

SKRIPSI

**PENGUKURAN BESAR ENERGI YANG TERSERAP OLEH JARINGAN
LUNAK PADA PEMERIKSAAN ABDOMEN DENGAN MENGGUNAKAN
ALAT ULTRASONOGRAPHY**

SITI NURUL RAHMA

H211 14 309



KONSENTRASI FISIKA MEDIK DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2019



**PENGUKURAN BESAR ENERGI YANG TERSERAP OLEH JARINGAN
LUNAK PADA PEMERIKSAAN ABDOMEN DENGAN MENGGUNAKAN
ALAT ULTRASONOGRAPHY**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Sains

pada Program Studi Fisika Departemen Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuann Alam

Universitas Hasanuddin

SITI NURUL RAHMA

H211 14 309

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2019



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Siti Nurul Rahma
NIM : H211 14 309
Program Studi : Fisika
Judul Skripsi : Pengukuran Besar Energi Yang Terseraap Oleh Jaringan Lunak Pada Pemeriksaan Abdomen Dengan Menggunakan Alat Ultrasonography

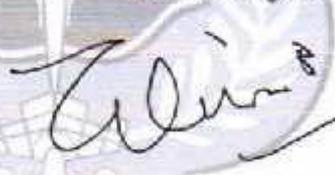


Makassar, Januari 2019

Disahkan oleh

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama



Dr. Sri Suryani, DEA

Prof. Dr. Rer-nat Wira Bahari Nurdin

NIP 19580508 198312 2 001

NIP 19670923 199003 1 001



Optimization Software:
www.balesio.com

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya orisinal saya dan sepanjang pengetahuan saya tidak memuat bahan yang pernah dipublikasi atau telah ditulis oleh orang lain dalam rangka tugas akhir untuk suatu gelar akademik di Universitas Hasanuddin atau di lembaga pendidikan tinggi lainnya dimanapun; kecuali bagian yang telah dikutip sesuai kaidah ilmiah yang berlaku. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil kerja saya sendiri dan dalam batas tertentu dibantu oleh pihak pembimbing.

Penulis,

Siti Nurul Rahma



ABSTRAK

Telah dilakukan pengukuran jumlah intensitas gelombang ultrasonik yang terserap pada pemeriksaan abdomen. Pemanfaatan gelombang ultrasonik pada bidang medis telah lama diterapkan. Hampir seluruh gangguan yang ada pada abdomen akan didahului dengan pemeriksaan menggunakan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik bukan merupakan radiasi pengion maka diasumsikan menimbulkan efek radiasi sangat kecil sehingga pemeriksaan menggunakan gelombang ultrasonik akan aman dilakukan oleh berbagai macam usia dan kondisi tubuh. Penelitian ini menggunakan sampel dengan variasi usia dan permasalahan pada abdomen dengan menganalisa perbedaan jumlah frekuensi yang digunakan dan berakibat pada jumlah intensitas gelombang yang merambat saat melakukan pemeriksaan. Perbedaan jumlah frekuensi dan jumlah intensitas gelombang tersebut akan berdampak pada jumlah intensitas gelombang yang terserap pada jaringan abdomen, meski secara statistik menunjukkan tidak ada pengaruh yang cukup besar selain pada kedalaman jaringan yang dapat dijangkau oleh gelombang pada saat merambat di dalam abdomen.

Kata Kunci : *gelombang ultrasonik; intensitas; frekuensi; abdomen.*



Abstrack

The measurement of the amount of ultrasonic wave intensity absorbed on the abdominal examination has been measured. The utilization of ultrasonic waves in the medical field has long been applied. Almost all disorders that occur in the abdomen will be preceded by examination using ultrasonic waves. Ultrasonic waves are not ionizing radiation, so it is assumed to cause very little radiation effects so that examinations using ultrasonic waves will be safely carried out by various ages and body conditions. This research uses a sample with a variety of age and abdominal problems by analyzing the difference in the number of frequencies used and resulting in the amount of wave intensity that propagates when carrying out the examination. The difference in the number of frequencies and the number of wave intensities will have an impact on the amount of wave intensity absorbed in the abdominal tissue, although statistically it shows no significant influence other than the depth of tissue that can be reached by waves when propagating inside the abdomen.

Keywords: ultrasonic waves; intensity; frequency; abdomen.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengukuran Besar Energi Yang Terserap Oleh Jaringan Lunak Pada Pemeriksaan Abdomen Menggunakan Ultrasonography” sebagai salah satu persyaratan untuk menempuh gelar sarjana sains.

Perjalanan panjang telah penulis lalui mulai dari proses penelitian hingga perampungan penulisan skripsi. Berbagai hambatan silih berganti berdatangan, namun berkat kehendak-Nyalah sehingga penulis berhasil menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Dalam kesempatan ini pula, penulis menghaturkan terima kasih yang dalam atas bantuan sumbangan ide dan pikiran serta waktu terkhusus kepada:

1. Ibunda tercinta Hj. Masliah Majid, serta orang tua atau wali penulis selama menyelesaikan pendidikan di Universitas Hasanuddin yaitu ayahanda Dr. Ir. Rahmadi Tambaru, M.Si dan ibunda Nurmadiyah Majid, S.Pd, kemudian dukungan dan bantuan yang sangat berarti dari adik-adik tersayang Abdullah Irfan Rahmadi, Dina Fitriyah Nurin, dan Muhammad Hussein Yusuf, serta kepada seluruh keluarga yang senantiasa memanjatkan do'a, member dorongan, nasehat, motivasi, dan dukungan moril maupun materil.
2. Fadhli Ibnu Qayyim, S.T., sebagai salah satu motivator terbesar penulis agar segera menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas waktu yang diluangkan jika penulis membutuhkan saran dan sukarela menjadi editor yang baik dan sabar hingga skripsi ini rampung.
3. Ibu Dr. Sri Suryani, DEA., selaku pembimbing utama penulis dalam menyelesaikan penelitian ini, terima kasih atas arahan, nasehat, bantuan saran dan ide serta segala yang telah diberikan, tiada kata yang cukup



untuk menggambarkan bentuk syukur penulis karena telah dibimbing oleh beliau.

4. Prof. Dr. rer-nat Wira Bahari Nurdin., sebagai pembimbing pertama yang telah bersedia untuk menjadi pembimbing dan memberi kepercayaan sepenuhnya atas kepenulisan skripsi ini.
5. Dr. H. arifin, M.T., selaku Ketua Departemen Fisika, Universitas Hasanuddin.
6. Ibu Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc., Prof. Dr. Dahlang Tahir, M.Si., dan Ibu dra. Bidayatul Armynah, M.T., sebagai Tim Penguji skripsi fisika yang telah banyak memberikan masukan dan saran untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini.
7. Bapak Bannu, S.Si, M.Si., sebagai Penasehat Akademik yang telah banyak memberikan nasihat, arahan dan motivasi serta bimbingannya selama penulis menempuh pendidikan selama proses perkuliahan.
8. dr. Elypas, Sp. Rad., selaku dokter yang membantu penulis saat melakukan penelitian sekaligus kepala Rumah Sakit Bhakti Kasih Polewali Mandar yang memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di Rumah Sakit tersebut.
9. Sahabat-sahabat terbaik, Yuni Pusfita, Yaser Arafat, Andi Muhammad Fachrizal yang sangat membantu memberikan semangat dan bersedia menjadi pendengar yang baik ketika penulis membutuhkan tempat untuk mencurahkan kesulitan-kesulitan saat proses penyusunan skripsi. Besar harapan penulis agar kalian juga segera menyelesaikan pendidikan strata satu ini secepatnya.
10. Teman-teman Fisika Angkatan 2014, terkhusus kepada Hasmilah Hasman dan Uvi Damayanti, S.Si., yang telah memberi kesan yang sangat banyak sehingga selama masa perkuliahan penulis sangat berwarna.
11. Adik-adik Fisika Angkatan 2015, terkhusus kepada Ukhty Shafira Auliya, Hairul Putrida, Dewi Rohani Musa, Mufliha, serta member of 'Maha and friends' yang memberi dukungan dan bersedia menjadi adik sekaligus



teman angkatan. Penulis akan kesulitan menyelesaikan perkuliahan tanpa kalian. Terima kasih banyak.

