

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR STROKE VOLUME
MENGUNAKAN IMPEDANCE CARDIOGRAPHY**

SKRIPSI



ANGELI FALSAH ENGGAR MA'RUF

PROGRAM STUDI S1 - TEKNIK BIOMEDIS

DEPARTEMEN FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS AIRLANGGA

SURABAYA

2022

IR – PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR STROKE VOLUME MENGGUNAKAN
IMPEDANCE CARDIOGRAPHY**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Bidang Teknik Biomedis
Pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Angeli Falsah Enggar Ma'rufi
NIM. 081811733010

Disetujui oleh,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Khusnul Ain, S.T., M.Si.
NIP. 197207051997021001



Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc.
NIP. 199207232019031014

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Rancang Bangun Alat Ukur Stroke Volume
Menggunakan Impedance Cardiography
Penyusun : Angeli Falsah Enggar Ma'rufi
NIM : 081811733010
Tanggal Ujian : 28 Oktober 2022

Disetujui oleh,

Pembimbing I,



Dr. Khusnul Ain, S.T., M.Si.
NIP. 197207051997021001

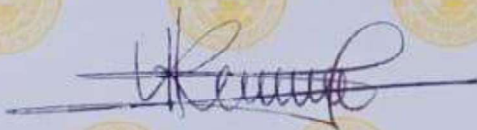
Pembimbing II,



Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc.
NIP. 199207232019031014

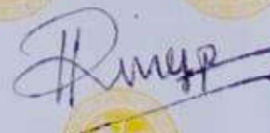
Mengetahui,

Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Herri Trilaksana, S.Si, M.Si, Ph.D.
NIP.197712282003121003

Koordinator Program Studi
S1 Teknik Biomedis
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Dr. Riries Rulaningtyas, S.T., M.T.
NIP. 197903152003122002

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepastakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah. Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Nama : Angeli Falsah Enggar Ma'rufi
NIM : 081811733010
Program Studi : Teknik Biomedis
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenjang : Sarjana (S1)

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul:

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR STROKE VOLUME
MENGUNAKAN IMPEDANCE CARDIOGRAPHY**

Apabila suatu saat terbukti melakukan kegiatan tindakan plagiat, maka saya akan menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 28 Oktober 2022



Angeli Falsah Enggar Ma'rufi
NIM. 081811733010

Angeli Falsah Enggar Ma'rufi, 2022, **Rancang Bangun Alat Ukur Stroke Volume Menggunakan Impedance Cardiography**. Skripsi ini dibawah bimbingan Dr. Khusnul Ain, S.T., M.Si. dan Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc. Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Stroke volume (SV) adalah volume darah yang dikeluarkan dari ventrikel setiap detak jantung. Termodilusi transpulmonal adalah salah satu metode yang digunakan untuk monitoring *stroke volume* (SV) secara terus-menerus namun metode ini bersifat invasif dan memerlukan jalur khusus arteri dan vena sentral. Oleh karena itu dibutuhkan metode lain yang dapat mengukur nilai SV yaitu *impedance cardiography* (ICG). *Impedance cardiography* (ICG) adalah sebuah metode non invasif yang digunakan untuk menentukan perubahan kandungan cairan pada toraks berdasarkan hukum Ohm. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat ukur *stroke volume* (SV) menggunakan *impedance cardiography* (ICG) dan mengetahui kinerja alat tersebut. Alat ini bekerja dengan mengalirkan arus sebesar 0,2 mA dengan frekuensi 50 kHz ke tubuh untuk menghasilkan tegangan tubuh naracoba. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali dengan jumlah naracoba sebanyak lima orang perempuan menggunakan empat buah elektroda ECG Ag/AgCl. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan waktu optimal pengukuran selama 30 detik dengan standar deviasi yaitu 2,70. Berdasarkan hasil analisis data, didapatkan *stroke volume* (SV) pada tiga dari lima orang naracoba adalah normal, sedangkan pada dua naracoba adalah tidak normal. Dari data tersebut didapatkan hubungan semakin besar nilai *stroke volume* (SV) nilai *heart rate* (HR) semakin kecil.

Kata Kunci: *Impedance Cardiography (ICG), Stroke Volume (SV), heart rate (HR)*

Angeli Falsah Enggar Ma'rufi, 2022, **Design of measurement tool Stroke Volume Using Impedance Cardiography**. This thesis is under guidance of Dr. Khusnul Ain, S.T., M.Si. and Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya.

