BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dipaparkan pembahasan mengenai tahap pengujian dan analisis alat yang mencakup pengujian rangkaian pendeteksi detak jantung dan resprasi juga analisis data-data yang didapatkan saat pengujian alat. Adapun pengujian alat sendiri bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem yang telah dibuat apakah hasil yang didapatkan telah sesuai dengan standar yang diinginkan ataupun tidak, dimana tingkat keberhasilan alat dapat dilihat dari analisis data-data hasil pengukuran.

Pada tahap pengujian akan dibandingkan hasil pengukuran alat yang telah dibuat dengan alat yang sudah ada dipasaran ataupun alat yang telah digunakan oleh profesional atau bisa juga melalui pengujian manual. Hasil dari pengujian-pengujian tersebut nantinya akan dianalisis data-datanya untuk menentukan tingkat keakuratan pengukuran.

4.1 Pengujian Rangkaian Pendeteksi Detak Jantung

Pada penelitian ini telah dibuat suatu rangkaian pendeteksi detak jantung dengan menggunakan metode *Photoplenthysmograph* (PPG) atau lebih dikenal dengan rangkaian *Pulse Sensor*. Adapun penamaan *Pulse Sensor* sangat relevan dengan fungsi dari rangkaian ini yaitu untuk mendeteksi sinyal pulsa jantung yang dihasilkan dari pemompaan darah dari jantung ke seluruh tubuh maupun sebaliknya.

Sensor yang digunakan pada penelitian ini hanya sebuah LED dan Fotodioda yang diletakan pada bagian tubuh yang relatif tipis seperti jari dan cuping ataupun daerah tubuh yang pembuluh darahnya lebih dekat ke permukaan kulit. Metode ini memanfaatkan sifat Hemoglobin (Hb) darah yang dapat menyerap beberapa jenis cahaya dengan baik seperti cahaya inframerah dan cahaya hijau. Kuantitas Hemoglobin darah saat darah dipompa dari jantung lebih besar dibandingkan dengan kuantitas Hemoglobin saat darah kembali ke jantung, dari perbedaan ini dapat diketahui kapan darah dipompa dari jantung dan kapan darah kembali kejantung, juga dapat diketahui periode detak jantung dengan mendeteksi periode antara puncak-puncaknya.

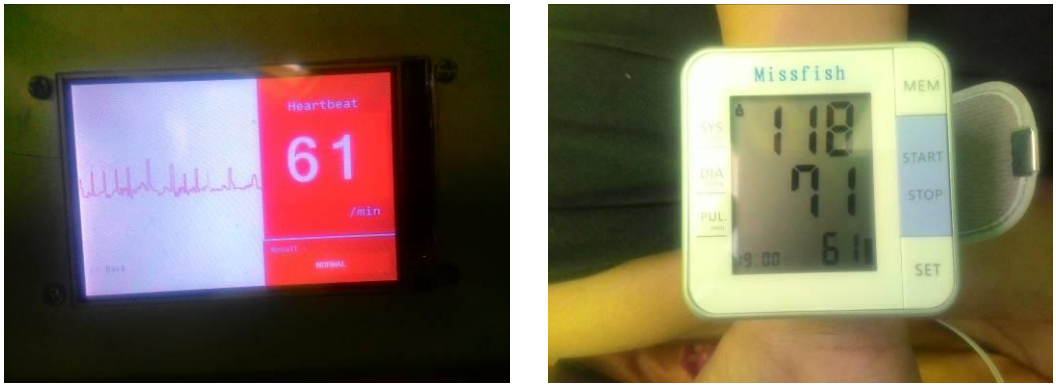
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Rangkaian Pendeteksi Detak Jantung

Pengujian	Amplitudo (Vp-p)	Frekuensi (Hz)	Periode (ms)	V top
1	3.8 V	1.37	728	5.00 V
2	3.7 V	1.43	695	5.00 V
3	3.7 V	1.43	695	5.00 V
4	3.8 V	1.49	667	5.00 V
5	3.3 V	1.47	678	5.00 V

Pada pengujian ini akan dibandingkan nilai-nilai pengukuran yang dihasilkan dari rangkaian pendeteksi detak jantung yang telah dibuat dengan produk yang telah ada dipasaran yaitu tensimeter digital. Kemudian nantinya data-data hasil pengukuran baik dari alat pendeteksi detak jantung yang telah dibuat maupun data-data hasil pengukuran dari tensimeter digital akan dibandingkan untuk melihat persen kesalahan dari alat yang telah dibuat. Adapun nilai persen kesalahan dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut.

