

SKRIPSI FISIKA MEDIK

**PENENTUAN KENORMALAN DENYUT JANTUNG JANIN PADA
PEMERIKSAAN ULTRASONOGRAFI (USG) DAN FETAL DOPPLER**

**Skripsi Untuk Melengkapi Tugas dan Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana**



OLEH :

ANDI RENIANTI ARIFF

H211 09 507

**KONSENTRASI FISIKA MEDIK, JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2012

SARI BACAAN

Telah dilakukan penelitian tentang Penentuan Kenormalan Denyut Jantung Janin pada Pemeriksaan Ultrasonografi (USG) dan *Fetal Doppler* pada Beberapa Bulan Kehamilan. Metode penelitian yang dilakukan adalah observasi langsung pada pasien ibu hamil dengan mendeteksi DJJ menggunakan *Fetal Doppler* dan dilanjutkan dengan pemeriksaan USG.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengukuran nilai DJJ menggunakan *Fetal Doppler* perlu diperkuat dengan pemeriksaan USG, dimana pada beberapa kasus tampak nilai DJJ yang tidak normal terdeteksi oleh fetal Doppler tetapi setelah pemeriksaan USG masih dalam batas normal. Salah satu hasil yang diperoleh yaitu pemeriksaan pasien dengan nilai DJJ menurut *Fetal Doppler* adalah 196 bpm (tidak normal) sedangkan diagnosa pemeriksaan USG adalah 148 bpm (normal). Nilai DJJ yang rendah maupun tinggi (tidak normal) biasanya mengindikasikan adanya kelainan jantung pada janin baik yang riskan terhadap penyakit jantung bawaan maupun terhadap kelahiran yang tidak normal.

Kata kunci : denyut jantung janin, Fetal Doppler, USG.

Abstract

Has done research on Fetal Heart Rate Determination normality on ultrasound examination (USG) and Fetal Doppler on Multiple Pregnancy Month. The research method is direct observation conducted in pregnant patients with FHR detection using Fetal Doppler, followed by ultrasound examination.

The results indicate a significant difference to the results of Fetal Doppler with ultrasound in some cases but most of the results of measurements of the same approach but still within normal limits. Fetal Doppler assessment through yet to be confirmed by ultrasound examination. One of the results obtained by the examination of patients with values according to Fetal Doppler FHR is 196 bpm (not normal), while ultrasound diagnosis was 148 bpm (normal). DJJ high values (not normal) usually indicates a good heart abnormalities in the fetus at risk for congenital heart disease or of abnormal births.

Key words : DJJ, Fetal Doppler, USG.

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Intisari	ii
Lembar Persetujuan	iii
Lembar Pengesahan	iv
Kata Pengantar	vii
Daftar Gambar	viii

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Ruang Lingkup Penelitian	3
1.3. Tujuan Penelitian	3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Teori Gelombang	4
II.2. Teori Fisika Efek Doppler	6
II.3. Prinsip Kerja Kekal Doppler	7
II.4. Defenisi Denyut Jantung Normal	11
II.5. Dasar-Dasar Fisika Pesawat Ultrasonografi	12
II.6. TransduserUltrasonografi	17

II.7. Proses Pencitraan Pesaawat Ultrasonografi	18
---	----

II.8. Pemeriksaan Kehamilan Dengan Ultrasonografi	21
---	----

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Tempat dan Waktu Penelitian	25
--	----

III.2. Alat dan Bahan	25
-----------------------------	----

III.3. Pengukuran DJJ	26
-----------------------------	----

III.4. Alur Penelitian	27
------------------------------	----

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Data Hasil Pengukuran Jumlah Denyut Janin (DJJ)	28
--	----

IV.2 Hasil Rekaman Gelombang DJJ Pada USG	32
---	----

IV.3 Pembahasan	37
-----------------------	----

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan	40
----------------------	----

V.2 Saran	40
-----------------	----

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

II.1 Gelombang Bunyi.....	6
II.2 Grafik Perbandingan Tekanan Amnion dan Denyut Jantung Janin Terhadap Waktu	8
II.3 Interaksi Gelombang Ultrasound Yang Menghasilkan Proses Hamburan (Scattering)	16
II. 4 Komposisi sebuah transducer pesawat ultrasonografi (USG)	18
II.5 Skematik desain pencitraan pesawat ultrasonografi (USG)	19
II.6 Tampilan m mode pada denyut jantung janin	23
IV.1 Grafik perbandingan hasil pengukuran DJJ menggunakan fetal doppler dan USG	31
IV.2 Gelombang rekaman USG pasien M	33
IV.3 Gelombang rekaman USG pasien I.....	33
IV.4 Gelombang rekaman USG pasien C	34
IV.5 Gelombang rekaman USG pasien B	35
IV.6 Gelombang rekaman USG pasien A	35
IV.7 Gelombang rekaman USG pasien F.....	36

DAFTAR TABEL

Halaman Judul.....	i
Intisari	ii
Lembar Persetujuan	iii
Lembar Pengesahan	iv
Kata Pengantar	vii
Daftar Gambar	viii

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir ini, angka kematian dan kesakitan perinatal telah menurun secara signifikan, akan tetapi kematian janin antenatal masih merupakan masalah. Kematian janin terjadi tidak selalu pada kelompok kehamilan resiko tinggi, namun juga terjadi pada kehamilan dengan resiko rendah bahkan normal. Karenanya diperlukan program perawatan antenatal yang bertujuan untuk mengidentifikasi ibu hamil dengan resiko tinggi (terdapat gangguan) pada kehamilannya, salah satunya dengan melakukan pengkajian janin.

