BAB IV
PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dari sistem yang telah dirancang, apakah sudah seperti yang diharapkan atau tidak seperti yang diharapkan. Pengujian akan dilakukan dengan dua cara, yaitu pengujian *hardware* dan pengujian *software*, kemudian meng-analisa data-data hasil pengujian tersebut.

4.1 Pengujian Terhadap Komponen Alat (Hardware)

Pengujian secara per bagian rangkaian ini digunakan untuk mengetahui unjuk kerja dari setiap masing-masing komponen penyusun alat. Terdapat beberapa blok sistem penyusun alat yang akan diuji, yaitu.

1. Rangkaian penguat (awal) instrumentasi dengan penguatan 127 kali.
2. Rangkaian bandpass *filter*
3. Rangkaian penguat (akhir) operasional dengan penguatan 11 kali.
4. Rangkaian clamper.
5. Transmisi *Bluetooth*

4.1.1 Rangkaian Penguat Intrumentasi Dengan Penguatan 127 kali

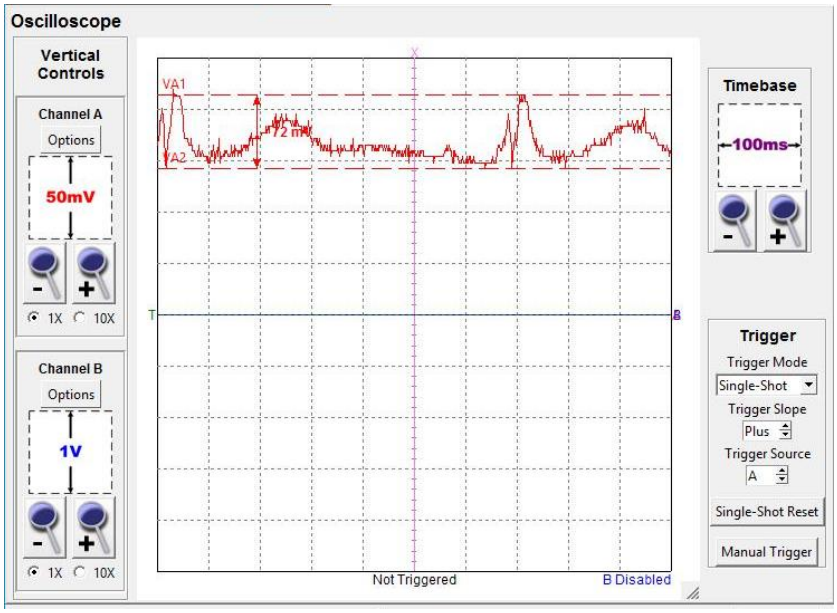
Rangkaian penguat awal (instrumentasi) ini digunakan untuk menguatkan sinyal pada tubuh manusia yang masih mempunyai tegangan dalam jangkauan miliVolt (mV). Penguat instrumentasi ini sangat cocok digunakan dalam penguatan tegangan langsung yang berasal dari sensor atau transduser secara akurat, dalam

kasus ini adalah penguatan tegangan pada tubuh manusia dengan menggunakan sensor yang elektroda yang terpasang pada tubuh.