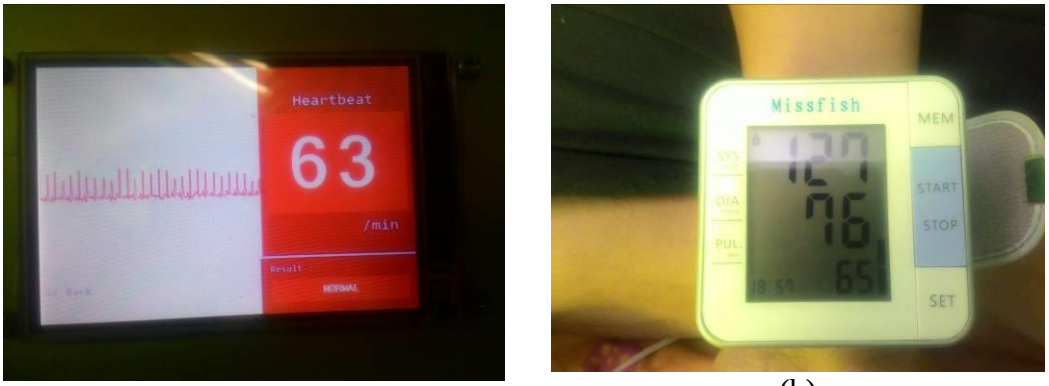
$$\%\ Kesalahan\ = \frac{Nilai\ Terbaca - Nilai\ Sebenarnya}{Nilai\ Terbaca}\ x\ 100\% \qquad \ldots\ldots (1)$$

Dengan menggunakan persamaan diatas akan didapatkan nilai persen kesalahan dari alat yang telah dibuat. Dari nilai persen kesalahan yang ada dapat diketahui tingkat keakuratan alat yang telah dibuat. Berikut tabel hasil pengujian dari alat pendeteksi detak jantung yang telah dibuat juga hasil perbandingannya dengan tensimeter digital.



(a) (b)

Gambar 4.1 Pengujian ke 1 Pulse Sensor dan Tensimeter Digital : (a) Pengujian Pulse Sensor (b) Pengujian Tensimeter Digital.



(a) (b)

Gambar 4.2 Pengujian ke 2 Pulse Sensor dan Tensimeter Digital : (a) Pengujian Pulse Sensor (b) Pengujian Tensimeter Digital.



Gambar 4.3 Pengujian ke 3 Pulse Sensor dan Tensimeter Digital : (a) Pengujian Pulse Sensor (b) Pengujian Tensimeter Digital.



Gambar 4.4 Pengujian ke 4 Pulse Sensor dan Tensimeter Digital : (a) Pengujian Pulse Sensor (b) Pengujian Tensimeter Digital.



Gambar 4.5 Pengujian ke 5 Pulse Sensor dan Tensimeter Digital : (a) Pengujian Pulse Sensor (b) Pengujian Tensimeter Digital.

Tabel 4.2 Pengujian dan Analisis Alat Pendeteksi Detak Jantung

Pengujian	Tensimeter Digital (BPM)	Pulse Sensor (BPM)					Rata-rata (X)	Kesalahan (%)
		X1	X2	X3	X4	X5		
1	61	61	61	61	62	61	61.2	0.3
2	65	63	64	65	65	65	64.4	0.9
3	62	63	62	62	63	63	62.4	0.9
4	83	84	84	83	83	83	83.4	0.9
5	86	86	86	86	86	86	86.0	0.0

4.2 Pengujian Rangkaian *Respiratory Monitor*

Pada penelitian ini telah dibuat Rangkaian pemantau respirasi. Seperti namanya rangkaian ini berfungsi untuk mengetahui tingkat pernafasan seseorang dimana jumlah pernafasan akan dihitung dalam waktu 1 menit sehingga dapat diketahui normal tidaknya jumlah pernafasan yang terhitung.

Pada alat ini sensor yang digunakan sebuah Mikrofon Elektret yang nilai kapasitansinya akan berubah sesuai dengan perubahan suara. Penggunaan sensor suara ini memanfaatkan suara pergerakan udara yang dikeluarkkan melalui mulut. Mikrofon akan mendeteksi perubahan suara dari pergerakan udara yang berada disekitar mulut kemudian akan dicari periode perubahannya.

