

Photoplethysmograph Portable

Titoriski Romadhoni, Endang Dian Setioningsih, M. Prastawa Assalim T.P

Department of Electromedical Engineering Poltekkes Kemenkes Surabaya

Jl. Pucang Jajar Timur No.10, Surabaya, 6245, Indonesia

titoriskiriromadhoni@gmail.com, diancholik@gmail.com, prast77@poltekkessepkes-sby.ac.id

Abstrak— *Photoplethysmograph* (PPG) merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi sistem kardiovaskular dengan mengukur perubahan volume darah pada jaringan kulit. Dalam penerapannya, metode ini menggunakan sensor optik untuk menangkap sinyal elektrik yang berasal dari sumber cahaya yang lewat atau dipantulkan. Penelitian terakhir *monitoring photoplethysmography* yang memiliki kemampuan mengirim melalui *Bluetooth* HC-05 tetapi penelitian tersebut terpisah antara alat dan display sehingga kurang praktis. Maka dari itu dibuatlah perancangan ini, yang dapat menampilkan sinyal PPG disertai dengan nilai SpO_2 (saturasi oksigen kapiler perifer) dan BPM (*Beat per Minutes*) ditampilkan pada LCD TFT agar dapat mempermudah dalam memonitoring sinyal PPG tersebut. Pengujian alat ini dilakukan dengan membandingkan modul dengan alat ukur *oximeter* yang menghasilkan rata-rata %*error* pengukuran SpO_2 sebesar 0,486 % dengan toleransi maksimum yang diizinkan $\pm 1\%$, sedangkan pada parameter BPM didapatkan rata-rata %*error* sebesar 0,683 % dengan toleransi maksimum yang diizinkan $\pm 5\%$.

Kata kunci : photoplethysmography, SpO₂, BPM

I. PENDAHULUAN

Photoplethysmograph (PPG) metode digunakan dalam pemeriksaan jantung yang berkaitan dengan sistem kardiovaskular tubuh manusia. *Photoplethysmograph* (PPG) merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi sistem kardiovaskular dengan mengukur perubahan volume darah pada jaringan kulit. Dalam penerapannya, metode ini menggunakan sensor optik untuk menangkap sinyal elektrik yang berasal dari sumber cahaya yang lewat atau dipantulkan karena perubahan aliran darah selama aktivitas jantung. Sinyal yang dihasilkan oleh metode *photoplethysmograph* digunakan dalam pengukuran detak jantung dan saturasi oksigen dalam darah[1]

Teknologi sekarang semakin berkembang dan mempermudah dalam kehidupan pada berbagai bidang, salah satunya adalah pada bidang medis. Teknologi yang sedang berkembang sekarang yaitu menggunakan *display touchscreen* yang mempermudah dalam penggunaan peralatan medis. Dengan menggunakan *display* tersebut dapat memudahkan proses memantau atau memonitoring bagian dari vital manusia yaitu detak jantung dan saturasi oksigen dalam darah secara non-invasif.

Pada tahun 2015 Hamdala melakukan penelitian yang berjudul “Sistem *Monitoring Photoplethysmograph* Berbasis Zigbee Dan Labview” pada penelitian tersebut melakukan monitoring sinyal *photoplethysmography* dan disertai dengan nilai detak jantung dalam satu menit. Namun tidak terdapat nilai presentase kadar oksigen dalam darah.

Pada tahun 2015, Bahrurizky Ramadhan melakukan penelitian yang berjudul “*Monitoring Wireless* Menggunakan *Personal Computer*”[3] pada penelitian tersebut menggunakan wireless untuk melakukan pengiriman pada PC untuk menampilkan sinyal *photoplethysmograph* disertai dengan nilai

detak jantung dalam satu menit. Pada penelitian tersebut alat sudah portable namun alat tersebut kurang praktis karena alat dengan tampilan *display* terpisah.

