

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

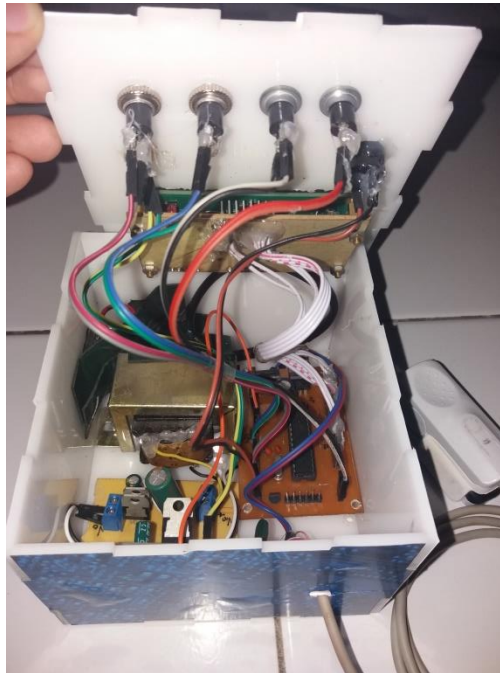
1.1 Spesifikasi Alat

1. Nama modul : *Digital Harvard Step Test*
2. Jenis modul : Alat Diagnostik
3. *Range* pengukuran modul : Dewasa
4. *Display* modul : LCD Karakter 16x2
5. Sensor modul : *Finger Sensor*
6. Daya modul : +12 Volt DC
7. Dimesi *box* modul : 29 cm x 13 cm x 7.5 cm
8. Sistem modul : *Microcontroller ATmega8*

Adapun gambar dari alat yang telah penulis buat dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4. 1 Alat tampak depan



Gambar 4. 2 Alat tampak dalam

Cara kerja alat digital *harvard step test* yaitu langkah pertama sambungkan kabel power ke sumber PLN kemudian tekan tombol *ON/OFF* ke posisi *ON* maka power supply akan berkerja mensupply tegangan keseluruh rangkaian pada alat. Pada saat saklar *ON*, LCD 2x16 akan menyala dan memunculkan tampilan pemilihan testi laki-laki atau perempuan. Ketika menekan tombol pilihan maka akan keluar perintah untuk bersiap-siap memulai naik turun bangku. Saat *buzzer* berbunyi testi mulai naik turun bangku dengan kaki mengikuti ketukan dari irama *buzzer* selama 5 menit. Jika testi tidak mampu naik turun bangku selama 5 menit maka dapat menekan tombol *Stop* dan selanjutnya LCD 2x16 akan memunculkan perintah untuk beristirahat selama 1 menit. Setelah 1 menit istirahat alat memulai untuk pembacaan denyut nadi pertama selama 30 detik, waktu tercapai LCD 2x16 memunculkan perintah lagi untuk istirahat selama 30 detik. Begitu seterusnya

sampai mendapat denyut nadi pertama, denyut nadi kedua dan denyut nadi ketiga. Terakhir hasil kebugaran daya tahan kardiovaskuler akan muncul pada LCD 2x16.

Berikut adalah cara menggunakan alat *Digital Harvard Step Test* :

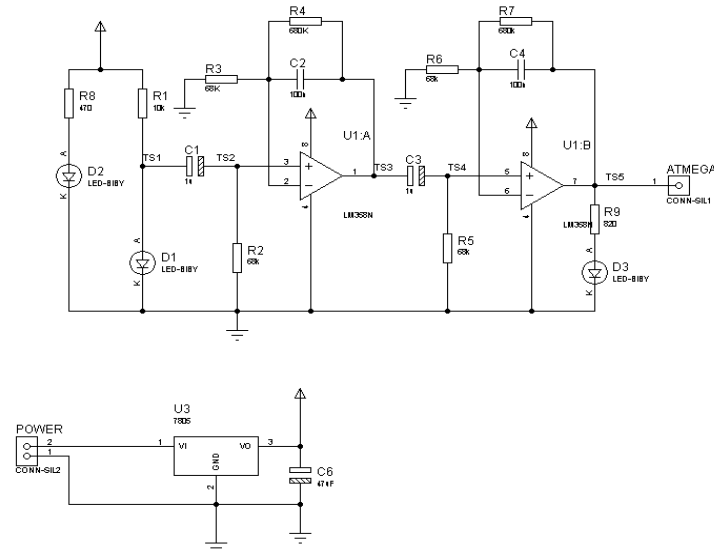
1. Menekan saklar ON untuk menghidupkan alat.
2. Menekan pilihan tombol laki-laki atau perempuan.
3. Testi bersiap untuk melakukan gerakan naik turun bangku.
4. Ketika suara *buzzer* berbunyi dengan irama 120 x permenit, testi melakukan kegiatan naik turun bangku dengan kaki mengikuti irama *buzzer*.
5. Kegiatan naik turun bangku dilakukan selama 5 menit, atau jika seorang testi sudah kelelahan dan tidak sanggup melanjutkan dapat menekan tombol *stop* yang berwarna kuning.
6. Istirahat selama 1 menit dan memasang sensor pada jari telunjuk
7. Menunggu pembacaan nadi selama $\pm 3,5$ menit.
8. Hasil kebugaran daya tahan kardiovaskuler akan ditampilkan pada LCD 16x2.

3.2 Hasil Pengujian

3.2.1 Pengujian Rangkaian Sensor

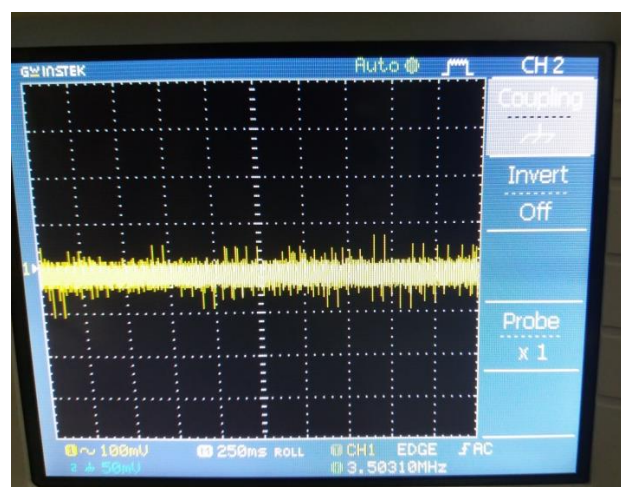
Pengujian dilakukan pada rangkaian sensor yang terdiri dari rangkaian *band pass filter* dan *non inverting*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *digital oscilloscope* dengan pengukuran dilakukan pada beberapa titik yaitu, TS 1 pada output sensor, TS 2 pada *output high pass filter* 1, TS 3 pada *output* penguat

1 *non inverting*, TS 4 pada *output high pass filter 2* dan TS 5 pada output penguat
2 *non inverting*.