Pengkajian janin dapat dilakukan dengan metode yang sederhana, seperti perhitungan denyut jantung janin dengan menggunakan *fetal doppler* dan metode yang lebih modern seperti Ultrasonografi (USG).

Ultrasonografi atau yang lebih dikenal dengan istilah USG adalah prosedur pemeriksaan medis yang memanfaatkan gelombang ultrasound. Gelombang ultrasound sendiri adalah gelombang suara dengan frekuensi tinggi lebih dari 20.000 siklus per detik (20 kHz). Gelombang yang tidak terdengar suara manusia ini dapat ditransmisikan dalam bentuk berkas dan dapat digunakan untuk pemeriksaan scanning jaringan tubuh. Type pulsa ultrasound yang digunakan untuk pemeriksaan medik memiliki rentang frekuensi berkisar 2 MHz hingga 10 MHz. Durasi pulsa tersebut berkisar 1 mikron-detik dan pulsa tersebut berulang sekitar 1000 kali per detik.

Pemeriksaan dengan menggunakan pesawat ultrasonografi (USG) memiliki banyak keuntungan bila dibandingkan pemeriksaan medis yang lainnya yang menggunakan sumber radiasi sinar-X. Keuntungan pemeriksaan USG yang utama adalah merupakan pemeriksaan yang bersifat non radiasi ionisasi, mampu membedakan kelainan/penyakit yang bersifat solid atau kistik, mampu melakukan pengukuran volume tumor ataupun organ-organ tertentu seperti buli-buli, ginjal, ovarium dan kandungan.

Manfaat utama pemeriksaan USG yang bersifat non-radiasi ionisasi adalah pemeriksaan ini digunakan untuk screening kehamilan. Pemeriksaan USG dianjurkan terhadap suatu kehamilan abnormal mengingat banyak kelainan selama masa kehamilan yang tidak dapat dideteksi lewat pemeriksaan klinis. Kelainan yang mungkin ditemui masa kehamilan seperti plasenta letak rendah (*placenta previa*), kehamilan diluar kandungan/hamil anggur (Mola Hidatidosa) serta kelainan konginetal bayi.

Evaluasi pemeriksaan dengan menggunakan modalitas USG salah satunya menentukan kondisi janin. Indikator pemeriksaan USG kondisi janin salah satunya adalah menentukan denyut jantung janin (DJJ) dalam rahim. Denyut jantung janin merupakan salah satu ukuran yang dapat menentukan janin dalam kondisi sehat atau janin tidak hidup, normalnya pemeriksaan denyut jantung janin dengan menggunakan pemeriksaan USG berkisar 120 – 160 *beat per menit (bpm)*. Usia kehamilan yang dapat mulai dideteksi denyut jantung janin (DJJ) melalui *fetal doppler* adalah pada usia kehamilan 4 bulan, sedangkan melalui rekaman USG adalah pada usia kehamilan 2 bulan.

Pada pemeriksaan denyut jantung janin melalui USG dapat dideteksi kenormalan denyut jantung janin melalui gelombang yang dihasilkan demikian juga terhadap *fetal doppler*. Berdasarkan kenyataan tersebut, maka akan dilakukan suatu pemeriksaan untuk mengetahui denyut jantung janin melalui USG dan *fetal doppler*.

I.2 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada pemeriksaan jumlah denyut jantung janin menggunakan alat *Fetal Doppler* dan pembacaan rekaman USG.

I.3 Tujuan Penelitian

Membedakan nilai kenormalan denyut jantung janin (DJJ) yang dihasilkan menggunakan *Fetal Doppler* dengan rekaman USG

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Teori Gelombang

Gelombang adalah gejala dari perambatan usikan (gangguan) di dalam suatu medium. Pada peristiwa rambatan tersebut tidak disertai dengan perpindahan tempat yang permanen dari materi – materi medium. Rambatan dari usikan (gangguan) itu merupakan rambatan energi.¹

II.1.1 Jenis Gelombang

Gelombang menurut arah getarnya dibagi dalam dua bagian, yaitu :

a. Gelombang Tranversal

adalah gelombang yang arah getarnya tegak lurus arah perambatannya. Sehingga bentuk dari gelombang tranversal terdapat bukit dan lembah gelombang. contoh: gelombang pada tali dan gelombang permukaan air. Terdapat tiga hal penting yang mendukung terbentuknya gelombang tranversal yaitu:

1. Adanya gaya tali yang menimbulkan perpindahan pada waktu pulsa melewatinya.
2. Tali harus bersifat elastik.
3. Tali harus mempunyai kelembaman, sehingga akan menghasilkan getaran harmonis yang sederhana.

II.1.2 Gelombang Longitudinal

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah getarnya berimpit atau searah dengan arah rambat gelombang. Suatu gelombang longitudinal tidak menyatakan suatu deretan bukit atau lembah gelombang, tetapi suatu deretan rapatan dan renggangan. Rapatan dan renggangan gelombang longitudinal dapat dilihat pada sebuah kawat spiral yang dibentangkan mendatar. Contoh : gelombang pada pegas dan gelombang bunyi.

