

RANCANG BANGUN ALAT PENGUKUR PERSENTASE LEMAK TUBUH DENGAN *BIOELECTRICAL IMPEDANCE ANALYSIS* (BIA) 2 ELEKTRODA BERBASIS ARDUINO ATMEGA 2560

Danang Septaditya Hidayat Syah^{*)}, Munawar A.R., and Darjat.

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)} E-mail : engrawr@gmail.com

Abstrak

Kesadaran manusia akan pentingnya kesehatan merupakan salah satu faktor yang menyebabkan perkembangan teknologi pada bidang kesehatan berkembang pesat. Parameter kesehatan manusia diantaranya adalah persentase lemak tubuh, parameter tersebut dihitung menggunakan metode *bioelectrical impedance analysis* (BIA). BIA adalah metode untuk menghitung resistansi tubuh dengan cara menginjeksikan arus ke tubuh manusia untuk kemudian dihitung resistansinya. Persentase lemak tubuh berfungsi memberikan informasi tentang kriteria keadaan tubuh berdasarkan tinggi badan, berat badan, usia, jenis kelamin serta resistansi tubuh. Pada keadaan low dan high, seseorang akan memiliki resiko yang tinggi terhadap serangan penyakit. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini diciptakan alat pengukur persentase lemak tubuh dengan menggunakan dua elektroda pada frekuensi 50 kHz. Alat ini memiliki kemampuan untuk menghitung persentase lemak tubuh serta menentukan kriteria tubuh secara otomatis. Mikrokontroler Arduino Atmega 2560 digunakan untuk mengatur keseluruhan system. Pengukuran resistansi dilakukan sebanyak 5 kali dengan interval 0.25 S, dengan tujuan meningkatkan akurasi. Keluaran yang ditampilkan pada alat pengukur persentase lemak tubuh adalah nilai persentase lemak tubuh, beserta kriteria tubuh.

Kata Kunci: Bioelectrical Impedance Analysis, resistansi, persentase lemak tubuh, Low, Normal, Slightly High, High, Arduino Atmega 2560

Abstract

Humans' consciousness toward the importance of health is one of the factors driving the advancement of technological development in the field of health. Human health parameters include the percentage of body fat, this parameter is calculated using *bioelectrical impedance analysis* (BIA). BIA is a method for calculating the body resistance by injecting currents into the human body to then calculate the resistance. Body fat percentage function is to provide information on the state of the body based on height, weight, age, sex and body resistance. In the state of low and high, someone will have a higher risk of disease. Therefore, this final project create a body fat percentage measurement device using two electrodes at a frequency of 50 kHz. This tool has ability to calculate body fat percentage and automatically determines criteria of the body. Arduino microcontroller Atmega 2560 is used to manage the entire system. Resistance measurement is done 5 times at intervals of 0.25 S, with the aim of improving the accuracy. The output is displayed on the gauge body fat percentage is the percentage of body fat, along with the state of the body.

Keywords: Bioelectrical Impedance Analysis, resistance, percentage body fat, Low, Normal, Slightly High, High, Arduino Atmega 2560

1. Pendahuluan

Ilmu dan teknologi merupakan salah satu bidang yang memegang peran penting didalam setiap aspek kehidupan manusia terutama dalam dunia medis. Saat ini kecanggihan teknologi tersebut sangat membantu tenaga kerja dalam dunia medis dalam menangani permasalahan-permasalahan yang berhubungan dengan teknologi dan kaitannya dengan tubuh manusia, baik

dalam ruang lingkup kesehatan maupun teknologi medis yang digunakan untuk membantu manusia mempermudah melakukan aktifitasnya. Aplikasi dari kemajuan teknologi sekarang ini secara umum mengarah pada sistem digital yang lebih efektif dibandingkan dengan sistem analog.