Gambar 4. 3 Titik pengujian *high pass filter*, *low pass filter* dan penguat *non inverting*

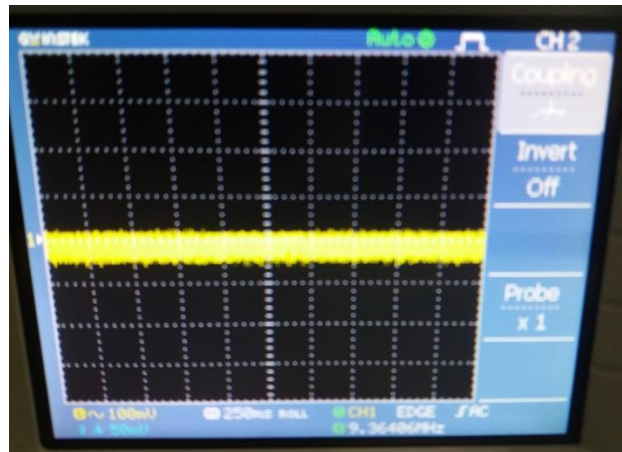
Kemudian didapatkan hasil pengujian berupa sinyal menggunakan *digital oscilloscope* mulai dari titik input dari sensor hingga keluaran penguat *non inverting* dengan data sebagai berikut.



Gambar 4. 4 Bentuk gelombang *output* fotodiode

Gambar di atas merupakan hasil TS1 dapat diketahui *output* tegangan dari sensor dengan perhitungan sebagai berikut.

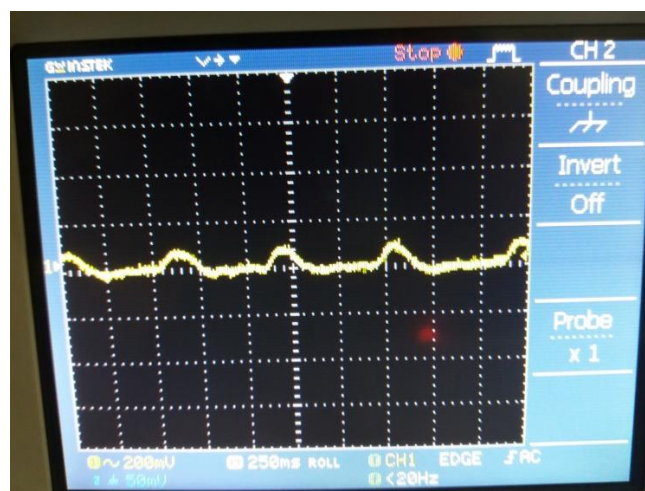
$$\text{Tinggi gelombang} \times \text{volt/div} = 1 \times 100 \text{ mV} = 100\text{mV}.$$



Gambar 4. 5 Bentuk gelombang output *high pass filter* 1

Gambar diatas merupakan TS2 dapat diketahui output tegangan dari *high pass filter* 1 dengan perhitungan sebagai berikut.

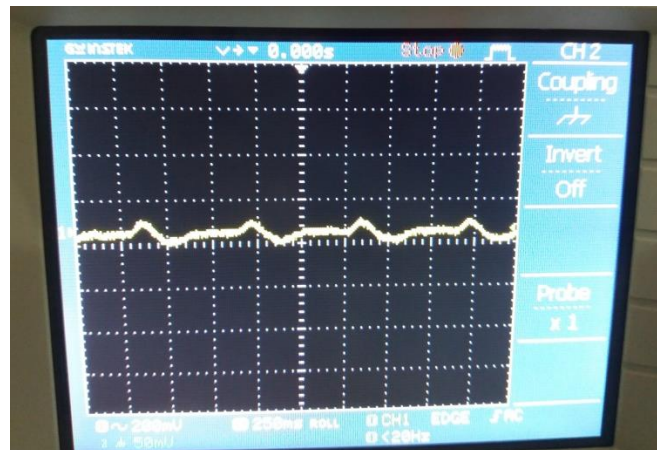
$$\begin{aligned} \text{Tinggi gelombang} \times \text{volt/div} &= 1 \times 100\text{mV} \\ &= 100 \text{ mV}. \end{aligned}$$



Gambar 4. 6 Bentuk gelombang *output* penguat 1 *non inverting* dan *low pass filter*

Gambar diatas merupakan TS3 dapat diketahui output tegangan dari penguat 1 *non inverting* dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Tinggi gelombang} \times \text{volt/div} &= 0,6 \times 200\text{mV} \\ &= 120 \text{ mV.} \end{aligned}$$



Gambar 4. 7 Bentuk gelombang *output high pass filter 2*

Gambar diatas merupakan TS4 dapat diketahui output tegangan dari *high pass filter 2* dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Tinggi gelombang} \times \text{volt/div} &= 0,6 \times 200\text{mV} \\ &= 120\text{mV.} \end{aligned}$$



Gambar 4. 8 Bentuk gelombang output penguat 2 *non inverting* dan *low pass filter 2*

Gambar diatas merupakan TS5 dapat diketahui output tegangan dari penguat 2 *non inverting* dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Tinggi gelombang} \times \text{volt/div} &= 2,3 \times 2 \text{ V} \\ &= 4,6 \text{ V.} \end{aligned}$$

Tabel 4. 1 Hasil *output* dari rangkaian sensor

Kondisi <i>infrared</i>	Input dari sensor	<i>High pass filter1</i>	Penguat 1 <i>non inverting low dan pass filter</i>	<i>High pass filter 2</i>	Penguat 2 <i>non inverting dan low pass filter</i>
Ada	100mV	100mV	120mV	120mV	4,6V