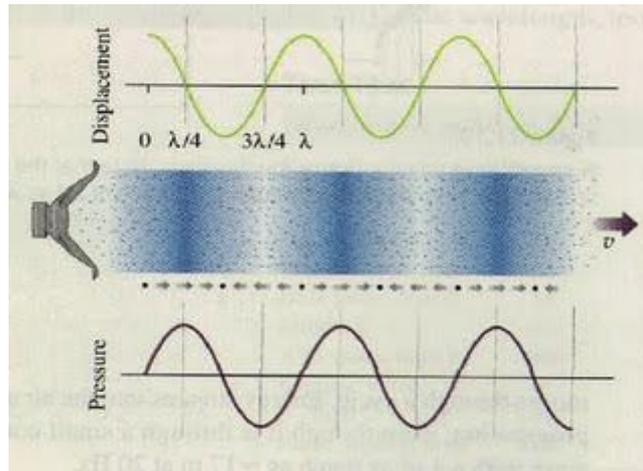
II.2 Gelombang Bunyi

Gelombang Bunyi adalah energi gelombang bunyi yang berasal dari sumber bunyi, yaitu benda yang bergetar. Gelombang bunyi merupakan gelombang mekanik yang dapat merambat melalui medium padat, cair, dan gas. Gelombang bunyi adalah gelombang longitudinal sehingga mempunyai sifat-sifat dapat dipantulkan (*reflection*), dapat dibiaskan (*refraction*), dapat dilenturkan (*diffraction*), dan dapat dibiaskan (*interferention*).

Ada lima sifat gelombang, yaitu dapat :

1. Dipantulkan (*reflection*)
2. Dibiaskan (*refraction*)
3. Dilenturkan (*diffraction*)
4. Dipadukan (*interference*)
5. Diserap arah getarnya (*hyf*)

Kelima sifat gelombang di atas dimiliki oleh gelombang transversal, sedangkan gelombang longitudinal hanya memiliki empat sifat gelombang kecuali sifat polarisasi.



Gambar II.1 Gelombang Bunyi

Gambar II.1 menunjukkan sebuah gelombang bunyi dari sebuah *loudspeaker*. Membran dari *loudspeaker* bergetar akibat pulsa listrik. Getaran membran ikut menggetarkan udara disekitarnya dan getaran udara ini masuk ke telinga kita. Inilah yang disebut dengan proses mendengar.

II.2 Teori Fisika Efek Doppler

Efek Doppler adalah gejala bunyi yang diselidiki oleh Doppler yang membahas perubahan frekuensi yang diterima oleh pengamat (pendengar) akibat gerak *relative* antara sumber bunyi dengan pendengar. Misalnya gelombang bunyi yang dikeluarkan oleh sumber bunyi dan pendengar bergerak saling mendekati. Maka frekuensi bunyi yang didengar oleh pendengar akan lebih tinggi daripada frekuensi sebenarnya dari bunyi yang dihasilkan sumber bunyi. Namun, jika sumber bunyi dan pendengar bergerak saling menjauhi, maka frekuensi bunyi yang didengar oleh pendengar akan lebih rendah daripada frekuensi sebenarnya.

Secara umum, efek doppler dialami ketika ada gerak relatif antar sumber bunyi dan pengamat. Jika cepat rambat bunyi diudara saat itu adalah v , kecepatan

pengamat v_p dan kecepatan sumber bunyi v_s dan frekuensi yang dipancarkan sumber adalah f_s , maka secara perhitungan frekuensi yang didengar oleh pengamat adalah:

$$f_p = \left(\frac{v \pm v_p}{v \pm v_s} \right) f_s \dots\dots\dots(2.1)$$

di mana;

f_p = frekuensi pendengar

f_s = frekuensi sumber

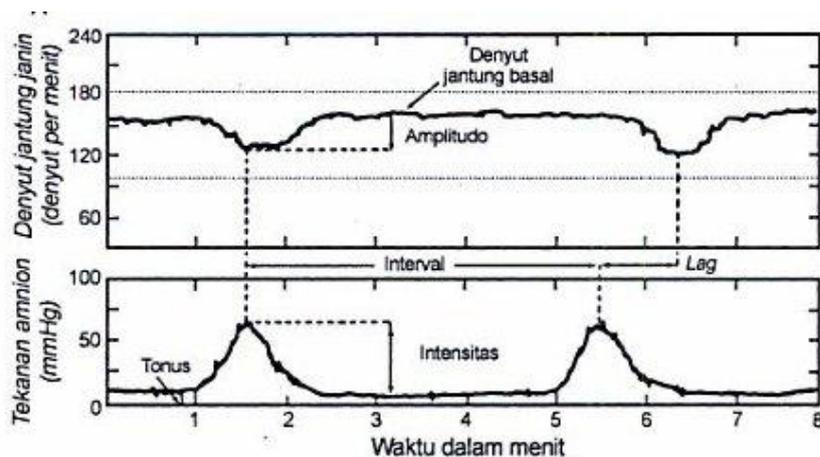
v = kecepatan bunyi di udara

v_p = kecepatan pendengar

v_s = kecepatan sumber

II.3 Prinsip kerja fetal doppler

Fetal doppler adalah sebuah alat medis akustik untuk memeriksa suara dalam tubuh dan sering digunakan untuk mendengar suara jantung. *fetal doppler* menggunakan media suara untuk memantau denyut jantung janin. Perhitungan rata-rata detak janin dilakukan secara manual dengan menghitung suara yang keluar dari speaker selama satu menit.²