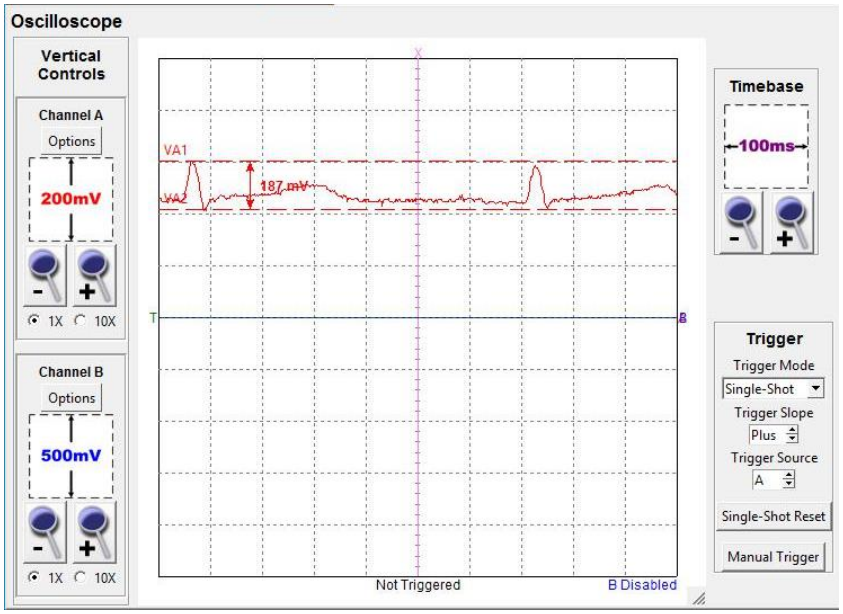
Penguatan sebesar 127 kali pada rangkaian intrumentasi ini bertujuan untuk menaikan tegangan yang masih bersatuan mili volt (mV) pada tubuh hingga mendapatkan tegangan dengan nilai diatas 1 Volt secara bertahap, untuk melakuakan proses pengolahan data analog pada ADC pada mikrokontroler maka dibutuhkan tegangan yang dapat menjangkau tegangan kerja pada mikrokontroler tersebut sebesar yaitu 0 – 5 Volt. Berikut merupakan data hasil pengamatan sinyal yang telah melalui rangkaian penguat 127 kali.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Penguat Intrumentasi 127 kali

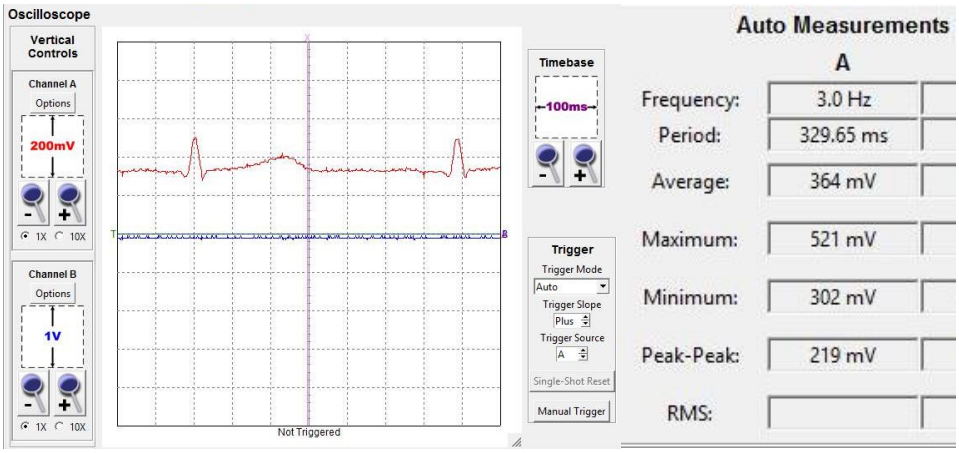
Percobaan	Pengukuran	Amplitudo Keluaran (Vp-p)
1	Detak Jantung Orang 1	72 mV
2	Detak Jantung Orang 2	187 mV
3	Detak Jantung Orang 3	219 mV



Gambar 4.1 Hasil Pengujian Penguat Instrumentasi dengan Amplitudo 72 mV



Gambar 4.2 Hasil Pengujian Penguat Instrumentasi dengan amplitudo 187 mV



Gambar 4.3 Hasil Pengujian Penguat Instrumentasi dengan amplitude 219 mV

Berdasarkan tabel 4.1 di atas dapat dilihat dengan penguatan 127 kali pada tegangan gelombang puncak R atau tegangan maksimum jantung pada satu siklus terjadinya detak jantung. Berdasarkan teori parameter gelombang EKG, gelombang R dalam sinyal EKG mempunyai tegangan maksimum sekitar 3 mV, walau berdasarkan teori parameter sinyal EKG demikian tetapi pada faktanya setiap