Infrared dan photodiode adalah komponen yang berperan dalam pembacaan detak jantung. Pancaran cahaya inframerah dipantulkan oleh aliran darah dalam jari dan pantulan cahaya tersebut akan diterima oleh photodiode. Photodiode yang menerima cahaya inframerah masih berupa resistansi sehingga dipasang resistor 10k Ω sebagai pembagi tegangan agar resistansi pada photodiode berubah menjadi orde milivolt sehingga dapat diteruskan ke rangkaian penguat. Pada pengujian *oscilloscope* tegangan *output* photodiode sangat kecil yaitu 100mV namun dikuatkan oleh rangkaian *non inverting* sehingga *output* yang dihasilkan menjadi 4,6 volt. Penguat 2 *non inverting* merupakan *output* yang akan masuk ke *input* mikrokontroler. Tegangan dari sensor tersebut dikuatkan menggunakan penguat OP-AMP LM358 .

Dari data hasil pengujian *digital oscilloscope*, sinyal input dari sensor sebesar 100mV saat menerima cahaya inframerah, sehingga besarnya resistansi photodiode (R_p) dapat diketahui dengan menghitung rumus sebagai berikut :

$$V_o = \frac{R_p}{R_p + R_1} \cdot V_{in}$$

$$\begin{aligned}
 100mV &= \frac{Rp}{Rp + 10K\Omega} \cdot 5V \\
 0,1V (Rp + 10k\Omega) &= 5Rp \\
 0,1Rp + 1000\Omega &= 5Rp \\
 1000\Omega &= 5Rp - 0,1Rp \\
 1000\Omega &= 4,9Rp \\
 Rp &= \frac{1000\Omega}{4,9} = 204\Omega.
 \end{aligned}$$

Sinyal input dari sensor akan diteruskan ke rangkaian *high pass filter* 1 yang berfungsi untuk membatasi frekuensi di bawah frekuensi denyut nadi dengan output tegangan 100mV, *frekuensi cut off* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Frequency Cutoff} &= \frac{1}{2\pi R_2 C_1} \\
 &= \frac{1}{2\pi 68k 1\mu F} \\
 &= \frac{1}{6,24 \cdot 68k \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = \frac{1}{0,42} = 2,3\text{Hz}.
 \end{aligned}$$

Dari rangkaian *high pass filter* kemudian diteruskan ke rangkaian penguat 1 *non inverting* untuk menguatkan tegangan dari input sensor, besar penguatan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Penguatan 1} &= 1 + \frac{R_4}{R_3} \\
 &= 1 + \frac{680K}{68K} = 11 \times
 \end{aligned}$$

Sedangkan hasil pengujian menggunakan *digital oscilloscope* menunjukkan penguatannya sebagai berikut:

Diketahui : $V_{in} = 100 \text{ mV}$

$$V_{out} = 120 \text{ mV}$$

$$\text{Penguatan} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{0,12 \text{ V}}{0,1 \text{ V}} = 1,2 \text{ kali.}$$

Dari rangkaian *high pass filter* selain meneruskan ke rangkaian penguat 1 *non inverting* diteruskan juga ke rangkaian *low pass filter* yang berfungsi untuk membatasi frekuensi di atas frekuensi *cut off*. *frekuensi cut off* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Frequency Cutoff} &= \frac{1}{2\pi R_4 C_2} \\ &= \frac{1}{2\pi \cdot 680k \cdot 100nF} \\ &= \frac{1}{6,24 \cdot 680k \cdot 1 \cdot 10^{-7}} = \frac{1}{0,42} = 2,3 \text{ Hz.} \end{aligned}$$

Dari penguatan 1 *non inverting* dikuatkan lagi dengan penguat 2 *non inverting* dengan besar penguatan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Penguatan 2} &= 1 + \frac{R_7}{R_6} \\ &= 1 + \frac{680K}{68K} = 11 \text{ x.} \end{aligned}$$

Sehingga penguatan total yaitu penguat 1 x penguatan 2 = 121 kali, sedangkan hasil pengujian menggunakan *digital oscilloscope* menunjukkan penguatannya sebagai berikut.

$$\text{Diketahui : } V_{in} = 100 \text{ mV}$$

$$V_{out} = 4,1 \text{ V}$$

$$\text{Penguatan} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{4,6 \text{ V}}{0,1 \text{ V}} = 46 \text{ kali.}$$

3.2.2 Pengujian Timer (*Stopwatch*)

Pengujian timer ini bertujuan untuk mendapatkan interval waktu sesuai dengan waktu yang sebenarnya. Pada aplikasi *timer* ini difungsikan untuk menghitung waktu selama 5 menit. Namun pada pengujian *timer* akan dilakukan pengujian pada waktu 1 menit, 2 menit, 3 menit, 4 menit dan 5 menit.

Tabel 4. 2 Hasil pengukuran *stopwatch* dalam waktu 1 menit.

Percobaan	<i>Stoptwatch</i>	Modul
1	1:00:00	0:59:59
2	1:00:00	0:59:59
3	1:00:00	0:59:59
4	1:00:00	0:59:59
5	1:00:00	0:59:59
6	1:00:00	0:59:59
7	1:00:00	0:59:59
8	1:00:00	0:59:59
9	1:00:00	0:59:59
10	1:00:00	0:59:59
Rata-rata	1:00:00	0:59:59
Error	1%	

Dari Tabel 4.2 menjelaskan hasil pengukuran *timer* ATmega8 dengan *stopwatch* dalam waktu 1 menit sebanyak 10 kali dimana terdapat selisih waktu sebesar 1 detik lebih lambat dibandingkan *stopwatch*. Hasil pengukuran *timer* ATmega8 diperoleh rata-rata 0:59:59 dengan error sebesar 1%.

Tabel 4. 3 Hasil pengukuran *stopwatch* dalam waktu 2 menit.

