ISSN: **2656-8624**

Pengujian Kecepatan Dan Jarak Yang Optimal Pada Pengiriman Sinyal Dan Detak Jantung Melalui *Bluetooth*

Sri Wahyuni Dwi Lestari[#], Priyambada Cahya Nugraha, Dyah Titisari
Jurusan Teknik Elektromedik Poltekkes Kemenkes, Surabaya
Jl. Pucang Jajar Timur No. 10, Surabaya, 60245, Indonesia
[#]sri.sswahyuni@gmail.com, pcn1967@poltekkesdepkes-sby.ac.id, ti2sari@poltekkesdepkes-sby.ac.id,

***Abstract*— Electrocardiograph provides information on the healthy condition of the structure and function of the heart. At this time many wireless ECGs have been made, including using Bluetooth as a transmission medium. The purpose of this research is to test the optimal speed and distance for signal transmission and heart rate via Bluetooth in order to obtain accurate results. The design consists of the ECG Module AD8232, AD8232 Microcontroller IC, and 16x2 character LCD. ECG signal recording on LEAD II. In this study, testing the performance of Bluetooth transmission and data loss by sending data for 1 second and conducting further analysis. Calibration on the module is carried out using the ECG Simulator with a simulated heart rate perminute (BPM) and sensitivity settings that have been determined so that the module design results are in accordance with a standard ECG machine. After evaluating the results data, the error in the BPM parameter on the module that has been compared with the ECG Recorder is 0.616% and the optimal distance for Bluetooth transmission is 40 meters without obstruction and with 20 meters with data transmission speed settings of 9600, 19200, 38400, and 115200bps. Testing the optimal speed and distance on this ECG module to prevent a decrease in speed, out of sync, and delay when transferring data so that signal data transmission and heart rate to the PC must be monitored in real time without delay, high accuracy, and design. modules can be made inexpensively.**

Keyword—Electrocardiograf; Heart Monitoring; ESP32; Bluetooth

Abstrak— **Elektrokardiograf memberikan informasi kondisi sehat atau tidaknya struktur dan fungsi jantung. Pada saat ini telah banyak dibuat sebuah EKG nirkabel jarak jauh (*wireless*) diantaranya menggunakan Bluetooth sebagai media transmisi. Tujuan penelitian ini melakukan pengujian kecepatan dan jarak yang optimal untuk pengiriman sinyal dan detak jantung melalui Bluetooth agar didapatkan hasil akurat. Rancang bangun terdiri dari ECG Module AD8232, IC Mikrokontroller AD8232, dan LCD karakter 16x2. Perekaman sinyal ECG pada LEAD II. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kinerja transmisi Bluetooth dan loss data dengan mengirim data selama 1 detik dan dilakukan analisis lebih lanjut. Kalibrasi pada modul dilakukan menggunakan ECG Simulator dengan pengaturan simulasi denyut jantung permenit (BPM) dan sensitivitas yang sudah ditentukan agar hasil rancang bangun modul sesuai dengan mesin EKG standar. Setelah evaluasi data hasil, kesalahan pada parameter BPM pada modul yang telah dibandingkan dengan ECG Recorder adalah 0,616% dan jarak optimal transmisi Bluetooth sejauh 40meter tanpa halangan dan dengan halangan 20meter dengan pengaturan kecepatan pengiriman data 9600, 19200, 38400, dan 115200bps. Pengujian kecepatan dan jarak yang optimal pada modul ECG ini untuk mencegah adanya penurunan kecepatan, tidak sinkron, dan keterlambatan (*delay*) ketika transfer data sehingga pengiriman data sinyal dan detak jantung ke PC yang harus dipantau secara realtime tidak terdapat *delay*, akurasi tinggi, dan desain modul dapat dibuat dengan biaya murah.**

Kata Kunci—Electrocardiograf; Pemantauan sinyal dan detak jantung ; ESP32; Bluetooth

I. PENDAHULUAN

Sinyal jantung memiliki informasi medik mengenai kondisi kesehatan tubuh [1]. Penyakit jantung adalah sekelompok kondisi yang mempengaruhi struktur dan fungsi jantung dan memiliki lebih banyak akar permasalahan sehingga menjadi penyebab utama kematian di dunia [2]. Berdasarkan Laporan Nasional Rikesdas oleh Kementrian Kesehatan RI pada tahun 2007 penyebab kematian karena penyakit jantung iskemik sebesar 5,1% dan penyakit jantung 4,1% [3]. Dari data WHO pada tahun 2008 menunjukkan kematian karena kardiovaskular sebanyak 17,3 juta jiwa terdiri dari kematian karena serangan jantung 7,3 juta dan stroke 6,2 juta [4]. Dari masalah tersebut dibutuhkan sebuah alat yang dapat memantau, mencatat, merekam, dan menganalisis aktivitas elektrik otot jantung dari permukaan tubuh sesuai standard [5]. Hasil pemantauan sinyal jantung mempermudah proses diagnosis kondisi jantung pasien sehingga dapat dilakukan tindakan pencegahan secara dini misalnya dengan manajemen pasien dan penghambat variabilitas keparahan penyakit dan risiko kematian jantung secara tiba-tiba [6]. Banyak monitor EKG saat ini tidak dapat memenuhi standard karena konsumsi daya yang tinggi, ukurannya besar, tidak dapat merekam sinyal jantung secara

terus menerus, dan tidak dapat mentransmisi dengan mudah[7]. Sebagai solusi dari kekurangan alat yang sudah ada, saat ini telah banyak dibuat sistem pemantauan sinyal jantung (ECG) dengan konsumsi energi yang lebih rendah dengan mengurangi transmisi, pemrosesan, dan dapat mengkrompresi sinyal [8]. Beberapa penelitian menggunakan *Bluetooth Low Energy* (BLE) untuk mengurangi transmisi sinyal sehingga dapat mengurangi konsumsi daya [9],[10],[11],[12]. Penggunaan Bluetooth sebagai media transmisi memiliki kelemahan dan performanya dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya jarak, pengaturan kecepatan pengiriman data (*baudrate*), interferensi sinyal Radio Frekuensi lainnya, dan adanya halangan diantara perangkat Bluetooth yang dapat menyebabkan penurunan kecepatan aktual untuk mentransfer data di waktu tertentu (*throughput)*, keterlambatan waktu pengiriman data (*delay)*, sinkronisasi, dan validasi data hasil transmisi (*loss* data), serta jangkauan konektivitas antara perangkat Bluetooth [12],[13],[14].

Pada tahun 2005, Kho, T. K. et al., membuat sebuah sistem pemantauan EKG Lead II dengan mentransmisikan data EKG yang diperoleh tersebut menggunakan *Bluetooth* dan ditampilkan pada PC untuk diproses dan dikonstruksi sebagai bentuk gelombang EKG agar pengguna dapat melakukan pemeriksaan jantung sendiri kapan saja dan di mana saja [15]. Saran untuk pengembangan penelitian ini adalah implementasi transmisi data paralel EKG dalam ADC agar lebih cepat proses pengambilan sampel data EKG dan menghasilkan data EKG yang lengkap, akurat, dan sistem dapat dirancang dengan menggabungkan chip *Bluetooth* untuk mengurangi ukuran / dimensi alat dan biaya serta dapat dilengkapi dengan sistem basis data sehingga dapat menyimpan data pribadi informasi dan kondisi kesehatan pengguna. Penelitian yang dilakukan oleh Dr. Ali Moti Nasrabadi tahun 2011, membuat sebuah desain akuisisi dan transmisi EKG melalui *Bluetooth* dengan diagnosis penyakit jantung menggunakan sistem portable untuk melihat aktivitas listrik jantung [16]. Pada penelitian ini modul EKG dan *Bluetooth* dapat mengirim sinyal EKG ke ponsel yang mempunyai program J2ME berdasarkan protokol RFCOMM sebagai pengatur keseluruhan system untuk menyimpan, menampilkan, dan memroses sinyal.

