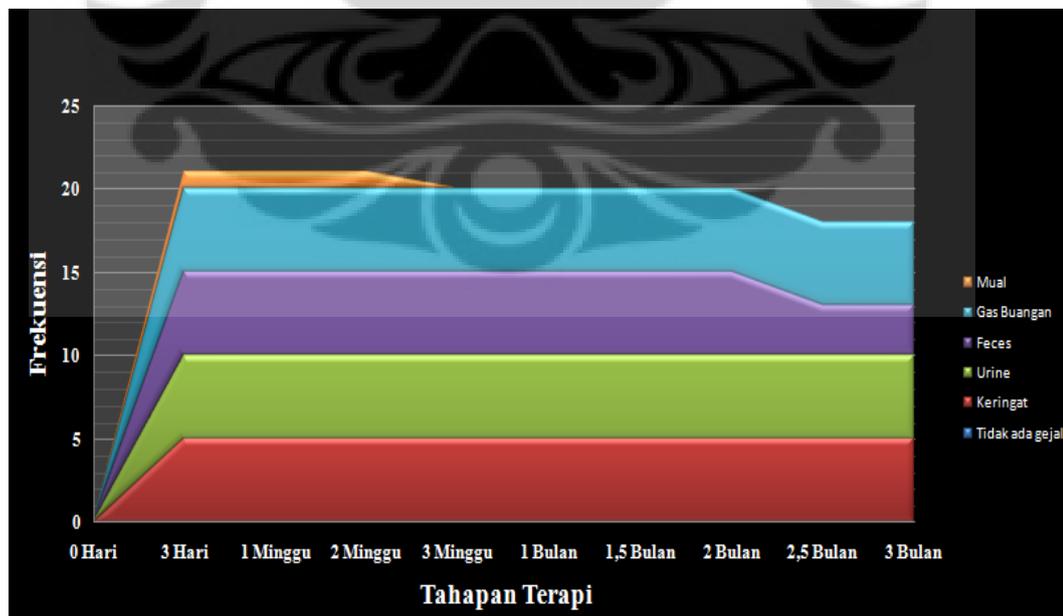
Dari Gambar 5.13 terlihat bahwa pasien dengan posisi kanker di *central* memiliki sistem *ekskresi* yang kurang baik. Hal ini ditandai oleh timbulnya gejala pembuangan sel kanker melalui *feces* dan *urine* hanya pada hari pertama saja, sedangkan dari 1 minggu pemakaian hingga 3 bulan pemakaian gejala dominan hanya gas buangan. Menandakan sel kanker yang mati dalam interaksi dengan medan listrik dapat tidak dibuang keluar tubuh dengan baik.



Gambar 5.13 Diagram batang gejala-gejala umum yang muncul selama pemakaian ECCT *vest* tipe A maupun tipe B untuk pasien dengan posisi kanker *central*

5.2.4 Posisi Kanker di *Lateral Superior*

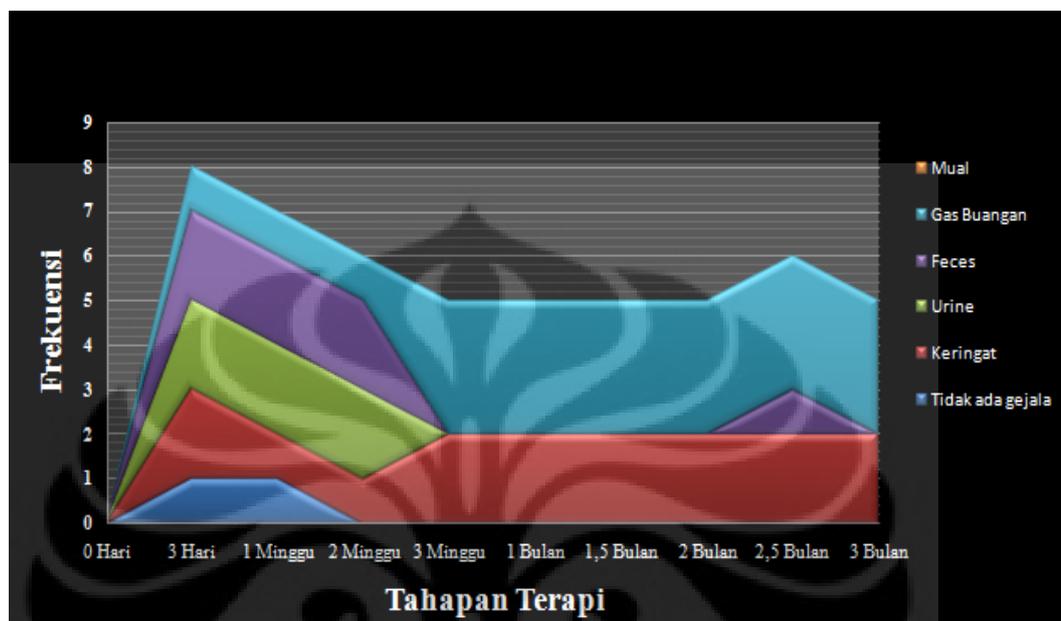
Dari Gambar 5.14 terlihat bahwa pasien dengan posisi kanker di *lateral superior* memiliki sistem *ekskresi* dominan melalui *urine*. Selain *urine*, sistem pembuangan juga terlihat melalui *feces*. Gejala berkeringat sangat sering terjadi pada pasien berposisi kanker di kuadran ini.



Gambar 5.14 Diagram batang gejala-gejala umum yang muncul selama pemakaian ECCT *vest* tipe A maupun tipe B untuk pasien dengan posisi kanker *lateral superior*

5.2.5 Posisi Kanker di *Lateral Inferior*

Dari Gambar 5.15 terlihat bahwa pasien dengan posisi kanker di *lateral inferior* memiliki sistem *ekskresi* dominan melalui *urine*, *feces* dan keringat. Setelah tahapan terapi selama 1 bulan, reaksi yang terjadi hanya keringat dan gas buangan.



Gambar 5.15 Diagram batang gejala-gejala umum yang muncul selama pemakaian ECCT vest tipe A maupun tipe B untuk pasien dengan posisi kanker *lateral inferior*

5.3 Hasil Pencitraan *Electrical Capacitance Volume Tomography* (ECVT)

Setiap pasien sampel akan diamati perkembangan penurunan konsentrasi massa sel kankernya melalui hasil *scanning* dengan menggunakan *Electrical Capacitance Volume Tomography* (ECVT). Hasilnya berupa pencitraan anatomi payudara serta keabnormalannya berupa citra sensor yang dibatasi dalam ruang tiga dimensi yang terdiri atas 32 piksel yang dinamakan sebagai *ECVT report*. ECVT report terdiri atas dua buah grafik dan satu buah ruang tiga dimensi sebagai citra dari anatomi payudara yang di *scanning* oleh sensor ECVT. Grafik pertama mendeskripsikan besarnya tegangan yang diterima seluruh pasangan sensor. Grafik kedua mendeskripsikan besarnya nilai konsentrasi maksimum sel kanker serta posisinya dalam payudara berdasarkan posisi pasangan sensor yang mendeteksi konsentrasi tertinggi tersebut. Posisi ini pun harus disesuaikan dengan bagaimana pasien menempelkan sensor pada bagian payudara yang di *scan*.

5.3.1 Posisi Kanker di *Medial Superior*

Hasil *scanning* payudara dengan menggunakan ECVT merupakan suatu parameter efektivitas pemakaian alat terapi ECCT *vest*. Dalam tahapan terapi selama tiga bulan, untuk posisi *medial superior* persentase banyaknya konsentrasi massa sel kanker yang berkurang secara rata-rata sebesar $\pm 45\%$. Hal tersebut berarti bahwa dengan menggunakan ECCT *vest* selama 3 bulan, konsentrasi massa sel kanker yang dapat dihilangkan dari posisi *medial superior* rata-rata sebesar 45% dari konsentrasi awal sebelum pemakaian.

Tabel 5.11 Persentase penurunan konsentrasi massa sel kanker untuk posisi *medial superior*

Kode Pasien	ϵ_0	ϵ	$\Delta\epsilon$	Persentase ($\Delta\epsilon$)
A1	0,39	0,193	0,197	51%
A2	0,26	0,133	0,127	49%
A3	0,26	0,125	0,135	52%
A4	0,21	0,116	0,094	45%
A5	0,36	0,25	0,11	31%
Persentase Rata-rata				45%

5.3.2 Posisi Kanker di *Medial Inferior*

Hasil *scanning* payudara dengan menggunakan ECVT merupakan suatu parameter efektivitas pemakaian alat terapi ECCT *vest*. Dalam tahapan terapi selama tiga bulan, untuk posisi *medial inferior* persentase banyaknya konsentrasi massa sel kanker yang berkurang secara rata-rata sebesar $\pm 42\%$. Hal tersebut berarti bahwa dengan menggunakan ECCT *vest* selama 3 bulan, konsentrasi massa sel kanker yang dapat dihilangkan dari posisi *medial inferior* rata-rata sebesar 42% dari konsentrasi awal sebelum pemakaian.