Percobaan	<i>Stopwatch</i>	Modul
1	2:00:00	1:59:59
2	2:00:00	1:59:59
3	2:00:00	1:59:59
4	2:00:00	1:59:59
5	2:00:00	1:59:59
6	2:00:00	1:59:59

Tabel 4.3 Hasil pengukuran stopwatch dalam waktu 2 menit. (Lanjutan)

7	2:00:00	1:59:59
8	2:00:00	1:59:59
9	2:00:00	1:59:59
10	2:00:00	1:59:59
Rata-Rata	2:00:00	1:59:59
Error	0.8 %	

Dari Tabel 4.3 menjelaskan hasil pengukuran timer ATmega8 dengan *stopwatch* dalam waktu 2 menit sebanyak 10 kali dimana terdapat selisih waktu sebesar 1 detik lebih lambat dibandingkan *stopwatch*. Hasil pengukuran timer ATmega8 diperoleh rata-rata 1:59:59 dengan error sebesar 0.8%.

Tabel 4. 4 Hasil pengukuran *stopwatch* dalam waktu 3 menit.

Percobaan	<i>Stopwatch</i>	Modul
1	3:00:00	2:59:59
2	3:00:00	2:59:59
3	3:00:00	2:59:59
4	3:00:00	2:59:59
5	3:00:00	2:59:59
6	3:00:00	2:59:59
7	3:00:00	2:59:59
8	3:00:00	2:59:59
9	3:00:00	2:59:59
10	3:00:00	2:59:59
Rata-Rata	3:00:00	2:59:59
Error	0.5%	

Dari Tabel 4.4 menjelaskan hasil pengukuran timer ATmega8 dengan *stopwatch* dalam waktu 3 menit sebanyak 10 kali dimana terdapat selisih waktu sebesar 1 detik lebih lambat dibandingkan *stopwatch*. Hasil pengukuran timer ATmega8 diperoleh rata-rata 2:59:59 dengan error sebesar 0.5 %.

Tabel 4. 5 Hasil pengukuran *stopwatch* dalam waktu 4 menit.

Percobaan	Stopwatch	Modul
1	4:00:00	3:59:59
2	4:00:00	3:59:59
3	4:00:00	3:59:59
4	4:00:00	3:59:59
5	4:00:00	3:59:59
6	4:00:00	3:59:59
7	4:00:00	3:59:59
8	4:00:00	3:59:59
9	4:00:00	3:59:59
10	4:00:00	3:59:59
Rata-Rata	4:00:00	3:59:59
Error	0.4%	

Dari Tabel 4.5 menjelaskan hasil pengukuran timer ATmega8 dengan *stopwatch* dalam waktu 4 menit sebanyak 10 kali dimana terdapat selisih waktu sebesar 1 detik lebih lambat dibandingkan *stopwatch*. Hasil pengukuran timer ATmega8 diperoleh rata-rata 3:59:59 dengan error sebesar 0.4 %.

Tabel 4. 6 Hasil pengukuran *stopwatch* dalam waktu 5 menit.

Percobaan	Stopwatch	Modul
1	5:00:00	4:59:59
2	5:00:00	4:59:59
3	5:00:00	4:59:59
4	5:00:00	4:59:59
5	5:00:00	4:59:59
6	5:00:00	4:59:59
7	5:00:00	4:59:59
8	5:00:00	4:59:59
9	5:00:00	4:59:59
10	5:00:00	4:59:59
Rata-Rata	5:00:00	4:59:59
Error	0.3%	

Dari Tabel 4.6 menjelaskan hasil pengukuran timer ATmega8 dengan *stopwatch* dalam waktu 2 menit sebanyak 10 kali dimana terdapat selisih waktu

sebesar 1 detik lebih lambat dibandingkan *stopwatch*. Hasil pengukuran timer ATmega8 diperoleh rata-rata 4:59:59 dengan error sebesar 0.3%.

3.2.3 Pengujian Suara Buzzer

Buzzer sebagai penampil suara dengan irama 120 x permenit, diujicobakan dengan menghitung jumlah suara sesuai dengan program *timer*. *Buzzer* berbunyi 2 kali setiap 1 detik, pengamatan dilakukan dengan membandingkan suara yang dihasilkan *buzzer* dengan suara *metronome*.

Tabel 4. 7 Hasil pengukuran suara *buzzer* dalam waktu 1 menit.

Percobaan	Waktu	<i>Metronome</i> (ketukan)	Suara <i>buzzer</i> (ketukan)
1	1 menit	120	121
2	1 menit	120	121
3	1 menit	120	121
4	1 menit	120	121
5	1 menit	120	121
6	1 menit	120	121
7	1 menit	120	121
8	1 menit	120	121
9	1 menit	120	121
10	1 menit	120	121
rata-rata		120	121
error(%)		0.8%	

Dari Tabel 4.7 menjelaskan hasil pengukuran suara *buzzer* dengan *metronome* dalam waktu 1 menit sebanyak 10 kali dimana terdapat selisih suara sebesar 1x lebih cepat dibandingkan *metronome*. Hasil pengukuran suara *buzzer* diperoleh rata-rata 121 dengan error sebesar 0.8%.

Tabel 4. 8 Hasil pengukuran suara *buzzer* pada waktu 2 menit.

Percobaan	Waktu	<i>Metronome</i> (ketukan)	Suara <i>Buzzer</i> (ketukan)
1	2 Menit	240	241
2	2 Menit	240	241
3	2 Menit	240	241

Tabel 4.8 Hasil pengukuran suara *buzzer* pada waktu 2 menit. (Lanjutan)

4	2 Menit	240	241
5	2 Menit	240	241
6	2 Menit	240	241
7	2 Menit	240	241
8	2 Menit	240	241
9	2 Menit	240	241
10	2 Menit	240	241
Rata-Rata		240	241
Error(%)		0.4 %	

Dari Tabel 4.8 menjelaskan hasil pengukuran suara *buzzer* dengan *metronome* dalam waktu 2 menit sebanyak 10 kali dimana terdapat selisih suara sebesar 1x lebih cepat dibandingkan *metronome*. Hasil pengukuran suara *buzzer* diperoleh rata-rata 241 dengan *error* sebesar 0.4%.

Tabel 4. 9 Hasil pengukuran suara *buzzer* pada waktu 3 menit.