Pada tahun 2016, Anggunmeka Luhur Prasasti melakukan penelitian yang berjudul “Perancangan *Filter Analog* Multistep pada *Photoplethysmograph* untuk Mengamati Detak Jantung Manusia Menggunakan Arduino” [4] pada penelitian tersebut menggunakan metode transmisi dengan sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) *receiver* dan LED merah sebagai *transmitter*. Kelemahan pada penggunaan sensor tersebut lebih rentan terhadap *noise* karena tidak hanya menerima cahaya dari LED tetapi menerima seluruh cahaya yang ada.

Pada tahun 2018, Wahyu Dwi Perdamaian melakukan penelitian yang berjudul “*Monitoring Photoplethysmography* (PPG) Berbasis Arduino Tampil *Personal Computer* (PC)[5] Pada penelitian tersebut menampilkan sinyal PPG disertai dengan nilai BPM dan SpO_2 . Tetapi pada penelitian tersebut menggunakan *display* tampilan sinyal dan numerik dari SpO_2 tampil pada PC, jika tidak ada PC maka sinyal dan nilai BPM dan SpO_2 tidak dapat ditampilkan dan *display* terpisah dengan alat yang menyebabkan alat kurang praktis.

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, penulis akan membuat “*Monitoring Photoplethysmography Portable* Tampil TFT” dibuatnya alat ini diharapkan dapat mempermudah dalam memonitoring sinyal *photoplethysmography* disertai dengan nilai detak jantung per menit (BPM) dan presentase nilai saturasi pada oksigen dalam darah (SpO_2) agar lebih praktis dengan *display* tampilan pada LCD TFT.

II. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini diaplikasikan pada subjek manusia normal pada orang dewasa. Pengambilan data dilakukan secara *realtime* dengan rentang waktu pengukuran 1 menit sekali untuk parameter saturasi oksigen dalam darah (SpO_2) dan detak jantung. Pengambilan data sampel dilakukan 5 kali pengukuran untuk masing-masing parameter.

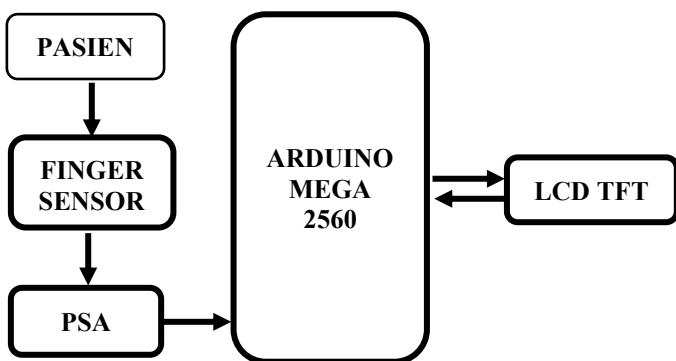
B. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan sensor *finger* merk Nellcor pada parameter detak jantung Sensor *finger* dipasangkan pada jari pasien dan sensor Komponen yang digunakan menggunakan Arduino mega 2560 sebagai Microcontroller untuk akuisisi data detak jantung dan SpO_2 , ke *display* pada LCD TFT.

C. Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini peneliti melakukan penyusunan modul pengondisi sinyal *photoplethysmograph* dari *finger* sensor. Hasil pengolahan data saturasi oksigen dalam darah (SpO_2) dan detak jantung ditampilkan pada LCD TFT. Peneliti melakukan pengujian pada modul membandingkan dengan alat pembanding (*Pulse Oximeter*) yaitu pada parameter SpO_2 dan detak jantung.