Tabel 5.12 Persentase penurunan konsentrasi massa sel kanker untuk posisi *medial inferior*

Kode Pasien	ϵ_0	ϵ	$\Delta\epsilon$	Persentase ($\Delta\epsilon$)
B1	0,76	0,43	0,33	43%
B2	0,5	0,44	0,06	12%
B3	0,47	0,22	0,25	53%
B4	0,4	0,173	0,227	57%
B5	0,2	0,11	0,09	45%
Persentase Rata-rata				42%

5.3.3 Posisi Kanker di *Central*

Hasil *scanning* payudara dengan menggunakan ECVT merupakan suatu parameter efektivitas pemakaian alat terapi ECCT *vest*. Dalam tahapan terapi selama tiga bulan, untuk posisi *central* persentase banyaknya konsentrasi massa sel kanker yang berkurang secara rata-rata sebesar $\pm 28\%$. Hal tersebut berarti bahwa dengan menggunakan ECCT *vest* selama 3 bulan, konsentrasi massa sel kanker yang dapat dihilangkan dari posisi *central* rata-rata sebesar 28% dari konsentrasi awal sebelum pemakaian.

Tabel 5.13 Persentase penurunan konsentrasi massa sel kanker untuk posisi *central*

Kode Pasien	ϵ_0	ϵ	$\Delta\epsilon$	Persentase ($\Delta\epsilon$)
C1	0,58	0,485	0,095	16%
C2	0,43	0,33	0,1	23%
C3	0,41	0,36	0,05	12%
C4	0,36	0,15	0,21	58%
C5	0,31	0,22	0,09	29%
Persentase Rata-rata				28%

5.3.4 Posisi Kanker di *Lateral Superior*

Hasil *scanning* payudara dengan menggunakan ECVT merupakan suatu parameter efektivitas pemakaian alat terapi ECCT *vest*. Dalam tahapan terapi selama tiga bulan, untuk posisi *lateral superior* persentase banyaknya konsentrasi massa sel kanker yang berkurang secara rata-rata sebesar $\pm 58\%$. Hal tersebut berarti bahwa dengan menggunakan ECCT *vest* selama 3 bulan, konsentrasi massa sel kanker

yang dapat dihilangkan dari posisi *lateral superior* rata-rata sebesar 58% dari konsentrasi awal sebelum pemakaian.

Tabel 5.14 Persentase penurunan konsentrasi massa sel kanker untuk posisi *lateral superior*

Kode Pasien	ϵ_0	ϵ	$\Delta\epsilon$	Persentase ($\Delta\epsilon$)
D1	0,5	0,275	0,225	45%
D2	0,42	0,1208	0,2992	71%
D3	0,36	0,11	0,25	69%
D4	0,33	0,14	0,19	58%
D5	0,9	0,48	0,42	47%
Persentase Rata-rata				58%

5.3.5 Posisi Kanker di *Lateral Inferior*

Hasil *scanning* payudara dengan menggunakan ECVT merupakan suatu parameter efektivitas pemakaian alat terapi ECCT *vest*. Dalam tahapan terapi selama tiga bulan, untuk posisi *lateral inferior* persentase banyaknya konsentrasi massa sel kanker yang berkurang secara rata-rata sebesar $\pm 46\%$. Hal tersebut berarti bahwa dengan menggunakan ECCT *vest* selama 3 bulan, konsentrasi massa sel kanker yang dapat dihilangkan dari posisi *lateral inferior* rata-rata sebesar 46% dari konsentrasi awal sebelum pemakaian.

Tabel 5.15 Persentase penurunan konsentrasi massa sel kanker untuk posisi *lateral inferior*

Kode Pasien	ϵ_0	ϵ	$\Delta\epsilon$	Persentase ($\Delta\epsilon$)
E1	0,846	0,54	0,306	36%
E2	0,78	0,44	0,34	44%
E3	0,51	0,097	0,413	81%
E4	0,28	0,21	0,07	25%
E5	0,27	0,15	0,12	44%
Persentase Rata-rata				46%

5.4 Pembahasan

Sifat kelistrikan yang dimiliki sel-sel di dalam tubuh manusia disebabkan oleh adanya muatan-muatan dengan kutub yang berbeda yang menyusun setiap sel. Muatan-muatan ini tersebar acak tanpa pengaruh medan listrik. Namun, muatan-muatan di dalam sel akan terpolarisasi apabila suatu medan listrik didekatkan dengan sel. Suatu medan listrik yang dihasilkan oleh arus bolak-balik (AC) akan menyebabkan sel yang terpolarisasi juga ikut bergerak bolak-balik sehingga timbul kekacauan. Tingkat kekacauan ini akan meningkat saat sel yang didekatkan terhadap medan listrik berfrekuensi 100 KHz

Sel kanker merupakan sel yang aktif membelah, memiliki tingkat proliferasi tinggi dengan pembelahan sel yang cenderung tidak terkontrol. Sel kanker sangat sensitif sekali terhadap medan listrik. Apabila medan listrik didekatkan disaat sel kanker dalam proses pembelahan, maka proses tersebut akan terganggu oleh interaksi yang akan dialami sel kanker dengan medan listrik. Medan listrik ini mampu menembus *membrane* sel dan masuk ke dalam sel, kemudian medan listrik akan menghambat *tubulin dimer* menarik *kromatid* menuju kutub pembelahan sehingga proses pembelahan menjadi terhambat dan jumlah sel yang membelah menjadi lebih sedikit.

Dalam terapi sel kanker payudara, interaksi antara medan listrik dengan sel kanker dapat dimanfaatkan untuk membunuh sel kanker dan mengurangi resiko penyebarannya ke organ tubuh yang lain. Dalam eksperimen ini sel kanker payudara yang diamati ialah sel kanker dari pasien *Ca. mammae* yang berukuran 2-5 cm. Tingkat keganasan kanker yang diamati sama, yaitu stadium 2 dengan atau tanpa metastase. Alat terapi yang digunakan juga sama, yaitu ECCT *vest* tipe A dan tipe B dengan waktu penggunaan 16 jam /hari serta metode pemakaian 8 jam tipe A dan 8 jam tipe B.

Posisi sel kanker di payudara dibagi menjadi 5 kuadran utama, yaitu *medial superior*, *medial inferior*, *central*, *lateral superior* dan *lateral inferior*. Efektivitas interaksi medan listrik dengan sel kanker dimasing-masing kuadran berbeda-beda. Hal ini dapat dilihat dari besarnya nilai laju penurunan konsentrasi massa sel kanker untuk masing-masing posisi.

Tabel 5.16 Laju Penurunan Konsentrasi Massa Sel Kanker Selama 3 Bulan Pemakaian

Posisi Kanker	$\Delta\delta$ rata-rata (Konsentrasi / Hari)
Medial Superior	0,007
Medial Inferior	0,006
Central Payudara	0,004
Lateral Superior	0,011
Lateral Inferior	0,007
$\Delta\delta$rata-rata	0,007