12. Adik-adik Fisika Angkatan 2016, terkhusus kepada (Riri, Hilda, and the gang), yang memberi dukungan moril yang sangat besar kepada penulis.
13. Teman-teman dan sahabat FMIPA UNHAS yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam mengerjakan skripsi.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan kontribusi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan sangat baik.

Semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembacanya, terutama pada pengembangan study dalam bidang Fisika Medik. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih banyak dan semoga Allah SWT melimpahkan karunia-Nya kepada kita semua. Aamiin Yaa Rabbal 'Alamin.

Makassar, Januari 2019

Siti Nurul Rahma



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
DAFTAR ISI	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR TABEL	
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Gelombang Ultrasonik	3
II.1.1 Perambatan Gelombang Ultrasonik	3
II.1.2 Parameter Gelombang	4
II.1.2.1 Panjang Gelombang	4
II.1.2.2 Frekuensi	4
II.1.2.3 Cepat Rambat	5
II.1.2.4 Intensitas Suara	7
II.1.2.5 Hubungan Intensitas Gelombang Ultrasonik dengan Amplitudo dan Frekuensi	8
II.2 Hubungan Gelombang Bunyi Terhadap Jaringan	9
II.2.1 Impedansi Akustik dengan Jaringan	10
II.2.2 Refleksi	12
II.2.3 Atenuasi	13
Ultrasonography	14



II.3.1 Perkembangan <i>Ultrasonography</i>	14
II.3.2 Jenis-jenis <i>Ultrasonography</i>	15
II.4 Unit Pesawat <i>Ultrasonography</i>	15
II.4.1 Monitor dan Meja Kontrol.....	15
II.4.2 Transduser <i>Ultrasonography</i>	16
II.5 Pencitraan <i>Ultrasonography</i>	16
II.5.1 Proses Pencitraan <i>Ultrasonography</i>	16
II.5.2 Hasil Citra <i>Ultrasonography</i>	19
II.6 Jaringan Lunak	20
II.6.1 Pemeriksaan USG pada Jaringan Lunak	20
II.6.2 Pemeriksaan USG pada Jaringan Lunak di Bagian Abdomen	21
II.6.1 Anatomi Abdomen	21

BAB III METODE PENELITIAN

III.1 Metode Penelitian	25
III.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	25
III.3 Alat dan Bahan yang Digunakan	25
III.4 Prosedur Penelitian.....	26
III.4.1 Besaran Akhir yang Dituju	26
III.4.2 Bagan Alur Penelitian	27

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil.....	30
IV.1.1 Data Sampel	30
IV.1.1.1 Rentang Usia	30
IV.1.1.2 Berat Badan	30
IV.1.1.3 Organ	31



IV.1.2 Data Hasil Perhitungan.....	32
IV.1.2.1 Perhitungan Impedansi	32
IV.1.2.2 Perhitungan Atenuasi	33
IV.1.2.3 Perhitungan Intensitas yang Diserap	
IV.1.3 Hasil Perhitungan Data pada Saat Pemeriksaan Organ atau Jaringan	39
BAB V PENUTUP	
V.1 Kesimpulan.....	55
V.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pemantulan Gelombang Tergantung dari Kecepatan Ultrasound Menembus Medium	12
Gambar 2.2	Refleksi Gelombang pada USG	13
Gambar 2.3	Transduser Memancarkan Gelombang	17
Gambar 2.4	Skematik Desain Pencitraan Pesawat Ultrasonografi (USG)	17
Gambar 2.5	Proses Pemeriksaan Menggunakan USG	21
Gambar 2.6	Kuadran Empat Bagian Abdomen	21
Gambar 2.7	(a) (b) Urutan Bagian Abdomen Manusia	22
Gambar 2.8	(a) Urutan Anatomi Wanita Bagian Abdomen dari Samping (b) Urutan Anatomi Pria Bagian Abdomen dari Samping	22
Gambar 3.1	Skema Alur Penelitian.....	27
Gambar 4.1	(a) Grafik Hubungan Konstanta Atenuasi pada Intensitas yang Diserap (b) Grafik Hubungan Intensitas Serap dengan Jumlah Frekuensi pada Suatu Jaringan	37
Gambar 4.2	Hasil Pemeriksaan Pembuluh Darah Menggunakan Frekuensi 5.0 MHz	39
Gambar 4.3	Anatomi Abdomen Wanita Hamil	39
Gambar 4.4	Hasil Pemeriksaan Kehamilan Menggunakan Frekuensi 3,5 MHz	43
Gambar 4.5	Anatomi Abdomen Wanita Hamil	43
Gambar 4.6	Hasil Pemeriksaan Organ Ginjal Menggunakan Frekuensi 2,5 MHz	48
Gambar 4.7	Anatomi Abdomen Manusia	49



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan Antara Kedalaman yang Dapat Dijangkau Oleh Beberapa Frekuensi yang Berbeda	4
Tabel 2.2 Laju Suara yang Merambat Melewati Jaringan Lunak pada Abdomen	6
Tabel 2.3 Nilai Densitas Medium Organ di Abdomen	11
Tabel 3.1 Parameter dan formula yang digunakan	26
Tabel 4.1 Rentang Usia Pasien	30
Tabel 4.2 Berat Badan.....	30
Tabel 4.3 Organ yang Diperiksa	31
Tabel 4.4 Perhitungan Jumlah Impedansi	32
Tabel 4.5 Penentuan Koefisien Atenuasi Jaringan Lunak di Abdomen pada Wanita	33
Tabel 4.6 Penentuan Koefisien Atenuasi Jaringan Lunak di Abdomen pada Pria	33
Tabel 4.7 Perhitungan Jumlah Atenuasi dan Konstanta Intensitas Serap di Abdomen pada Wanita.....	34
Tabel 4.8 Perhitungan Jumlah Atenuasi dan Konstanta Intensitas Serap di Abdomen pada Pria	34
Tabel 4.9 Intensitas yang Diserap di Abdomen pada Wanita.....	35
Tabel 4.10 Intensitas Akhir Setelah Diserap di Abdomen pada Pria.....	36
4.11 Pemeriksaan Jaringan Pembuluh Darah dari Kulit ke Lemak	40
4.12 Pemeriksaan Jaringan Pembuluh Darah dari Lemak ke Otot	41



