

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi

**Analisis Penggunaan Ultrasonik Doppler Pada
Pengukuran Kecepatan Relatif Aliran Darah**

Nama Mahasiswa

Edy Susanto

NIM

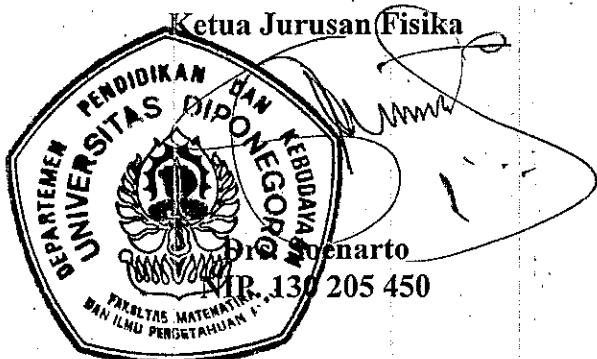
J 2D2 97 002

Telah diujikan dalam ujian sarjana dan dinyatakan lulus pada tanggal 16
Desember 1999.



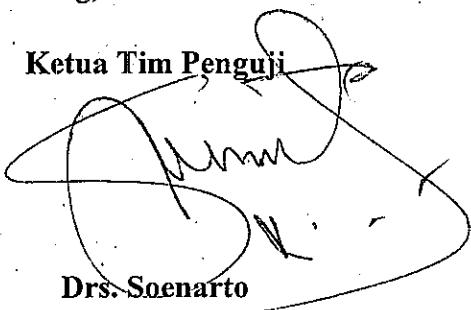
Semarang, Desember 1999

Ketua Jurusan Fisika



Ketua Tim Pengaji

Drs. Soenarto
NIP. 130 205 450



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi

**Analisis Penggunaan Ultrasonik Doppler Pada
Pengukuran Kecepatan Relatif Aliran Darah**

Nama Mahasiswa

Edy Susanto

NIM

J 2D2 97 002

Telah disetujui dan layak untuk diujikan pada ujian sarjana.

Semarang, Desember 1999

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

ZM: Dwi Sasongko

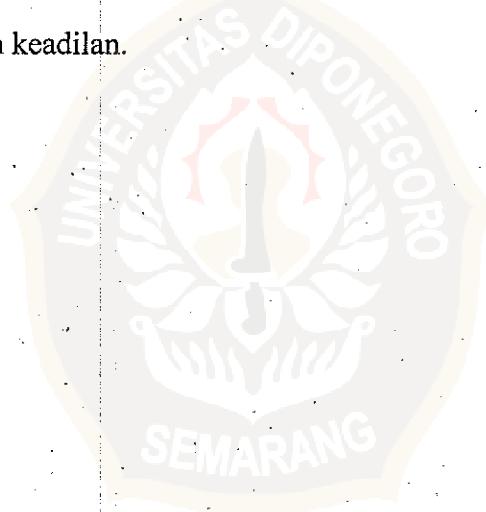
Drs. Dwi P. Sasongko,MSi
NIP. 131 672 950



Ir. Hernowo DS,MT
NIP. 131 601 938

MOTTO

- ◆ Dan carilah dengan apa yang dianugerahkan Allah kepada engkau, akan negeri akhirat dan janganlah engkau melupakan bagianmu di dunia dan berbuat baiklah sebagaimana Allah berbuat baik kepadamu. Dan janganlah engkau berbuat bencana di muka bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang berbuat bencana (Al-Qur'an surat Al Qashash ayat 77).
- ◆ Hidup ini akan terasa damai bila kita tidak saling bermusuhan dengan semboyan saling gotong royong dan saling menyayangi antara sesamanya.
- ◆ Surodiro jayanikanangrat swuh brastha tekaping ulah, lebur dening pangastuti: barang siapa mendahulukan kejahatan (kedhaliman) di situ pula akan ditumpas oleh kebenaran dan keadilan.