Pada tahun 2014, Xiaoni Wang membuat sebuah desain sistem akuisisi EKG berbasis komunikasi nirkabel *Bluetooth* sebagai solusi untuk menghadapi kesulitan dan mahalnya perawatan medis [17]. Penelitian ini menggunakan modul *Bluetooth* HC-06 dengan pengaturan kecepatan pengiriman data pada 9600 bps. Pada tahun 2016, Penmatsa, Pavani Lakshmi et al., mengembangkan penelitian tentang deteksi cerdas dan transmisi kelainan pada EKG melalui *Bluetooth* dengan pemantauan secara *real time* dari parameter perawatan kesehatan untuk dokter dan perawat di mana data dapat diakses kapan saja [18]. Pada penelitian belum dijelaskan jarak antara modul *Bluetooth* dengan PC/Laptop, *Smartphone*, dan LCD serta berapa kecepatan pengiriman (*baudrate*) yang dipakai. Jiga Brian J. et al., merancang dan mengkonstruksi sensor Elektrokardiogram (EKG) nirkabel menggunakan *smartphone* Pada tahun 2018 [19]. Perancangan ini menggunakan modul KG AD8232 dan menyimpulkan bahwa hasil transmisi sinyal jantung dengan *Bluetooth* HC06 ke *smartphone* dengan jarak kerja efektif dari sistem pada laju *sampling* 100Hz adalah 20-meter dan sistem bisa mencapai tingkat kehilangan data 0,1% pada jarak 5-meter.

Pada tahun 2019, Rahman, M. et al., membuat sebuah sistem pemantauan EKG cerdas yang terjangkau menggunakan modul Arduino & *Bluetooth* untuk menyikapi teknologi EKG portabel yang mahal sehingga alat ini diharapkan dapat digunakan di rumah pengguna untuk keadaan darurat dan teknologi baru ini lebih murah [20]. Penelitian ini menggunakan modul EKG AD 8232 untuk merekam sinyal jantung pada Lead I, II, dan III, yang akan diproses oleh mikrokontroller dan ditransmisikan oleh *Bluetooth* ke *smartphone* dengan pengaturan kecepatan pengiriman data pada *Bluetooth* hanya pada 38400 bps dan belum dijelaskan berapa jaraknya. Penelitian lainnya, dilakukan oleh Alam Syah et al., dengan membuat rancang bangun sistem monitoring detak jantung menggunakan elektrokardiograf berbasis *Bluetooth* dan LabVIEW [21]. Pada penelitian ini hanya menganalisa jarak *monitoring* aplikasi EKG yang bisa diakses *Bluetooth* dengan PC yaitu 5-meter, 3-meter, dan 1-meter dengan halangan dan tidak ada halangan tetapi belum menganalisa tentang pengaturan kecepatan pengiriman data. Iskandar, William J. et al., juga membuat alat *prototipe portable* elektrokardiograf (EKG) yang murah berdasarkan ArduinoUno dengan fitur *Bluetooth* HC 05 yang ditampilkan pada LCD TFT, *smartphone*, dan PC [22]. Pada penelitian ini belum menganalisa pengaturan kecepatan pengiriman data (*baudrate*) pada *Bluetooth* dan jarak maksimal jangkauan untuk transmisi *Bluetooth* ke masing-masing *interface*-nya.

Sebagai pengembangan penelitian sebelumnya maka tujuan penelitian ini menguji pengaruh pengaturan kecepatan dan jarak optimal serta pengaruh ada atau tidaknya halangan pada pengiriman sinyal dan detak jantung melalui *Bluetooth* pada tampilan hasil pada PC/Laptop. Pengujian kecepatan dan jarak yang optimal pada modul ECG ini untuk mencegah adanya penurunan kecepatan, tidak sinkron, dan keterlambatan (*delay*) ketika transfer data sehingga pengiriman data sinyal dan detak jantung ke PC yang harus dipantau secara *realtime* tidak terdapat *delay*, akurasi tinggi, dan desain modul dapat dibuat dengan biaya murah.

II. BAHAN-BAHAN DAN METODE

A. Setting Percobaan

Penelitian ini menggunakan 6 responden normal dengan kriteria usia antara 22 sampai 36 tahun dengan berat badan antara 45 hingga 70 kg. Subjek diambil sampelnya secara acak dan pengumpulan data diulang sebanyak 5 kali.

1) Bahan dan Alat

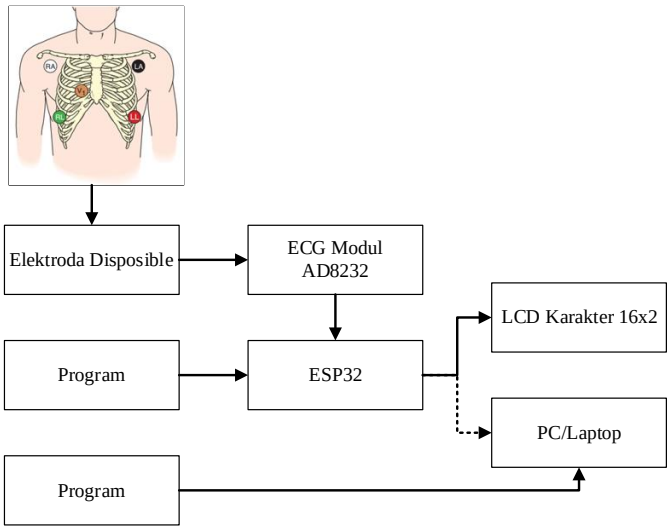
Penelitian ini menggunakan elektroda EKG sekali pakai (OneMed, Jayamas Medical Industri, Indonesia). Elektroda dipasang di tangan kanan (RA) dan kaki kiri (LL) serta kaki kanan (RL) pada manusia. Rangkaian pengondisi sinyal sadapan menggunakan ECG Module AD8232. IC Mikrokontroler ESP32 digunakan untuk mengubah sinyal analog ke digital, pengelolahan data digital, dan pengiriman data dengan *built-in* Bluetooth untuk komunikasi serial ke PC/Laptop. Pengukuran *output* ECG modul AD8232 menggunakan Osiloskop dengan penyimpanan digital (Textronic, DPO2012, Taiwan). ECG Simulator (Merk: ECGplus, Model: BIO-TEK) digunakan untuk mengkalibrasi sirkuit analog. Hasil *output* dari alat ini diuji dan dibandingkan menggunakan ECG Recorder (Digital *Electrocardiograph*, Model: ECG-9012A, SN: ECG-9012A120435). Sebagai display detak jantung permenit alat ini menggukan LCD karakter 16x2. Meteran untuk mengukur jarak transmisi Bluetooth modul dengan PC/Laptop.

2) Eksperimen

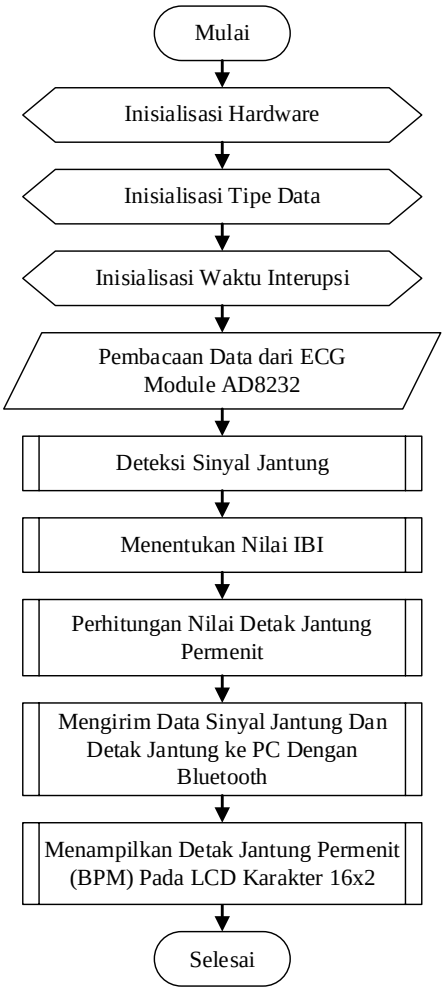
Pada penelitian ini setelah perancangan selesai dilakukan pengujian dengan ECG Simulator. Pada tahap kalibrasi, *output* modul dibandingkan dengan ECG Recorder (Digital *Electrocardiograph*, Model: ECG-9012A, SN: ECG-9012A120435) menggunakan ECG Simulator (phantom) dengan *setting* 30, 60, 120, 180, dan 240 BPM dan sensitivitas 1mV. Pada masing-masing *setting*, keluaran modul dihitung untuk memvalidasi hasil penelitian ini. Kemudian modul dilakukan uji coba pada tubuh manusia.