Percobaan	Waktu	Metronome(ketukan)	Suara <i>Buzzer</i> (ketukan)
1	3 Menit	360	361
2	3 Menit	360	361
3	3 Menit	360	361
4	3 Menit	360	361
5	3 Menit	360	361
6	3 Menit	360	361
7	3 Menit	360	361
8	3 Menit	360	361
9	3 Menit	360	361
10	3 Menit	360	361
Rata-Rata		360	361
Error(%)		0.2 %	

Dari Tabel 4.9 menjelaskan hasil pengukuran suara *buzzer* dengan *metronome* dalam waktu 3 menit sebanyak 10 kali dimana terdapat selisih suara sebesar 1x lebih cepat dibandingkan *metronome*. Hasil pengukuran suara *buzzer* diperoleh rata-rata 360 dengan *error* sebesar 0.2%.

Tabel 4. 10 Hasil pengukuran suara *buzzer* pada waktu 4 menit.

Percobaan	Waktu	<i>Metronome</i> (ketukan)	Suara <i>Buzzer</i> (ketukan)
1	4 Menit	480	481
2	4 Menit	480	481
3	4 Menit	480	481
4	4 Menit	480	481
5	4 Menit	480	481
6	4 Menit	480	481
7	4 Menit	480	481
8	4 Menit	480	481
9	4 Menit	480	481
10	4 Menit	480	481
Rata-Rata		480	481
Error(%)		0.2 %	

Dari Tabel 4.10 menjelaskan hasil pengukuran suara *buzzer* dengan *metronome* dalam waktu 4 menit sebanyak 10 kali dimana terdapat selisih suara sebesar 1x lebih cepat dibandingkan *metronome*. Hasil pengukuran suara *buzzer* diperoleh rata-rata 481 dengan error sebesar 0.2%.

Tabel 4. 11 Hasil Pengukuran suara *buzzer* pada waktu 5 menit.

Percobaan	Waktu	<i>Metronome</i> (ketukan)	suara <i>buzzer</i> (ketukan)
1	5 Menit	600	600
2	5 Menit	600	600
3	5 Menit	600	600
4	5 Menit	600	600
5	5 Menit	600	600
6	5 Menit	600	600
7	5 Menit	600	600
8	5 Menit	600	600
9	5 Menit	600	600
10	5 Menit	600	600
Rata-Rata		600	600
Error(%)		0%	

Dari Tabel 4.11 menjelaskan hasil pengukuran suara *buzzer* dengan *metronome* dalam waktu 4 menit sebanyak 10 kali dimana terdapat suara *buzzer*

sama dengan suara *metronome*. Hasil pengukuran suara buzzer diperoleh rata-rata 600 dengan error sebesar 0%.

3.2.4 Pengujian Denyut Nadi

Pengujian denyut nadi dilakukan dengan membandingkan pembacaan nadi secara manual dengan menggunakan sensor. Hasil pembacaan nadi oleh sensor dilihat pada LCD 16 x 2, sedangkan secara manual dengan mendengarkan denyut jantung menggunakan stetoskop. Metode pengujian dilakukan terhadap 10 orang testi selama 30 detik dengan 5 kali pengulangan pembacaan.

Tabel 4. 12 Hasil pengukuran sensor pada testi pertama.

Nama	Waktu	Denyut (Stetoskop)	Denyut (Sensor)
Farchana Husein H.	30 detik	42	42
		46	44
		43	41
		44	44
		46	44
Rata-rata		44,2	43
Error (%)		2,7%	

Dari Tabel 4.12 menjelaskan hasil pengukuran sensor denyut nadi dengan stetoskop dalam waktu 30 detik hasil pengukuran diperoleh rata-rata 43 dengan error sebesar -2.7%.

Tabel 4. 13 Hasil pengukuran sensor pada testi kedua.

Nama	Waktu	Denyut (Stetoskop)	Denyut (Sensor)
Sofwati Zuhaira K.	30 Detik	48	47
		47	46
		48	47
		45	44
		50	49
\Rata-Rata	30 detik	47,6	46,6
Error (%)		2%	

Dari Tabel 4.13 menjelaskan hasil pengukuran sensor denyut nadi dengan stetoskop dalam waktu 30 detik hasil pengukuran diperoleh rata-rata 46,6 dengan error sebesar 2%.

Tabel 4. 14 Hasil pengukuran sensor pada testi ketiga.

Nama	Waktu	Denyut (Stetoskop)	Denyut (Sensor)
Yeni Oktavia Sari	30 Detik	44	44
		51	50
		50	50
		52	52
		49	48
Rata-Rata		49,2	48,8
Error (%)		0,8 %	

Dari Tabel 4.14 menjelaskan hasil pengukuran sensor denyut nadi dengan stetoskop dalam waktu 30 detik hasil pengukuran diperoleh rata-rata 48.8 dengan error sebesar 0,8%.

Tabel 4. 15 Hasil pengukuran sensor pada testi keempat.

Nama	Waktu	Denyut (Stetoskop)	Denyut (Sensor)
Novia Wandasari	30 Detik	47	49
		44	42
		45	43
		43	40
		43	43
Rata-Rata		44,4	43,4
Error (%)		0,2 %	

Dari Tabel 4.15 menjelaskan hasil pengukuran sensor denyut nadi dengan stetoskop dalam waktu 30 detik hasil pengukuran diperoleh rata-rata 43.4 dengan error sebesar 0,2%.

Tabel 4. 16 Hasil pengukuran sensor pada testi kelima.

Nama	Waktu	Denyut (Stetoskop)	Denyut (Sensor)
Ena Sukma Wardana	30 detik	33	32
		32	32

Tabel 4.16 Hasil pengukuran sensor pada testi kelima. (Lanjutan)

Nama	Waktu	Denyut (Stetoskop)	Denyut (Sensor)
Ena Sukma Wardana	30 detik	33	32
		32	32
		33	33
		35	34
		34	34
Rata-rata		33,4	33
Error		1,10%	

Dari Tabel 4.16 menjelaskan hasil pengukuran sensor denyut nadi dengan stetoskop dalam waktu 30 detik hasil pengukuran diperoleh rata-rata 33 dengan error sebesar 1,1 %.

Tabel 4. 17 Hasil pengukuran sensor pada testi keenam.