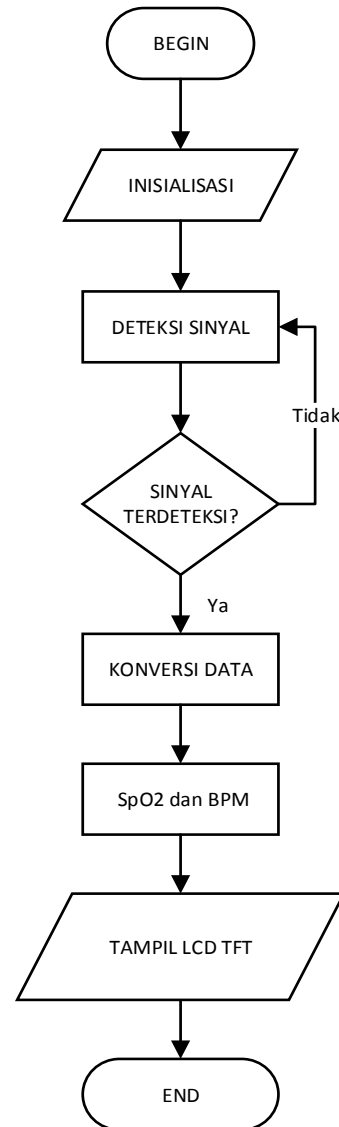
D. Blok Diagram dan Diagram Alir



Gambar 1. Blok Diagram Monitoring *Photoplethysmograph* Portable Tampil LCD TFT

Pada pasien dipasangkan *finger sensor* pada bagian jari telunjuk yang berfungsi untuk melakukan penyerapan cahaya terhadap organ pada jari telunjuk pasien. Kemudian diproses kedalam rangkaian pengondisi sinyal yang didalamnya terdapat rangkaian *astable*, *driver*, filter dan *amplifier* untuk menghasilkan sinyal *photoplethysmograph* yang dapat terlihat dengan jelas.

Output dari rangkaian pengondisi sinyal tersebut diinputkan ke pin ADC Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler untuk mengolah *output* rangkaian PSA dari data analog menjadi data digital. Dari data tersebut diolah untuk menghasilkan nilai parameter saturasi oksigen dalam darah (SpO_2) dan parameter detak jantung (BPM). Kemudian sinyal *photoplethysmograph* dan nilai parameter yang dihasilkan ditampilkan pada LCD TFT.

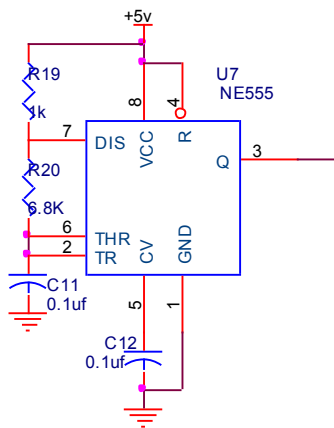


Gambar 2. Diagram Alir

Alur pembacaan Saat modul dimulai, kemudian sinyal akan dideteksi, jika sinyal terdeteksi kemudian data tersebut dikonversi, jika tidak maka melakukan deteksi kembali. Setelah itu data SpO_2 dan BPM akan ditampilkan pada LCD TFT proses selesai.

E. Rangkaian

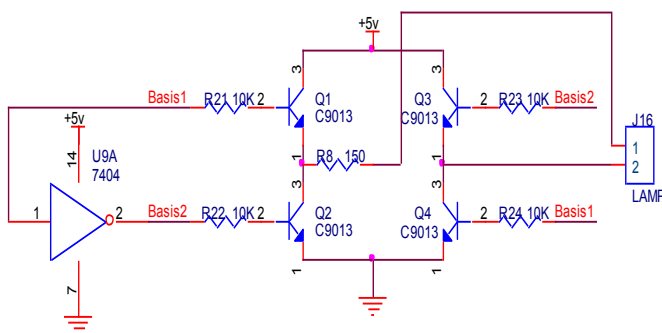
1) Rangkaian *Astable*



Gambar 3. Rangkaian Astable

Rangkaian astable diatas bekerja untuk menghasilkan frekuensi sebesar 855,6 Hz. Dari rangkaian astable diatas berfungsi untuk mengatur red lamp dan infrared secara bergantian.

2) Driver Transistor



Gambar 4. Driver Transistor

Pada driver transistor diatas berfungsi untuk memberi logika 1 atau 0 pada infrared dan red lamp. Driver transistor dapat bekerja ketika mendapat tegangan lebih dari 0,7V, karena pada driver transistor tersebut menggunakan transistor jenis NPN.