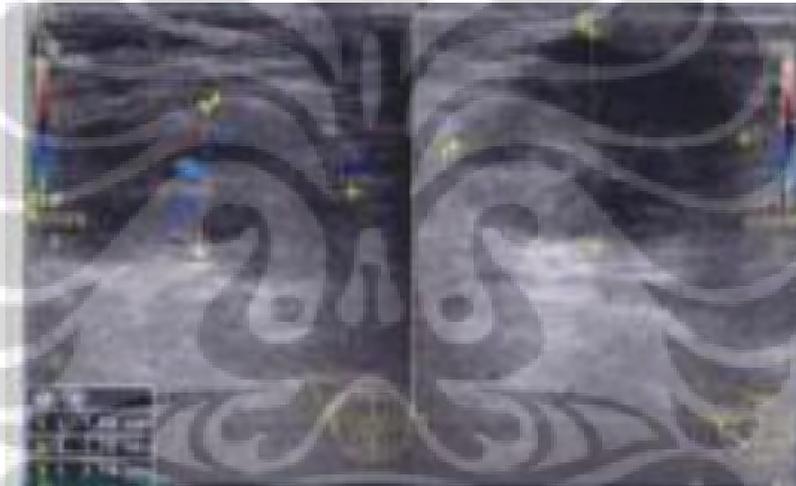
Tabel 5.16 menunjukkan laju penurunan massa sel kanker rata-rata untuk masing-masing kuadran berdasarkan hasil pengamatan pasien. Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa terapi ECCT *vest* tipe A dan tipe B, posisi kanker yang terletak pada *lateral superior* atau *superolateral (upper outer quadrant)* memiliki efektivitas tertinggi. Laju penurunan konsentrasi massa sel kanker rata-rata pada posisi ini sebesar 11×10^{-3} peluruhan massa sel kanker / hari atau dapat dinyatakan bahwa dalam waktu terapi 84 hari konsentrasi awal dapat berkurang menjadi setengahnya.. Besarnya presentase penurunan massa sel kanker rata-rata pada posisi ini sebesar 58 %. Hal ini disebabkan oleh karena posisi ini pada setiap pasien berada diantara perbatasan 2 buah sensor transmitter atau elektroda dengan muatan yang berbeda dimana daerah perbatasan tersebut memiliki intensitas medan listrik yang paling tinggi sehingga penetrasi medan listrik yang masuk ke dalam jaringan payudara pada posisi ini lebih dalam dan lebih optimal.

Dari hasil simulasi terlihat bahwa untuk ECCT *vest* tipe A memiliki distribusi medan listrik yang lebih banyak ke arah permukaan depan dan permukaan belakang. Selain itu, dibagian dalam juga memiliki pengaruh medan listrik karena ada aliran medan listrik dari elektroda yang berbeda muatan di bagian depan dan belakang. Namun, bagian dalam memiliki pengaruh medan listrik yang tidak optimal. Hal ini disebabkan medan listrik lebih banyak mengalir didaerah sekitar elektroda, dimana elektroda memang diletakkan pada permukaan karena jarak antara elektroda lebih pendek.

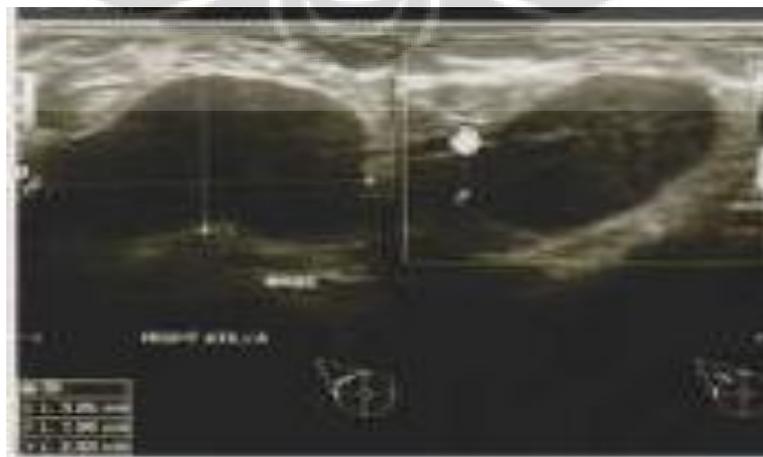
Dari hasil simulasi untuk ECCT *vest* tipe B memiliki distribusi medan listrik yang lebih optimal pada permukaan depan dan permukaan belakang. Hal ini disebabkan medan listrik lebih banyak mengalir didaerah sekitar elektroda, dimana elektroda memang diletakkan pada permukaan karena jarak antara elektroda lebih pendek.

Dari hasil simulasi untu ECCT *vest* tipe A dan tipe B distribusi medan listrik memang terlihat lebih banyak di area *superolateral* atau pada kuadran *lateral superior*. Hal ini menunjukkan intensitas medan listrik pada area tersebut lebih tinggi dari pada bagian payudara lainnya.

Efektivitas dari kinerja ECCT pada posisi *lateral superior*, dibuktikan dengan perbandingan hasil USG sebelum dan setelah pemakaian alat terapi ECCT dari pasien D2.



Gambar 5.16 Hasil USG pasien D2 sebelum terapi dengan ECCT



Gambar 5.17 Hasil USG pasien D2 setelah terapi dengan ECCT selama 70 hari atau sekitar 2,5 bulan

Terlihat tampilan USG pasien sebelum memakai ECCT, didapatkan kesan khas *malignancy*, yaitu batasnya yang tidak jelas, dan terlihat *echo* di dalam lesi tersebut yang menandakan massa, bukan kista. Kemudian pada gambar berikutnya, yaitu tampilan USG pasien setelah memakai ECCT selama 2,5 bulan, terlihat beberapa perbedaan. Batas yang sebelumnya sangat terlihat tidak jelas atau *irreguler*, maka pada gambar ini terlihat lebih reguler atau lebih jelas tepinya. Dan *echo* yang tadinya terdapat pada gambar pertama, terlihat pada gambar kedua lebih tidak terlihat atau lebih jernih tampilannya, yang menandakan massa berubah menjadi lebih cair. Artinya, ada perkembangan lebih baik bagi pasien setelah memakai ECCT karena telah terjadi perubahan dari kesan *malignancy* menjadi kesan jinak.



BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Kinerja alat terapi *Electro Capacitive Cancer Treatment (ECCT) vest* tipe A maupun tipe B dalam terapi sel kanker payudara stadium II dengan atau tanpa metastase ke axilla relatif efektif untuk sel kanker pada posisi di *superolateral* atau lateral superior. Tingkat efektivitas ECCT *vest* tipe A maupun tipe B di representasikan oleh nilai laju penurunan rata-rata konsentrasi massa sel kanker sebesar 11×10^{-3} peluruhan massa sel kanker per hari atau dapat dinyatakan bahwa dalam waktu terapi 84 hari konsentrasi awal dapat berkurang menjadi setengahnya.

6.2 Saran

Penulis berharap penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan mencari korelasi antara efektivitas ECCT *vest* terhadap jenis patologi anatomi sel kanker, keberagaman metabolisme personal pasien, dan pengaruh terapi kanker lain yang dilakukan bersamaan dengan terapi ECCT.