B. Diagram Balok

Pada penelitian ini perekaman sinyal jantung (EKG) dilakukan berdasarkan penempatan ketiga elektroda kombinasi LEAD II seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil sadapan ini menghasilkan sinyal beramplitudo kecil dan banyak *noise* yang kemudian dikuatkan 1100 kali dan disaring sampai 40dB pada ECG Modul AD8232. O*utput* sinyal analog AD8232 selanjutnya diubah ke data digital pada IC Mikrokontroller ESP 32 dengan ADC yang *built-in* pada modul ESP 32. IC Mikrokontroller ESP 32 bekerja dengan bahasa pemrograman Arduino untuk memerintahkan fungsi-fungsi modul, pemrosesan data, *wireless*, dan menampilkan hasil detak jantung pada LCD karakter 2x16. Pada ESP 32 tersedia fitur Bluetooth untuk mentransmisi data digital dengan jarak yang cukup jauh ke perangkat-perangkat yang sudah *built-in* Bluetooth contohnya smartphone atau PC/Laptop dengan melakukan *pairing* terlebih dahulu. Kecepatan pengiriman data pada Bluetooth ESP 32 ini dapat diatur pada 9600, 19200, 38400, 115200, dan 250000bps untuk mengatur banyaknya data yang dikirim ke jaringan. PC/Laptop berfungsi untuk mengolah data digital yang diterima dan menampilkan hasil berupa kontruksi sinyal EKG dan detak jantung (BPM) pasien.

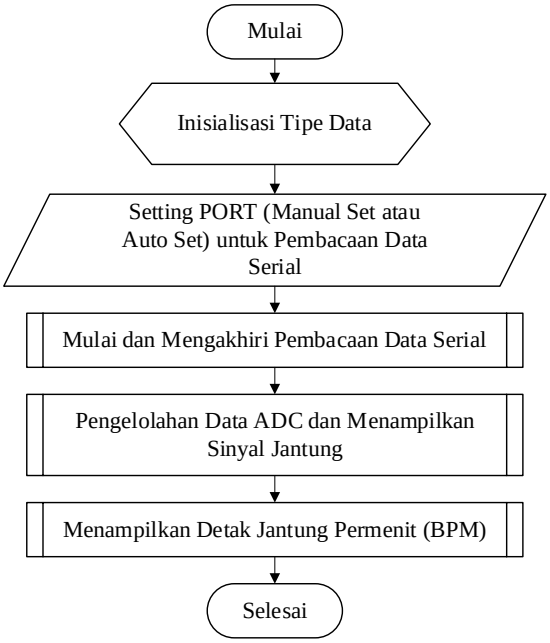


Gambar 1. Diagram Blok Modul ECG



Gambar 2. Diagram Alir Program Arduino ESP32 (Modul)

ISSN: **2656-8624**



Gambar 3. Diagram Alir Program Delphi pada PC

C. Diagram Alir

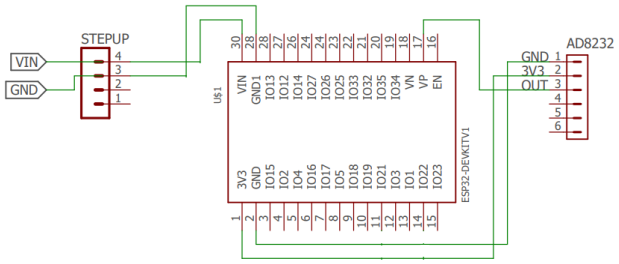
Diagram alir program Arduino dirancang seperti pada Gambar 2. Pada program Arduino, setelah inisialisasi dan pengelolahan data selesai, Bluetooth akan mengirim data digital tersebut ke Bluetooth PC yang sudah terkoneksi dan LCD akan menampilkan detak jantung permenit (BPM). Pada PC, program Delphi digunakan untuk mengkontruksi sinyal jantung dan menampilkan nilai denyut jantung permenit (BPM) dari data yang dikirim dengan komunikasi serial antara Bluetooth modul dan Bluetooth PC seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

D. Rangkaian Analog

Bagian penting dari pengembangan ini adalah rangkaian analog yang dijelaskan pada Gambar 1. (Koneksi AD8232 dan ESP32). Sirkuit tersebut digunakan untuk memproses sinyal ECG. Kemudian data siap untuk pemrosesan digital menggunakan Arduino.

1) ECG Modul AD8232

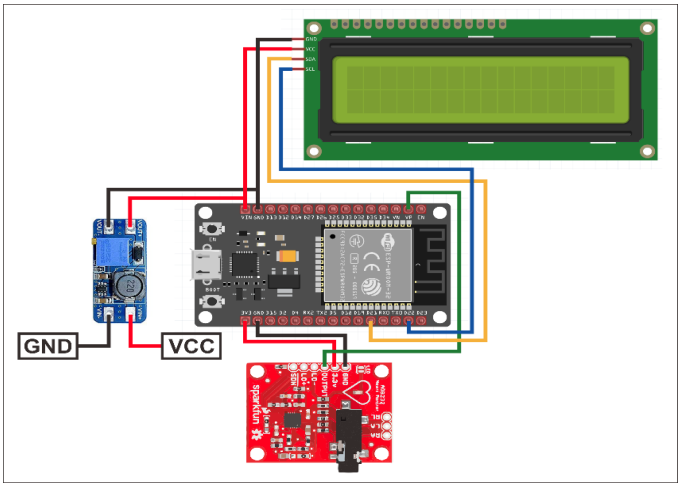
ECG Modul AD8232 ini digunakan untuk mengelolah sinyal ECG. ECG Modul AD8232 terdiri dari rangkaian amplifier dan rangkaian filter. Rangkaian *amplifier* berfungsi menguatkan sinyal ECG hingga 1100 kali dan rangkaian *filter* menyaring *noise* sampai 40dB [23], [24]. Supply daya AD8232 dari ESP32 pada pin 3V3 dan GND. *Output* AD8232 berupa sinyal analog yang terhubung dengan pin VP pada ESP32. Sinyal analog ini akan diolah menjadi data digital menggunakan fitur *built-in* ADC ESP32. Rangkaian ECG Modul AD8232 dan ESP32 ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian AD8232 dan ESP32

III. HASIL

Dalam studi ini, modul telah diuji menggunakan ECG Simulator (Fluke Biomedical, Model: MPS450, PN: 3789865 dan Merk: ECGplus, Model: BIO-TEK) dan ECG dari tubuh manusia. Hasilnya menunjukkan bahwa perekaman sinyal EKG dari tubuh manusia dapat direkam dengan baik.



Gambar 5. Rancang Bangun Modul ECG

Gambar 6. Modul ECG

1) Rancang Bangun Modul ECG

Dari Gambar 5. dan Gambar 6. menunjukkan komponen-komponen yang digunakan pada rancang bangun modul. Bagian analog terdiri dari AD8232. Bagian digital terdiri dari mikrokontroler ESP32 yang merupakan *board* utama modul ECG dan LCD karakter 16x2. Fitur Bluetooth ESP32 digunakan untuk mentransmisi data digital antara mikrokontroler dan PC/Laptop untuk pemantauan sinyal dan denyut jantung permenit secara *realtime*.