3) Rangkaian Amplifier dan filter

Rangkaian diatas merupakan rangkaian yang terdiri dari amplifier dan filter. Kedua menggunakan penguatan dan filetr yang sama agar filter lebih dapat menekan amplitudo pada saat melewati frekuensi *cut-off* sehingga filter dapat menekan lebih baik. Pada penguatan tersebut sebesar 101 kali penguatan dan filter tersebut mempunyai frekuensi *cut-off* sebesar 2,34 Hz.

$$A_{cl} = 1 + \left(\frac{R_F}{R_{in}}\right) \quad (1)$$

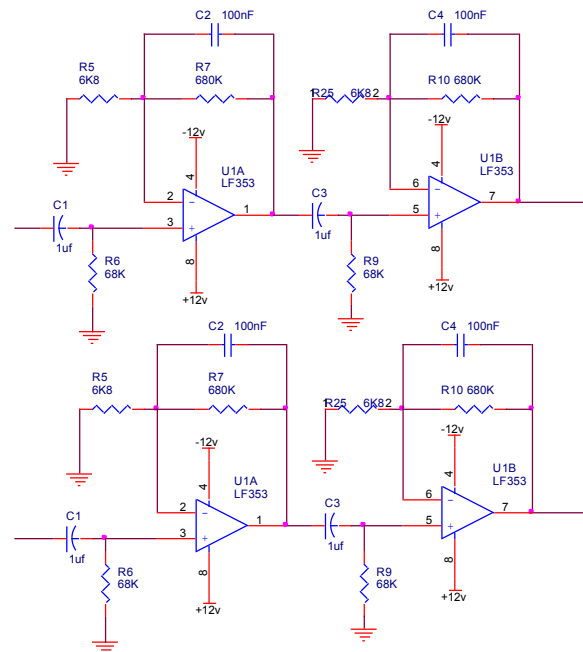
$$= 1 + \left(\frac{380k}{3k8}\right)$$

$$= 101 \text{ Kali}$$

$$F_{CHPF} = \left(\frac{1}{2\pi \cdot R_f \cdot C_f}\right) \quad (2)$$

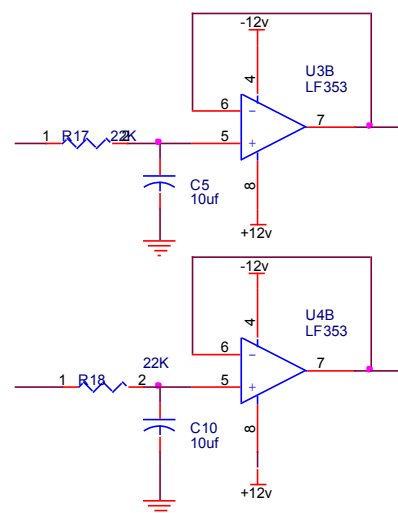
$$= \left(\frac{1}{2 \cdot (3,14) \cdot 33k \cdot 10\mu F}\right)$$

$$= 0,48 \text{ Hz}$$



Gambar 5. Rangkaian Amplifier dan Filter

4) Rangkaian Filter



Gambar 6. Filter LPF 0,8 Hz

Pada rangkaian diatas merupakan rangkaian filter LPF (Low Pass Filter) yang mempunyai frekuensi *cut-off* sebesar 0,8 Hz agar dapat menekan sinyal AC dan meloloskan sinyal DC pada infrared dan red lamp

III. HASIL DAN ANALISIS

1) Design



7. Design Perancangan

Pada gambar diatas merupakan hasil design perancangan penulis. Terdiri dari LCD TFT, indikator baterai dan *finger sensor*.

2) Listing Program Arduino untuk Pengolahan Detak Jantung

```
float ACinfraredbpm =( ACinfrared/1023*5);
if (ref <= ACinfraredbpm) {
    ref = ACinfraredbpm;
}
else {
    ref = ref;
    hold = (ref * 0.85);
    if ((ACinfraredbpm <= hold) && (logika_safety == 0))
    {
        if ((ACinfraredbpm > hold) && (logika_detak == 0))
        {
            logika_detak = 1;
        }
        if ((ACinfraredbpm < hold) && (logika_detak == 1))
        {
            detak++;
            logika_detak = 0;
            if (detak==1)
            {
                waktu=millis ();
            }
            else if (detak == 5)
            {
                detak=0;
                waktuBPM = millis () - waktu;
                bpm = 240000 / waktuBPM;
            }
        }
    }
}
```