Gambar II. 2 Grafik perbandingan tekanan amnion dan denyut jantung janin terhadap waktu

Alat medis ini dilengkapi dengan power supply baterai Ni-MH 9,6 V dengan jangka waktu pemakaian sekitar 8 jam (terhitung dari baterai dalam kondisi penuh). Untuk pendeteksi sinyal (sensor) detak jantung, digunakan probe ultrasonik doppler 2,5 MHz BL-500B. Kemudian untuk menguatkan sinyal digunakan penguat isyarat kecil variabel 1-10 kali. Sinyal di inputkan ke komputer melalui *microphone* pada *soundcard* untuk proses pengolahan sinyal digital. Proses pengolahan sinyal terdiri dari program penampil sinyal, filter digital FIR *windowing* bandpass filter 9-39 Hz dengan transisi band 4 Hz. Untuk menghitung BPM (*Beat Per Minutes*) dilakukan dengan metoda rata-rata tegangan dan sinyal BPM didiagnosa menurut standar yang sudah ditetapkan.

Tabel II. 1 Parameter denyut jantung janin cukup bulan (sumber :)

Ciri-Ciri	Parameter	Interpretasi
Denyut Jantung dasar	120-160 denyut per menit	Normal
Takikardia		
Sedang	161-180 denyut per menit	Mengkhawatirkan
Berat	>180 denyut per menit	Abnormal
Bradikardia		

Sedang	100-119 denyut per menit	Mengkhawatirkan
Berat	>100 denyut per menit	Abnormal
Variabilitas jangka pendek	5-15 denyut per menit	Tenang
Variabilitas jangka panjang	Ada	Tenang
Perubahan berkala		
Akselerasi	>15 denyut per menit selama >15 detik	Baik
Deselerasi		
Dini	10-40 denyut per menit	Kompresi kepala
Lanjut	5-60 denyut per menit	Hipoksia/asidosis
Bervariasi	10-60 denyut per menit	Kompres tali pusat
kombinasi		Mengkhawatirkan

Keterangan :

- a. TACHYCARDIA adalah aritmia cepat (denyut jantung lebih cepat dari 100 detak/menit).
- b. BRADYCARDIA adalah aritmia lambat (denyut jantung lebih lambat dari 60 detak/menit).



Gambar II. 2 Peralatan fetal Doppler dalam menentukan denyut jantung janin

Variabilitas denyut jantung janin adalah gambaran osilasi yang tidak teratur, yang tampak pada rekaman denyut jantung janin. Variabilitas denyut jantung janin dapat dibedakan menjadi 2 bagian :

1. Variabilitas jangka pendek (*short term variability*)

Merupakan perbedaan interfal antar denyut, variabilitas yang normal antara 2-3 dpm.

2. Variabilitas jangka panjang (*long term variability*)

Merupakan gambaran osilasi yang lebih kasar dan lebih jelas. Rata-rata mempunyai siklus 3-6 kali/menit. Variabilitas ini dibedakan menjadi:

- a. Normal : amplitudo antara 6-25 dpm.
- b. Berkurang : amplitudo antara 2-5 dpm.
- c. Menghilang : amplitudo kurang dari 2 dpm.
- d. Saltatory : amplitudo lebih dari 25 dpm.

II.4 Definisi Denyut Jantung Normal

Pada keadaan normal dan istirahat, jantung orang dewasa akan berdenyut secara teratur antara 60-120 detak/menit. Kecepatan dari denyut jantung ditentukan oleh kecepatan dari signal listrik yang berasal dari pemacu jantung, SA node. Signal listrik dari SA node mengalir melalui kedua serambi, menyebabkan kedua serambi berkontraksi mengalirkan darah ke kedua bilik. Kemudian signal listrik ini mengalir melalui AV node mencapai kedua bilik. Ini menyebabkan kedua bilik berkontraksi memompa darah keseluruh tubuh dan menghasilkan denyutan (pulse). Pengaliran listrik yang teratur ini dari SA node ke AV node menyebabkan kontraksi teratur dari otot jantung yang dikenal dengan sebutan

denyut sinus (sinus beat). Waktu istirahat, kecepatan signal listrik dari SA node adalah perlahan, jadi denyut jantung juga perlahan. Waktu olah raga atau waktu sangat kegirangan, kecepatan signal listrik dari SA node menjadi cepat sehingga denyut jantung juga jadi cepat.³

Tachycardia yang terjadi karena pengeluaran signal listrik yang cepat oleh SA node disebut sinus tachycardia. Sinus tachycardia umumnya adalah kontraksi cepat dari jantung yang normal sebagai reaksi atas kondisi atau keadaan sakit. Sinus tachycardia dapat menyebabkan debar jantung. Penyebab sinus tachycardia termasuk sakit, demam, hormon tiroid yang berlebihan, tingkat oksigen darah yang rendah, kopi dan obat-obatan seperti cocaine dan amphetamine. Dalam lingkup ini maka sinus tachycardia merupakan jawaban yang memadai dari jantung terhadap stres, dan ini tidak menandakan adanya penyakit otot jantung, klep jantung dan sistim penghantar listrik. Namun pada beberapa pasien, sinus tachycardia dapat sebagai gejala gagal jantung atau penyakit klep jantung yang signifikan.