Pada pengujian ini akan dibandingkan nilai-nilai pengukuran yang dihasilkan dari rangkaian pemantau tingkat respirasi yang telah dibuat dengan pengukuran secara manual. Kemudian nantinya data-data hasil pengukuran baik dari alat pendeteksi detak jantung yang telah dibuat maupun data-data hasil pengukuran secara manual akan dibandingkan untuk melihat persen kesalahan dari alat yang telah dibuat. Adapun nilai persen kesalahan dapat dicari dengan menggunakan persamaan (1).

Dengan menggunakan persamaan (1) diatas akan didapatkan nilai persen kesalahan dari alat yang telah dibuat. Dari nilai persen kesalahan yang ada dapat diketahui tingkat keakuratan alat yang telah dibuat. Berikut tabel hasil pengujian dari alat pemantau tingkat respirasi yang telah dibuat juga hasil perbandingannya dengan hasil pengukuran secara manual.



Gambar 4.6 Pengukuran Respirasi Dengan Hasil Normal



Gambar 4.7 Pengukuran Respirasi Dengan Hasil Dibawah Nilai Normal



Gambar 4.8 Pengukuran Respirasi Dengan Hasil Diatas Nilai Normal

Dari gambar percobaan diatas ditunjukan tipe-tipe pernafasan manusia dimana pernafasan manusia dapat digolongkan kedalam 3 tipe. Jika jumlah pernafasan kurang dari 16 per menit maka tipe pernafasan dapat digolongkan kedalam Bradipnea yaitu ketika pernafasan seseorang dibawah batas normal. Jika jumlah pernafasan lebih dari 20 per menit maka tipe pernafasan dapat digolongkan kedalam Tadipnea yaitu ketika pernafasan seseorang diatas batas normal. Kemudian jika jumlah pernafasan yang ditunjukan diantara 16 sampai 20 per menit maka digolongkan kedalam pernafasan yang normal.

Berikut akan disajikan pengujian nilai pernafasan per menit dengan sampel sebanyak 100 kali pengujian pada Tabel 4.3. Pada pengujian yang ini akan dilakukan perbandingan antara pengukuran jumlah pernafasan menggunakan alat yang dirancang dengan pengukuran manual dengan alat bantu Stopwatch. Kemudian pada Tabel 4.4 akan disajikan data hasil perhitungan *Least Square* dari 100 data tersebut.

Data pada Tabel 4.3 menujukan percobaan membandingkan antara pengukuran pernafasan menggunakan alat rancangan dengan pengukuran manual menggunakan alat bantu *Stopwatch*. Adapun contoh tampilan perbandingan nilai repirasi yang terukur terdapat pada gambar berikut.



Gambar 4.9 Perbandingan Nilai Pengukuran Respirasi

Dari pengujian yang dilakukan didapatkan bahwa nilai rata-rata kesalahan pengukuran yang terjadi mencapai 12.38% dengan nilai maksimum kesalahan pengukuran mencapai 50%. Dari penelitian juga didapatkan beberapa data statistik. Dari data diatas untuk mendapatkan nilai kesalahan pengukuran yang tepat maka dilakukan perhitungan standar deviasi. Berikut Tabel 4.4 berisi data perhitungan standar deviasi.