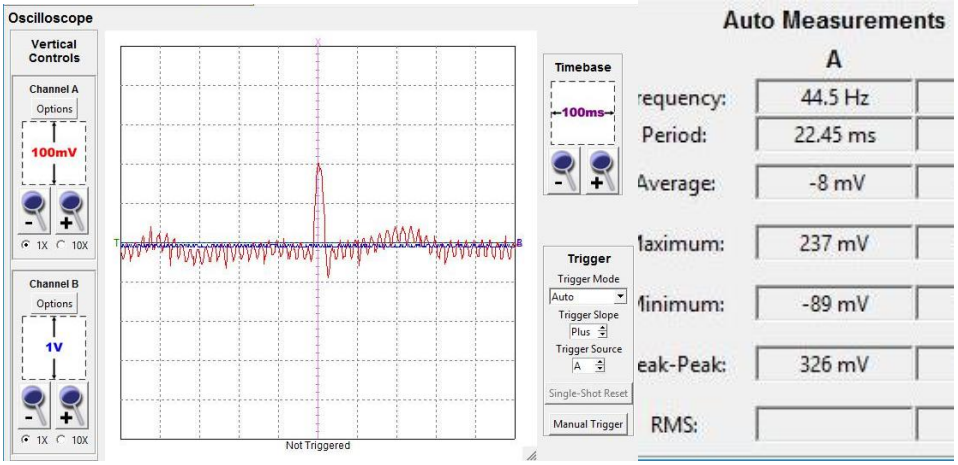
jantung dan tubuh manusia tidak memiliki tegangan yang sama karena banyak faktor yang mempengaruhinya baik kondisi tubuh yang normal atau sedang kurang sehat dan lain sebagainya. Dengan menggunakan acuan parameter sinyal EKG yaitu untuk gelombang R atau tegangan maksimum jantung saat berdetak maka dengan penguatan 127 kali seharusnya didapatkan tegangan, 127 x 3 mV = 381 mV. Berikut data penguatan dan beda tegangan yang terjadi.

1. Pada jantung pertama didapatkan hasil gelombang R atau tegangan maksimum 72 mV : 127 = 0.56 mV.
2. Pada jantung kedua didapatkan hasil gelombang R atau tegangan maksimum 187 mV : 127 = 1,47 mV.
3. Pada jantung ketiga didapatkan hasil gelombang R atau tegangan maksimum 219 mV : 127 = 1,72 mV.

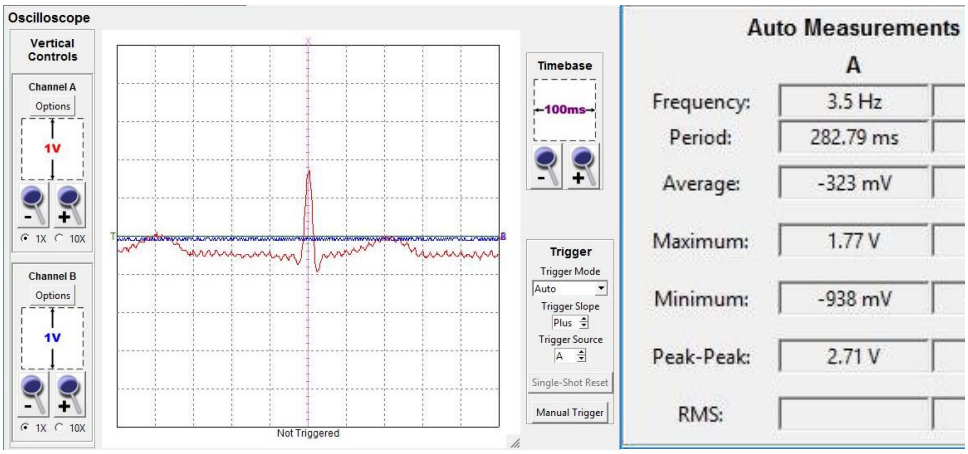
Dari perbandingan hasil penguatan yang telah dilakukan dapat dilihat karakteristik jantung setiap orang berbeda. Dari 2 contoh jantung yang ada pada table 4.1 dapat dilihat perbedaan besarnya tegangan jantung seseorang yang normal dan tidak normal. Jantung orang pertama hanya memiliki amplitudo sebesar 72 mV setelah penguatan sebesar 127 kali, jika dihitung orang pertama ini hanya memiliki amplitudo awal sebesar 0,56 mV. Berbeda dengan jantung orang kedua yang memliki amplitudo 187mV setelah penguatan 127 kali dengan hasil perhitungan yang menghasilkan amplitudo awal sebesar 1,72 mV. Ini disebabkan karena jantung orang pertama memiliki kelainan karena memiliki tegangan jantung sebesar 0,56 mV, jantung dikatakan normal jika amplitudo awal antara 1,6 – 3 mV. Sedangkan jantung orang kedua memiliki jantung yang normal karena memliki amplitudo sebesar 1,72 mV berada antara 1,6 – 3 mV.