Tabel 4.13 Pemeriksaan Jaringan Pembuluh Darah dari Otot ke Pembuluh Darah	44
Tabel 4.14 Pemeriksaan Kehamilan dari Kulit ke Lemak	44
Tabel 4.15 Pemeriksaan Kehamilan dari Jaringan Lemak ke Otot.....	45
Tabel 4.16 Pemeriksaan Kehamilan dari Jaringan Otot ke Pembuluh Darah...	46
Tabel 4.17 Pemeriksaan Kehamilan dari Pembuluh Darah ke Uterus	47
Tabel 4.18 Pemeriksaan Kehamilan dari Uterus ke Plasenta	49
Tabel 4.19 Pemeriksaan Ginjal dari Kulit ke Lemak.....	50
Tabel 4.20 Pemeriksaan Ginjal dari Lemak ke Otot.....	51
Tabel 4.21 Pemeriksaan Ginjal dari Otot ke Pembuluh Darah.....	51
Tabel 4.22 Pemeriksaan Ginjal dari Pembuluh Darah ke Hati	52
Tabel 4.23 Pemeriksaan Ginjal dari Hati ke Ginjal	



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Gelombang didefinisikan sebagai gejala atau proses rambatan dari suatu getaran. Gelombang akan terus terjadi jika sumber getaran ini akan bergetar secara terus-menerus. Berdasarkan mediumnya, gelombang kemudian dibagi menjadi dua yakni gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik. Gelombang mekanik memerlukan medium atau zat perantara agar dapat merambat, sedangkan gelombang elektromagnetik tidak memerlukan medium dalam proses perambatannya.

Ultrasonik merupakan salah satu contoh dari gelombang mekanik. Ultrasonik adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan gelombang yang merambat pada frekuensi di luar batas jangkauan pendengaran manusia. Penerapan gelombang ultrasonik saat ini sangat banyak, khususnya dalam bidang kesehatan. Ultrasonografi atau disingkat USG merupakan salah satu alat untuk pencitraan diagnostik menggunakan gelombang bunyi ultrasonik. Ultrasonografi dapat memvisualisasikan, menentukan ukuran struktur otot dan organ tubuh bagian dalam serta mengetahui kemungkinan adanya jaringan yang rusak [1].

Berbagai macam penggunaan gelombang ultrasonic dalam bidang kesehatan, salah satunya adalah ultrasonografi Abdomen (*Abdominal Ultrasound*). Ultrasonografi abdomen adalah prosedur yang digunakan untuk memeriksa organ-organ dalam perut dengan menggunakan sebuah *transducer* ultrasonografi yang ditempelkan erat pada kulit perut. Gelombang suara energi tinggi dari transducer memantul pada jaringan dan membuat gema. Gema ini akan dikirim ke monitor komputer yang ditampilkan dalam bentuk citra atau gambar but sonogram. Namun pada saat pemeriksaan, perlu diperhatikan jumlah yang dipancarkan oleh transducer, sebab akan mempengaruhi hasil dari n. Jumlah frekuensi yang tidak sesuai akan berdampak pada jumlah



intensitas gelombang dan energi yang diterima oleh organ yang diperiksa. Semakin tinggi intensitas suara yang digunakan, maka semakin besar paparan energi yang diterima oleh sel atau jaringan tersebut, selain itu penggunaan frekuensi yang tinggi dibatasi oleh atenuasi yang lebih besar atau hilangnya kekuatan *signal* di jaringan dan dengan demikian kedalaman penetrasi akan menjadi lebih pendek. Untuk alasan ini, rentang frekuensi yang berbeda digunakan untuk pemeriksaan bagian tubuh yang berbeda [2].

Berdasarkan kasus tersebut, peneliti akan melakukan penelitian untuk mengetahui jumlah energi serap yang dialami oleh setiap organ di dalam abdomen manusia pada saat melakukan pemeriksaan menggunakan pesawat *Ultrasonography* dengan memperhatikan jumlah frekuensi yang digunakan.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Berapa jumlah energi serap yang diterima oleh jaringan lunak pada abdomen saat melakukan pemeriksaan ultrasonografi?
2. Apa yang mempengaruhi jumlah energi serap yang diterima oleh jaringan lunak?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini yaitu:

1. Menghitung jumlah energi yang terserap oleh jaringan lunak pada abdomen saat melakukan pemeriksaan menggunakan ultrasonografi.
2. Mengetahui penyebab perbedaan jumlah energi serap yang diterima oleh jaringan lunak pada abdomen saat melakukan pemeriksaan ultrasonografi.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II. 1 Gelombang Ultrasonik

Ultrasound atau suara ultra adalah gelombang suara berfrekuensi lebih dari 20.000 Hz. Kebanyakan peralatan diagnostik dalam dunia kedokteran menggunakan frekuensi 1-10 MHz (1 MHz = 1.000.000 Hz). Gelombang suara yang melalui medium menyebabkan partikel yang ada di dalam medium bergerak maju mundur secara longitudinal sehingga terjadi pemadatan (kompresi) dan peregangan partikel yang berdekatan. Jarak antara dua kelompok partikel yang memadat dan meregang disebut panjang gelombang [1].

Gelombang bunyi ini merupakan getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tanpa terjadi perpindahan partikel [2]. Apabila gelombang bunyi merambat mencapai batas permukaan maka gelombang bunyi tersebut akan mengalami transmisi dan refleksi. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang mekanik dengan frekuensi di atas 20 kHz. [3].

II.1.1 Perambatan Gelombang Ultrasonik

Gelombang ultrasonik merambat sebagai gelombang longitudinal dalam jaringan lunak yang molekulnya bergetar dan saling menyalurkan energi sehingga energi gelombang ultrasonik merambat ke seluruh tubuh. Kecepatan rata-rata bagi jaringan lunak adalah 1540 m/s sedangkan pada tulang 4620 m/s. Masing-masing jaringan tubuh mempunyai impedansi akustik tertentu. Pada jaringan yang heterogen akan ditimbulkan bermacam-macam *echo* atau gema jaringan yang *chogenic*. Pada jaringan yang *homogeny* hanya sedikit atau sama sekali *echo* disebut *anechoic* atau *echofree* atau *echo* bebas [5].



II.1.2 Parameter Gelombang

Gelombang *ultrasound*, menyebabkan partikel medium bergetar searah dengan arah rambat gelombang. Karakteristik gelombang *ultrasound* dinyatakan dengan beberapa parameter, diantaranya: frekuensi, periode, panjang gelombang, kecepatan bunyi, amplitudo, dan intensitas.

II.1.2.1 Panjang Gelombang

Panjang satu gelombang sama dengan jarak yang ditempuh dalam waktu satu periode. Pada panjang gelombang dari gelombang transversal, satu gelombang terdiri atas 3 puncak dan 2 lembah. Jarak antara dua puncak yang berurutan disebut setengah panjang gelombang, sedangkan pada gelombang longitudinal, satu gelombang terdiri dari satu rapatan dan satu regangan.