Kupersembahkan

- ◆ Ananda Farid Bayu Murti yang tersayang dan tercinta.
- ◆ Istri berikut calon ananda yang kedua beserta Ibuku yang tersayang dan tercinta.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berupa skripsi dengan judul "*Analisis Penggunaan Ultrasonik Doppler pada Pengukuran Kecepatan Relatif Aliran Darah*".

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana (S1) pada Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro Semarang.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Ir. Eko Budihardjo, MSc., selaku Rektor Universitas Diponegoro.
2. Bapak Drs. Mustafid, MEng. PhD., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro.
3. Bapak Drs. Soenarto, selaku Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro.
4. Bapak dr. H. Gatot Suharto, MKes. MMR., selaku Direktur Rumah Sakit Umum Pusat Dokter Kariadi Semarang, yang telah memberikan ijin penelitian.
5. Bapak dr. Adji Suroso, DSR., selaku Kepala Instalasi Radiologi Rumah Sakit Umum Pusat Dokter Kariadi, merangkap sebagai pembimbing lapangan yang telah memberikan bimbingan dan fasilitas selama penelitian.
6. Bapak Drs. Dwi P. Sasongko, MSi., selaku pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penelitian dan penulisan skripsi dengan sabar dan teliti.

7. Bapak Ir. Hernowo DS, MT., selaku pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penelitian dan penulisan skripsi dengan sabar dan teliti.
8. Seluruh staf pengajar Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Diponegoro.
9. Orang tua, istri, dan anak yang telah memberikan dorongan dan semangat serta semua pihak yang tak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu sumbang saran serta koreksi penulis harapkan dari karya ini. Sebagai akhir kata, semoga skripsi ini dapat menjadikan sumbangan pemikiran dan bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, Desember 1999

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR LAMBANG DAN SATUAN	xii
DAFTAR ISTILAH	xiv
INTISARI	xvii
ABSTRACT	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Pembatasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II DASAR TEORI	6
2.1. Gelombang Ultrasonik	6
2.1.1. Intensitas dan Kecepatan	8
2.1.2. Karakteristik Gelombang Pulsa Ultrasonik	11
2.1.3. Interaksi Gelombang Ultrasonik dengan Bahan	12
2.1.4. Produksi Gelombang Ultrasonik	17
2.2. Transduser Piezoelektrik (<i>Probe</i>)	19
2.3. Efek Doppler	21
2.3.1. Prinsip Dasar Efek Doppler	21
2.3.2. Analogi Efek Ultrasonik Doppler	25