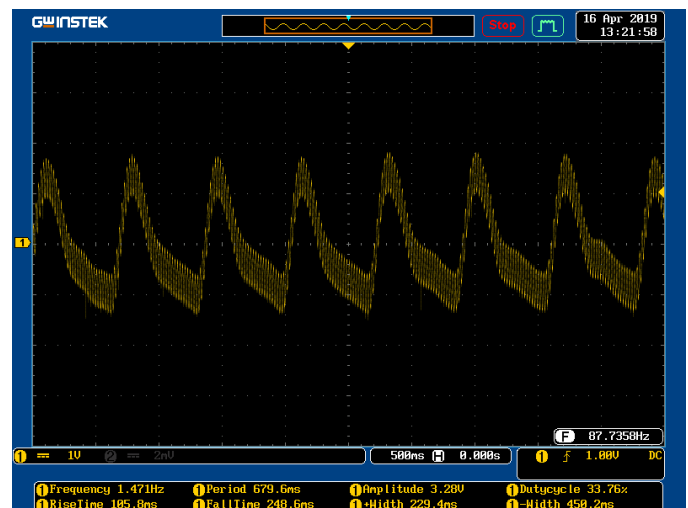
Pada program diatas merupakan proses pengolahan detak jantung. Nilai tersebut diperoleh melalui sinyal *photoplethysmograph* yaitu output dari *ACinfrared*. Pada listing program tersebut menggunakan sistem autoreferensi sinyal.

3) Listing Program Arduino untuk Pengolahan SpO₂

```
float ACredlamp = analogRead(A0);
float ACinfrared = analogRead(A1);
float DCredlamp = analogRead(A2);
float DCinfrared = analogRead(A3);
if (maksimumACredlamp < ACredlamp)
{
    maksimumACredlamp = ACredlamp;
}
if (maksimumACinfrared < ACinfrared)
{
    maksimumACinfrared = ACinfrared;
}
else{
    maksimumACinfrared = maksimumACinfrared;
    holdACinfrared = (maksimumACinfrared * 0.85);
}
bagi1 = (float) maksimumACredlamp / DCredlamp;
}
bagi2 = (float) maksimumACinfrared / DCinfrared;
}
ratio = (float) bagi1 / bagi2;
spo2 = 110 - (25 * ratio);
}
}
```

Pada program diatas merupakan pengolahan untuk menghasilkan nilai saturasi oksigen dalam darah (SpO₂). Untuk menghasilkan nilai tersebut diperoleh dari output *ACinfrared*, *ACredlamp*, *DCinfrared* dan *DCredlamp* pada rangkaian pengondisi sinyal. Kemudian diolah kedalam rumus SpO₂ tersebut.

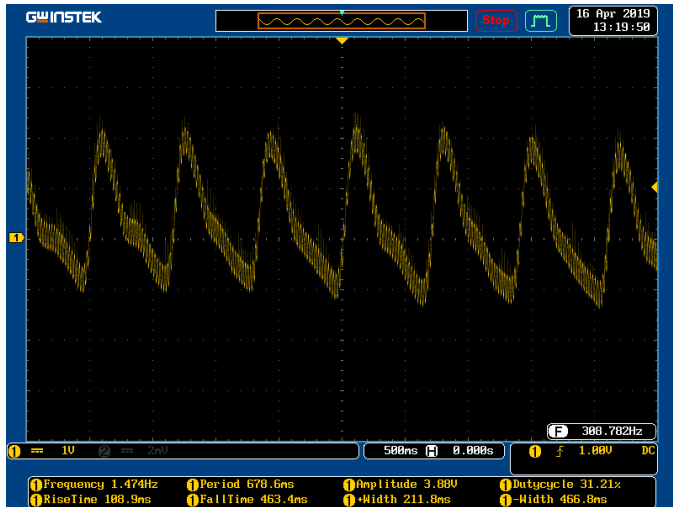
4) Output amplifier dan filter kedua dari demultiplexer kaki 13



Gambar 8. Output Red Lamp

Pada gambar diatas merupakan output dari *amplifier* dan filter kedua dari demultiplexer kaki 13. Pada output tersebut memiliki amplitude sebesar 3,28V dan frekuensi sebesar 1.471 Hz.