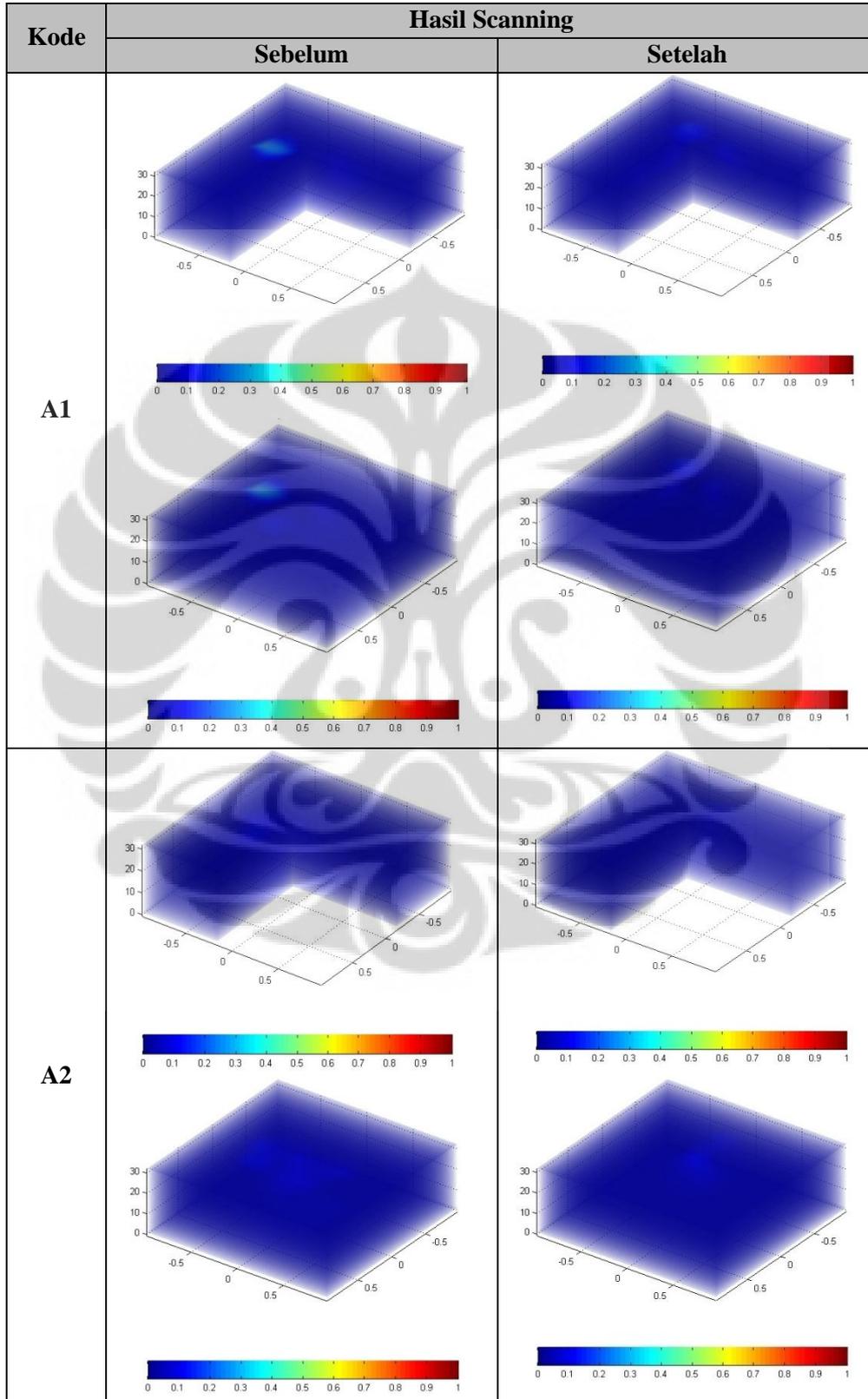
DAFTAR REFERENSI

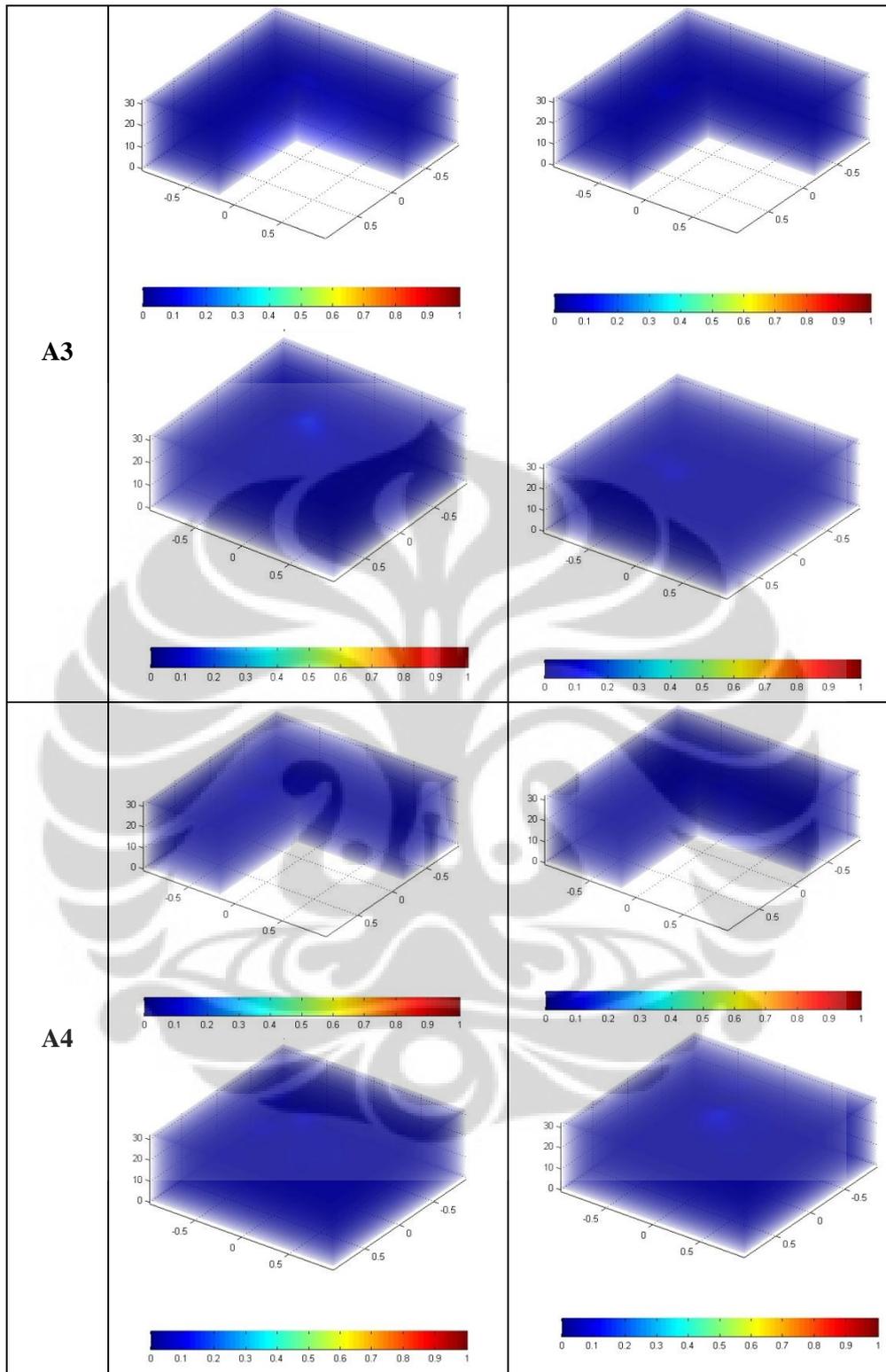
- Anwar, Chairul. 2009. *Inilah Cara Sel Kanker Tumbuh*. <http://www.harian-global.com/index.php>? 07 Juni 2010 13:00:51
- Balczon, R., A.L. Gard, S.R. Goodman, S.G. Kayes, W. E. Zimmer. 1998. *Medical Cell Biology*. Philadelphia: Lippincott William and Wilkins
- Bassett, CA., 1985. *The development and application of Pulsed Electromagnetic Fields (PEMFs) for ununited fractures and arthrodeses*. Clin Plast Surg 1985;12:259 –77.
- Cone CD. *The role of surface electrical transmembrane potential in normal and malignant mitogenesis*. Ann NY Acad Sci 1975;238:420-35.
- Depkes (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia). *Jika Tidak Dikendalikan 26 Juta Orang Di Dunia Menderita Kanker*. Mei 5. 2010. <http://www.depkes.go.id>.
- Goodlett, C.R., and Horn, K.H. 2001. *Mechanisms of alcohol-induced damage to the developing nervous system*. Alcohol Research & Health 25(3):175–184., <http://www.niaaa.nih.gov/Resources/GraphicsGallery/Liver/changes.htm>
- Hagl, Dina M., et. al. 2003. *Sensing Volume of Open Ended Coaxial Probes for Dielectric Characterization of Breast Tissue at Microwave Frequencies*. IEEE Trans. Microw. Theory Tech., vol 51, no.4 pp.1194-1206, Apr. 2003
- Haltiwanger, Steve. *The Electrical Properties of Cancer Cells*. 15 Februari 2010. <http://www.royalrife.com/haltiwanger1.pdf>
- Junior, S.C. Ferreira, M.L. Martins, and M.J. Vilela. 2002. *A Reaction-Diffusion Model for the Growth of Avascular Tumor*, arXiv: cond-mat/0109472 v2 20 Nov 2001, Phys. Rev. E 65, 021907.
- Noorwati, 2009. *Kemoterapi, Manfaat dan Efek Samping*. Dharmais Cancer Hospital Website & Rumah Kanker. www.unordinary-world.blogspot.com/.../kemoterapi-manfaat-dan-efek-samping.html