II.5 Dasar-Dasar Fisika Pesawat Ultrasonografi

II.5.1 Karakteristik Gelombang Ultrasound

Gelombang suara/bunyi adalah suatu gelombang yang dihasilkan oleh perubahan mekanik dari zat gas, zat cair dan zat padat akibat tumbukan antar molekulnya. Gelombang bunyi menjalar secara longitudinal. Gelombang bunyi atau suara apabila menjalar pada suatu medium dapat mengalami proses transmisi/diteruskan dan sebagian dapat dipantulkan (refleksi). Gelombang bunyi berdasarkan frekuensinya dibagi menjadi tiga kelompok :

- a. Frekuensi bunyi berkisar 1-16 hertz

Gelombang bunyi/suara dengan frekuensi berkisar 1-16 hertz (Hz) dikenal dengan istilah gelombang infrasound. Jenis gelombang suara ini tidak dapat didengar oleh indra pendengaran manusia seperti getaran tanah akibat gempa, getaran bangunan, getaran truk dan lain-lain.

- b. Frekuensi bunyi berkisar 16-20.000 hertz

Gelombang bunyi/suara pada frekuensi ini adalah merupakan jenis gelombang dalam area pendengaran manusia atau dikenal dengan istilah *acoustic spectrum*, seperti suara percakapan manusia, suara lonceng dan lain sebagainya.

- c. Frekuensi bunyi berkisar diatas 20.000 hertz

Frekuensi gelombang bunyi ini tidak dapat didengar manusia dikenal dengan istilah gelombang ultrasound, misalnya adalah getaran atau bunyi yang dihasilkan oleh kristal piezoelektrik. Jenis gelombang dengan frekuensi ini umumnya digunakan dalam bidang kedokteran untuk pembuatan citra organ dalam manusia, mengingat frekuensi yang tinggi mempunyai kemampuan daya tembus yang besar.⁴

II.5.2 Interaksi Gelombang Ultrasound dengan Materi

Interaksi gelombang ultrasound dengan materi bergantung perbedaan sifat akustik jaringan. Interaksi gelombang ultrasound dengan materi terdiri dari empat proses interaksi meliputi :

- pemantulan/refleksi,
- pembiasan/refraksi,
- hamburan/*scattering* dan

- penyerapan gelombang (*absorption*).

Refleksi dan refraksi terjadi bila gelombang ultrasound melewati batas dua permukaan jaringan yang memiliki impedansi akustik yang berbeda. Apabila gelombang ultrasound datang tegak lurus dengan permukaan objek, maka terjadi proses refleksi gelombang ultrasound ke sumber, proses ini didalam pencitraan ultrasonografi dikenal dengan istilah *echo/gema*, sebagian gelombang dapat ditransmisikan. Sedangkan refraksi terjadi jika gelombang ultrasound yang datang jatuhnya membentuk sudut atau tidak tegak lurus.

II.5.2.1 Refleksi

Bila gelombang ultrasound melewati antar muka permukaan jaringan /batas dua meterial dengan karakteristik impedansi akustik berbeda, terjadi refleksi sehingga gelombang tersebut tidak dapat memasuki jaringan kedua dan membawa sebagian energi gelombang datang. Bila permukaan halus, dikatakan *specular reflector*, yang bersifat seperti cermin.

Ketika bertemu gas maka gelombang ultrasound akan mengalami refleksi dan refraksi yang bermakna, dalam hal ini pemeriksaan dengan gelombang ultrasound akan menjadi lebih susah. Jaringan tulang memantulkan gelombang ultrasound dengan kuat sehingga arsitektur dalam jaringan tulang yang mengalami kalsifikasi berat tidak dapat dilihat dan dibelakangnya terdapat bayangan akustik (*acoustic shadaow*). Dalam hal tersebut pemeriksaan USG digunakan jelly atau prefarat penghubung lainnya (*coupling agent*) untuk menghindari udara yang

terperangkap pada permukaan kulit dan transduser yang dapat berfungsi sebagai rintangan atau *barrier* gelombang ultrasound.

Refleksi ultrasound dari batas dua organ jaringan lunak kecil, karena perbedaan impedansi akustik z rendah (koefisien refleksi sekitar 0.01), batas antara darah dan gumpalan darah $\sim 10^{-6}$ (-60 dB). Permukaan kecil dan tidak teratur, mengakibatkan ultrasound datang tidak tegak lurus pada permukaan, mengakibatkan refleksi ke semua arah, disebut diffuse dan menghasilkan echo lebih rendah.

II.5.2.2 Refraksi

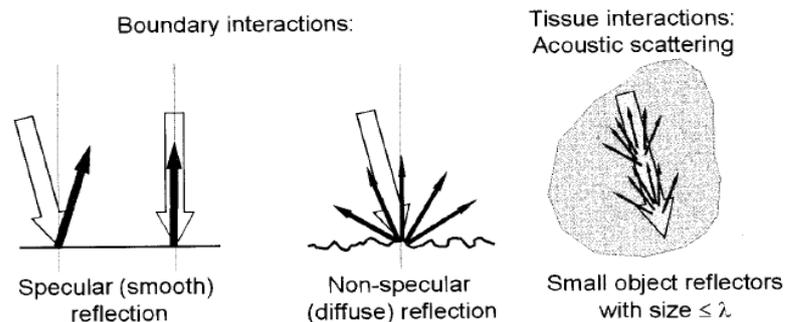
Bila ultrasound jatuh tidak tegak lurus (membentuk sudut) pada bidang batas antara dua medium dengan kecepatan ultrasound di dalamnya berbeda, gelombang transmisi dibelokkan.