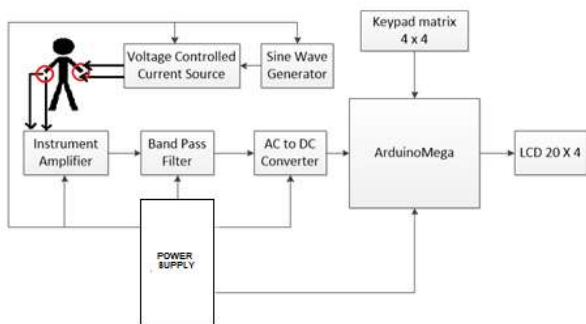
Berdasarkan penelitian yang dilakukan Low, Chin dan Deurenberg-Yap memperlihatkan prevalensi kegemukan (obesity) di negara maju berkisar dari 2,4 % di Korea

Selatan hingga 32,2 % di Amerika Serikat, sedangkan di negara berkembang berkisar dari 2,4 % di Indonesia sampai 35,6 % di Saudi Arabia. Menurut data tersebut terlihat bahwa tingkat kesadaran masyarakat akan pola hidup sehat tergolong rendah[1].

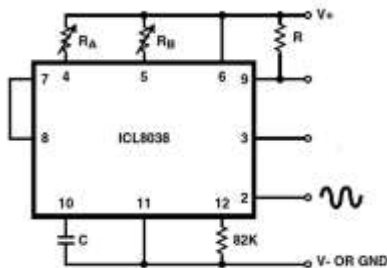
Belakangan ini, pengukuran *bioelectrical impedance* pada tubuh manusia telah dikembangkan untuk berbagai keperluan misalnya untuk mengetahui komposisi tubuh secara akurat dan menganalisa presentase kegemukan tubuh (*body fat*). Dengan adanya kemajuan di bidang teknologi elektronika, maka dapat diciptakan alat yang lebih akurat dalam pengukuran *body fat* daripada menggunakan peralatan analog yang ada sebelumnya seperti Lange Skinfold Caliper[2]. Dengan memanfaatkan *bioelectrical impedance analysis* dapat mengukur presentase kegemukan tubuh (*body fat*) seseorang lebih akurat

Bio Impedance Analysis (BIA) adalah teknik untuk mengetahui komposisi tubuh dari benda biologis yang dianalisis dengan mengukur impedansi dalam tubuhnya. BIA mengukur *bioelectrical impedance* dari jaringan tubuh yang dihasilkan di dalam manusia ketika dialiri arus AC, maka didapatkan bahwa besar impedansi di dalam jaringan tubuh sebanding dengan frekuensi sinyal arus yang dialirkan. *Bioelectrical impedance* tubuh dapat dihitung dengan mengukur sinyal tegangan yang dihasilkan dari *constant current* yang dimasukkan ke dalam tubuh[3].

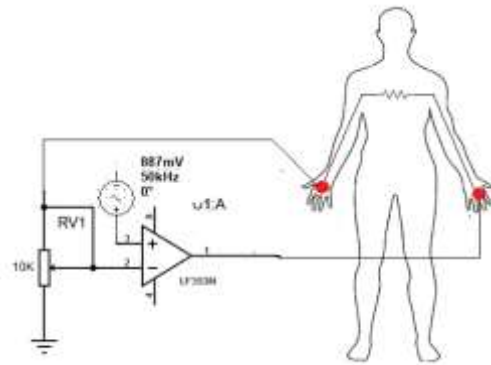
2. Metode



Gambar 1. Perancangan umum pengukur persentase lemak tubuh



Gambar 2. Rangkaian Sine Wave Generator



Gambar 3. Rangkaian Voltage Controlled Current Source

Diagram blok seperti ditunjukkan pada Gambar 1 merupakan gambaran umum dari keseluruhan sistem pengukur persentase lemak tubuh dengan *Bioelectrical impedance analysis* 2 elektroda, yang terdiri dari beberapa bagian sebagai berikut.

- Keypad Matriks 4x4, digunakan untuk menginputkan data berupa tinggi badan, berat badan, usia, jenis kelamin dan memulai proses pengukuran dan perhitungan persentase lemak tubuh.
- *Sine Wave Generator*, berfungsi untuk menghasilkan tegangan AC dengan frekuensi 50kHz.
- *Voltage Controlled Current Source* (VCCS), berfungsi untuk menghasilkan arus yang konstan.
- Elektroda, berfungsi sebagai penghantar arus dan juga sebagai detektor tegangan yang keluar dari tubuh.
- *INA* (*Instrument Amplifier*), digunakan untuk menguatkan keluaran tegangan dari tubuh manusia.
- *Band Pass Filter*, digunakan untuk mengeliminasi sinyal-sinyal noise pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi yang dihasilkan dari pergerakan artefak elektroda, sinyal otot (EMG) serta sinyal noise lainnya.
- *AC to DC Converter*, digunakan untuk mengubah sinyal input AC menjadi tegangan output DC.
- LCD 20x4, digunakan untuk menampilkan umur, tinggi badan, berat badan, jenis kelamin, persentase lemak tubuh, dan kondisi tubuh pasien.
- *Arduino Mega 2560*, berfungsi sebagai pengontrol keseluruhan sistem pengukur persentase lemak tubuh.
- *Power Supply*, berfungsi sebagai sumber tegangan untuk seluruh sistem dan juga Arduino