BAB III METODA PENELITIAN	28
3.1 Lokasi Penelitian	28
3.2 Obyek Penelitian	28
3.3 Peralatan.....	29
3.4 Tahapan Penelitian	31
3.5 Variabel Operasional	32
3.6 Kerangka Penelitian	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Pengaruh Penyudutan <i>Probe</i> terhadap <i>Velocity</i>	41
4.2 Pengukuran Nilai Normal <i>Pulsatility Index</i> (P_1) dan <i>Mean Velocity</i> (v_m)	45
4.2.1. Nilai Normal <i>Pulsatility Index</i> (P_1)	45
4.2.2. Nilai Normal <i>Mean Velocity</i> (v_m)	46
4.3 Penentuan Nilai Frekuensi Doppler	51
4.3.1. Metode Perhitungan	51
4.3.2. Metode Nomogram	51
4.3.3. Metode Grafik	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2-1. Penjalaran gelombang ultrasonik pada medium udara digambarkan sebagai pegas	6
Gambar 2-2. Contoh gelombang malar (<i>continuous</i>), memperlihatkan panjang gelombang, frekuensi dan periode	7
Gambar 2-3. Contoh gelombang pulsa, memperlihatkan nilai PRP	7
Gambar 2-4. Contoh gelombang pulsa, memperlihatkan nilai PRF	7
Gambar 2-5. Hukum refleksi dan refraksi dengan menggunakan sinar	14
Gambar 2-6. Batang feromagnet dengan lilitan kawat	18
Gambar 2-7. Kristal piezoelektrik dikenai tegangan	18
Gambar 2-8. Komponen transduser	19
Gambar 2-9. Sumber bunyi diam, pengamat O bergerak mendekati ...	22
Gambar 2-10. Sumber bunyi bergerak mendekati pengamat yang diam	23
Gambar 2-11. Ilustrasi metode Doppler	26
Gambar 2-12. Pengukur aliran darah ultrasonik	27
Gambar 3-1. Diagram blok prinsip instrumen Doppler gelombang pulsa	30
Gambar 3-2. Vektor <i>velocity</i>	36
Gambar 3-3. Monografi hubungan antara <i>velocity</i> , frekuensi <i>probe</i> dengan variasi sudut θ , pada perhitungan $c_w = 1570$ m/detik.....	40
Gambar 4-1. Grafik antara <i>velocity</i> dengan nilai θ	43
Gambar 4-2. Grafik antara <i>velocity</i> dengan $\cos \theta$	43
Gambar 4-3. Grafik panduan nilai normal kecepatan relatif rata-rata aliran darah aorta abdominalis	50
Gambar 4-4. Grafik hubungan antara <i>v</i> dan $\cos \theta$	50
Gambar 4-5. Grafik hubungan antara <i>v</i> dan $\frac{1}{\cos \theta}$	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Daerah fekuensi gelombang suara	6
Tabel 2.2. Nilai HVT pada jaringan tubuh manusia	10
Tabel 2.3. Kecepatan rambat beberapa medium pada suhu 20° C	10
Tabel 2.4. Nilai koefisien atenuasi jaringan tubuh manusia	13
Tabel 2.5. Nilai impedansi jaringan tubuh akustik manusia	16
Tabel 3.1. Nilai normal yang dipakai sebagai pembanding	34
Tabel 3.2. Prosentase kesalahan sudut estimasi 3° hasil pengukuran <i>velocity</i>	38
Tabel 4.1. Data pengukuran skala <i>velocity</i>	41
Tabel 4.2. Data perhitungan skala <i>velocity</i>	42
Tabel 4.3. Data pengukuran <i>pulsatility index</i> (P_I)	45
Tabel 4.4. Data perhitungan <i>pulsatility index</i> rata-rata (\bar{P}_I)	46
Tabel 4.5. Data pengukuran <i>mean velocity</i> (v_m)	47
Tabel 4.6. Data perhitungan rata-rata <i>mean velocity</i> (\bar{v}_m)	48
Tabel 4.7. Data perhitungan kecepatan relatif rata-rata	48
Tabel 4.8. Panduan nilai normal kecepatan relatif rata-rata aliran darah	49
Tabel 4.9. Data perhitungan <i>velocity</i> terhadap $\frac{1}{\cos \theta}$	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Hasil penelitian/pengukuran *pulsatility index* (P_I) dan *mean velocity*

(v_m)

Lampiran B : Perhitungan *pulsatility index* (P_I)

Lampiran C : Perhitungan *mean velocity* (v_m)

Lampiran D : Deskripsi teoretik transduser piezoelektrik (*probe*)

Lampiran E : Surat ijin penelitian Direktur Rumah Sakit Umum Pusat Dokter

Kariadi Semarang



DAFTAR LAMBANG DAN SATUAN

f	= ν	= frekuensi (Hz)
θ		= sudut ($^{\circ}$)
λ		= panjang gelombang (meter)
t		= waktu (detik)
T		= periode (detik)
P		= daya (watt, W)
I		= intensitas (watt/m ²)
ω		= frekuensi sudut (rad/detik)
z		= impedansi akustik (ohm)
c_{ω}		= kecepatan gelombang ultrasonik (m/detik)
ρ_v		= rapat massa volume medium (kg/m ³)
Y		= modulus elastis Young (N/m ²)
PRF		= frekuensi repetisi pulsa (Hz)
PRP		= periode repetisi pulsa (Hz)
PD		= durasi pulsa (detik)
DF		= faktor <i>duty</i>
SPL		= panjang pulsa spatial (m)
\bar{J}		= rapat arus (A/m ²)
\bar{E}		= medan listrik (V/m)
\bar{H}		= medan magnet (tesla = Wb/m ²)