2) Listing Program Arduino pada Modul ECG

Dalam penelitian ini, program atau *software* dibagi menjadi dua bagian yaitu pemrograman Arduino dan Delphi. Listing program untuk Arduino ditunjukkan pada Listing Program 1. Yang terdiri dari program untuk inisialisasi (hardware,tipe data, dan waktu interupsi), pembacaan data dari ECG Modul AD8232, proses pengolahan data (deteksi sinyal jantung,menentukan nilai IBI, perhitungan nilai detak jantung permenit), pengiriman data sinyal dan detak jantung ke PC menggunakan Bluetooth, dan menampilkan detak jantung permenit (BPM) pada LCD karakter 16x2.

Listing program 1. Program Arduino pada Modul ECG

```
==========Inisialisasi Hardware==========

#include <Wire.h>
#include "BluetoothSerial.h"
 #include <LiquidCrystal_I2C.h>

==========Inisialisasi Tipe Data==========

 BluetoothSerial ESP_BT;
 LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16, 2);
 unsigned long waktu;
 unsigned long waktu2;
 unsigned long waktu3;
 volatile int BPM;
 volatile int Signal;
 volatile int IBI = 600;
 volatile boolean Pulse = false;
volatile boolean QS = false;
volatile int rate [10];
volatile unsigned long sampleCounter = 0;
volatile unsigned long lastDenyutTime = 0;
volatile int P = 512;
volatile int T = 512;
volatile int thresh = 512;
volatile int amp = 100;
volatile boolean first Denyut = true;
volatile boolean secondDenyut = false;
hw_timer_t * timer = NULL;

==========Inisialisasi Waktu Interupsi==========
void interruptSetup ()
{
timer = timerBegin (0, 80, true);
timerAttachInterrupt (timer, &ISRTr, true);
timerAlarmWrite (timer, 2000, true);
timerAlarmEnable(timer);
}

=====Pembacaan Data dari ECG Module AD8232======


void ISRTr()
{
Signal = analogRead(A0);
Signal = map (Signal, 0, 4095, 0, 1023);
sampleCounter += 2;
int N = sampleCounter - lastDenyutTime;

============Deteksi Sinyal Jantung==============

if (Signal < thresh && N > (IBI / 5) * 3)
{
if (Signal < T)
{
T = Signal;
}
}
if (Signal > thresh && Signal > P)
{
P = Signal; // P sama dengan sinyal
}
if (N > 207) {
if ((Signal > thresh) && (Pulse == false) && (N > (IBI / 5)
* 3)) {
Pulse = true;
IBI = sampleCounter - lastBeatTime;
lastBeatTime = sampleCounter;
if (secondBeat) {
secondBeat = false;
for (int i = 0; i <= 9; i++) {
rate[i] = IBI;
}
}
if (firstBeat) {
firstBeat = false;
secondBeat = true;
sei();
return;
}

======Menentukan Nilai IBI (Inter Beat Interval)======

word runningTotal = 0
for (int i = 0; i <= 8; i++) {
rate[i] = rate[i + 1];
```

```
runningTotal += rate[i];  }
rate[9] = IBI;
runningTotal += rate[9];
runningTotal /= 10;
runningTotal
BPM = 60000 / runningTotal;
QS = true; }
}
if (Signal < thresh && Pulse == true) {
Pulse = false;
amp = P - T;
thresh = amp / 2 + T;
P = thresh;
T = thresh;
}
if (N > 2500) {
thresh = 512;
P = 512;
T = 512;
lastBeatTime = sampleCounter;
firstBeat = true;
secondBeat = false;
}
}
```

3) Program Menampilkan BPM pada LCD Karakter 16x2 dan Mengirim Data Menggunakan Bluetooth ke PC

Modul ECG dapat menampilkan detak jantung permenit (BPM) pasien atau ECG Simulator. LCD Karakter 16x2 digunakan untuk menampilkan detak jantung permenit (BPM). Listing program Arduino untuk mengirim data digital ke PC dan menampilkan detak jantung permenit (BPM) seperti ditunjukkan pada Listing Program 2.

Listing program 2. Program Untuk Menampilkan BPM Pada LCD Karakter 16x2 dan Mengirim Data ke PC

```
void setup() {
Serial.begin(9600);
ESP_BT.begin("ESP32_ECG");
lcd.begin();
lcd.backlight();
lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print ("Heart Rate :");
lcd.setCursor(9, 1);
lcd.print("bpm");
interruptSetup();
}
void loop() {
Serial.print('a');
Serial.print(Signal);
Serial.print('b');
Serial.print('c');
Serial.print(BPM);
Serial.print('d');
ESP_BT.print('a');
ESP_BT.print(Signal);
ESP_BT.print('b');
ESP_BT.print('c');
ESP_BT.print(BPM);
ESP_BT.print('d');
lcd.setCursor(4, 1);
lcd.print(BPM);
waktu2 = millis();
waktu = waktu2 - waktu3;
if (waktu > 200) {
lcd.setCursor(4, 1);
lcd.print("   ");
waktu3 = millis();pada lcd
}
}
```

4) Listing Program untuk Delphi Modul ECG

Di program Delphi, program untuk menampilkan sinyal EKG ke dalam komputer (Listing Program 2), dan program daftar yang digunakan untuk membaca dan memantau sinyal EKG yang direkam ditampilkan dalam Listing Program 3.

Listing Program 3. Program Untuk Menampilkan Sinyal ECG dan Detak Jantung pada PC dengan *software* Delphi

```
=============Inisialisasi Tipe Data==============

unit Unit1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes,
Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, Menus, CPort, TeEngine, Series, ExtCtrls,
TeeProcs, Chart,
  StdCtrls;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Chart1: TChart;
    Series1: TFastLineSeries;
    ComPort1: TComPort;
    ComDataPacket1: TComDataPacket;
    MainMenu1: TMainMenu;
    Connect1: TMenuItem;
    PortCOM11: TMenuItem;
    ManualSet1: TMenuItem;
    AutoSet1: TMenuItem;
    About1: TMenuItem;
    Exit1: TMenuItem;
    GroupBox1: TGroupBox;
    Label1: TLabel;
    ComDataPacket2: TComDataPacket;
    Button1: TButton;
```

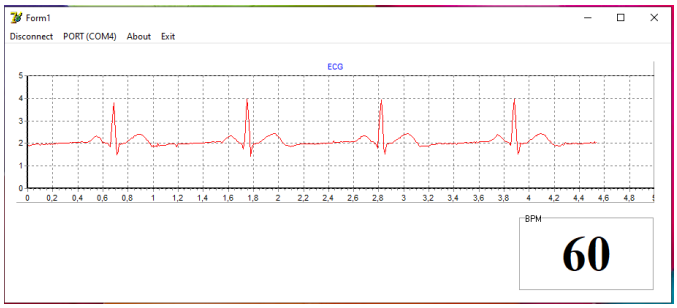
ISSN: **2656-8624**

```
    procedure ManualSet1Click(Sender: TObject);
    procedure AutoSet1Click(Sender: TObject);
    procedure Connect1Click(Sender: TObject);
    procedure ComDataPacket1Packet(Sender: TObject;
const Str: String);
    procedure ComDataPacket2Packet(Sender: TObject;
const Str: String);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
  end;

var
  Form1: TForm1;
  x: Real=0;

implementation

{$R *.dfm}

======Setting PORT untuk Pembacaan Data Serial=====

procedure TForm1.ManualSet1Click(Sender: TObject);
begin
Comport1.Port:=InputBox('Setting Port','Masukkan Nilai
COM',Comport1.Port);
if Comport1.Port = '' then begin
  Comport1.Port:='COM1';
end;
PortCOM11.Caption:='PORT ('+Comport1.Port+')';
end;
procedure TForm1.AutoSet1Click(Sender: TObject);
begin
Comport1.ShowSetupDialog;
if Comport1.Port = '' then begin
  Comport1.Port:='COM1';
end;
PortCOM11.Caption:='PORT ('+Comport1.Port+')';
end;

=====Mulai dan Mengakhiri Pembacaan Data Serial====

procedure TForm1.Connect1Click(Sender: TObject);
begin
if Comport1.Connected then begin
  Comport1.Close;
  Connect1.Caption:='Connect';
end else begin
  Comport1.Open;
  if Comport1.Connected then begin
    Connect1.Caption:='Disconnect';
  end;
end;
end;

===Pengelolahan Data ADC dan Menampilkan Sinyal ===

procedure TForm1.ComDataPacket1Packet(Sender:
TObject; const Str: String);
Var
  E,dataadc: Integer;
  tegangan: Real;
begin
Val(Str,dataadc,E);
if E <> 0 then Exit;
tegangan:=dataadc*0.00488758553;
Chart1.Series[0].AddXY(x,tegangan);
x:=x+0.01;
if chart1.Series[0].MaxXValue >
Chart1.BottomAxis.Maximum then begin
  Chart1.Series[0].Clear;
  x:=0;
end;
end;

=====Menampilkan Detak Jantung Permenit (BPM)====

procedure TForm1.ComDataPacket2Packet(Sender:
TObject; const Str: String);
begin
Label1.Caption:=Str;
end;
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
Comport1.WriteStr('a');
end;
end.
```

Program Delphi menerima data digital ECG dari Bluetooth yang tersimpan di komputer dengan menggunakan fungsi ComDataPacket. Sinyal ECG akan ditampilkan pada Chart1, seri 0.