2.1. Perancangan Blok Analog

Blok analog ini tersusun dari rangkaian *sine wave generator*, *voltage controlled current source*, penguat instrumentasi, *band-pass filter*, dan rangkaian ac to dc.

Pada gambar 2 merupakan rangkaian sine wave generator dengan menggunakan ICL8038. Rangkaian ini berfungsi

untuk menghasilkan gelombang sinus dengan frekuensi 50 KHz.

Frekuensi keluaran dari ICL8038 sebesar 50 kHz didapat dengan mengatur nilai resistor dan kapasitor. Untuk mempermudah perhitungan maka nilai kapasitor diatur terlebih dahulu sebesar 1nF sehingga perhitungan resistor sebagai berikut :

$$f = \frac{0,33}{RC} \quad (1)$$

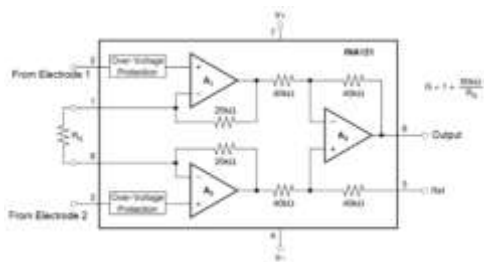
$$50 \cdot 10^3 = \frac{0,33}{R \cdot 10^{-9}}$$

$$R = \frac{0,33}{50 \cdot 10^3 \cdot 10^{-9}}$$

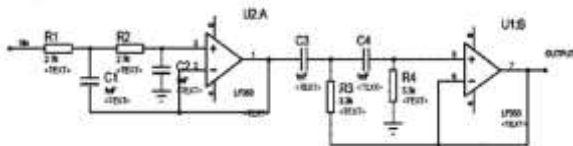
$$R = \frac{0,33}{50 \cdot 10^{-6}}$$

$$R_A = R_B = R = 6600 \Omega \approx 6,6 k\Omega$$

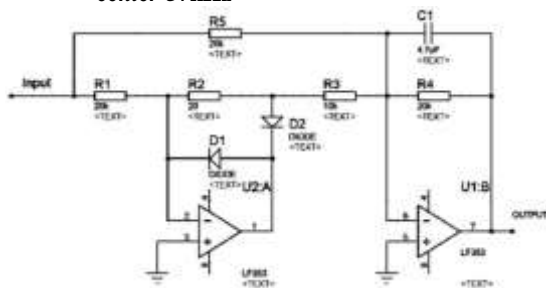
Dari perhitungan di atas didapatkan nilai resistor sebesar 6,6 kΩ untuk mendapatkan frekuensi keluaran sebesar 50 kHz.



Gambar 4. Rangkaian penguat instrumentasi INA121



Gambar 5. Rangkaian band-pass filter dengan frekuensi center 57kHz



Gambar 6. Rangkaian AC to DC converter

Gambar 3 merupakan rangkaian *voltage controlled current source* yang berfungsi merubah sumber tegangan dari sine wave generator menjadi sumber arus konstan dengan besar 0,1mA. Rangkaian ini terdiri dari sebuah op-amp dan sebuah resistor pengatur arus keluaran.

Arus keluaran rangkaian *voltage controlled current source* dapat diatur sesuai dengan persamaan

$$I_{out} = \frac{V_{in}}{R_{sense}} \quad (2)$$

$$I_{out} = \frac{887 mV}{8870 ohm}$$

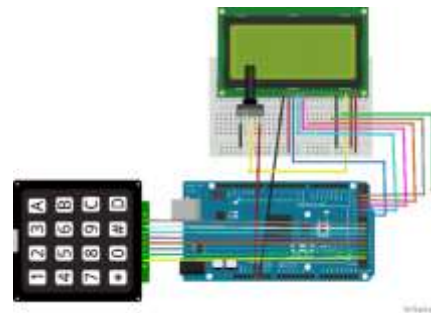
$$I_{out} = 0,1 mA$$

Gambar 4 merupakan penguat instrumentasi dengan menggunakan ic INA121P. Rangkaian menguatkan tegangan input dari elektroda sebesar 10 kali.