Nama	Waktu	Denyut (Stetoskop)	Denyut (Sensor)
Fahrurrozi	30 Detik	43	43
		43	41
		43	43
		42	43
		40	39
Rata-Rata		42,2	41,8
Error (%)		0,9 %	

Dari Tabel 4.17 menjelaskan hasil pengukuran sensor denyut nadi dengan stetoskop dalam waktu 30 detik hasil pengukuran diperoleh rata-rata 41.8 dengan error sebesar 0,9%

Tabel 4. 18 Hasil pengukuran sensor pada testi ketujuh.

Nama	Waktu	Denyut (Stetoskop)	Denyut (Sensor)
M. Yugi Ilham	30 Detik	53	53
		53	53
		54	53
		51	51
		51	51
Rata-Rata		52,4	52,2
Error (%)		0,3 %	

Dari Tabel 4.18 menjelaskan hasil pengukuran sensor denyut nadi dengan stetoskop dalam waktu 30 detik hasil pengukuran diperoleh rata-rata 52.2 dengan error sebesar 0,3%.

Tabel 4. 19 Hasil pengukuran sensor pada testi kedelapan.

Nama	Waktu	Denyut (Stetoskop)	Denyut (Sensor)
Agus Alfisyahri	30 Detik	38	37
		35	34
		33	32
		33	33
		34	35
Rata-Rata		34,6	34,2
Error (%)		1,1%	

Dari Tabel 4.19 menjelaskan hasil pengukuran sensor denyut nadi dengan stetoskop dalam waktu 30 detik hasil pengukuran diperoleh rata-rata 34.6 dengan error sebesar -1,1 %.

Tabel 4. 20 Hasil pengukuran sensor pada testi kesembilan.

Nama	Waktu	denyut (stetoskop)	denyut (sensor)
M. Sufiyan Tsauri	30 detik	39	39
		37	38
		38	38
		39	38
		40	39
rata-rata		38,6	38,4
error (%)		0,5 %	

Dari Tabel 4.20 menjelaskan hasil pengukuran sensor denyut nadi dengan stetoskop dalam waktu 30 detik hasil pengukuran diperoleh rata-rata 38,4 dengan error sebesar 0,5 %.

Tabel 4. 21 Hasil pengukuran sensor pada testi kesepuluh.

Nama	Waktu	denyut (stetoskop)	denyut (sensor)
M. Ulumuddin	30 detik	35	36

Tabel 4.21 Hasil pengukuran sensor pada testi kesepuluh. (Lanjutan)

Nama	Waktu	denyut (stetoskop)	denyut (sensor)
M. Ulumuddin	30 detik	40	39
		39	39
		39	39
		39	40
rata-rata		38,4	38,6
error (%)		0,50%	

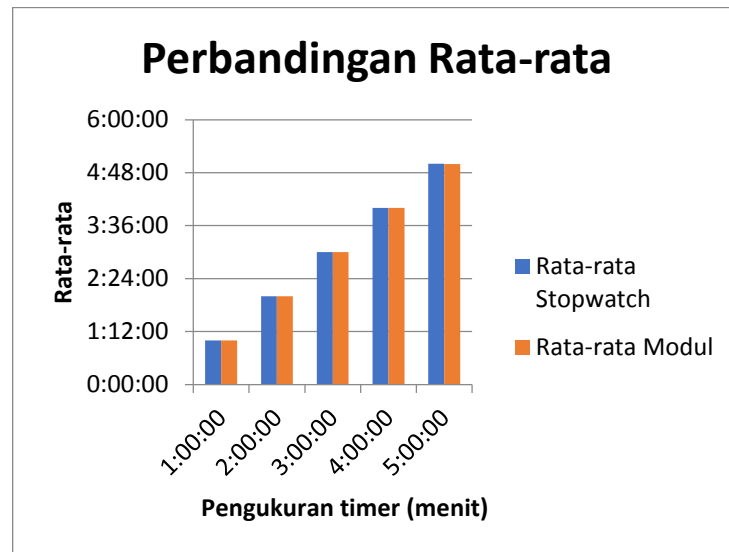
Dari Tabel 4.21 menjelaskan hasil pengukuran sensor denyut nadi dengan stetoskop dalam waktu 30 detik hasil pengukuran diperoleh rata-rata 38.6 dengan error sebesar 0,5 %.

3.2.5 Hasil Pengukuran *Timer*

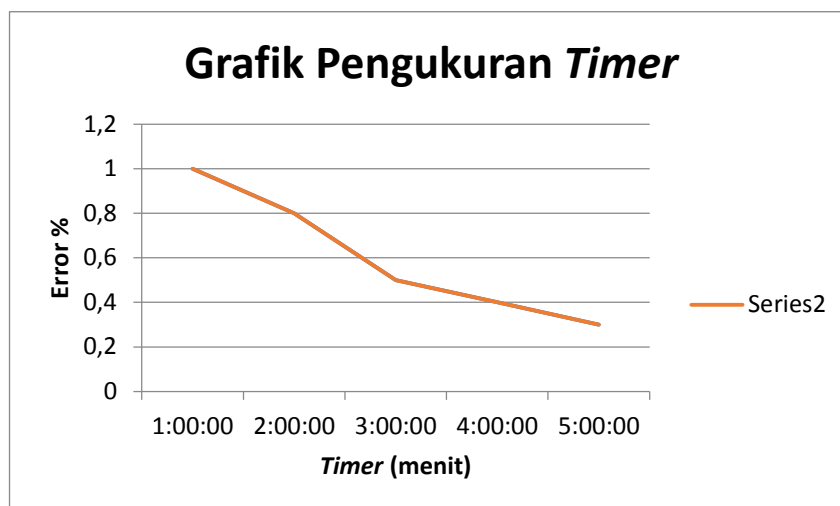
Dari hasil pengambilan data yang telah dilakukan pengukuran *timer* terhadap modul dalam 10 kali percobaan ditunjukkan pada Tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Hasil Pengukuran *Timer*.