5) Modul ECG dengan input dari ECG Simulator

Modul dikalibrasi menggunakan ECG Simulator sebelum ECG Holter diujikan pada manusia. Sinyal ECG dari ECG Simulator seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

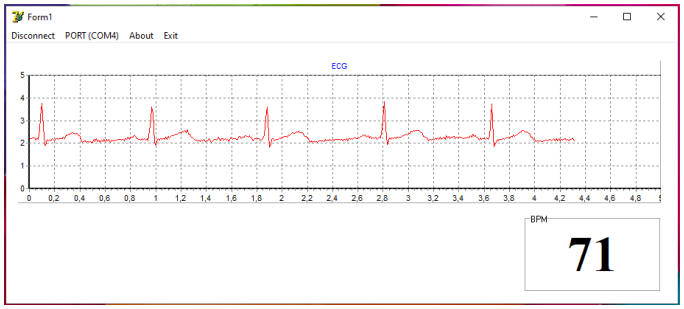


Gambar 7. Sinyal ECG yang direkam dari ECG Simulator (BPM 60) sensitivitas 1mV.

ISSN: **2656-8624**

6) Sinyal ECG yang direkam dari Responden LEAD II

Modul ECG juga diuji pada tubuh manusia (Responden) dengan memasang tiga elektroda pada tangan kanan (RA), kaki kiri (LL) dan kaki kanan (RL). Sinyal ECG Responden seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Sinyal ECG yang direkam dari Responden (subject 1)

7) Nilai error pengukuran denyut jantung permenit (BPM)

Pada penelitian ini, validasi nilai BPM yang ditunjukkan pada tampilan PC dan LCD modul dibandingkan dengan *ECG Recorder*. Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap pengaturan BPM pada *ECG Simulator*. Jarak modul dengan PC/Laptop 1 dan 5meter dan ada atau tidak adanya halangan (dinding 13,7cm). Hasil pengukuran kalibrasi seperti pada Tabel 1. dan Tabel 2. Nilai kesalahan pada pengukuran 0% pada pengaturan 30, 60, 120, 180, dan 240 BPM pada *ECG Simulator*.

Tabel. 1. Kesalahan Pengukuran Parameter BPM Pada Modul Dibandingkan Dengan *ECG Recorder* menggunakan *ECG Simulator* Jarak Modul Dan PC 1 Dan 5meter Tidak Ada Halangan.

BPM	Error (%)
30	0
60	0
120	0
180	0
240	0

Tabel. 2. Kesalahan Pengukuran Parameter BPM Pada Modul Dibandingkan Dengan *ECG Recorder* menggunakan *ECG Simulator* Jarak Modul Dan PC 1 Dan 5meter Ada Halangan.

BPM	Error (%)
30	0
60	0
120	0
180	0
240	0

Pengujian akurasi nilai BPM juga dilakukan pada pengukuran detak jantung permenit Responden (Subject) yang ditampilkan pada PC dan LCD modul kemudian dibandingkan dengan *ECG Recorder*. Pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali pada masing-masing Responden. Hasil pengukuran detak jantung permenit (BPM) Responden seperti pada Tabel 3. dan Tabel 4. Dengan jarak antara modul dengan PC 1 dan 5meter tanpa halangan menunjukkan nilai kesalahan tertinggi 1% dan terendah 0,2%. Sedangkan hasil pengukuran detak jantung permenit (BPM) Responden seperti pada Tabel 5. dan Tabel 6. jarak antara modul dengan PC 1 dan 5meter dengan adanya halangan menunjukkan nilai kesalahan tertinggi 1% dan terendah 0,2%.

Tabel. 3. Kesalahan Pengukuran Parameter BPM Pada Responden Pada Jarak 1meter Tanpa Halangan

Subject	Error(%)
P1	1
P2	0,8
P3	0,4

Tabel. 4. Kesalahan Pengukuran Parameter BPM Pada Responden Pada Jarak 5meter Tanpa Halangan

Subject	Error(%)
P1	0,2
P2	1
P3	0,4

Tabel. 5. Kesalahan Pengukuran Parameter BPM Pada Responden Pada Jarak 1meter Ada Halangan

Subject	Error(%)
P1	0,2
P2	0,2
P3	1,2

Tabel. 6. Kesalahan Pengukuran Parameter BPM Pada Responden Pada Jarak 5meter Ada Halangan

Subject	Error(%)
P1	1
P2	0,8
P3	0,2

8) Pengujian Transmisi Bluetooth

Pada penelitian ini juga dilakukan pengujian transmisi Bluetooth modul dengan Bluetooth PC. Pengujian ini berdasarkan pengaruh jarak dan adanya halangan atau tidak ada

 ISSN: **2656-8624**

halangan diantara PC dan Modul. Pada pengujian ini, pengaturan kecepatan pengiriman data Bluetooth pada 9600 dan halangan berupa dinding setebal 13,7cm. Dapat dilihat pada Tabel 7. pengujian transmisi antara Bluetooth modul dan PC dapat dilakukan dengan baik sampai jarak 50meter tanpa halangan dan sampai jarak 20meter jika ada halangan.

Tabel. 7. Hasil Pengujian Transmisi Bluetooth

Jarak (Meter)	Keberhasilan Mengirim Data Antara Bluetooth Dengan PC	
	Tanpa Halangan	Dengan Halangan
10	Bisa	Bisa
20	Bisa	Bisa
30	Bisa	Tidak Bisa
40	Bisa	Tidak Bisa
50	Bisa	Tidak Bisa
60	Tidak Bisa	Tidak Bisa

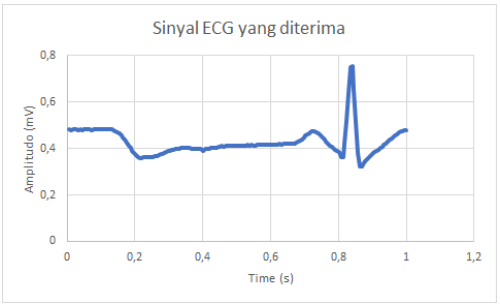
9) Pengujian Loss Data pada Transmisi Bluetooth

Pengujian loss data Bluetooth modul dengan PC/Laptop. Pengujian ini berdasarkan pengaruh pemilihan kecepatan pengiriman data (*baudrate*), jarak, dan adanya halangan atau tidak ada halangan antara PC/Laptop dan Modul. *Loss data* adalah banyaknya data yang hilang diukur berdasarkan sampai tidaknya data yang dikirim dari Bluetooth *master* (modul) ke Blutooth *slave* (PC/Laptop). Rumus *loss data* yaitu:

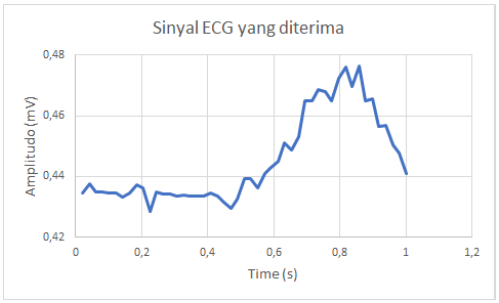
$$Loss\ Data = \frac{Data\ yang\ dikirim - Data\ yang\ diterima}{Data\ yang\ dikirim} x100\%$$

Pengujian ini dilakukan dengan menyadap sinyal jantung responden atau ECG Simulator sebagai data digital yang dikirim selama 1 detik. Pengujian *loss* data, dilakukan dengan mengirim data sebanyak 5 kali pada masing-masing jarak dari 10meter sampai dengan 60meter tanpa halangan dan pada jarak 5meter sampai 25meter dengan halangan. Pengaturan kecepatan Bluetooth yang diuji yaitu 9600, 19200, 38400, 115200, dan 250000bps.

Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11, dan Gambar 12 merupakan kontruksi sinyal ECG dari pengelolahan data digital hasil transmisi Bluetooth dengan pengaturan baudrate 9600bps dan 250000bps pada jarak 40meter dan 50meter tanpa halangan. Pada gambar tersebut, bentuk Gelombang P, Q, R, S, T, hanya terlihat jelas pada pengaturan baudrate 9600bps pada jarak 40meter. Pada gambar tersebut dapat dilihat pengaruh pengaturan *baudrate* dan jarak antara perangkat Bluetooth yang menyebabkan penurunan jumlah transmisi data sehingga kontruksi sinyal ECG tidak dapat terlihat dengan jelas.

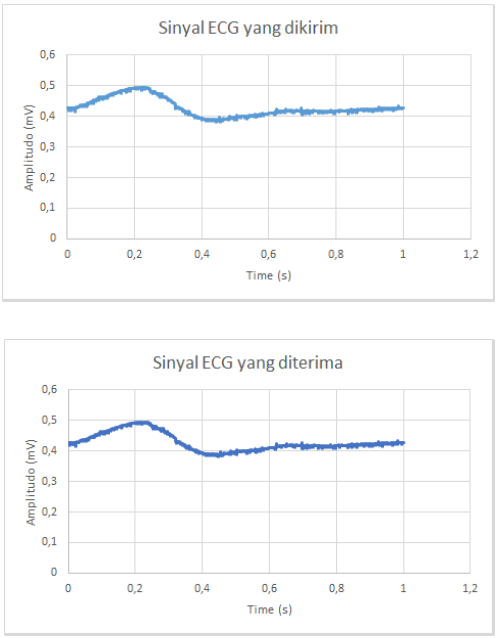


Gambar 9. Sinyal ECG yang Direkam Dari *ECG Simulator* (60 Bpm) Jarak 40meter Baudrate 9600bps Tanpa Halangan

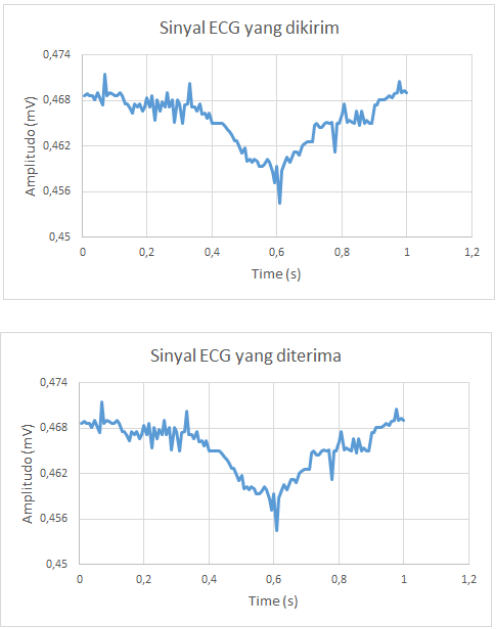


Gambar 10. Sinyal ECG Yang Direkam Dari Responden Jarak 50m Baudrate 9600bps Tanpa Halangan

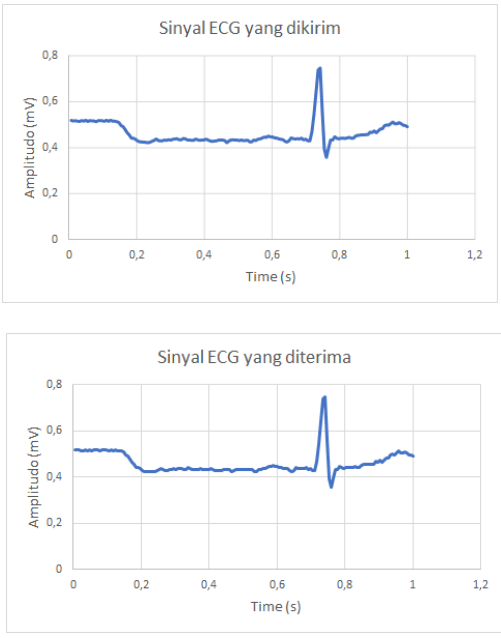
ISSN: **2656-8624**



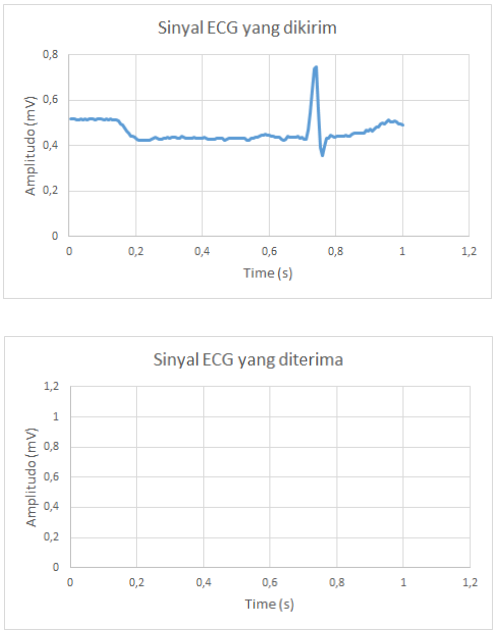
Gambar 11. Sinyal ECG Yang Direkam Dari *ECG Simulator* (60 Bpm) Jarak 40m Baudrate 250000bps Tanpa Halangan



Gambar 12. Sinyal ECG Yang Direkam Dari Responden Jarak 50m Baudrate 250000bps Tanpa Halangan

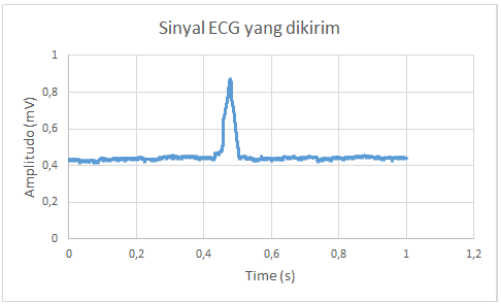


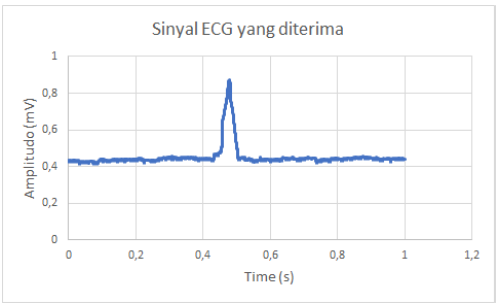
Gambar 13. Sinyal ECG Yang Direkam Dari Responden Baudrate 9600bps Pada Jarak 20meter Dengan Halangan



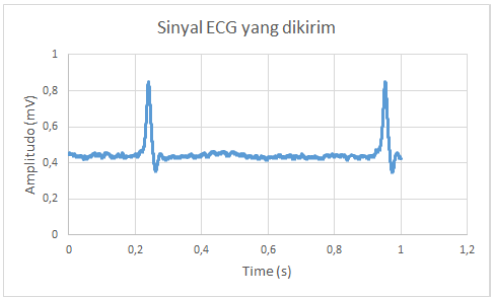
Gambar 14. Sinyal ECG Yang Direkam Dari Responden Baudrate 9600bps Pada Jarak 25meter Dengan Halangan

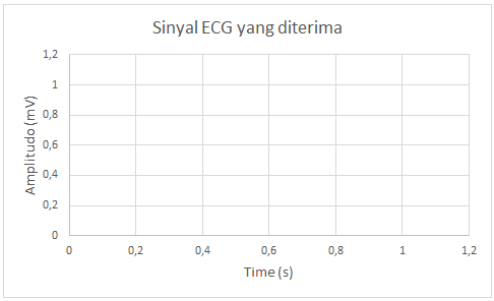
 ISSN: **2656-8624**





Gambar 15. Sinyal ECG Yang Direkam Dari Responden Baudrate 250000bps Pada Jarak 20meter Dengan Halangan





Gambar 16. Sinyal ECG Yang Direkam Dari Responden Baudrate 250000bps Jarak 25meter Dengan Halangan

Gambar 13 dan Gambar 15 merupakan kontruksi sinyal ECG dari pengelolahan data digital hasil transmisi Bluetooth dengan pengaturan baudrate 9600bps dan 250000bps pada jarak 20meter dengan adanya halangan bentuk Gelombang P, Q, R, S, T, dari sadapan sinyal jantung Responden atau *ECG Simulator* terlihat jelas.