Gambar 5 merupakan rangkaian *band-pass filter*. Rangkaian ini digunakan untuk mengeliminasi sinyal-sinyal noise pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi yang dihasilkan dari pergerakan artefak elektroda, sinyal otot (EMG) tubuh yang ikut terukur, serta sinyal noi selainya yang dapat merusak sinyal asli dari pengukuran *bioelectrical impedance*. Frekuensi center dari *Band Pass Filter* adalah antara 48kHz sampai 59 kHz. *Band Pass Filter* ini menggunakan komponen aktif berupa op-amp karena dibandingkan dengan tapis pasif, tapis aktif lebih presisi

Nilai tegangan *bioelectrical impedance* yang melewati BPF masih ikut termodulasi secara amplitudo dengan sinyal sinusoidal 50KHz yang berasal dari *sine wave generator*. Oleh karena itu sinyal yang masih berupa sinyal AC kemudian di searahkan menggunakan AC to DC converter seperti pada Gambar 6.

2.1. Perancangan Blok Digital



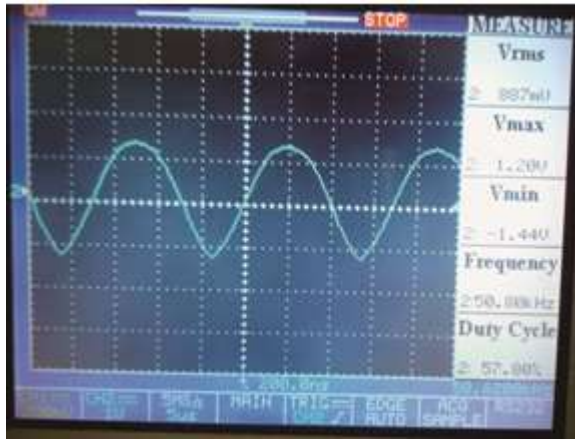
Gambar 7. Blok digital

Tabel 1. Konfigurasi pin LCD dengan pin arduino

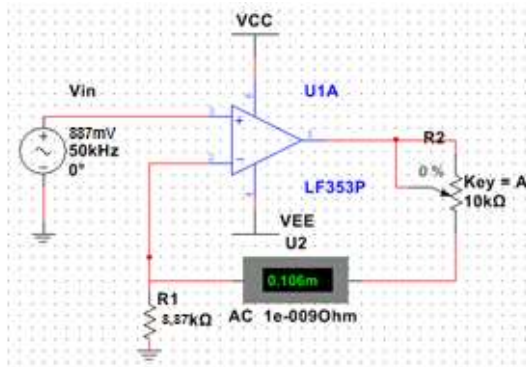
Pin LCD	Pin Arduino
Vcc (2)	Vcc
GND (1)	GND
RS (4)	22
E (6)	24
DB4 (11)	26
DB5 (12)	28
DB6 (13)	30
DB7 (14)	32

Tabel 2. Konfigurasi pin keypad dengan pin arduino

Pin arduino	Pin keypad
51	Baris ke-1
49	Baris ke-2
47	Baris ke-3
45	Baris ke-4
43	Kolom ke-1
41	Kolom ke-2
39	Kolom ke-3
37	Kolom ke-4



Gambar 8. Output dari sine wave generator dengan frekuensi 50 kHz



Gambar 9. Pengujian Rangkaian VCCS

Blok digital ini tersusun dari rangkaian LCD, arduino atmega 2560 dan keypad membran 4 x4. Pada gambar 7 adalah blok digital dari alat pengukur persentase lemak tubuh. Berdasarkan gambar 7, dari 16 pin LCD, terdapat 8 pin yang terhubung pada arduino, yaitu seperti Tabel 1.