II.1.2.2 Frekuensi

Frekuensi gelombang merupakan banyaknya gelombang yang terjadi dalam satu satuan waktu. Tinggi rendahnya bunyi ditentukan oleh cepat-lambatnya getaran dari sumber bunyi. Frekuensi yang dihasilkan oleh suatu sumber bunyi dapat diamati pada layar osiloskop. Bunyi dengan frekuensi yang rendah menghasilkan bentuk gelombang yang kurang rapat, bunyi dengan frekuensi yang tinggi menghasilkan bentuk gelombang yang lebih rapat. Frekuensi pulsa ultrasonik digunakan untuk menentukan keseimbangan antara ketelitian citra dan kedalaman yang dapat dijangkau [19].



Tabel 2.1 Hubungan antara Kedalaman yang Dapat Dijangkau oleh Beberapa Frekuensi yang Berbeda (Sumber: Diana, 2010)

Frekuensi (Mhz)	Kedalaman (mm)
1	40
2	20
3	13
5	8
10	4

Pada umumnya pulsa dengan frekuensi yang tinggi menghasilkan citra berkualitas tinggi tapi tidak dapat menembus tubuh lebih dalam. Sumber suara berasal dari getaran objek dan elemen transducer piezoelektrik. Panjang gelombang dengan jarak perambatannya selama satu periode temporal dituliskan dalam persamaan:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2.1)$$

II.1.2.3 Cepat Rambat

Resolusi gambar yang dihasilkan oleh alat ultrasonografi ditentukan oleh panjang gelombang, semakin pendek gelombang suaranya maka menghasilkan resolusi yang semakin baik. Pada umumnya, alat-alat ultrasonografi memiliki panjang gelombang antara 0,1 hingga 1,5 mm. Secara umum, hubungan antara kecepatan suara dengan frekuensi dan panjang gelombang dapat dituliskan:

$$v = f\lambda \quad (2.2)$$



engan:

kecepatan suara (m/s)

λ adalah panjang gelombang (m)

f adalah frekuensi (Hertz)

Kecepatan gelombang ultrasonik digunakan untuk menentukan kedalaman lokasi dari struktur organ yang ada di dalam tubuh. Kecepatan perjalanan gelombang suara melalui suatu medium ditentukan berdasarkan karakteristik material.

Tabel 2.2. Laju Suara yang Merambat Melewati Jaringan Lunak pada Abdomen (Sumber: IT'IS Foundation. 2018)

Organ	Laju Suara (m/s)
Kulit	1624,0
Otot	1588,4
Darah	1578,2
Dinding Pembuluh Darah	1569,1
Air	1482,3
Lemak	1440,2
Ginjal	1554,3
Hati	1585,7
Limpa	1500,0
Pankreas	1591,0
Plasenta	1500,0



Prostat	1559,5
Tali Pusar	1542,0
Lambung	1500,0
Empedu	1567,6
Ligamen	1750,0
Uterus	1629,0
Uretra	1569,1

Kecepatan gelombang suara dalam medium cairan seperti jaringan lunak dituliskan dengan persamaan:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (2.3)$$

dengan ρ merupakan densitas dari material dan E adalah faktor yang berhubungan dengan sifat elastisitas material. Kecepatan gelombang ultrasonik bervariasi pada jaringan tubuh. Panjang gelombang *ultrasound* mempengaruhi resolusi gambar yang dapat diperoleh, semakin tinggi frekuensinya maka semakin pendek panjang gelombangnya dan semakin baik resolusinya, namun atenuasi juga akan lebih besar pada jumlah frekuensi yang lebih tinggi [20].

II.1.2.4 Intensitas Suara

Selain itu, hal lain yang perlu diperhatikan adalah intensitas suara. Hal ini berkaitan dengan keamanan pemakaian ultrasonografi. Intensitas suara adalah kekuatan suara per luas daerah tertentu (watt/cm^2) atau dapat pula dikatakan

intensitas gelombang merupakan besarnya energi gelombang yang melewati suatu permukaan, intensitas ini didefinisikan sebagai jumlah energi yang mengalir per satuan waktu per satuan luas yang tegak lurus terhadap arah



rambat gelombang. Semakin tinggi intensitas suara yang digunakan, maka semakin besar paparan energi yang diterima oleh sel dan dapat membahayakan sel atau jaringan tersebut [6, 19]. Untuk menghitung intensitas gelombang ultrasonik perlu diketahui energi yang dibawa oleh gelombang tersebut. Intensitas gelombang ultrasonik (I) adalah energi yang melewati luas permukaan medium 1 m^2/s atau $watt/m^3$ [10]. Untuk sebuah permukaan, intensitas gelombang ultrasonik dituliskan dalam persamaan:

$$I = \frac{1}{2\rho v A^2 (2\pi f)^2} = \frac{1}{2Z(a\omega)^2} \quad (2.4)$$

dengan ρ = Massa jenis medium atau jaringan (kg/m^3);

f = Frekuensi (Hz);

v = Kecepatan gelombang ultrasonik (m/s^3);

V = Volume (m^3);

A = Amplitudo maksimum (m);

$Z = \rho v$ = Impedansi Akustik (kg/m^2s);

ω = Frekuensi sudut (rad/s).

Intensitas suatu gelombang suara setelah diserap pada saat merambat pada suatu medium dipengaruhi oleh atenuasinya. Berdasarkan persamaan:

$$I_f = I_o \times 10^{-\frac{\text{attenuasi}}{10}} \quad (2.5)$$

dengan I_f = Intensitas akhir setelah diserap ($watt/cm^2$)

I_o = Intensitas awal ($watt/cm^2$)



II.1.2.5 Hubungan Intensitas Gelombang Ultrasonik dengan Amplitudo dan Frekuensi

Gelombang ultrasonik yang merambat membawa energi dari satu medium ke medium lainnya, energi dipindahkan sebagai energi getaran dari partikel ke partikel medium tersebut. Besarnya energi yang dibawa partikel tersebut dapat dituliskan [18]:

$$E = \frac{1}{2kA^2} \quad (2.6)$$

dengan $k = \text{Konstanta} = 4\pi^2mf^2$; dan $A = \text{Amplitudo (m)}$

Kemudian :

$$E = 2\pi^2mf^2A^2 \quad (2.7)$$

dengan $m = \rho V = \rho S l = \rho S v t = \text{Massa (kg)}$

$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$

$S = \text{Luas permukaan yang dilalui gelombang (m}^2\text{)}$

Maka :

$$E = 2\pi^2\rho S v f^2 A^2 \quad (2.8)$$

Dari persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa energi yang dibawa oleh gelombang ultrasonik sebanding dengan kuadrat amplitudo.