Proses refleksi gelombang ultrasound juga sangat bergantung pada perbedaan antar hambatan akustik (akustik impedansi), semakin besar perbedaan akustik impedansi antara dua jaringan dan kecepatan gelombang gelombang ultrasound, maka fraksi gelombang ultrasound yang dipantulkan semakin besar pula. Jika batas yang merefleksikan jauh lebih lebar dari panjang gelombang ultrasound maka batas ini bekerja seperti cermin yang disebut *reflector spekuler*.

II.5.2.3 Hamburan

Hamburan terjadi bila gelombang ultrasound mengalami refleksi/pemantulan dan refraksi/penyimpangan berkas gelombang ultrasound

sekaligus dalam banyak arah. Kondisi ini terjadi oleh karena reflector yang lebih kecil merambat dari panjang gelombang ultrasound. Fraksi energi yang dihamburkan meningkat cepat dengan kenaikan frekuensi gelombang ultrasound.



Gambar II.3 Interaksi gelombang ultrasound yang menghasilkan proses hamburan (scattering) (Sumber : *The Essential Physics of Medical Imaging, Bushberg, 2002*)

II.5.2.4 Perlemahan gelombang ultrasound

Perlemahan gelombang ultrasound atau yang dikenal dengan istilah *attenuation* disebabkan oleh proses penyerapan (*absorpsi*) dan hamburan gelombang ultrasound ketika mengenai jaringan tubuh. Atenuasi gelombang ultrasound meningkat seiring peningkatan frekuensi gelombang. Frekuensi lebih tinggi gelombang ultrasound akan mudah diserap dan dihamburkan. Jadi untuk mencapai jaringan tubuh yang lebih dalam harus menggunakan frekuensi yang lebih rendah karena kecil kemungkinan gelombang ultrasound mengalami penyimpangan ketika melintasi struktur jaringan yang menghalangi. Dalam praktek menggunakan frekuensi 3,5 MHz untuk pemeriksaan organ dalam orang

dewasa dan 5 MHz untuk pemeriksaan anak-anak oleh karena ketebalan lebih tipis.

Attenuasi dipengaruhi oleh faktor koefisien attenuasi jaringan (μ) dengan satuan dB/cm yang merupakan relative intensitas gelombang ultrasound tiap cm pada unit medium dan kedalaman jaringan yang dilewati gelombang ultrasound. Proses perlemahan atau attenuasi intensitas gelombang ultrasound ketika melewati suatu medium/jaringan dirumuskan sebagai berikut :

$$I = I_0 - \mu 2d \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana I adalah intensitas gelombang ultrasound dalam satuan dB setelah melewati jaringan, I_0 adalah intensitas gelombang ultrasound sebelum menembus objek dalam satuan dB, μ adalah koefisien attenuasi gelombang ultrasound dalam satuan dB/cm dan d adalah kedalaman jaringan yang dilewati gelombang ultrasound dalam satuan cm.

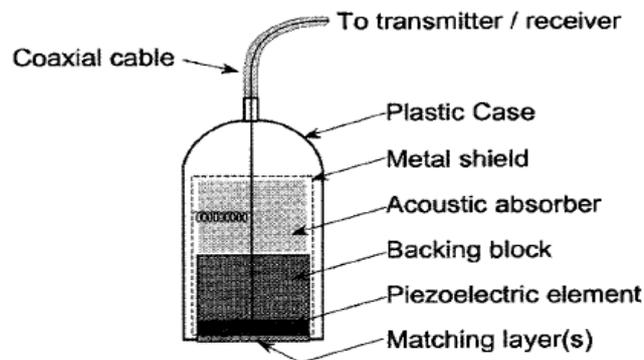
Berikut adalah variasi nilai koefisien attenuasi gelombang ultrasound pada beberapa jaringan tubuh, dengan nilai frekuensi gelombang 1 MHz.

II.6 Transduser Ultrasonografi

Gelombang ultrasound diproduksi dan dideteksi dengan peralatan yang dikenal dengan istilah transduser. Transduser pada pesawat ultrasonografi berfungsi mengubah energy listrik menjadi gelombang ultrasound yang melintasi jaringan tubuh pasien. Transduser ini juga nantinya yang menerima gelombang ultrasound yang dipantulkan dan mengubahnya kembali menjadi energi listrik. Transduser sering digunakan sebagai pelacak atau *probe*. Komponen dari transduser terbuat dari material piezoelektrik yang berbentuk struktur keramik

atau kristal. Natural *piezoelektrik* dari bahan *quartz* kristal sedangkan untuk transduser USG terbuat dari bahan sintetik kristal *piezoelektrik* yang disebut *lead-zirconate-titanate* (PZT).