Keypad matriks terdiri dari 8 pin, yaitu 4 pin untuk mendeklarasikan baris dan 4 pin untuk mendeklarasikan kolom. Masing-masing pin pada keypad dihubungkan dengan pin pada arduino dengan konfigurasi seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Data analog yang merupakan output AC to DC converter kemudian di masukkan ke pin A0 arduino. Data analog

yang masih berupa tegangan tadi kemudian dihitung untuk mendapatkan persentase lemak tubuh dengan persamaan sebagai berikut:

$$Z = \frac{V}{I} \quad (3)$$

$$FFM = 0,225 \left(\frac{height^2}{Z} \right) + 0,125 (height) + 0,4(weight) - 0,126 (age) + 4,93 (gender) - 6 \quad (4)$$

$$FM (kg) = Weight - Fat Free Mass \quad (5)$$

$$Body Fat(\%) = \frac{FM}{Weight} \times 100\% \quad (6)$$

3. Hasil

3.1. Pengujian Sine Wave Generator

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil keluaran dari rangkaian sine wave generator yang dirancang. pengujian dilakukan dengan melihat hasil keluaran rangkaian sine wave generator menggunakan osiloskop. Pada pengujian ini dilihat apakah rangkaian dapat menghasilkan sinyal sinusoidal dengan frekuensi 50kHz.

Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa keluaran ICL8038 berbentuk gelombang sinus dengan frekuensi sebesar 50,8 kHz dan duty cycle sebesar 57,8%. Frekuensi output dari ICL 8038 sudah sesuai dengan perancangan sebesar 50kHz.

3.2. Pengujian VCCS

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara arus keluaran rangkaian VCCS dengan beban yang bervariasi. Pada pengujian ini dilihat apakah rangkaian VCCS mampu menghasilkan sumber arus 0,1mA secara konstan ketika beban yang disambung bervariasi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan potentiometer yang disusun seperti Gambar 9.

Tabel 3. Data hasil pengujian rangkaian VCCS

NO	Hambatan (ohm)	Arus (mA)		Error (%)
		Pengukuran tanpa beban pada keadaan open (S)	Pengukuran dengan beban (Y)	
1	100	100	99,5	0,5
2	200	100	99,3	0,7
3	300	100	99,1	0,9
4	400	100	99	1
5	570	100	98,7	1,3
6	600	100	98,4	1,6
7	700	100	98	2
8	800	100	97,3	2,7
9	900	100	97,1	2,9
10	1000	100	96,7	3,3
11	2000	100	95,5	4,5
Rata - rata error = $\frac{\sum E}{11}$				1,69

Tabel 4 Perbandingan tegangan output setelah diberikan penguatan

No	V _{in} (mV)	V _{out} (mV)		Error (%)
		Perhitungan (S)	Pengukuran (Y)	
1.	100	1000	1015	1,5
2.	155	1550	1567	1,1
3.	200	2000	2019	0,95
4.	255	2550	2570	0,78
5.	300	3000	3016	0,53
6.	355	3550	3559	0,25
7.	400	4000	4012	0,3
8.	455	4550	4559	0,19
9.	500	5000	5001	0,02
10.	555	5550	5549	0,01
11.	600	6000	5999	0,02
Rata - rata error = $\frac{\sum E}{11}$				0,56

Hasil pengujian VCCS dapat dilihat pada tabel 3. Dari Tabel 3, dapat diketahui perbandingan antara hasil pengukuran arus tanpa beban pada keadaan *open* dan arus pengukuran dengan beban. Berdasarkan hasil perbandingan, dapat diketahui *error* dari VCCS. Berikut merupakan contoh perhitungan *error*.

$$E = \frac{|S - Y|}{S} \times 100\% = \frac{|100 - 99,5|}{100} \times 100\% = 0,5 \%$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat diketahui *error* rata-rata VCCS dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Error Rata-rata} = \frac{\sum E}{11} = \frac{21,4}{11} = 0,56 \%$$

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa VCCS berfungsi dengan baik karena masih konstan apabila diberikan variasi beban tertentu serta memiliki error yang kecil.