ABSTRACT

Stroke volume (SV) is the volume of blood ejected from the ventricles with each heartbeat. Transpulmonary thermodilution is one of the methods used for continuous monitoring of stroke volume (SV), but this method is invasive and requires special arterial and central venous lines. Therefore, another method used to measure the value of SV is impedance cardiography (ICG). Impedance cardiography (ICG) is a non-invasive method used to determine changes in the fluid content of the thorax based on Ohm's law. This study aims to design a stroke volume (SV) measuring instrument using impedance cardiography (ICG) and evaluate the device's functionality. This device generates the participant's body voltage by applying a current of 0.2 mA at a frequency of 50 kHz to the body. Data was collected three times by five female participants using four Ag/AgCl ECG electrodes. According to the research, the ideal measuring period is 30 seconds, with a standard deviation of 2.70. Based on the results of data analysis, the stroke volume (SV) in three out of five participants was normal, while in two participants was abnormal. The result shows that the heart rate (HR) value decreased as the stroke volume (SV) value increased.

Keywords: Impedance Cardiography (ICG), Stroke Volume (SV), heart rate (HR)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya naskah skripsi dengan judul **“Rancang Bangun Alat Ukur *Stroke Volume* menggunakan *Impedance Cardiography*”** ini dapat diselesaikan dengan baik. Keberhasilan penulisan dan penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah meridhoi penulis dalam mengerjakan proposal skripsi.
2. Kedua orang tua dan adik penulis yang selalu mendoakan dan mendukung penulis baik moril maupun materil dalam menyelesaikan proposal skripsi ini.
3. Bapak Herri Trilaksana, S.Si, M.Si, Ph.D. selaku Ketua Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
4. Ibu Dr. Riries Rulaningtyas, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Biomedis, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
5. Bapak Dr. Khusnul Ain, S.T., M.Si. selaku dosen wali dan pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan memberi saran, arahan dan waktunya kepada penulis selama penulisan proposal skripsi dan selama penulis menempuh perkuliahan.
6. Bapak Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc. selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan berupa saran, arahan dan waktunya kepada penulis dalam penulisan proposal skripsi.
7. Bapak Drs. Pujiyanto, M. S. selaku dosen penguji I yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi.
8. Bapak Jan Ady, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji II yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi.
9. Dosen – dosen Teknik Biomedis yang telah membimbing serta memberikan wawasan ilmu selama penulis menempuh perkuliahan.

10. Mas Bayu selaku laboran Laboratorium Fisika Modern yang banyak membantu dan menjadi rekan diskusi selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi.
11. Amelia dan Vinas yang menjadi teman seperjuangan di laboratorium Fisika Modern yang selalu memotivasi dan memberikan semangat serta teman diskusi selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi.
12. Izmi, Lucy dan Mela teman-teman saya yang selalu memberi semangat selama proses penelitian ini.
13. Teman – teman S1 Teknik Biomedis angkatan 2018 yang turut membantu serta memotivasi penulis dalam penulisan proposal skripsi ini.
14. Teman – teman penulis yang turut memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis dalam penulisan proposal skripsi ini.

Tentunya penulisan naskah skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki naskah skripsi ini menjadi lebih baik. Naskah skripsi ini diharapkan dapat memberi manfaat baik kepada penulis sendiri dan juga dalam dunia kesehatan, khususnya pada bidang teknik biomedis di Indonesia.

Surabaya, 28 Oktober 2022

Angeli Falsah Enggar Ma'rufi

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Stroke Volume.....	6
2.2. Analisis Bioimpedansi.....	12
2.2.1. Pemodelan Bioimpedansi Sel Tubuh.....	13
2.2.2. Konsep Dasar Impedance Cardiography (ICG)	14
2.2.3. Pengukuran Stroke Volume (SV).....	16
2.2.4. Elektroda.....	17
2.3. Perangkat Perancangan Alat.....	19
2.3.1. Hardware	19
2.3.2. <i>Band Pass Filter</i> (BPF)	25
2.3.3. <i>Software</i> WaveForms	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	28