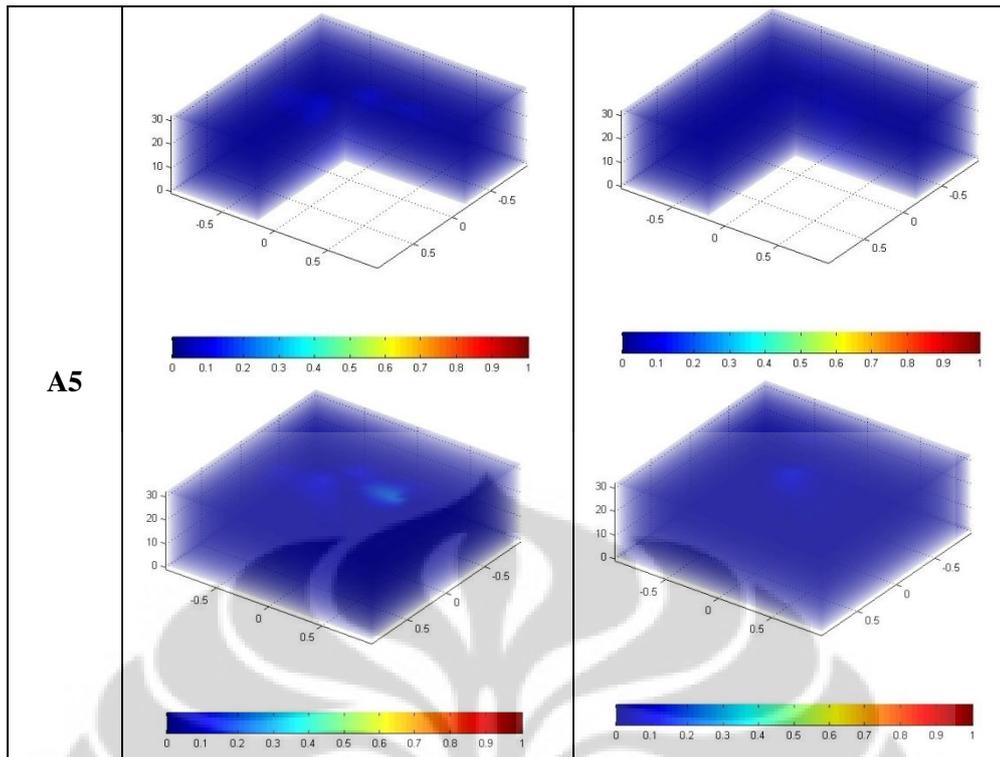
- Palti, Yoram et al (2004, May 1). *Disruption of Cancer Cell Replication by Alternating Electric Fields*. *Cancer Research*, 64, 3288-3295. Februari 8, 2010. <http://www.virtualtrials.com/pdf/Novocure.pdf>
- Pardee, Arthur B. 1976. *Cancer Cells and Normal Cells*. Proceedings of the American Philosophical Society, Vol. 120, No. 2. pp. 87-92. 23/03/2010 03:42 <http://www.jstor.org/stable/986514>
- Pecorino, Lauren. 2005. *Molecular Biology of Cancer mechanism, target, and therapeutics*. Oxford University Pers.
- Tobing, Rod. 2010. Organel pada Sel Eukariotik. 30 April 2010
<http://sectiocadaveris.wordpress.com/artikel-kedokteran/organel-pada-sel-eukariotik/>
- Turner P.C, A.C. McLennan, A.D Bates and M.R.H White. 2000. *Molecular Biology*. San Fransisco: Bioscientific Publisher.
- V, Mikhail. Blagosklonny-Arthur B. Pardee, *The Restriction Point of the Cell Cycle*.

LAMPIRAN

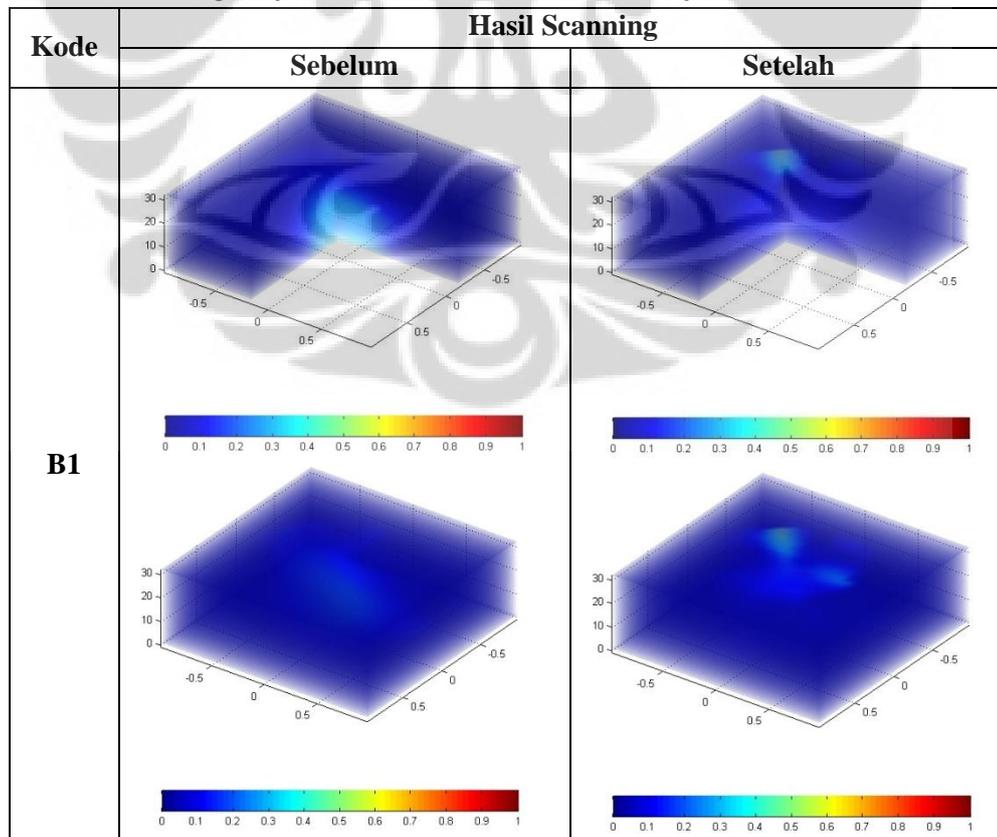
A. Hasil *Scanning* Payudara untuk Posisi *Medial Superior*