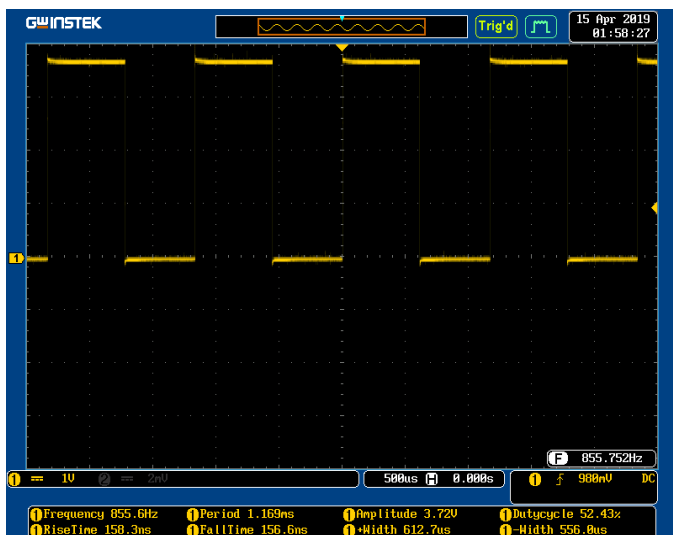
5) *Output amplifier dan filter kedua dari demultiplexer kaki 14*



Gambar 9. Output *Infrared*

Pada gambar diatas merupakan output dari amplifier dan filter kedua dari demultiplexer kaki 14. Pada output tersebut memiliki amplitude sebesar 3,88V dan frekuensi sebesar 1.474 Hz.

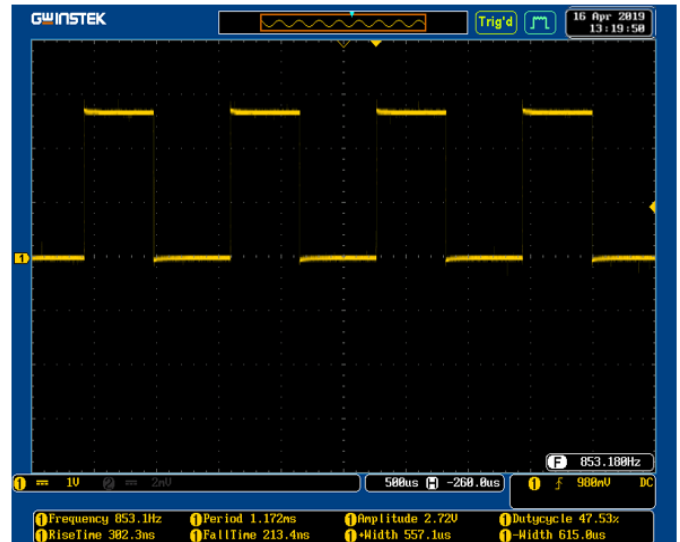
6) *Output Astable*



Gambar 10. Output *Astable*

Hasil di atas adalah output rangkaian *astable* yang aktif secara bergantian dengan logika 1 (+5V) dan 0 (GND) dengan frekuensi 855.6 Hz.

7) *Driver Transistor*



Gambar 11. *Driver Transistor*

Hasil di atas adalah *output driver transistor* yang berfungsi sebagai *driver finger sensor* yang mengoutputkan logika 1 dan 0 secara bergantian, kaki 1 konektor J16.