3.3. Pengujian INA 121

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kelinieran dari penguatan rangkaian penguat *instrumentation amplifier* INA12. Pengujian ini menggunakan sinyal input sinusoidal dari audio generator. Pada pengujian nilai penguatan diatur agar dapat menghasilkan penguatan sebesar 10 kali. Hasil pengujian untuk sinyal input yang bervariasi ditunjukkan pada tabel 4

Hasil pengujian INA121P dapat dilihat pada tabel 4. Dari Tabel 4, dapat diketahui perbandingan antara hasil perhitungan dan pengukuran penguatan INA121P. Berdasarkan hasil perbandingan, dapat diketahui *error* dari INA121P. Berikut merupakan contoh perhitungan *error*.

$$E = \frac{|S - Y|}{S} \times 100\% = \frac{|1000 - 1015|}{1000} \times 100\% = 1,5 \%$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat diketahui *error* rata-rata INA121P dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Error Rata-rata} = \frac{\sum E}{11} = \frac{5,670429}{11} = 0,565376259 \%$$

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa INA121P sudah bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya karena V_{out} memiliki penguatan 10 kali dari V_{in} serta memiliki error yang kecil.

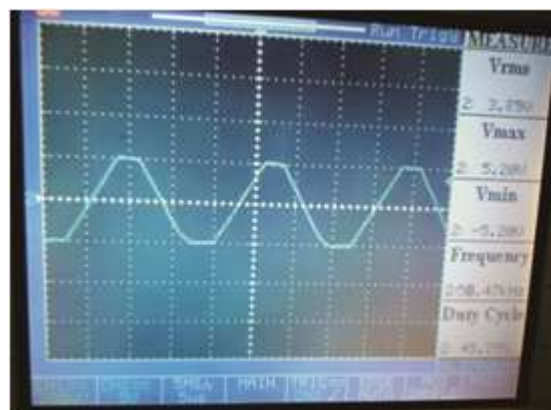
Pada Gambar 10 di bawah terlihat bahwa keluaran INA 121P pada saat tidak ada beban (*floating*) berbentuk gelombang sinus yang terpotong. Hal ini dikarenakan V_{DD} pada Op-Amp hanya sebesar +5V dan V_{EE} sebesar -5V sehingga ketika gelombang melebihi V_{DD} dan V_{EE} maka sinyal akan terpotong pada bagian puncak dan lembah.

Pada Gambar 11 di bawah terlihat bahwa gelombang keluaran INA 121P pada saat ada beban terdapat banyak *noise* terutama *motion artifact noise*. Noise ini berasal dari pergerakan dari objek pengukuran.

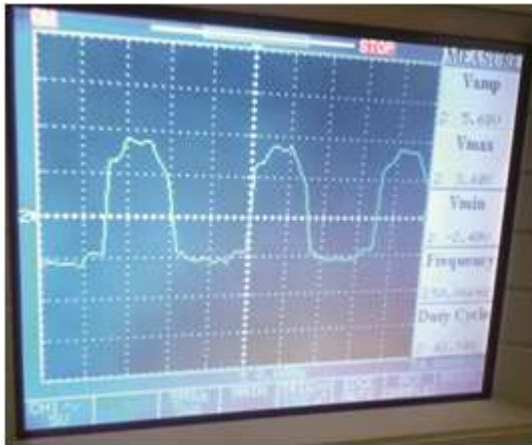
3.4. Pengujian Band Pass Filter

Pada saat keadaan tanpa beban (*floating*) gelombang keluaran BPF berbentuk gelombang sinus dengan frekuensi 50,47 kHz Gambar 12 di bawah.

Pada saat keadaan dengan beban gelombang keluaran BPF masih berbentuk gelombang sinus dengan frekuensi 50,7 kHz seperti pada Gambar 13. Hal ini menunjukkan BPF bekerja dengan baik dan benar walaupun terdapat *noise* seperti *motion artifact noise*.



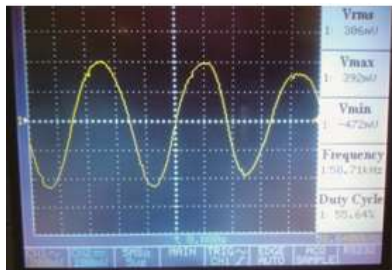
Gambar 10. Gelombang keluaran INA 121P pada saat tidak ada beban (*floating*)



Gambar 11. Gelombang keluaran INA 121P pada saat ada beban



Gambar 12. Gelombang keluaran Band Pass Filter pada saat tanpa beban (floating)