Tabel 4.4 Perhitungan Standar Deviasi

No	Manual	Alat (X)	X^2	No	Manual	Alat (X)	X^2	No	Manual	Alat (X)	X^2
1	16	18	324	35	17	12	144	69	17	19	361
2	18	20	400	36	17	16	256	70	17	12	144
3	19	13	169	37	16	16	256	71	17	18	324
4	20	23	529	38	17	26	676	72	17	21	441
5	18	19	361	39	17	21	441	73	18	19	361
6	17	23	529	40	16	14	196	74	17	16	256
7	18	15	225	41	17	13	169	75	18	20	400
8	17	14	196	42	16	12	144	76	17	23	529
9	17	22	484	43	16	18	324	77	18	22	484
10	18	22	484	44	15	20	400	78	17	20	400
11	20	21	441	45	16	12	144	79	18	22	484
12	18	12	144	46	16	13	169	80	16	17	289
13	17	17	289	47	17	19	361	81	17	18	324
14	19	19	361	48	17	19	361	82	17	15	225
15	18	14	196	49	16	12	144	83	16	16	256
16	19	13	169	50	17	18	324	84	16	17	289
17	16	13	169	51	16	12	144	85	15	10	100
18	14	13	169	52	17	17	289	86	16	14	196
19	18	19	361	53	16	16	256	87	16	18	324
20	15	15	225	54	17	16	256	88	16	15	225
21	15	14	196	55	18	18	324	89	17	15	225
22	17	15	225	56	16	12	144	90	16	11	121
23	16	14	196	57	18	17	289	91	17	13	169
24	18	17	289	58	18	20	400	92	18	17	289
25	18	18	324	59	16	12	144	93	17	16	256
26	18	16	256	60	17	17	289	94	17	14	196
27	17	16	256	61	17	23	529	95	17	12	144
28	17	17	289	62	16	17	289	96	17	19	361
29	19	20	400	63	16	15	225	97	18	15	225
30	17	17	289	64	17	18	324	98	18	14	196
31	17	17	289	65	16	14	196	99	18	15	225
32	16	14	196	66	16	16	256	100	16	13	169
33	17	16	256	67	19	19	361	Total		1658	28564
34	17	21	441	68	17	15	225				

Keterangan:

- Manual adalah pengukuran manual dengan alat bantu *Stopwatch*
- Alat adalah pengukuran menggunakan alat yang telah dirancang

Dari data yang terdapat pada Tabel 4.4 berikut perhitungan nilai standar deviasi dari pengukuran.

Standar Deviasi:

$$S = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

$$S = \sqrt{\frac{(100 \times 28564) - 1658^2}{100(99)}}$$

$$S = \sqrt{\frac{107436}{9900}}$$

$$S = 3.294$$

Dari perhitungan telah didapatkan nilai kesalahan pengukuran. Maka nilai kesalahan pengukuran yang dilakukan adalah 3.294

4.3 Perhitungan Konsumsi Daya Alat

Pada tahapan ini akan dilakukan pengujian kapasitas beban rangkaian. Kemudian akan dihitung ketahanan kapasitas baterai untuk mengetahui berapa lama alat dapat dinyalakan tanpa pengisian ulang baterai. Pada perancangan alat pendeteksi detak jantung dan respirasi ini menggunakan beberapa modul sehingga untuk nilai konsumsi arus modul sudah tercantum pada *datasheet* setiap modul.

Adapun yang perlu dilakukan pengukuran hanyalah pengukuran arus rangkaian pengodisi sinyal respirasi. Berikut gambar dari pengukuran arus rangkaian pengondisi sinyal respirasi.



Gambar 4.10 Pengukuran Arus Rangkaian Mikrofon

Dari pengukuran yang dilakukan terlihat bahwa arus yang masuk ke rangkaian pengondisi sinyal respirasi adalah sebesar 3.4 mA. Selanjutnya akan dihitung berapa lama baterai dapat bertahan tanpa dilakukan pengisian ulang dimana nilai-nilai konsumsi arus perangkat lainnya tersaji dalam tabel.

Tabel 4.6 Konsumsi Arus Komponen Alat Rancangan.

BEBAN	KONSUMSI ARUS	SUMBER	TOTAL
Pulse Sensor	5 mA	Datasheet	143.9 mA
LCD Nextion	85 mA	Datasheet	
Arduino	50 mA	Datasheet	
Microphone	0.5 mA	Datasheet	
Sirkuit	3.4 mA	Pengukuran	

Kemudian berdasarkan penyusunan baterai pada Gambar 3.5 di bab sebelumnya. Berikut perhitungan ketahanan baterai tanpa pengisian ulang dalam memenuhi kebutuhan arus dan daya untuk rangkaian yang telah dirancang.

Diketahui:

- Kapasitas Baterai = 3.7 V, 2000 mAh
- Konsumsi Arus Total Rangkaian = 143.9 mA

Maka:

- $V_{total} = V_{seri} = 3.7 + 3.7 = 7.4$ V
- Kapasitas Total = Kapasitas Paralel = 2000 + 2000 = 4000 mAh
- Katahanan Baterai = 4000 mAh / 143.9 mA = 27.79 ≈ 27 Jam 47 Menit.