\bar{B}	= medan induksi magnet (tesla = Wb/m ²)
\bar{D}	= medan pergeseran (V/m)
ρ	= rapat muatan (C/m ³)
V	= volume (m ³)
dk	= tebal kristal (mm)
v_s	= frekuensi sumber (Hz)
f_D	= frekuensi Doppler (Hz)
f_P	= frekuensi yang diterima oleh pengamat (Hz)
v	= kecepatan aliran darah (m/detik)
v_s	= <i>peak sistolik velocity</i> (m/detik)
v_d	= <i>end systolic velocity</i> (m/detik)
P_I	= <i>pulsatility index</i>
v_m	= <i>mean velocity</i> (m/detik)

DAFTAR ISTILAH

Absorbsi	: proses penyerapan
Aneurisma	: kekurangan oksigen karena sumbatan pada pembuluh darah
Aorta abdominalis	: pembuluh darah aorta yang melewati dalam perut
Arteri renalis	: arteri yang memperdarahi ginjal
Atenuasi	: pengurangan (pelemahan)
Bidirectional Doppler	: Doppler dengan satu transduser yang dapat memancarkan dan menerima suara sekaligus
Bifurcatio	: percabangan
<i>B-Mode gray scale</i>	: skala abu : pada B-mode
<i>Color duplex sonography</i>	: sonografi yang menggunakan B-Mode dan Doppler berwarna
<i>Color flow mapping</i>	: pemetaan/penggambaran aliran darah dengan warna
<i>Compression</i>	: penekanan
Difraksi	: lenturan
<i>Doppler-shift frequency</i>	: frekuensi pergeseran Doppler
Efek Doppler	: efek yang memanfaatkan frekuensi datang dan frekuensi yang pergi
Ekstrakranial	: luar kepala

<i>End sistolik velocity</i>	: kecepatan terendah aliran darah (pada denyut diastolik)
<i>Half value thickness</i>	: tebal paro
Intensitas	: kekuatan suara per satuan luas dalam satuan waktu tertentu (cm^2/detik)
<i>Interface</i>	: antar-muka
Interferensi	: perpaduan dua atau lebih gelombang
Intrakranial	: dalam kepala
Kristal piezoelektrik	: kristal yang mampu menghasilkan efek piezoelektrik (efek suatu kristal bila terkena energi listrik akan menghasilkan suara dan sebaliknya)
<i>Mean velocity</i>	: kecepatan rata-rata
<i>Mid sagital plane</i>	: bidang pertolongan searah dengan sumbu tubuh yang membagi kanan kiri sama besar
<i>Peak sistolik velocity</i>	: kecepatan puncak aliran darah (pada denyut sistolik)
Penetrasi	: daya tembus
<i>Pulsatility index</i>	: batas rentang pulsa
<i>Rarefaction</i>	: peregangan
<i>Real time imaging</i>	: gambaran ultasonografi sewaktu
<i>Receiver</i>	: penerima suara
Refleksi	: pemantulan

Reflektor	: permantul suara
<i>Scattering</i>	: hamburan
Sonogram	: citra pada USG
Transduser/ <i>probe</i>	: alat pengubah energi listrik ke energi makanik dan sebaliknya
Transmisi	: pemancaran
Transmitter	: pemancar suara
Trifasik	: tiga fase
Ultrasonik	: suara ultra