Gambar 13. Gelombang keluaran Band Pass Filter pada saat ada beban

Tabel 5. Perbandingan V_{out} DC perhitungan dan pengukuran

No	V_m (V)	V_{out} DC (V)		Error (%)
		Perhitungan (S)	Pengukuran (Y)	
1	0,5	0,318	0,307	3,61
2	1	0,637	0,629	1,25
3	1,5	0,9555	0,93	2,79
4	2	1,274	1,2	5,8
5	2,5	1,592	1,575	1,09
6	3	1,911	1,897	0,73
7	3,5	2,229	2,175	2,44
8	4	2,548	2,412	5,3
9	4,5	2,866	2,79	2,67
10	5	3,185	3,075	3,45
Rata - rata error = $\frac{\sum E}{10}$				2,92

Tabel 6. Hasil Pengukuran persentase lemak tubuh dengan alat TA dan HINANO 1328 BFA

NO	Subjek	Tinggi (cm)	Berat (kg)	Umur (tth)	L/P	Body Fat (%)		Error (%)
						Alat TA (S)	HINANO 1328 BFA (Y)	
1	Subjek 1	165	60	22	1	20,6	19,8	4,51
2	Subjek 2	188	87	22	1	27,71	27,5	0,90
3	Subjek 3	170	54	21	1	13,06	12,4	5,31
4	Subjek 4	167	55	21	1	14,01	14,4	2,69
5	Subjek 5	170	65	22	1	20,25	20,3	0,24
6	Subjek 6	154	55	22	1	18,80	19,6	4,05
7	Subjek 7	182	62	22	1	12,08	12,8	5,596
8	Subjek 8	165	67	22	1	23,1	24	3,75
9	Subjek 9	167	58	22	1	16,62	16,2	2,63
10	Subjek 10	167	50	23	1	10,87	11,6	6,33
11	Subjek 11	165	55	22	0	22,23	21,4	3,90
12	Subjek 12	155	55	22	1	20,07	19,6	2,40
Rata - rata error = $\frac{\sum E}{12}$								3,52

3.5. Pengujian AC to DC Converter

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan input pada rangkaian berupa sinyal sinusoidal 50 kHz yang dihasilkan dari audio generator. Nilai tegangan sinyal sinusoidal divariasikan dan tegangan keluaran diukur menggunakan voltmeter. Hasil pengukuran voltmeter kemudian dibandingkan dengan tegangan rms dari sinyal masukan.

Hasil pengujian AC to DC Converter dapat dilihat pada tabel 5. Dari Tabel 5, dapat diketahui perbandingan antara hasil V_{out} DC perhitungan dan pengukuran pada AC to DC Converter. Berdasarkan hasil perbandingan, dapat diketahui error dari AC to DC Converter. Berikut merupakan contoh perhitungan error.

$$E = \frac{|S - Y|}{S} \times 100\% = \frac{|0,318 - 0,307|}{0,3185} \times 100\% = 3,61\%$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat diketahui error rata-rata AC to DC Converter dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Error Rata-rata} = \frac{\sum E}{10} = \frac{29,20}{10} = 2,92\%$$

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa AC to DC Converter berfungsi dengan baik karena V_{out} DC pengukuran memiliki nilai yang hampir sama dengan V_{out} DC perhitungan serta memiliki error yang kecil.

3.6. Pengujian Alat Pengukur Persentase Lemak Tubuh

Pengujian alat pengukur persentase lemak tubuh ini dilakukan untuk mengetahui keakuratan alat dalam mengukur persentase lemak tubuh. Pengukuran dilakukan dengan membandingkan pengukuran alat TA dan pengukuran dengan menggunakan HINANO 1328 Body Fat Analyzer. Perhitungan persentase lemak tubuh menggunakan persamaan 4 dengan melakukan perubahan pada konstanta variabelnya dengan metode pendekatan untuk mendapatkan hasil yang sesuai. Hasil perubahan digunakan untuk menghitung *Body Fat* pada persamaan 3, 4, 5 dan 6

Hasil pengujian alat pengukur persentase lemak tubuh dapat dilihat pada tabel 6. Dari Tabel 6, dapat diketahui perbandingan antara hasil alat pengukur persentase lemak tubuh dan HINANO 1328 BFA. Berdasarkan hasil perbandingan, dapat diketahui *error* dari alat pengukur persentase lemak tubuh. Berikut merupakan contoh perhitungan *error*.

$$E = \frac{|S - Y|}{S} \times 100\% = \frac{|20,69 - 19,8|}{20,69} \times 100\% = 4,51\%$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat diketahui *error* rata-rata sistem dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Error Rata-rata} = \frac{\sum E}{12} = \frac{42,33}{12} = 3,52\%$$

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem sudah bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya dengan rata-rata error sebesar 3,52%. Error tersebut dikarenakan pada saat melakukan pengukuran subjek bergerak-gerak karena tegangan keluaran dari sistem dalam skala milivolt sehingga sedikit perubahan akan membuat pengukuran menjadi berbeda..