No	pengukuran <i>timer</i>	Rata-rata <i>stopwatch</i>	rata-rata modul	error (%)
1	1:00:00	1:00:00	0:59:59	1%
2	2:00:00	2:00:00	1:59:59	0.8 %
3	3:00:00	3:00:00	2:59:59	0.5%
4	4:00:00	4:00:00	3:59:59	0.4%
5	5:00:00	5:00:00	4:59:59	0.3%



Gambar 4. 9 Grafik Perbandingan Rata-rata *Timer*



Gambar 4. 10 Grafik *error* pada *timer*

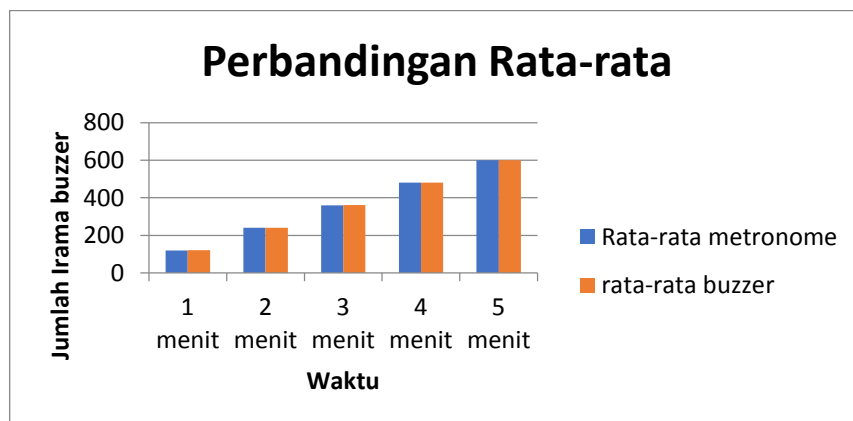
Hasil pengambilan data *timer* dapat dilihat pada tabel 4.22, gambar 4.9 dan gambar 4.10. Pada tabel dan grafik ini menunjukkan hasil perbandingan rata-rata *timer* antara *stopwatch* dengan modul dan hasil perhitungan *error*, dimana perbandingan rata-rata memiliki selisih waktu yang sangat kecil yaitu 1 detik dan didapatkan *error* terkecil ditunjukkan pada *timer* 5:00:00 dengan error 0,3 % dan error tertinggi ditunjukkan pada *timer* 1:00:00 dengan error 1 %.

3.2.6 Hasil Pengukuran Suara *Buzzer*

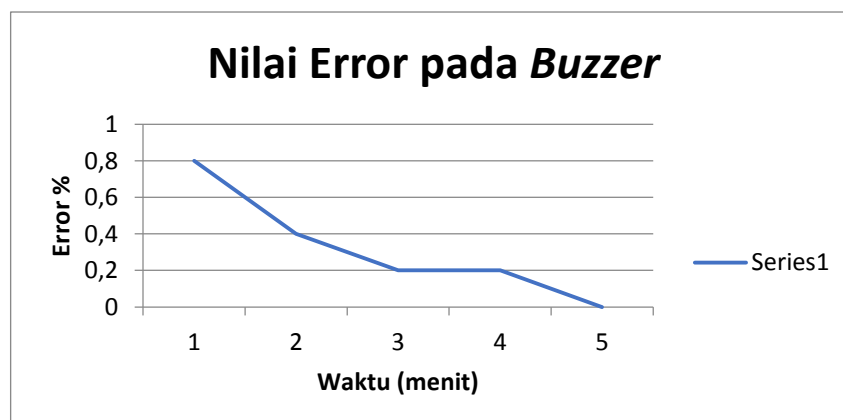
Dari hasil pengambilan data yang telah dilakukan pengukuran suara *buzzer* terhadap modul dalam 10 kali percobaan ditunjukkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4. 23 Hasil Pengukuran Suara *Buzzer*.

No	Waktu	Rata-Rata <i>Metronome</i> (ketukan)	Rata-Rata <i>Buzzer</i> (ketukan)	Error (%)
1	1 Menit	120	121	0.8 %
2	2 Menit	240	241	0.4%
3	3 Menit	360	361	0.2%
4	4 Menit	480	481	0.2%
5	5 Menit	600	600	0%



Gambar 4. 11 Grafik Perbandingan Rata-rata Suara *Buzzer*



Gambar 4. 12 Grafik Pengukuran Suara *Buzzer*

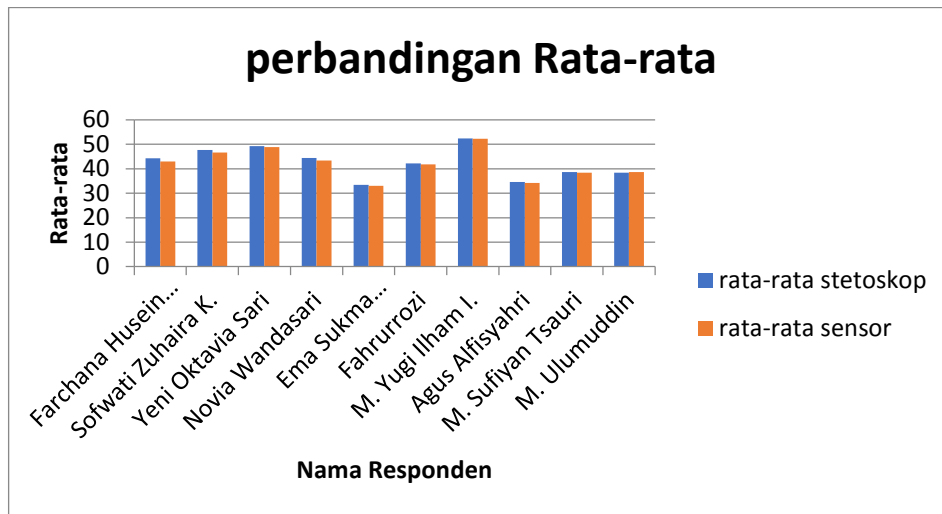
Hasil pengambilan data suara *buzzer* dapat dilihat pada tabel 4.23, gambar 4.11 dan gambar 4.12. Pada tabel dan grafik ini menunjukkan hasil perbandingan rata-rata suara *buzzer* antara *metronome* dengan modul dan hasil perhitungan *error*, dimana perbandingan rata-rata memiliki selisih suara yang sangat kecil yaitu 1 ketukan namun pada menit kelima ditunjukkan memiliki rata-rata yang sama antara *metronome* dengan modul dan didapatkan *error* tertinggi ditunjukkan pada *timer* 1 menit dengan *error* 0.8 % dan *error* terkecil ditunjukkan pada *timer* 5 menit dengan *error* 0%.