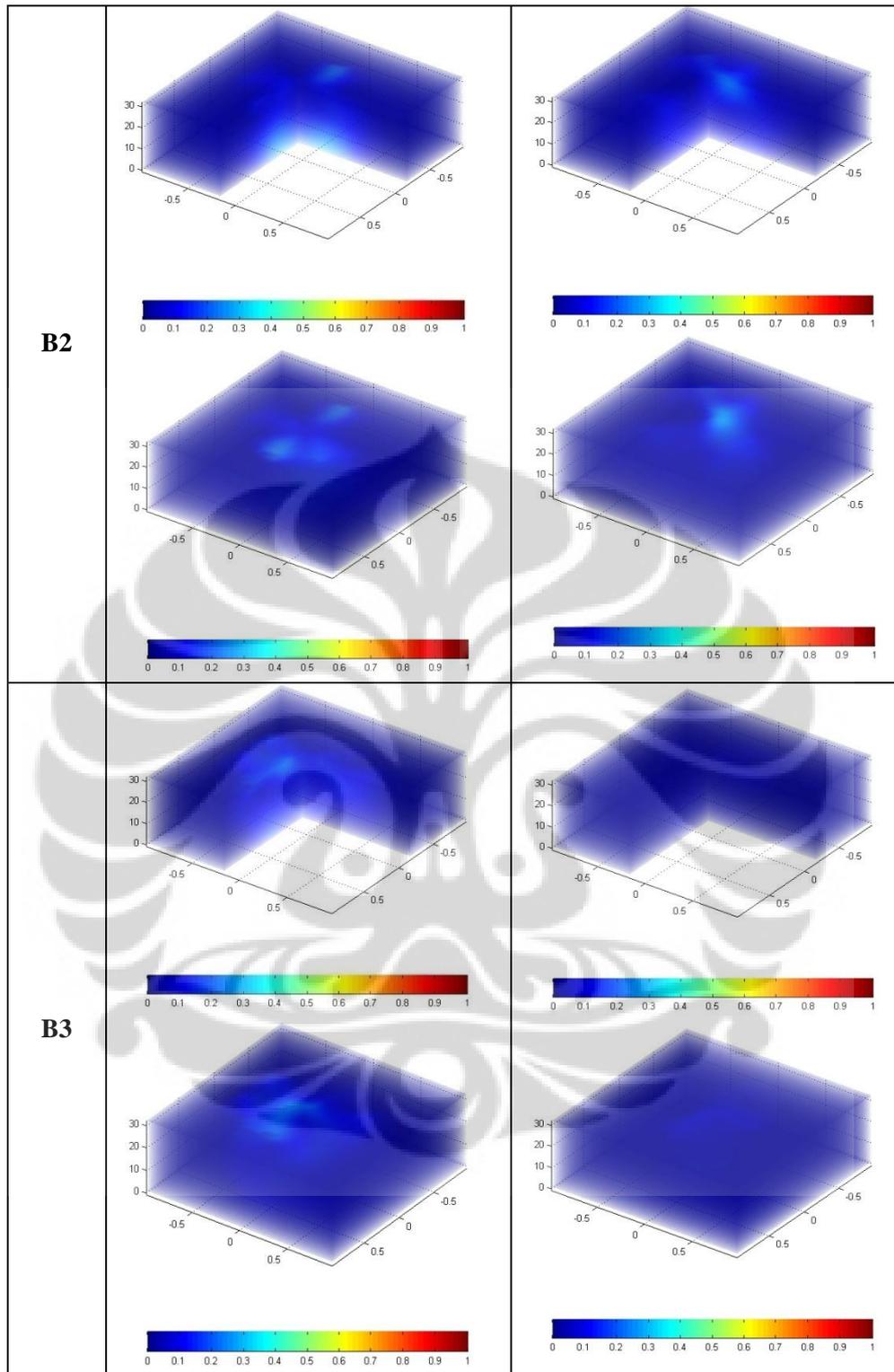


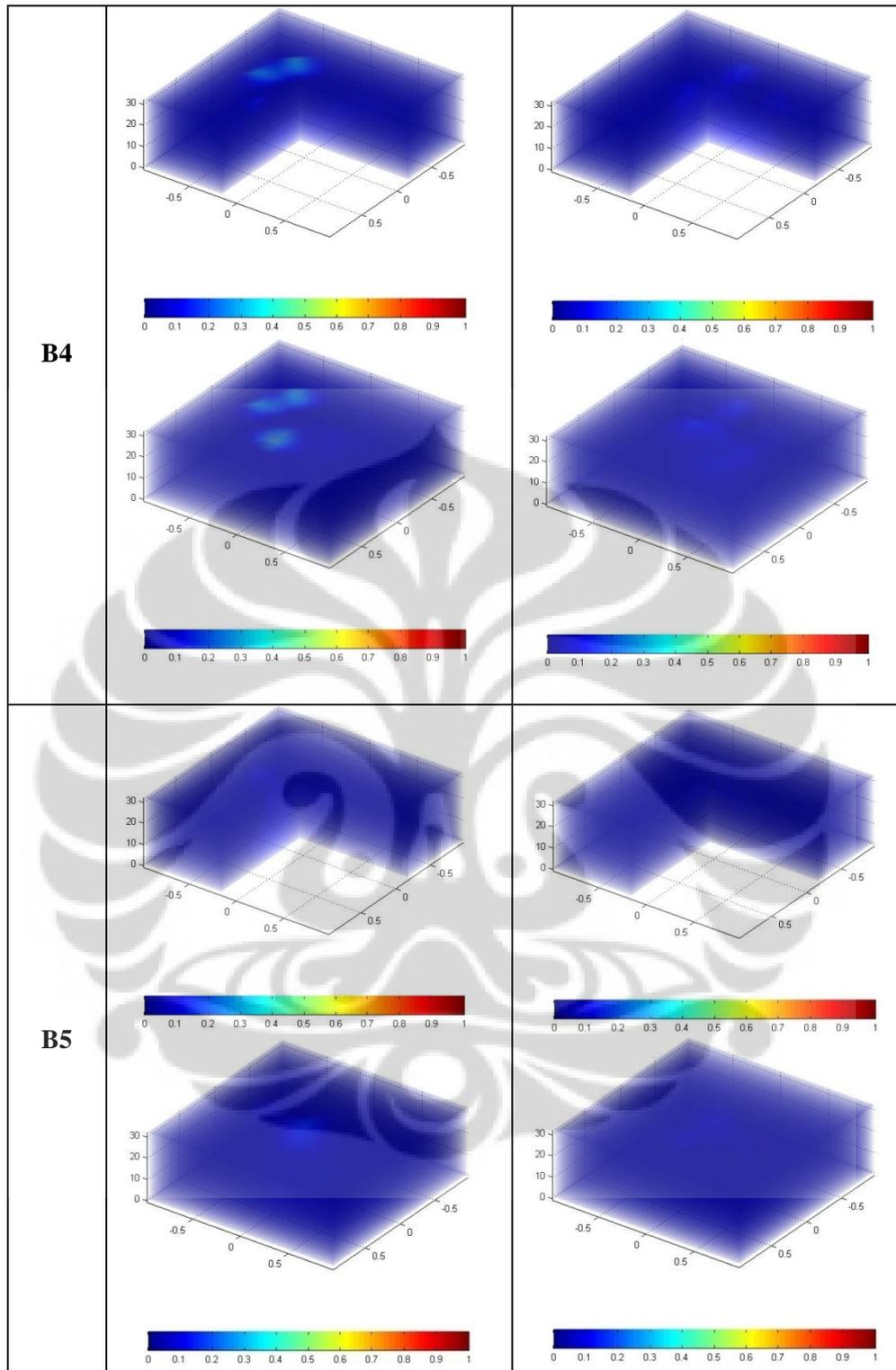




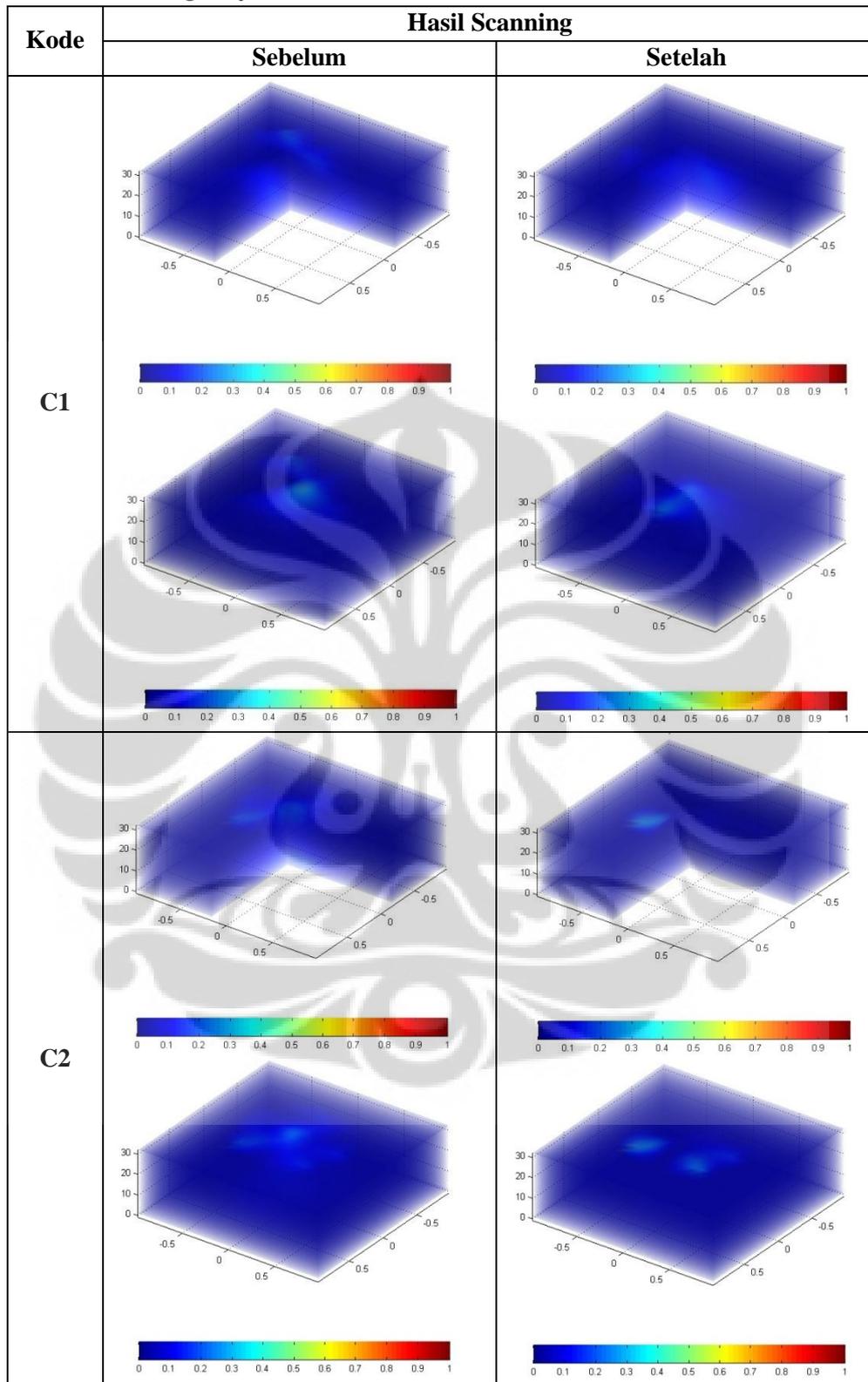
B. Hasil Scanning Payudara untuk Posisi *Medial Inferior*