II.2 Hubungan Gelombang Bunyi terhadap Jaringan

Gelombang ultrasonik merambat dalam jaringan lunak sebagai gelombang longitudinal dengan rata-rata kecepatan 1540 m/s (jaringan lemak 1470 m/s; otot

s). Panjang gelombang *ultrasound* yang menghasilkan gambar dapat dikatakannya bahwa frekuensi yang tinggi menyebabkan panjang gelombang yang pendek, namun menghasilkan resolusi yang lebih baik. Namun bagaimanapun juga, penetrasi akan menjadi lebih besar jika frekuensinya besar. Refleksi,



hamburan, difraksi dan pembiasan merupakan interaksi antara USG dan medianya. Absorpsi menyebabkan redaman dari sinar *ultrasound* yang merambat dalam suatu medium. Dalam jaringan lunak, redaman oleh penyerapan berkisar sekitar 0,5 dB per sentimeter jaringan dan per megaHertz. Atenuasi membatasi kedalaman pemeriksaan dengan jumlah frekuensi yang dipancarkan, kedalaman jarak ini disebut penetrasi. Perbedaan antara impedansi akustik jaringan lunak dan organ sangat kecil. Hanya ada fraksi yang sangat kecil pada pulsa *ultrasound* yang direfleksikan, dan lebih banyak energi yang ditransmisikan. Udara dan gas memantulkan hampir seluruh energi *ultrasound* yang masuk kedalam jaringan. Oleh karena itu, bayangan akustik terlihat dibalik gelembung gas. Untuk alasan ini, ultrasonografi tidak cocok untuk pemeriksaan jaringan yang mengandung udara seperti paru-paru [20].

II.2.1 Impedansi Akustik dengan Jaringan

Impedansi akustik merupakan respon suatu bahan bila dilalui gelombang bunyi pada medium tertentu. Impedansi akustik sama dengan produk densitas jaringan dan kecepatan gelombang *ultrasound* dalam jaringan. Keadaan ini terjadi karena jaringan memiliki hambatan yang berbeda sehingga gelombang suara dapat menghasilkan gambar ultrasonografi dari bagian tubuh yang diperiksa [11]. Jika jaringan tubuh yang berbeda namun homogeni, maka tidak ada pantulan yang dihasilkan bidang batas dan tubuh akan terlihat *anecho* atau tanpa *echo*. Jika dua jaringan yang berbeda dijajarkan, misalnya hati dan diafragma, akan menghasilkan bidang batas akustik. Perbedaan bidang batas akan menghasilkan variasi jumlah pantulan dari gelombang suara yang datang. Jumlah pantulan atau hamburan ditentukan berdasarkan perbedaan impedansi akustik dari jaringan pada bidang batasnya. Secara matematis dinyatakan dalam persamaan [12]:

$$Z = \rho v \quad (2.9)$$

Z = Impedansi (MRayl)

ρ = Densitas medium (gr/cm^3)



$v =$ Kecepatan suara (m/s)

Tabel 2.3 Nilai Densitas Medium Organ di Abdomen (Sumber: IT'IS Foundation. 2018).

Organ	Densitas (gr/cm^3)
Kulit	1109
Otot	1090
Darah	1050
Dinding Pembuluh Darah	1102
Air	994
Lemak	911
Ginjal	1066
Hati	1079
Limpa	1019
Pankreas	1087
Plasenta	1018
Prostat	1045
Tali Pesar	1075
Lambung	1088
Empedu	1089

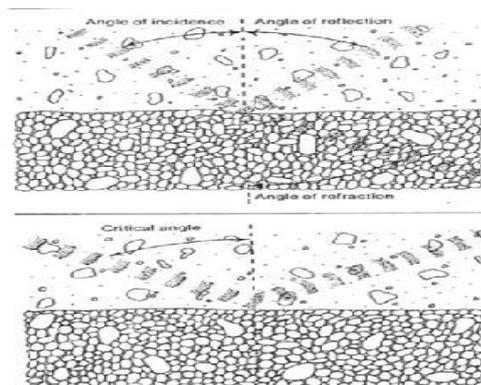


Ligamen	1142
Uterus	1105
Uretra	1102

Perbedaan impedansi akustik bidang batas yang besar, seperti tulang dan udara, energi suara datang hampir semuanya dipantulkan, tapi jika perbedaan lebih kecil seperti otot dan lemak, pantulan hanya bagian kecil dari energi suara yang datang, kemudian sisa energinya dilanjutkan ke medium yang lain.

II.2.2 Refleksi

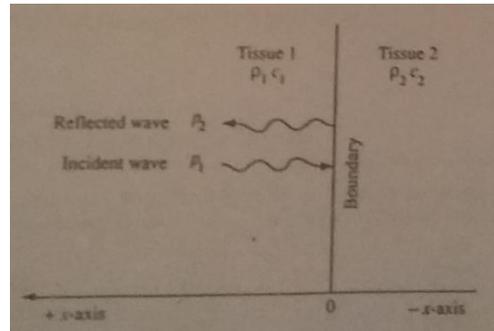
Refleksi adalah mekanisme pemantulan intensitas gelombang suara oleh permukaan medium. Semakin besar intensitas yang dipantulkan, maka akan semakin sedikit intensitas yang ditransmisikan ke dalam medium. Udara dan tulang merupakan medium yang memiliki daya reflektor yang sangat kuat, sehingga sulit dilalui gelombang suara. Cairan darah serta berbagai jaringan lunak tubuh memiliki daya reflektor yang lemah sehingga mudah dilalui gelombang suara [8].



Gambar 2.1 Pemantulan Gelombang Tergantung dari Kecepatan *Ultrasound* Menembus Medium (Sumber: Bushong, 1988)



Prinsip-prinsip utama dalam peralatan pencitraan ultrasonik memiliki prinsip reflektif gelombang dan lebih dikenal pada spektrum radio sebagai gema atau *echo*. Jaringan dibedakan oleh intensitas gelombang pantul [9].



Gambar 2.2 Refleksi Gelombang pada USG (Sumber: Richard Aston, 1990)

Bila gelombang *ultrasound* mengenai batas dua medium dengan karakteristik akustik berbeda, terjadi refleksi. Rasio intensitas gelombang refleksi dengan gelombang datang (R), tergantung pada karakteristik impedansi kedua material z_1 dan z_2 .

$$R = \left[\frac{z_2 - z_1}{z_2 + z_1} \right]^2 \quad (2.10)$$

Keterangan : R = Refleksi

Z_1 = Impedansi Organ Sebelum Refleksi (MRayl)

Z_2 = Impedansi Organ Setelah Refleksi (MRayl)

Bila dalam dua media $z_1 = z_2$, tidak terjadi refleksi pada bidang batas. Bila z_1 berbeda jauh dengan z_2 fraksi energi yang direfleksikan tinggi.



enuasi

tenuasi merupakan proses atau peristiwa pengurangan atau melemahnya suara selama melewati suatu medium [14]. Penurunan intensitas terjadi

ketika gelombang tersebut melintasi jaringan, kemudian jaringan dalam tubuh menyerap dan menghamburkan gelombang *ultrasound* dengan berbagai cara yang berbeda. Atenuasi diukur dalam *decibel* per cm. Pada sebagian besar jaringan, atenuasi meningkat kurang lebih secara linier dengan frekuensi gelombang *ultrasound* [11].

Secara matematis, atenuasi untuk jaringan lunak dinyatakan oleh persamaan berikut [15]:

$$I = a_c \times f \times l \quad (2.11)$$

dengan I = Atenuasi (dB)

a_c = Koefisien atenuasi (dB/cm)

f = Frekuensi (MHz)

l = Panjang jaringan yang dilalui (cm)

Faktor-faktor penyebab terjadinya atenuasi [14]:

1. Defleksi, yaitu gelombang *ultrasound* yang dipantulkan kembali setelah mengenai permukaan medium.
2. Refraksi, yaitu perubahan panjang gelombang akibat dari berpindahnya gelombang *ultrasound* dari suatu medium ke medium lainnya. Hal ini menyebabkan penurunan intensitas.
3. Absorpsi, yaitu penyerapan gelombang suara oleh jaringan, hal ini dipengaruhi oleh frekuensi gelombang suara, yang diketahui jika frekuensinya bertambah maka akan bertambah pula penyerapannya.