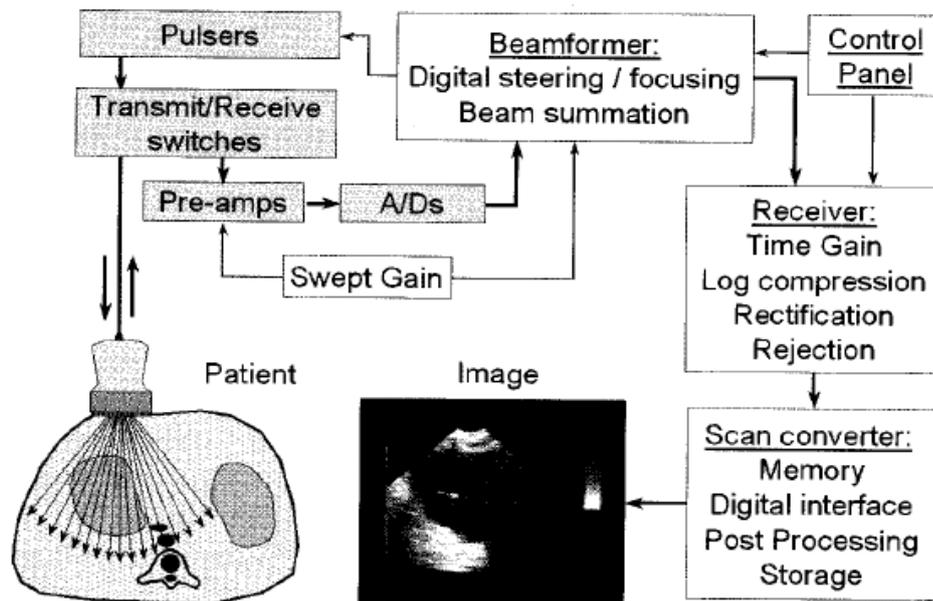
Bagian-bagian dari transduser pesawat *ultrasonografi* (USG) meliputi komponen utama material piezoelektrik, *matching layer*, *backing block*, *acoustic absorber*, *insulating cover*, *sensor electrodes* dan *transduser housing*. Berikut adalah gambar komponen transduser .⁵



Gambar II.4. Komposisi sebuah transduser pesawat ultrasonografi (USG)
(Sumber : *The Essential Physics of Medical Imaging, Bushberg, 2002*)

II.7. Proses pencitraan pesawat ultrasonografi

Proses pencitraan modalitas pesawat ultrasonografi dimulai pulsa gelombang ultrasound ditransmisikan ke tubuh pasien kemudian sebagian gelombang ultrasound direfleksikan /dipantulkan oleh jaringan tubuh menciptakan echo/gema diterima oleh transduser. Tahap berikutnya pencitraan gambar USG memerlukan beberapa komponen seperti *beam former*, *pulser resiver*, *amplifier*, *scan converter/image memory*, dan *display system*. Berikut adalah skema proses pencitraan USG.



Gambar II.5. Skematik desain pencitraan pesawat ultrasonografi (USG)
Sumber : The Essential Physics of Medical Imaging, Bushberg, 2002)

Gambar II.5 merupakan skema desain pencitraan pesawat USG, dimana tahapan awal pencitraan dimulai tahapan pembentukan gelombang ultrasound oleh rangkaian pulsers transmitter dengan cara mengirim tegangan listrik ke bagian transduser yang berfungsi pembentukan gelombang ultrasound. Komponen ini juga berpengaruh terhadap pengaturan laju transmisi pulsa yang disebut *pulse repetition frequency* (prf), pulsa amplitude dan *pulse repetition periode* (prp). Laju transmisi pulsa disebut *pulse repetition frequency* (prf) mempunyai 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 $200 \mu\text{s}$ dalam 1 s, yang berarti sekitar 5000 pulsa per sekon. Harga prf lebih tinggi dipakai untuk scanning organ superficial.⁷

Transduser tahapan berikutnya mengirim gelombang ultrasound ke tubuh pasien, sebagai gelombang ultrasound direfleksikan yang merupakan echo nantinya diolah menjadi gambar dan diterima receiver transduser. Signal echo yang dihasilkan diatur agar mempunyai magnitudo yang sama baik dipermukaan 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 merupakan data analog menjadi data digital melalui komponen ADC (*analog digital converter*). Data ini diterima bagian *receiver* disini terdapat pengaturan yang disebut time gain yang terdiri dari *near gain* yang mengatur gain yang ada dipermukaan (amplifikasi minimal), dan *far gain* yang mengatur gain/echo yang jauh (amplifikasi maksimal).⁶

Komponen lain bagian receiver adalah *rejection* atau dikenal dengan istilah *threshold* atau *suppression* yang berfungsi menekan signal echo yang lemah yang tidak mempunyai kontribusi terhadap citra justru nantinya menimbulkan noise yang dapat menurunkan kualitas citra. Bagian *log compression* merupakan komponen yang berfungsi proses untuk mengurangi *dynamic range* (jumlah total signal echo paling tinggi sampai paling rendah). Semakin lebar *dynamic range* semakin banyak skala *gray scale* (skala keabu-abuan). Komponen berikutnya adalah *rectification* atau *demodulation* berfungsi mengubah tegangan positif ke negative yang berfungsi untuk *smoothing* atau memperhalus tegangan. Data dari bagian receiver selanjutnya dilakukan processing dengan komputer yang nantinya hasilnya pada bagian scan converter memungkinkan untuk menyimpan gambar atau menampilkan pada layar CRT dalam bentuk tampilan gambar dengan skala keabu-abuan atau hitam putih.