Gambar 14 dan Gambar 16 menunjukkan hasil kontruksi sinyal ECG dengan pengaturan *baudrate* Bluetooth 9600bps dan 250000bps pada jarak 25meter. Bluetooth PC tidak dapat menerima data yang dikirim oleh Bluetooth modul. Dari Gambar 14 dan Gambar 16 menunjukkan pengaruh adanya halangan akan memperpendek jangkauan transmisi Bluetooth.

10)Hasil pengujian loss data transmisi Bluetooth

Loss data diperoleh dari jumlah banyaknya data yang dikirim dan diterima pada satu kali transmisi Bluetooth dalam satu detik. Pengujian *loss* data dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap pengaturan baudrate dan jarak. Rata-rata loss data adalah jumlah loss data berdasarkan rumus dari dari 5 kali pengujian. Prosentase rata-rata loss data sebanyak 0 berarti dalam 5 kali pengujian tidak terdapat loss data.

Tabel. 8. Hasil Pengujian Loss Data Data Tanpa Halangan

Baudrate	**Jarak (m)**	**Rata-rata Data Kirim**	**Rata-rata Data Terima**	**Rata-rata Loss Data (%)**
9600	10	166,2	166,2	0
	20	173,4	182	0
	30	168,8	168,8	0
	40	182	182	0
	50	69,6	27,6	33,56
	60	182	0	100
19200	10	277,6	277,6	0
	20	310,8	310,8	0
	30	323,4	323,4	0
	40	241,2	310,6	0
	50	241,2	8,6	79,84
	60	342	0	100
38400	10	517,4	517,4	0
	20	466,4	466,4	0
	30	469,4	469,4	0
	40	480,6	480,6	0
	50	125,8	24,4	53,74
	60	662	0	100
115200	10	1549,8	1549,8	0
	20	1563,4	1563,4	0
	30	837,8	837,8	0
	40	1489,6	1489,6	0
	50	828,6	25	71,86
	60	1942	0	100
250000	10	2149,8	2149,8	0
	20	1347,2	1347,2	0
	30	566	566	0
	40	1519,4	1519,4	0
	50	907,2	26,2	79,76
	60	3738,8	0	100

Tabel. 9. Jumlah Transmisi Data Bluetooth Dengan Halangan

Baudrate	Jarak (m)	Rata-rata Data Kirim	Rata-rata Data Terima	Rata-rata Loss Data (%)
9600	5	154,4	154,4	0
	10	146,2	146,2	0
	15	175,8	175,8	0
	20	170,4	170,4	0
	25	183,8	0	100
19200	5	246,2	246,2	0
	10	242,8	242,8	0
	15	289,2	289,2	0
	20	256,8	256,8	0
	25	342	0	100
38400	5	394	394	0
	10	569,4	569,4	0
	15	499,2	499,2	0
	20	55,4	55,4	0
	25	662	0	100
119200	5	1057	2857	0
	10	1419,2	1419,2	0
	15	1534	1536	0
	20	655	655	0
	25	1942	0	100
250000	5	1722,8	1722,6	0
	10	1951,8	1951,8	0
	15	2574,2	2574,2	0
	20	1754,4	1754,2	0
	25	4188	0	100

IV. PEMBAHASAN

Desain modul ECG telah diuji secara lengkap dalam penelitian ini. Berdasarkan pengukuran *output* modul, sinyal ECG yang dihasilkan saat menggunakan *input* dari ECG Simulator menunjukkan pola sinyal ECG yang benar yaitu terdiri dari bentuk gelombang P, Q, R, S, dan T dengan amplitudo 1mV, dengan pengaturan BPM (30, 60, 120, 180 dan 240), dan sensitivitas 1mV.

Output dari Modul ECG dari *input* sinyal ECG dengan menggunakan ECG Simulator dan tubuh manusia,menunjukkan adanya perbedaan pola pada bentuk gelombang PQRST. Rekaman sinyal ECG pada setiap Responden menunjukkan amplitudo yang berbeda. Hal ini wajar karena setiap mata pelajaran memiliki karakteristik jantung yang berbeda. Nilai kesalahan (Error) pada pengukuran detak jantung permenit (BPM) responden antara modul ECG dan ECG Recorder (dengan input dari simulator EKG) pada jarak 1 dan 5meter menunjukkan nilai 0. Error BPM (dari tiga Responden) pada saat ada halangan pada jarak 1meter yaitu adalah 0,2 ± 1,2 dan pada jarak 5meter yaitu adalah 0,2±1. Error BPM (dari tiga Responden) pada saat tidak ada halangan pada jarak 1meter yaitu adalah 0,4±1 dan pada jarak 5meter yaitu adalah 0,2±1. Nilai kesalahan ini diperoleh karena adanya faktor perubahan konduksi implus jantung Responden. Nilai kesalahan ini menunjukkan bahwa modul ECG layak digunakan sebagai alat kesehatan karena kesalahan BPM ini mengikuti batas toleransi yang diizinkan sebesar ± 5% berdasarkan standar kalibrasi untuk kesehatan instrumentasi yang dikeluarkan oleh Kementerian Kesehatan, Indonesia.

Dari pengujian kecepatan pengiriman dan jarak yang optimal pada pengiriman data sinyal dan detak jantung permenit dari modul ke PC melalui Bluetooth menunjukkan bahwa jarak optimal yaitu 40meter tanpa halangan dan 20meter dengan halangan, sedangkan kecepatan pengiriman data yang digunakan yaitu 9600bps, 19200bps, 38400bps, dan 115200bps pengaturan *baudrate* 250000bps tidak memungkinkan dipakai karena tidak dapat menampilkan bentuk gelombang PQRST dengan baik. Hasil pengujian *loss* data menunjukkan banyaknya prosentase *loss* data pada setiap pengaturan kecepatan pengiriman dengan jarak 50meter tanpa halangan yaitu 9600bps ±33,56%, 19200bps ±79,84%, 38400bps ±53,74%, 115200bps ±71,86, 250000bps ±79,76, dan pada jarak 60meter prosentase *loss* data ±100% pada semua pengaturan *baudrate*, ini dikarenakan spesifikasi Bluetooth 4.2 yang mampu mengirim data ≤60meter[25]. Pada pengujian *loss* data dengan adanya halangan menunjukkan prosentase *loss* data ±100% pada jarak 25meter pada setiap pengaturan kecepatan pengiriman 9600bps, 19200bps, 38400bps, 115200bps, 250000bps. Agar Modul ECG dapat mengirim data sinyal dan denyut jantung permenit ke PC maka jarak optimal modul dan PC adalah ≤40meter tanpa halangan dan ≤20meter jika ada halangan serta kecepatan pengiriman optimal yang dipakai 9600bps, 19200bps, 38400bps, 115200bps. Hasil pengujian *loss* data juga menunjukkan adanya halangan dapat mengurangi banyak data yang ditransmisi oleh Bluetooth.