8) *Hasil Perbandingan Modul dengan Alat Pembanding*



Gambar 12. Perbandingan Modul dengan Alat Pembanding

TABEL I. ERROR PENGUKURAN PARAMETER SpO_2 DAN BPM MODUL DENGAN ALAT PEMBANDING (PULSE OXYMETER)

Responden	Error SpO_2 (%)	Error BPM (%)
1	0.20	0.54
2	0.81	0.44
3	1.01	0.41
4	0.20	0.25
5	0.20	1.01
6	0.40	2.38

7	0.20	0.48
8	1.01	0.93
9	1.42	1.23
10	0.61	0.61
11	0.20	0.26
12	0.20	0.26
13	0.41	1.25
14	0.41	0.50
15	0.41	0.23
16	0.20	0.32
17	0.61	0.54
18	0.20	0.98
19	0.41	0.75
20	0.61	0.26
\sum %Error	9,72	13,66

Pengambilan data perbandingan dilakukan dengan membandingkan modul dengan alat pembanding (*Pulse Oximeter*) yang dilakukan pada 20 responden berbeda untuk parameter SpO₂ dan BPM. Analisa Hasil Perhitungan Perbandingan Modul dengan Alat Pembanding (*Pulse Oximeter*). Pada setiap Responden di ambil sebanyak 5x terhadap 20 Responden yang berbeda dengan membandingkan modul penulis dengan alat pembanding yaitu oximeter dengan parameter SpO₂ dan BPM. Pengambilan data atau pencatatan hasil antara modul penulis dan alat pembanding dengan rentang 1 menit. Sedangkan untuk dapat mengetahui apakah alat yang telah dibuat dapat digunakan sebagai alat ukur yang baik yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata Kesalahan SpO}_2 (\%Error) &= \frac{\sum \%Error}{n} & (3) \\ &= \frac{9,72\%}{20} \\ &= 0,486\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata Kesalahan BPM} (\%Error) &= \frac{\sum \%Error}{n} & (4) \\ &= \frac{13,66\%}{20} \\ &= 0,683\% \end{aligned}$$

Setelah di akumulasi maka rata-rata kesalahan pada parameter SpO₂ bernilai = 0,486% , pada ketentuan ECRI tentang kesalahan maksimal yang diizinkan pada parameter saturasi oksigen dalam darah (SpO₂) untuk yaitu sebesar 1%, dan rata-rata kesalahan pada parameter BPM bernilai = 0,683%

,pada ketentuan ECRI tentang kesalahan maksimal yang diizinkan pada parameter BPM yaitu sebesar 5%.

IV DISKUSI

Hasil perbandingan modul dengan alat pembanding memiliki nilai rata-rata error yang tidak melebihi batas yang diizinkan sesuai dengan parameter masing-masing. Sinyal *photoplethysmograph* dan nilai parameter SpO₂ dan BPM yang dihasilkan ditampilkan pada LCD TFT. Kelemahan modul ini ketika pasien banyak bergerak maka akan memperbesar nilai *error* yang dihasilkan.

V KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa monitoring *photoplethysmograph* dengan parameter SpO₂ dan BPM secara *realtime* ditampilkan pada *display* LCD TFT bentuk alat yang sedang dan ringan sehingga memudahkan dan menjadi lebih praktis dalam penggunaan sangat dibutuhkan untuk mengetahui kondisi pasien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pratiwi, C. A. et al. (2016). Akuisisi Data Sinyal Photoplethysmograph (PPG) Menggunakan Photodiode. Jurnal Politeknik Caltex Riau, 2(2), 33–42.
- [2] Hamdala, Y. R. (2015). Sistem Monitoring Photoplethysmograph Berbasis Zigbee dan Labview. Jom FTEKNIK, 2, 3.
- [3] Ramadhan, B. (2015). Monitoring Photoplethysmograph PPG wireless menggunakan Personal Computer. Jurusan Teknik Elektromedik Politeknik Kesehatan Surabaya.
- [4] Prasasti, A. L. (2016). Perancangan Filter Analog Multistep pada Photoplethysmograph untuk Mengamati Detak Jantung Manusia Menggunakan Arduino, 17(2), 237–248.
- [5] Perdamaian, W. D. (2018). Photoplethysmograph PPG Berbasis Arduino tampil Personal Computer PC (Wahyu Dwi Perdamaian, Hj Endang Dian setioningsih, ST, MT, Sumber, S.ST, MT) Jurusan Teknik Elektromedik Politeknik Kesehatan.