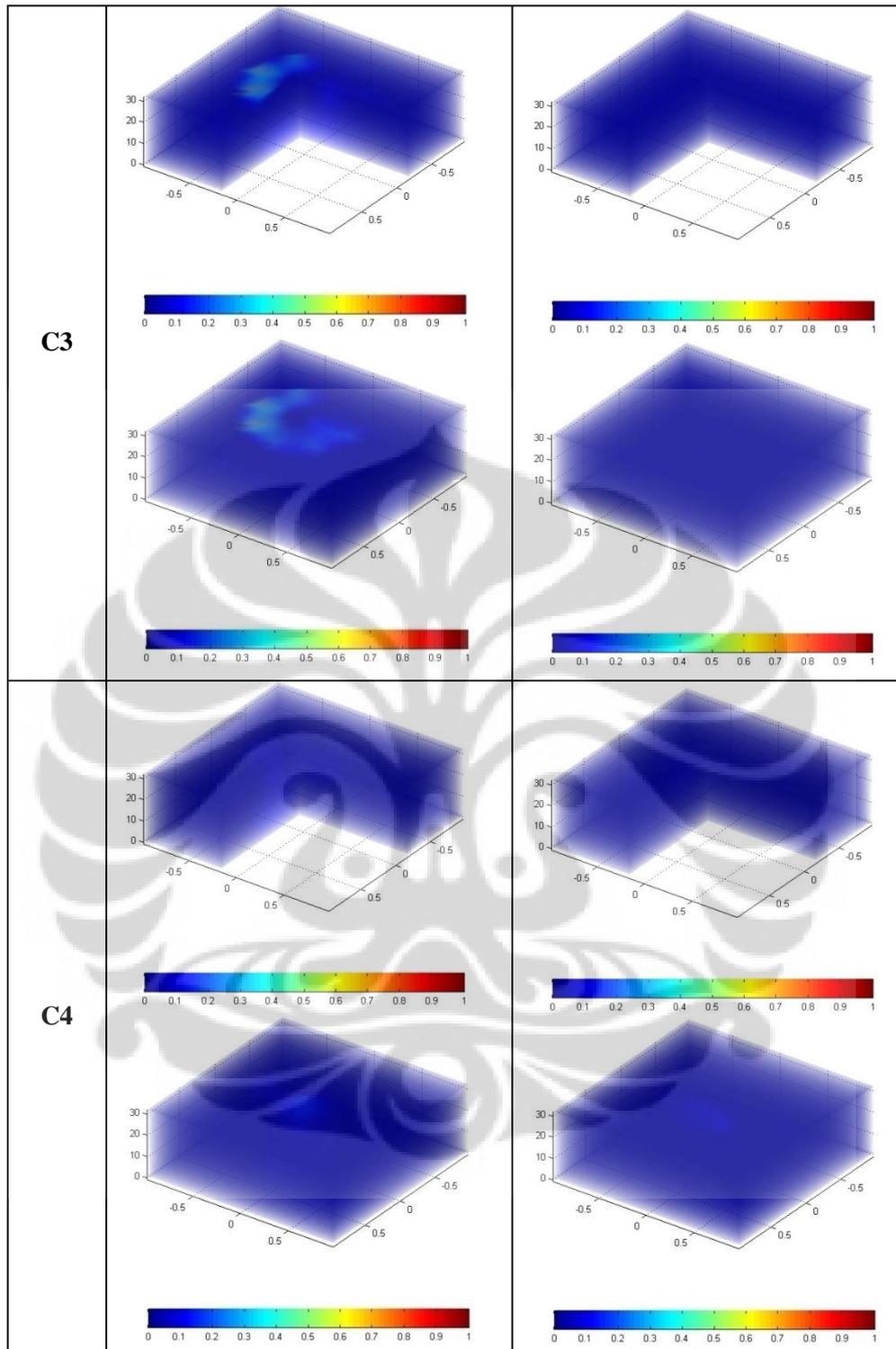


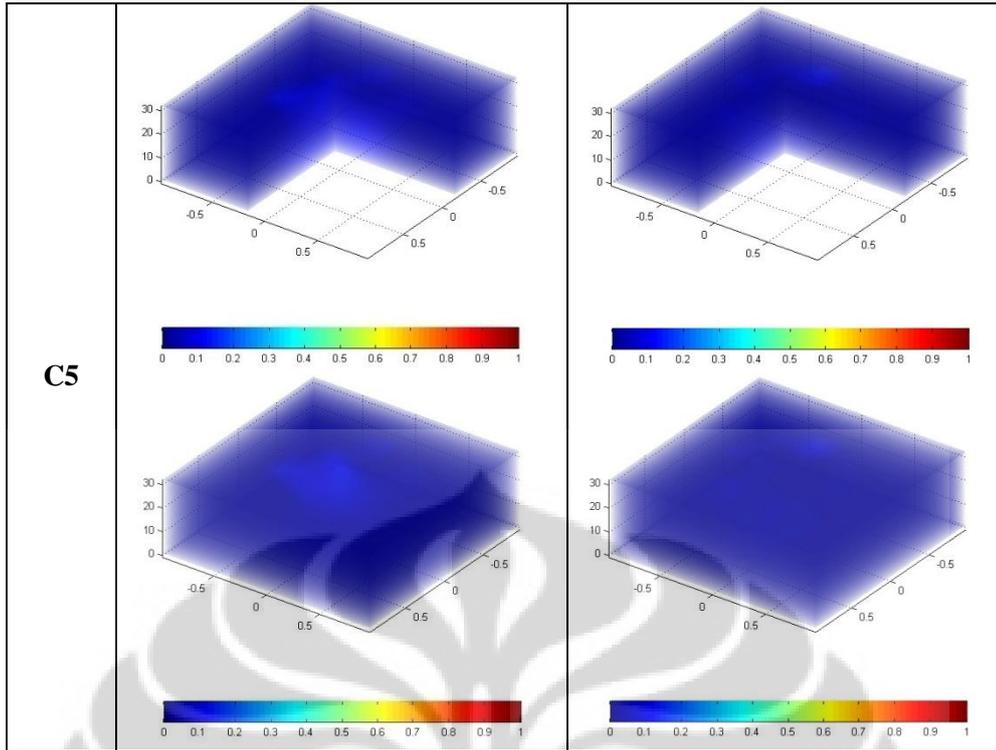




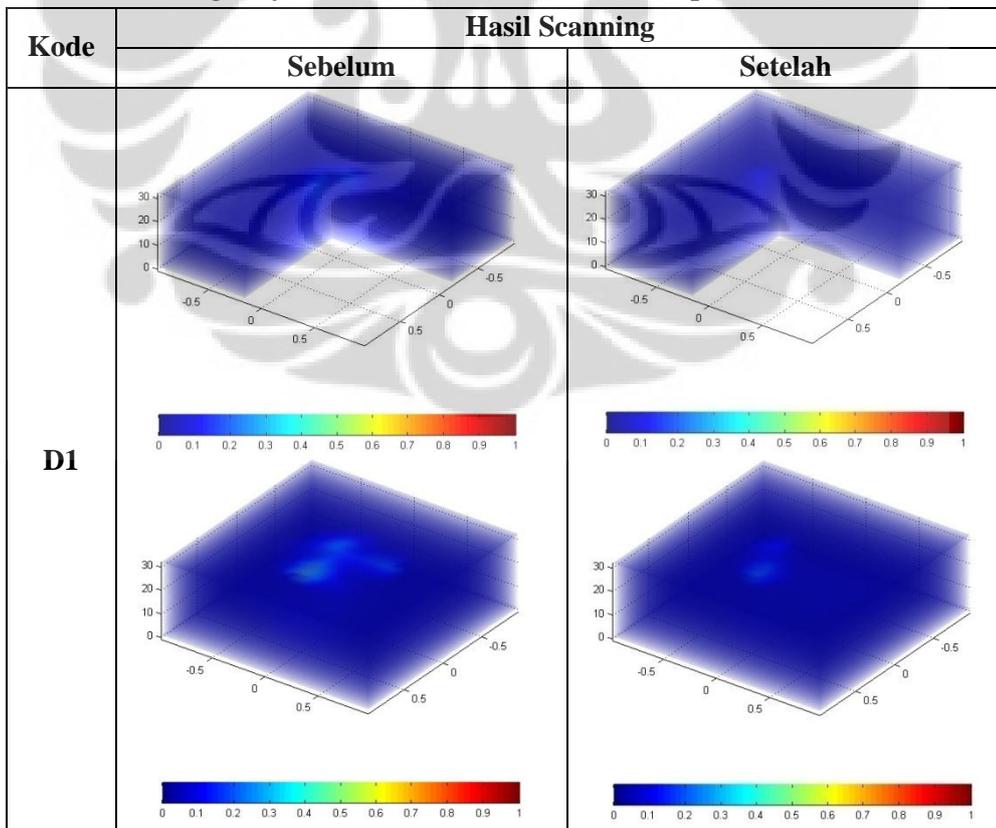
C. Hasil Scanning Payudara untuk Posisi Central