3.2.7 Hasil Pengukuran Sensor Denyut Nadi

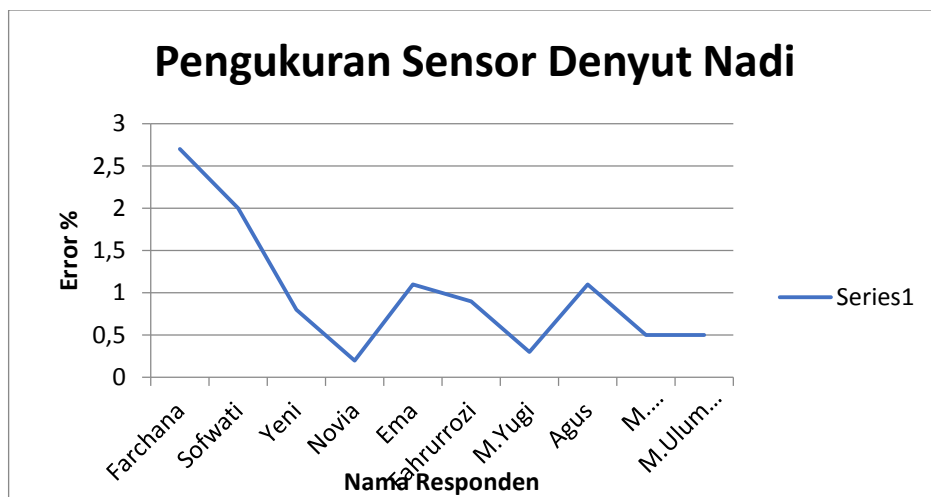
Hasil pengukuran sensor denyut nadi yang dilakukan kepada 10 responden dengan masing-masing lima kali percobaan sehingga di dapatkan rata-rata dan *error* ditunjukkan pada Tabel 4.24.

Tabel 4. 24 Hasil pengukuran sensor denyut nadi.

No	Nama	Waktu	Rata-Rata Stetoskop	Rata-Rata Sensor	Error (%)
1	Farchana H.H	30 Detik	44.2	43	2,70%
2	Sofwati Z.K		47.6	46.6	2%
3	Yeni O.S		49.2	48.8	0,80%
4	Novia W.		44.4	43.3	0,20%
5	Ema S.W		33.4	33	1,10%
6	Fahrurrozi		42.2	41.8	0,90%
7	M. Yugi I. I.		52.4	52.2	0,30%
8	Agus A.		34.6	34.2	1,10%
9	M. Sufiyan T.		38.6	38.4	0,50%
10	M. Ulumuddin		38.4	38.6	0,50%



Gambar 4. 13 Grafik Perbandingan Rata-rata Denyut Nadi



Gambar 4. 14 Grafik Pengukuran Sensor Denyut Nadi

Hasil pengambilan data sensor denyut nadi dapat dilihat pada tabel 4.24, gambar 4.13 dan gambar 4.14. Pada tabel dan grafik ini menunjukkan hasil perbandingan rata-rata denyut nadi antara stetoskop dengan modul dan hasil perhitungan *error* dimana perbandingan rata-rata tiap responden berbeda-beda dan didapatkan selisih rata-rata tertinggi pada saudari Farchana Husein H. dan selisih rata-rata terendah pada saudara Agus Alfisyahri kemudian didapatkan *error*

tertinggi ditunjukkan pada saudari Farchana Husein H dengan error 2,7 % dan *error* terkecil ditunjukkan pada saudari Novia W. dengan error 0,3 %.

3.2.8 Hasil Pengujian Kinerja Alat

Tabel 4. 25 Hasil Pengujian Kinerja Alat.

No	Nama Responden	Tes Manual (Stetoskop)						Tes Alat	
		Waktu (Detik)	D1	D2	D3	Nilai	Kategori	Nilai	Kategori
1	Farchana H	108	58	63	59	33,5	Kurang	33	Kurang
2	Sofwati Z	86	58	53	49	26,8	Kurang	26,7	Kurang
3	Yeni Oktavia	92	56	54	59	27,2	Kurang	27,1	Kurang
4	Novia W	148	69	60	58	39,5	Kurang	39,6	Kurang
5	Ema Sukma	71	58	50	47	22,9	Kurang	23,0	Kurang
6	Agus A	300	58	45	43	102,7	Baik	103,4	Baik
7	M. Yugi I	300	93	84	72	60,4	Kurang	61,2	Kurang
8	Fahrurrozi	300	131	125	100	42,1	Kurang	41,8	Kurang
9	M. Sufiyan	154	57	50	54	47,8	Kurang	48,4	Kurang
10	M.Ulumuddin	300	60	60	55	85,7	Kurang	86,2	Kurang
Rata-rata						44,76		44,91	

Hasil pengambilan data pengujian alat dapat dilihat pada tabel 4.25. Pada tabel ini didapatkan nilai rata-rata pembanding dan rata-rata alat yaitu rata-rata pembanding adalah 44,76 dan rata-rata alat adalah 44,91.

3.3 Kinerja Alat

Setelah melakukan perancangan, pembuatan, hingga melakukan pengukuran dan pengujian pada alat, penulis menyimpulkan bahwa alat dapat berkerja dan berfungsi dengan baik. Walaupun hasil pembacaan dan pengujian memiliki perbedaan dengan alat pembanding namun *error* yang dihasilkan cukup kecil. Hal ini dikarenakan alat pembanding yang digunakan hanya dengan membandingkan antara tes menggunakan alat dengan tes yang dilakukan secara manual sehingga hasil pembacaan sensor dengan cara manual memiliki ketelitian berbeda.

3.4 Kelebihan/Keunggulan Alat

Adapun kelebihan/keunggulan dari alat *Digital Harvard Step Test* adalah sebagai berikut.

1. Memiliki led indikator denyut nadi.
2. Menggunakan *finger sensor*.

3.5 Kekurangan/Kelemahan Alat

Berikut adalah kelemahan/kekurangan dari alat *Digital Harvard Step Test* :

1. Hanya digunakan untuk orang dewasa.
2. Desain box kurang menarik.