Performa kinerja modul ECG ini juga dibandingkan dengan karya lainnya. Rancang bangun monitoring detak jantung menggunakan elektrokardiograf berbasis Bluetooth dan LabView oleh Alam Syah ketika dilakukan pengujian pada jarak 5meter dengan adanya halangan modul tidak dapat mengirim sinyal dan denyut jantung permenit (BPM) pada PC [21].

V. KESIMPULAN

Penelitian ini telah memaparkan perkembangan modul ECG untuk memonitor sinyal jantung (ECG) dan denyut jantung permenit (BPM) dari responden secara *real time*. Penelitian ini dirancang dengan ECG Modul AD8232 dan ESP32 dan memanfaatkan fitur Bluetooth untuk mengirim data sinyal dan detak jantung ke PC. Penelitian ini membuktikan bahwa pemantauan sinyal dan detak jantung pada PC dengan jarak dan kecepatan pengiriman data didapatkan hasil yang akurat sesuai pengujian transmisi Bluetooth. Diharapkan penelitian ini dapat dikembangkan dan modul ECG dapat dibuat dan digunakan di rumah penderita penyakit jantung untuk keadaan darurat dengan biaya rendah.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Anderson, *The gross physiology of the cardiovascular system*. 2008.

[2] C. Sowmiya and P. Sumitra, “Analytical Study of Heart

Disease Diagnosis Using Classification Techniques," *Proc. 2017 IEEE Int. Conf. Intell. Tech. Control. Optim. Signal Process. INCOS 2017*, vol. 2018-Febru, pp. 1–5, 2018, doi: 10.1109/ITCOSP.2017.8303115.

[3] Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, "Laporan Nasional Riskesdas 2007," *Kementeri. Kesehat. Republik Indones.*, pp. 1–384, 2008.

[4] H. Thomas *et al.*, "Global Atlas of Cardiovascular Disease 2000-2016: The Path to Prevention and Control," *Glob. Heart*, vol. 13, no. 3, pp. 143–163, 2018, doi: 10.1016/j.gheart.2018.09.511.

[5] P. Kligfield, "The centennial of the Einthoven electrocardiogram," *J. Electrocardiol.*, vol. 35, no. 4, pp. 123–129, 2002, doi: 10.1054/jelc.2002.37169.

[6] T. F. Lüscher, "Causes and prevention of sudden cardiac death: ECG, electroanatomical mapping, fibrosis, and channelopathies," *Eur. Heart J.*, vol. 39, no. 31, pp. 2841–2844, 2018, doi: 10.1093/eurheartj/ehy545.

[7] H. Yang and J. Chai, "The Study And Design Of A Wireless ECG Monitoring System," *Biomed. Instrum. Technol.*, vol. 46, no. 5, pp. 395–399, 2012, doi: 10.2345/0899-8205-46.5.395.

[8] M. A. Serhani, H. T. El Kassabi, H. Ismail, and A. N. Navaz, "ECG monitoring systems: Review, architecture, processes, and key challenges," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 6, 2020, doi: 10.3390/s20061796.

[9] X. Tao, T. H. Huang, C. L. Shen, Y. C. Ko, G. T. Jou, and V. Koncar, "Bluetooth Low Energy-Based Washable Wearable Activity Motion and Electrocardiogram Textronic Monitoring and Communicating System," *Adv. Mater. Technol.*, vol. 3, no. 10, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1002/admt.201700309.

[10] A. M. Nia, M. Mozaffari-Kermani, S. Sur-Kolay, A. Raghunathan, and N. K. Jha, "Energy-Efficient Long-term Continuous Personal Health Monitoring," *IEEE Trans. Multi-Scale Comput. Syst.*, vol. 1, no. 2, pp. 85–98, 2015, doi: 10.1109/TMSCS.2015.2494021.

[11] L. J. Mena *et al.*, "Mobile Personal Health Monitoring for Automated Classification of Electrocardiogram Signals in Elderly," *Comput. Math. Methods Med.*, vol. 2018, no. Figure 1, 2018, doi: 10.1155/2018/9128054.

[12] M. A. Aldammas, E. Tabbabi, and A. Soudani, "Low-Energy ECG Processing for Accurate Features' Extraction in Wireless Body Sensor Networks," *2nd Int. Conf. Comput. Appl. Inf. Secur. ICCAIS 2019*, pp. 1–4, 2019, doi: 10.1109/CAIS.2019.8769544.

[13] F. Nasher, "Perbandingan Teknologi Bluetooth Dengan WLAN DSSS," *Media J. Inform.*, vol. 6, pp. 1–4, 2014.

[14] A. S. Indrayana, R. Primananda, and K. Amron, "Rancang Bangun Sistem Komunikasi Bluetooth Low Energy (BLE) Pada Sistem Pengamatan Tekanan Darah," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 8, pp. 2462–2472, 2018.

[15] T. K. Kho, R. Besar, Y. S. Tan, K. H. Tee, and K. C. Ong, "Bluetooth-enabled ECG Monitoring System," *TENCON 2005 - 2005 IEEE Reg. 10 Conf.*, 2005, doi: 10.1109/TENCON.2005.300910.

[16] A. Moti Nasrabadi and M. Heidari Kani, "Design of ECG Acquisition And Transmission Via Bluetooth With Heart Disease Diagnosis," *MeMeA 2011 - 2011 IEEE Int. Symp. Med. Meas. Appl. Proc.*, pp. 1–4, 2011, doi: 10.1109/MeMeA.2011.5966642.

[17] X. Wang, "Design of ECG Acquisition System Based on Bluetooth Wireless Communication," *Proc. IEEE Int. Conf. Softw. Eng. Serv. Sci. ICSESS*, pp. 1019–1022, 2014, doi: 10.1109/ICSESS.2014.6933738.

[18] P. L. Penmatsa and D. V. R. K. Reddy, "Smart Detection and Transmission of Abnormalities in ECG Via Bluetooth," *Proc. - 2016 IEEE Int. Conf. Smart Cloud, SmartCloud 2016*, pp. 41–44, 2016, doi: 10.1109/SmartCloud.2016.10.

[19] J. B. Jackson, N. Roland, N. Rukayiyah, E. Daniel, and I. Nobert, "Design and Construction of a Wireless Electrocardiogram (ECG) Sensor Using a Design and Construction of a Wireless Electrocardiogram (ECG) Sensor Using a Smartphone .," *East African Healthc. Eng. Reg. Conf. Exhib. (EARC 2018)*, no. December, pp. 4–8, 2018.

[20] M. M. Rahman, M. A. H. Rimon, M. A. Hoque, and M. R. Sammir, "Affordable Smart ECG Monitoring Using Arduino Bluetooth Module," *1st Int. Conf. Adv. Sci. Eng. Robot. Technol. 2019, ICASERT 2019*, vol. 2019, no. Icasert, pp. 1–4, 2019, doi: 10.1109/ICASERT.2019.8934498.

[21] S. Alam, S. Hartanto, and I. Pratama, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Detak Jantung Menggunakan Elektrokardiograf Berbasis Bluetooth Dan Labview," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.*, vol. 5, no. 2, 2019, doi: 10.31884/jtt.v5i2.215.

[22] W. J. Iskandar, I. Roihan, and R. A. Koestoer, "Prototype Low-cost Portable Electrocardiogram (ECG) Based on Arduino-Uno with Bluetooth Feature," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2193, no. December, 2019, doi: 10.1063/1.5139392.

[23] D. Sheet, "Single-Lead , Heart Rate Monitor Front End AD8232 * Product Page Quick Links," 2013.

[24] Analog Devices, "AD8232-EVALZ: User Guide," *Analog Devices*, pp. 1–8, 2014, [Online]. Available: https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/user-guides/AD8232-EVALZ_UG-

ISSN: **2656-8624**

514.pdf.

[25] A. L. Goldberger, Z. D. Goldblerger, and A. Shvilkin, *Goldberger's Clinical Electrocardiography. 9 th Edition. A Simplified Approach*, vol. 32, no. 8. 2017.