II.8. Pemeriksaan Kehamilan dengan Ultrasonografi

Pemeriksaan ultrasonografi (USG) untuk evaluasi proses kehamilan (USG Obstetrik) telah dilakukan selama hampir 30 tahun terakhir. Pemeriksaan USG ini untuk kehamilan masih dianggap pemeriksaan penunjang medic yang dianggap aman dapat dikerjakan kapan saja, akan tetapi dilakukannya dalam masa kehamilan jika terdapat indikasi klinis.⁵

Pemeriksaan kehamilan dengan USG dilakukan sebaiknya pada kehamilan umur 18-22 minggu dan masa kehamilan 32-36 minggu setelah hari pertama periode haid yang terakhir. Tidak terlalu dianjurkan untuk pemeriksaan USG pada fase awal kehamilan mengingat deposit energy gelombang ultrasound kurang baik bagi perkembangan janin. Pemeriksaan yang dianjurkan untuk trimester awal kehamilan adalah pemeriksaan USG untuk meyakinkan kemungkinan adanya kehamilan, menentukan usia kehamilan dalam hal ini usia janin, menentukan usia perkembangan janin atau panjang *crown-rump*, menentukan jumlah janin (tunggal atau kembar), meyakinkan adanya kehamilan ektopik (hamil diluar rahim) atau disebut kehamilan anggur dan menguji perkembangan tidak normal dari janin. Bila diketahui adanya kelainan-kelainan pada janin sejak dini maka memungkinkan dokter untuk melakukan tindakan medik cepat sehingga memberikan hasil yang optimal.

Ada 3 macam metoda dalam memperoleh gambaran yaitu :

a. A-Mode Skanning

Disini yang akan dicari adalah besar amplitude sehingga di sebut A *Scanning*. Bunyi yang dihasilkan oleh *piezoelectric* melalui transduser akan

mencapai dinding B kemudian dipantulkan ke dinding A dan diterima oleh transduser.

b. B-Mode Skanning

B Skanning disebut pula *Bright Scanning*. Metode skanning ini banyak dipakai di klinik oleh karena ini bisa memperoleh pandangan / gambaran dua dimensi dari bagian tubuh. Prinsip B Skanning sama dengan A Skanning. Hanya saja pada B Skanning transdusernya digerakkan (*moving*) sedangkan pada A Skanning transdusernya tidak digerakkan.

Gerakan transduser mula-mula akan menghasilkan *echo* dapat dilihat adanya dot (dot ini disimpan pada CRT) kemudian transduser digerakkan ke arah lain menghasilkan *echo* pula sehingga kemudian tercipta suatu gambaran dua dimensi.

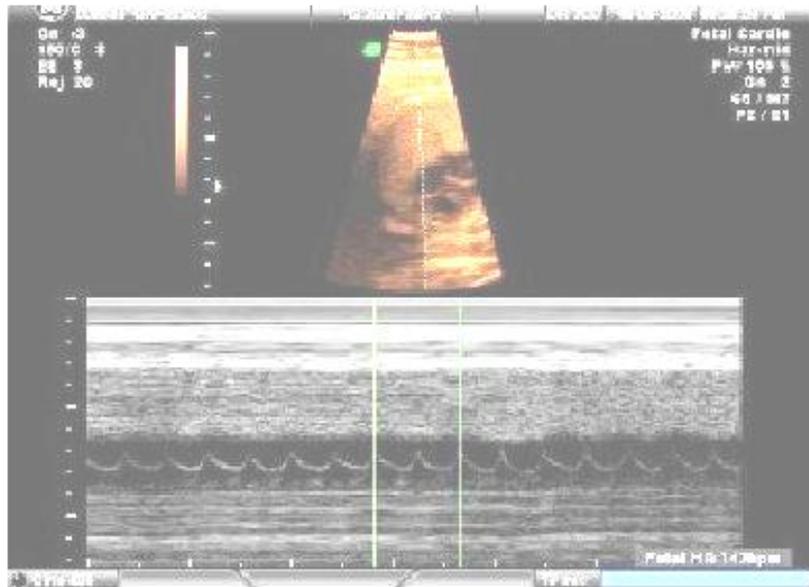
Pada B *Skanning* ini, operator boleh memilih dua mode control pada alat elektronik; untuk mencapai nilai ambang agar memperoleh gambaran yang dikehendaknya maka dipakai alat *control leading edge display*.

Untuk mengatur cahaya benderang pada layar TV (CRT = Tabung sinar katode) yang sebanding dengan besarnya *echo* / gema yang dihasilkan oleh *transduser ultrasonic* maka dipakai alat *grayscale display*.

c. M-Mode Skanning

M Skanning atau *Modulation scanning* ini merupakan metode yang digunakan dalam kaitan untuk memperoleh informasi gerakan alat-alat dengan mempergunakan *ultrasonic*. Misalnya hal mempelajari gerakan jantung, denyut

jantung janin, dan gerakan vulva, atau tehnik *Doppler* yang dipergunakan untuk mengukur aliran darah.



Gambar II.6. Tampilan M-Mode pada denyut jantung janin

Gelombang yang dihasilkan dari pengukuran denyut jantung janin akan dapat menentukan cepat rambat gelombang suara ketika berjalan menembus medium. Kecepatannya dipengaruhi oleh sifat dan kerapatan medium yang dilaluinya dan dinyatakan dalam meter per detik (m/detik). Pada medium yang sama cepat rambat gelombang akan sama walaupun frekuensinya berbeda. Nilai ini mudah diidentifikasi pada rentang variable akustik karena ada nilai maksimum. Dengan kecepatan ini, nilai maksimum bergerak melewati medium sehingga disebut juga cepat rambat gelombang. Jadi cepat rambat gelombang tergantung pada medium tetapi tidak bergantung pada frekuensi. Rumusnya panjang gelombang dibagi cepat rambat gelombang dikali frekuensi.

$$\lambda = \frac{c}{f} \dots\dots\dots(2.3)$$