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisis yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Telah berhasil dirancang alat pengukur lemak tubuh dengan metode *bioelectrical impedance analysis* (BIA) 2 elektroda dengan frekuensi 57 kHz yang berfungsi dengan baik.
2. *Noise Motion Artefact* dapat ditekan dengan menggunakan tapis Sallen-key *band-pass filter* dengan frekuensi *center* antara 48 kHz hingga 59kHz.
3. Pada pengujian LCD, keluaran yang ditampilkan pada layar sudah sesuai dengan data yang dikirimkan.
4. Pada pengujian *gain* pada INA 121P, tegangan keluaran yang dihasilkan sudah sesuai dengan besar *gain* yang diberikan yaitu sebesar 10 kali.
5. Alat yang dirancang telah diuji dan dibandingkan dengan HINANO 1328 Body Fat Analyzer, dimana diperoleh error rata-rata sebesar 3,53 %.

6. Perbedaan nilai yang terjadi dikarenakan pada saat melakukan pengukuran subjek tidak stabil dalam memegang alat, karena tegangan keluaran dari sistem dalam skala milivolt.

- [1]. B. Corporation, "Clinician Desk Reference for BIA Testing Table of Contents," 2013.
- [2]. I. A. Inc., "Datasheet ICL 8038," 2001.
- [3]. 3R. B. K. L. a. P. J. R. Fernando Seoane, "Current Source Design for Electrical Bioimpedance Spectroscopy," 2008.
- [4]. A. P. M. d. D. J. Bates, *Electronic Principles 7th*, New York: McGraw-Hill, 2007.
- [5]. J. G. Webster, *Medical Instrumentation Application and Design*, United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 2010.
- [6]. D. P. d. M. Norris, *Design and Development of Medical Electronic Instrumentation A Practical Perspective of the Design Construction, and Test of Medical Devices*, Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [7]. H. W. Ott, *Noise Reduction Techniques in Electronic System*, New York: Wiley, 1988.
- [8]. E. B. L. d. L. A. Geddes, *Principles of Applied Biomedical Instrumentation 3rd edition*, New York: J. Wiley, 1989.
- [9]. E. S. D. Laboratory, *HD44780 Starter Guide*, 2001.
- [10]. G. Irman, "Perancangan dan implementasi alat parkir sepeda dengan sistem pembayaran otomatis menggunakan coin acceptor," Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer UNIKOM, 2013.
- [11]. M. U. Nasih, "Prototipe Alat Pengaman Kendaraan Bermotor Menggunakan Password Dan Sms Berbasis Mikrokontroler At89s52," *Teknik Informatika STMIK EL RAHMA*, 2013.
- [12]. S. Mujoko, "PERANCANGAN SISTEM ANTRIAN DIGITAL BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51," *Sistem Komputer SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER JAKARTA STI&K*, 2009.
- [13]. A. Widitya, "PENGARUH VARIASI ELEKTROLIT JEMBATAN GARAM TERHADAP IMPEDANSI SEL GALVANIK Cu/Zn," *Department of Chemistry ITB*, 2007.
- [14]. M. G. Simanjuntak, "Perancangan Prototipe Smart Building Berbasis Arduino UNO," *Teknik Elektro Universitas Sumatra Utara*, 2013.
- [15]. A. Rafik, "APLIKASI SMART CARD PADA METERAN AIR DIGITAL PRABAYAR BERBASIS ARDUINO MEGA 2560," *DIII Teknik Elektro FT Undip*, 2014.
- [16]. B. Technology, "Datasheet Lange Skinfold Caliper," *Caliper, Santa Cruz*, 2008.
- [17]. A.S. H. Nuraliyah, "AKTIVITAS FISIK DAN DURASI TIDUR PADA PENDERITA OVERWEIGHT DAN OBESITAS MAHASISWA UNIVERSITAS HASANUDDIN," p. 11, 2014.
- [18]. Omron Healthcare Inc., *Omron BODY FAT ANALYZER Model HBF-306*, 2001