II.3 Ultrasonografi



perkembangan Ultrasonografi

Di saat ini perkembangan dunia teknologi sangat pesat, perkembangan dunia. Hal ini berkaitan dengan perkembangan berbagai macam aspek kehidupan manusia.

Salah satu aspek yang sangat menunjang keberlangsungan hidup manusia adalah aspek kesehatan. Dunia kesehatan modern telah memanfaatkan perkembangan teknologi untuk meningkatkan efisiensi serta efektivitas di dunia kesehatan.

Pemeriksaan menggunakan Ultrasonografi adalah pemeriksaan dalam bidang diagnostik yang memanfaatkan gelombang *ultrasonic* dengan frekuensi yang tinggi agar menghasilkan hasil citra, tanpa menggunakan radiasi, tidak menimbulkan rasa sakit (*non traumatic*), tidak menimbulkan efek samping (*non invasive*) [14]. Tujuannya dari pemeriksaan organ tubuh untuk dapat mengetahui bentuk, ukuran anatomis, gerakan dan hubungannya dengan jaringan lain di sekitarnya, serta untuk mengetahui adanya patologi pada organ tersebut [8].

II.3.2 Jenis-Jenis Ultrasonografi

Jenis pemeriksaan ultrasonografi [16]:

1. Ultrasonografi 2 Dimensi
Menampilkan gambar dua bidang (memanjang dan melintang). Kualitas gambar yang baik sebagian besar keadaan janin yang ditampilkan.
2. Ultrasonografi 3 Dimensi
Alat ultrasonografi ini terdapat tambahan 1 bidang gambar lagi yang disebut koronal. Gambar yang tampil mirip seperti aslinya.
3. Ultrasonografi 4 Dimensi
Ultrasonografi jenis ini merupakan perkembangan dari ultrasonografi 3 Dimensi yang dapat bergerak.
4. Ultrasonografi Doppler
Ultrasonografi Doppler merupakan alat pemeriksaan ultrasonografi yang mengutamakan pengukuran aliran darah, baik arteri maupun vena.



II.4 Unit Pesawat Ultrasonografi

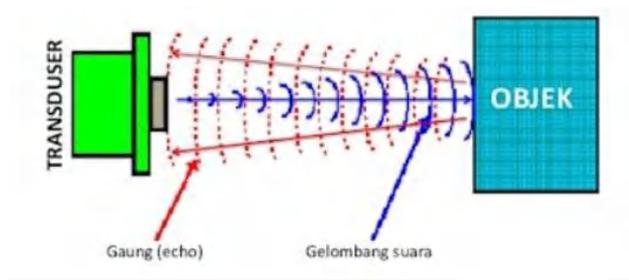
II.4.1 Monitor dan Meja Kontrol

Pada alat ultrasonografi, monitor digunakan untuk menampilkan bentuk gambar atau citra dari hasil pengolahan data komputer. Monitor yang digunakan pada awal penemuan ultrasonografi masih berupa layar tabung besar yang terpisah dari mesin ultrasonografi. Dampak dari teknologi yang terus mengalami perkembangan ini membawa kemajuan pada teknologi monitor. Awal penemuan ultrasonografi yaitu layar monitor menampilkan gambar hitam putih namun saat ini sudah menghasilkan gambar yang berwarna. Mesin ultrasonografi merupakan bagian dari ultrasonografi berfungsi mengolah data yang diterima dalam bentuk gelombang dan mengubah gelombang menjadi gambar. Mesin ultrasonografi merupakan pusat pengolah data seperti *central processor unit* (CPU) pada komputer. Mesin ultrasonografi sangat mempengaruhi hasil pencitraan ultrasonografi. Semakin baik CPU yang digunakan pada mesin maka akan semakin baik dan cepat hasil yang ditayangkan di layar monitor ultrasonografi. Kemajuan teknologi juga mempengaruhi perkembangan bentuk mesin ultrasonografi. Awal penemuan mesin ultrasonografi masih berukuran sangat besar dan memiliki bobot yang berat sehingga sulit untuk dipindahkan, namun saat ini ukuran mesin ultrasonografi sudah sangat kecil [17].

II.4.2 Transduser Ultrasonografi

Transduser adalah komponen ultrasonografi yang ditempelkan pada bagian tubuh yang akan diperiksa seperti dinding perut untuk pemeriksaan kehamilan atau organ abdomen. Di dalam transduser terdapat kristal yang digunakan untuk menangkap gelombang yang disalurkan oleh transduser. Gelombang diterima dalam bentuk akustik (gelombang pantul) sehingga fungsi kristal adalah untuk mengubah gelombang tersebut menjadi gelombang elektronik yang dapat dibaca komputer sehingga dapat diterjemahkan dalam bentuk gambar [18]:



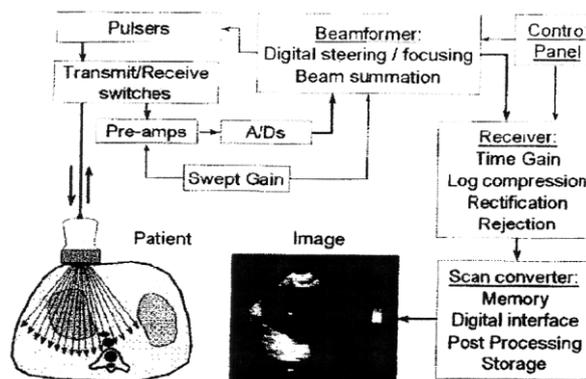


Gambar 2.3 Transduser Memancarkan Gelombang (Sumber: Chan, 2003)

II.5 Pencitraan Ultrasonografi

II.5.1 Proses Pencitraan Ultrasonografi

Proses pencitraan modelitas pesawat ultrasonografi dimulai saat pulsa gelombang *ultrasound* ditransmisikan ke tubuh pasien kemudian sebagian gelombang *ultrasound* direfleksikan oleh jaringan tubuh menciptakan *echo* atau gema yang diterima oleh transduser. Kemudian pencitraan gambar ultrasonografi memerlukan beberapa komponen seperti *beam fonner*, *pulser resiver*, *amplifer*, *scan converter/image memory*, dan *Msplay system* [20].



Gambar 2.4 Skematik Desain Pencitraan Pesawat Ultrasonografi (USG)

(Sumber: Bushberg, 2001)



sema desain pencitraan pesawat ultrasonografi dengan tahapan awal n dimulai pada tahapan pembentukan gelombang *ultrasound* oleh a *pulsers transmitter* dengan cara mengirim tegangan listrik ke bagian

transduser yang berfungsi membentuk gelombang *ultrasound*. Komponen ini juga berpengaruh terhadap pengaturan laju transmisi pulsa yang disebut *pulse repetition frequency* (prf), pulsa amplitudo dan *pulse repetition periode* (prp). Laju transmisi pulsa disebut *pulse repetition frequency* (prf) yang mempunyai nilai maksimum, sesuai dengan persyaratan waktu agar *echo* dari struktur paling dalam dapat ditangkap sebelum pulsa berikutnya dipancarkan. Untuk kedalaman 15 cm, bila laju gerak *ultrasound* 1,3 $\mu\text{s}/\text{mm}$, *echo* akan diterima $\sim 200 \mu\text{s}$ kemudian. Oleh karenanya prf tertinggi dipilih sehingga waktu penerimaan *echo* yang 200 μs dapat dihasilkan dalam waktu 1s, yang berarti sekitar 5000 pulsa per detik. Harga prf lebih tinggi dipakai untuk *scanning organ superficial* [24].