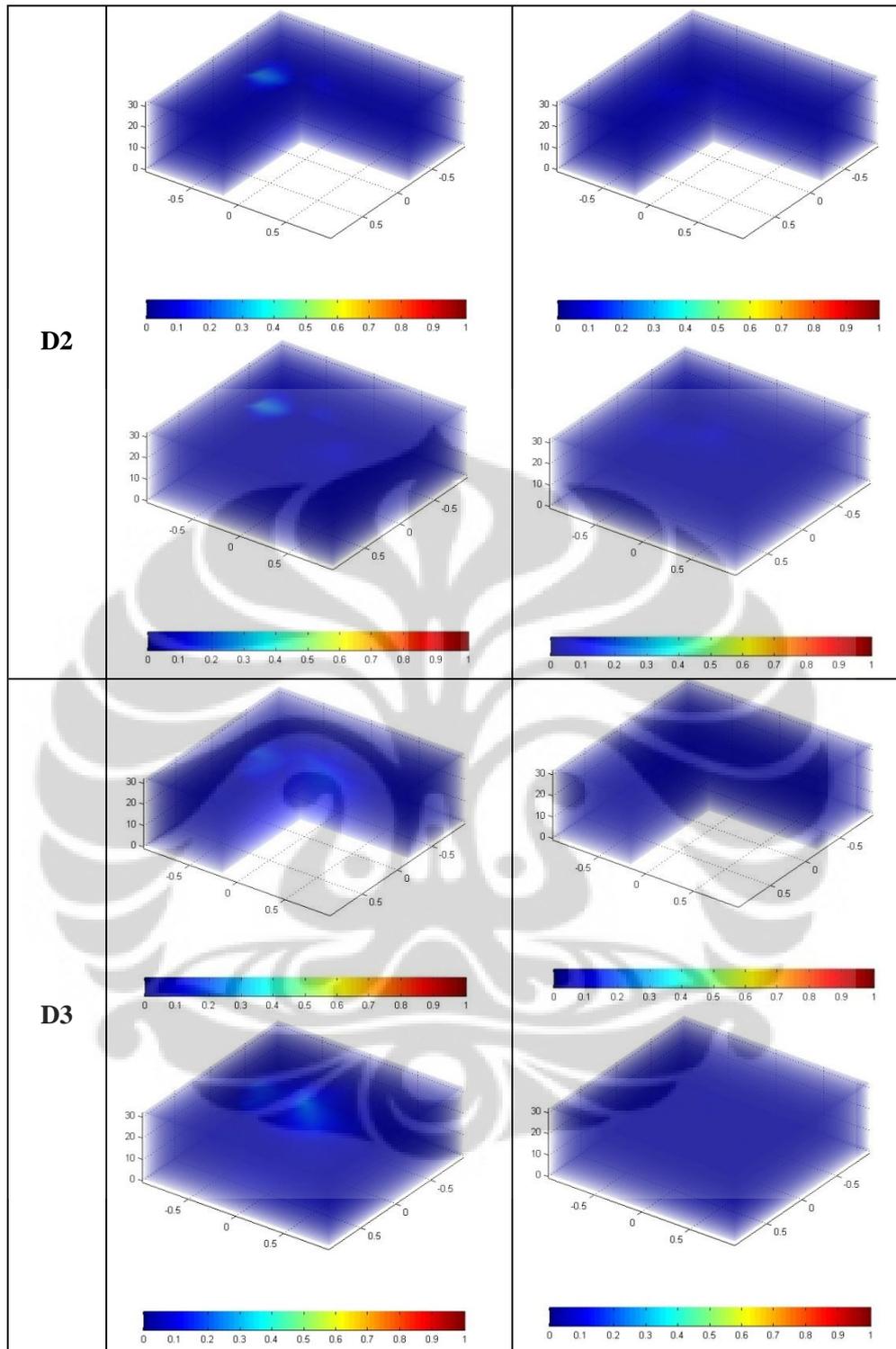


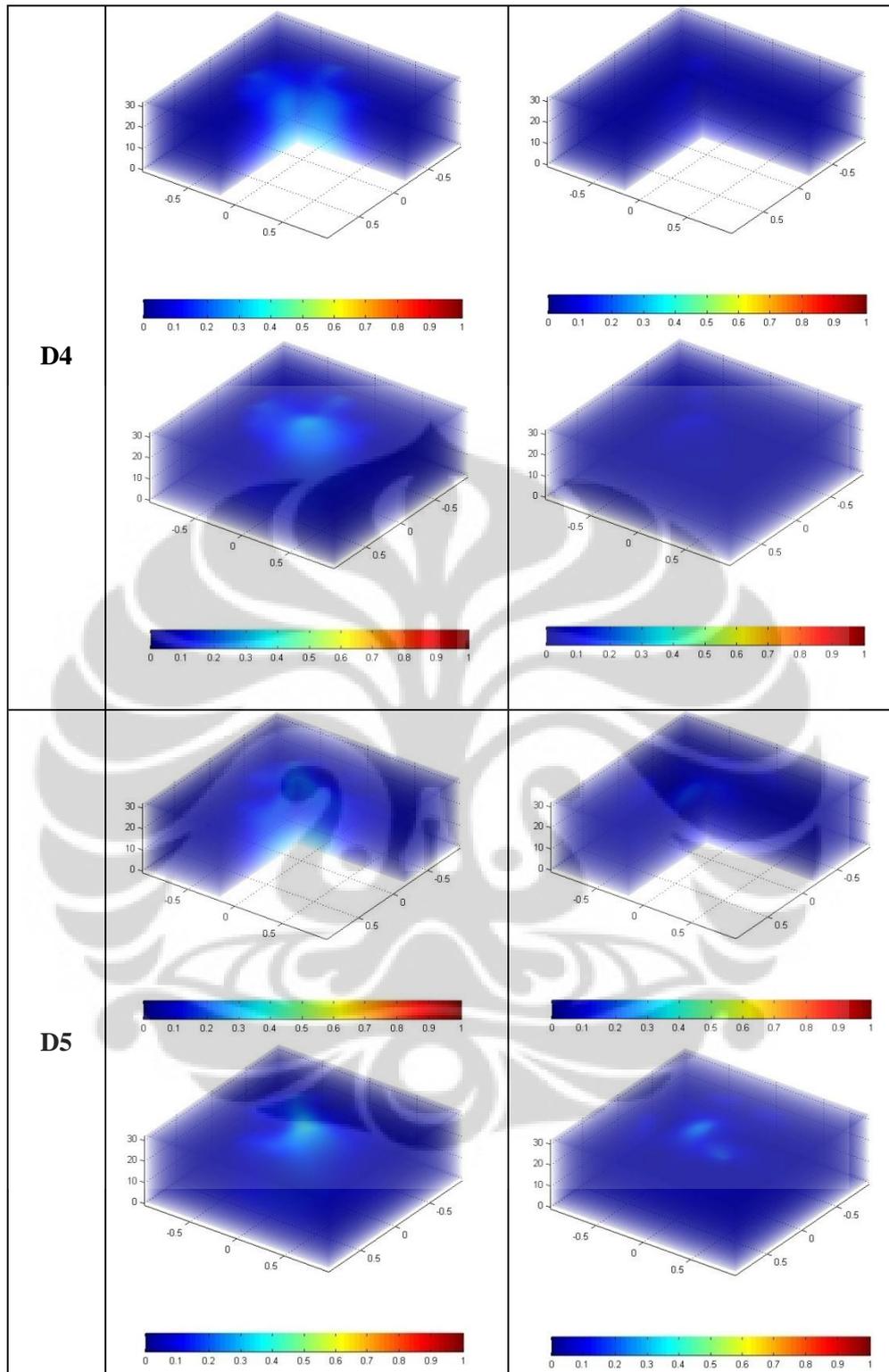




D. Hasil Scanning Payudara untuk Posisi Lateral Superior







E. Hasil Scanning Payudara untuk Posisi *Lateral Inferior*