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	28
3.2.1. Alat Penelitian	28
3.2.2. Bahan Penelitian	28
3.2.3. <i>Software</i>	29
3.3. Metode Penelitian	29
3.3.1. Tahap Persiapan	30
3.3.2. Tahap Perancangan	30
3.3.3. Tahap Pengujian	33
3.3.4. Tahap Pengujian Keseluruhan Alat	34
3.3.5. Tahap Pengambilan Data	34
3.3.6. Tahap Pemrosesan Data	34
3.3.7. Tahap Analisis Data	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Hasil Persiapan Alat dan Bahan	36
4.2. Hasil Perancangan dan Pengujian Alat	36
4.2.1 Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	36
4.2.2 Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	47
4.3. Hasil Pengujian Keseluruhan Alat	48
4.4. Hasil Pengambilan Data	50
4.5. Hasil Pemrosesan Data	51
4.6. Analisis Data	53
4.6.1. Analisis Waktu Pengukuran	53
4.6.2. Analisis Nilai <i>Stroke Volume</i> (SV)	55
4.7. Pembahasan	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2. 1	Spesifikasi Analog Discovery 2	20
4. 1	Data hasil pengukuran <i>Stroke Volume</i> (SV)	53
4. 2	Nilai ketidakpastian data pada waktu pengukuran	54
4. 3	Hasil pengukuran naracoba	55

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2. 1	Faktor yang mempengaruhi cardiac output	6
2. 2	Diagram kurva fungsi jantung saat preload	8
2. 3	Kurva preload	8
2. 4	Faktor utama yang mempengaruhi kontraktilitas myocardial	9
2. 5	Kurva kontraktilitas	10
2. 6	Grafik afterload	11
2. 7	Kurva afterload	12
2. 8	Model elektrik sederhana dari suatu sel tubuh	13
2. 9	Sinyal elektrokardiogram (ECG) dan sinyal turunan pertama (dZ/dt)	15
2. 10	Pemasangan elektroda pada metode pengukuran Impedance Cardiography (ICG)	18
2. 11	Elektroda titik metode Biopac	18
2. 12	Elektroda titik metode Vu-AMS	19
2. 13	Analog Discovery 2	19
2. 14	Pin-Pin Analog Discovery 2	20
2. 15	Rangkaian peningkatan Howland	23
2. 16	Connection diagram OPA2134	24
2. 17	Skematik Instrument Amplifier	24
2. 18	Skematik IC AD620	25
2. 19	IC AD620	25
2. 20	Rangkaian band pass filter	26
2. 21	Sinyal high pass filter (HPF), low pass filter (LPF), dan band pass filter (BPF)	26
2. 22	Software WaveForms	27
3. 1	Diagram alir rancangan metode penelitian	29
3. 2	Diagram blok rancangan alat	30
3. 3	Rangkaian VCCS	32
3. 4	Instrument amplifier IC AD620	32
4. 1	Rangkaian uji function generator Analog Discovery 2	37
4. 2	Sinyal tegangan Analog Discovery 2 pada frekuensi 50 kHz	37
4. 3	Grafik uji Analog Discovery 2 frekuensi terhadap V_{rms}	38
4. 4	Skema uji Voltage Controlled Current Source (VCCS)	39
4. 5	Rangkaian Uji Voltage Controlled Current Source (VCCS)	39
4. 6	Grafik Uji VCCS arus terhadap pembebanan	40
4. 7	Skema uji Instrument Amplifier	41
4. 8	Rangkaian Uji Instrument Amplifier	41
4. 9	Hasil uji Instrument Amplifier penguatan 1 frekuensi 50 kHz	42

4. 10	Hasil uji Instrument Amplifier penguatan 50,4 frekuensi 50 kHz	43
4. 11	Hasil uji Instrument Amplifier penguatan 5,94 frekuensi 50 kHz	43
4. 12	Hasil uji Instrument Amplifier penguatan 3,47 frekuensi 50 kHz	43
4. 13	Grafik uji Instrument Amplifier	44
4. 14	Skema uji Band Pass Filter	46
4. 15	Rangkaian uji Band Pass Filter	46
4. 16	Grafik uji Band Pass Filter	46
4. 17	Tampilan menu Wavegen	47
4. 18	Tampilan menu Logger	48
4. 19	Skema pengujian keseluruhan alat	49
4. 20	Grafik uji keseluruhan alat	49
4. 21	Hasil pengujian keseluruhan alat	50
4. 22	Skema pengambilan data	50
4. 23	Rangkaian pengambilan data	51
4. 24	Data tegangan naracoba 1 selama 60 detik	52
4. 25	Data impedansi naracoba 1 selama 60 detik	52
4. 26	Data dZ/dt Naracoba 1 Selama 60 Detik	52
4. 27	Grafik Hubungan Heart Rate dengan Stroke Volume	56

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul
1.	<i>Function Generator</i> Analog Discovery 2
2.	Uji VCCS
3.	Uji <i>Instrument Amplifier</i> (AD620)
4.	Uji <i>Band Pass Filter</i>
5.	Data Pengambilan Alat
6.	Koding Perhitungan <i>Stroke Volume</i> pada MATLAB