Pada tahapan berikutnya, transduser mengirim gelombang *ultrasound* ke tubuh pasien, sebagian gelombang *ultrasound* yang direfleksikan merupakan *echo* yang nantinya diolah menjadi gambar dan diterima *receiver* transduser. *Signal echo* yang dihasilkan diatur agar mempunyai besar yang sama di permukaan atau *echo* yang berasal dari dalam oleh bagian *swept gain compensatin*. *Signal echo* transduser berikutnya diperkuat dibagian *amplifier*. Bagian beam former akan mengolah *signal echo* yang mengubah data analog menjadi data digital melalui komponen ADC (*analog digital converter*). Data ini diterima bagian *receiver*. Terdapat pengaturan yang disebut *time gain*, terdiri dari *near gain* yang mengatur gema yang ada di permukaan (amplifikasi minimal), dan *far gain* yang mengatur *echo* yang jauh (amplifikasi maksimal). Pantulan *echo* yang berasal dari jaringan tersebut akan membentur transduser, dan kemudian diubah menjadi pulsa listrik lalu diperkuat dan selanjutnya ditampilkan dalam bentuk cahaya pada layar osiloskop. Dengan demikian bila transducer digerakkan seolah-olah kita melakukan irisan-irisan pada bagian tubuh yang diinginkan, dan gambaran irisan-irisan tersebut akan dapat dilihat pada layar monitor [24].

Echo dalam jaringan dapat diperlihatkan dalam bentuk [19]:



ode L : Dalam sistem ini, gambar yang berupa defleksi vertikal pada osiloskop. Besar amplitudo setiap defleksi sesuai dengan energi *echo* yang

diterima transducer. Pada saat gelombang *ultrasound* dipancarkan oleh *ultrasound transmitter*, *ultrasound* kemudian merambat melalui jaringan. Saat mengenai bidang batas suatu objek, sebagian gelombang *ultrasound* dipantulkan dan sebagian ditransmisikan. Gelombang yang dipantulkan kemudian ditangkap kembali oleh detektor (*ultrasound receiver*). Amplitudo *echo* yang ditangkap sebagai fungsi waktu ditayangkan pada monitor. Waktu dihitung mulai pulsa dipancarkan dan menjadi sumbu horizontal. Posisi horizontal pada amplitudo maksimum menunjukkan waktu perjalanan *ultrasound*, sesuai dengan kedalaman pemantul. A mode adalah cara yang teliti untuk mengetahui jarak antara dua target dengan kedalaman berbeda.

2. B- mode : Pada layar monitor (*screen*), *echo* nampak sebagai suatu titik garis terang dan gelapnya bergantung pada intensitas *echo* yang dipantulkan dengan sistem ini maka diperoleh gambaran dalam dua dimensi berupa penampang irisan tubuh, cara ini disebut B *scan*. Dalam B *scan*, sumbu berkas (*scan line*) digerakkan menyapu objek untuk memperoleh bidang *scan*. Sebelum ada *real time scanner* B mode, gerakan transduser dilakukan manual (*static B scanner*). Pada *scanner* modern, berkas menyapu otomatis yang dikontrol oleh *a hand held probe*. Sudut dan posisi sumbu berkas relatif terhadap *probe* dimonitor secara elektronik. *Echo* dari semua garis *scan* membentuk citra dan ditayangkan citra dua dimensi. Amplitudo setiap *echo* menentukan derajat keabuan (*brightness*) titik pada *display*.
3. M- mode : Alat ini biasanya digunakan untuk memeriksa jantung. Transduser tidak digerakkan. Disini jarak antara transducer dengan organ yang memantulkan *echo* selalu berubah, misalnya jantung dan katubnya.

II.5.2 Hasil Citra Ultrasonografi



Secara umum proses pendiagnosaan menggunakan ultrasonik ini meliputi sebagai berikut, gelombang yang dipancarkan oleh transmiter atau akan diterima oleh *receiver* dalam hal ini adalah transduser itu sendiri. Sinyal yang diterima transduser, berupa *signal* A-mode yang selanjutnya

diproses menjadi hasil B-mode. Hasil B-mode yang selanjutnya menunjukkan tingkat kecerahan citra berdasarkan tingkat *grayscale* nya [19].

II.6 Jaringan Lunak

Jaringan lunak dalam histologi merujuk pada jaringan yang menghubungkan, menyokong, atau mengelilingi struktur dan organ tubuh. Kesehatan jaringan lunak pada perut perlu diperhatikan sebab perut merupakan suatu region yang terdapat banyak organ-organ yang sangat penting didalamnya seperti hati, limpa, kantong empedu dan lain-lain. Perut atau abdomen terdiri dari bagian dinding dan bagian dalam. Bagian dinding terdiri dari *cutis, subcutis, fascis super fisial, otot, lemak, pembuluh darah superficial, fascia profunda tulang* dan *peritoneum pariental*, sedangkan bagian dalam akan dijumpai organ-organ seperti *hepar, lien, duodenum, colon, appendix vermiformis, caecum, pembuluh limpa* [19, 23]

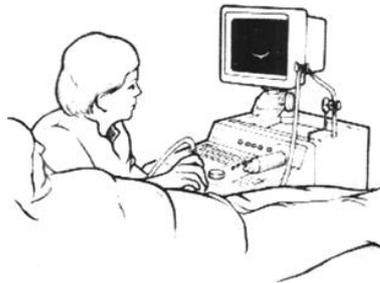
II.6.1 Pemeriksaan Ultrasonografi pada Jaringan Lunak

Semua bagian tubuh yang tidak terletak pada jaringan yang mengandung udara dan dekat dengan tulang dapat diperiksa menggunakan alat ultrasonografi. Pemeriksaan pada tingkat kedalaman yang tinggi dapat menggunakan frekuensi yang rendah. Dengan demikian ultrasonografi digunakan terutama untuk pemeriksaan bagian [21]:

- Leher: kelenjar tiroid, kelenjar getah bening, abses, pembuluh (*angiology*);
- Dada: dinding, pleura, gangguan perifer, tumor mediastinum dan jantung (*echokardiografi*)
- Perut, retroperitonium dan panggul kecil: organ parenkim, struktur yang mengandung cairan, saluran pencernaan, pembuluh besar dan kelenjar getah bening, tumor, dan cairan abnormal.



- Ekstremitas (sendi, otot dan jaringan ikat, pembuluh darah).



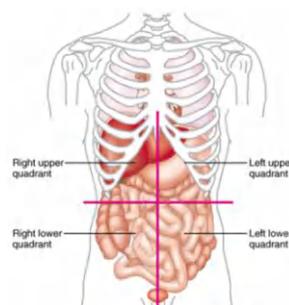
Gambar 2.5 Proses Pemeriksaan Menggunakan USG (Sumber: Ultrasonografi Prostat dalam Radiologi Diagnostik. Rusdy, 2007)

Pada pemeriksaan jaringan lunak, pasien akan menjalani pemeriksaan sesuai dengan prosedur. Gelombang suara dari alat ultrasonografi akan merambatkan jumlah frekuensi yang berbeda terhadap jaringan lunak berdasarkan densitasnya. Pemeriksaan menggunakan ultrasonografi pada manusia berada pada rentang frekuensi 1-10 MHz, namun secara umum untuk bagian abdomen hanya berkisar hingga 1-5 MHz.

II.6.2 Pemeriksaan USG pada Jaringan Lunak di Bagian Abdomen

II.6.2.1 Anatomi Abdomen

Pada dinding abdomen terdiri dari kulit, *fascia superfiscialis*, lemak, otot-otot, *fascia transversalis* dan *parietal peritoneum*. Selain itu, posisi abdomen ada diantara toraks dan pelvis [21]. Pada abdomen terdapat empat kuadran yang dibagi dari bagian garis tengah dan bagian *transumbilical* [22]:

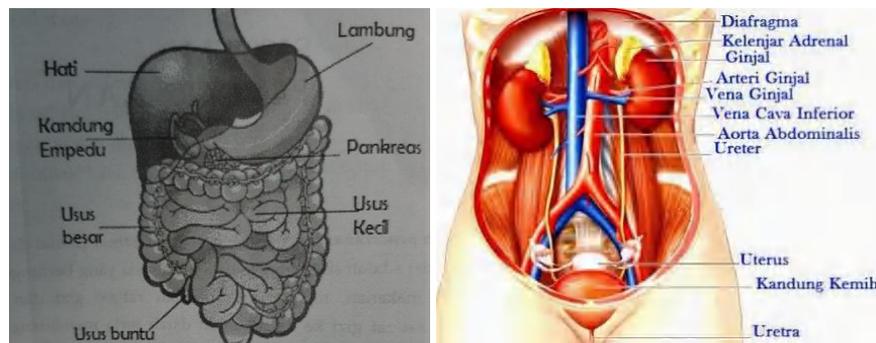


Gambar 2.6 Kuadran Empat Bagian Abdomen. (Sumber: Netter, 2014)



1. Bagian kanan atas : Hepar dan kantong empedu
2. Bagian kiri atas : *Gastric* dan limfa
3. Bagian kanan bawah : *Cecum, ascending colon* dan usus kecil
4. Bagian kiri bawah : *Descending colon, sigmoid colon, dan appendix*

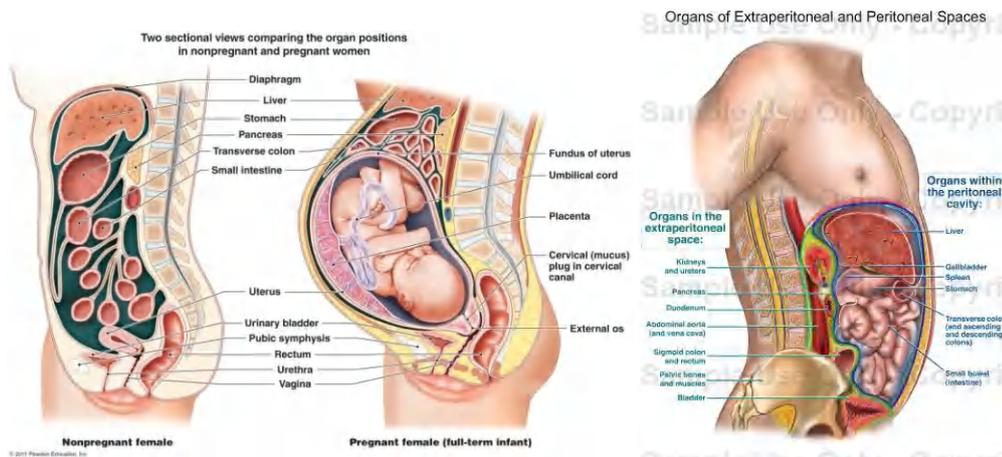
Secara garis besar, urutan bagian-bagian abdomen manusia terdiri dari hati, lambung, kandung empedu, pankreas, usus besar, dan usus kecil [23]



(a)

(b)

Gambar 2.7 (a) (b) Urutan Bagian Abdomen Manusia. (Sumber (a): Judha, 2016; (b): Netter, 2014)



(a)

(b)

Gambar 2.8 (a) Urutan Anatomi Wanita Bagian Abdomen dari Samping (b) Urutan Anatomi Pria Bagian Abdomen dari Samping (Sumber: Netter, 2014)



1. Lambung berupa suatu kantong yang terletak di bawah sekat rongga badan dan berfungsi untuk mencerna makanan dan sejumlah sari-sari makanan yang diserap. Lambung berhubungan langsung dengan kerongkongan dan usus 12 jari. Pada manusia dewasa, lambung mampu menampung sekitar 75 mL sedangkan bayi hanya 30 mL
2. Usus adalah bagian dari sistem pencernaan yang bermula dari lambung hingga anus. Pada manusia, usus terdiri dari usus kecil dan usus besar. Usus kecil atau usus halus terletak di antara lambung dan usus besar, dan terdapat dua muara saluran yaitu dari pankreas dan kandung empedu. Usus besar adalah usus yang berada di antara usus buntu dan rectum yang berfungsi untuk menyerap air dari feses.
3. Hati terdiri atas dua lapisan utama yaitu permukaan atas berbentuk cembung, terletak di bawah diafragma, dan permukaan tidak rata dan memperlihatkan fisura transversus dan fisura longitudinal yang memisahkan belahan kanan dan kiri di bagian atas hati selanjutnya menjadi 4 lobus kanan, kiri, kaudata, dan quadatus. Hati berfungsi sebagai alat sekresi, metabolisme, penyimpanan glikogen dan detoksifikasi.
4. Kandung empedu adalah organ berbentuk buah pir yang dapat menyimpan sekitar 50 mL empedu yang dibutuhkan tubuh untuk proses pencernaan. Panjang kandung empedu adalah sekitar 7-10 cm dan berwarna hijau gelap karena warna cairan empedu yang dikandungnya. Organ ini terhubung oleh hati dan usus dua belas jari melalui saluran empedu.
5. Pankreas adalah organ yang memiliki fungsi untuk menghasilkan enzim pencernaan serta beberapa hormon seperti insulin. Pankreas terletak pada bagian posterior perut dan berhubungan erat dengan usus dua belas jari.
6. Ginjal merupakan organ ekskresi yang berbentuk seperti kacang dengan fungsi menyaring kotoran dari darah dan membuangnya dengan air dalam bentuk urin. Ginjal terletak di belakang perut atau abdomen, lebih tepatnya di bagian belakang tulang belakang, di bawah hati dan limpa. Ginjal terhubung dengan arteri renal, vena renal, dan ureter.



7. Ureter adalah saluran muskuler berbentuk silinder yang membawa urin dari ginjal menuju kandung kemih. Panjang ureter sekitar 20-30cm dengan diameter maksimum sekitar 1,7cm di dekat kandung kemih.