4.1.2 Rangkaian *Bandpass Filter*

Untuk meloloskan frekuensi sinyal EKG perlu digunakan *filter* yang dapat meredam frekuensi interferensi pada sinyal EKG, Untuk kebutuhan monitoring informasi sinyal EKG maka frekuensi yang dibutuhkan harus tepat agar tidak terjadi kehilangan sinyal informasi yang sebenarnya. Digunakan *bandpass filter* yang terdiri dari gabungan *lowpass filter* dan *highpass filter* dengan besar frekuensi *bandwidth* 0.05 – 106 Hz. Berikut data hasil pengujian rangkaian *bandpass filter* pada sinyal EKG.



Gambar 4.4 Sinyal Sebelum Memasuki *Bandpass Filter*.



Gambar 4.5 Sinyal Setelah Memasuki *Bandpass.*

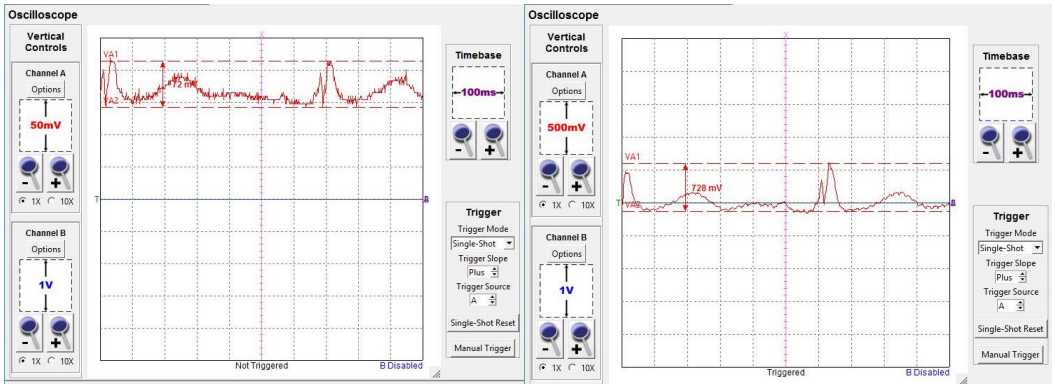
Terlihat perbedaan antara gambar 4.3 dan gambar 4.4 frekuensi sebelum memasuki *filter bandpass* terdeteksi sebesar 44,5 Hz dan setelah memasuki *filter bandpass* menjadi 3,5Hz. Selain itu, didalam rangkaian *filter bandpass* ada penguatan sebesar 11 kali untuk memperbesar amplitudo dari sinyal yang didapat penguat instrumentasi.

4.1.3 Rangkaian Penguat Operasional Dengan Penguatan 11 kali

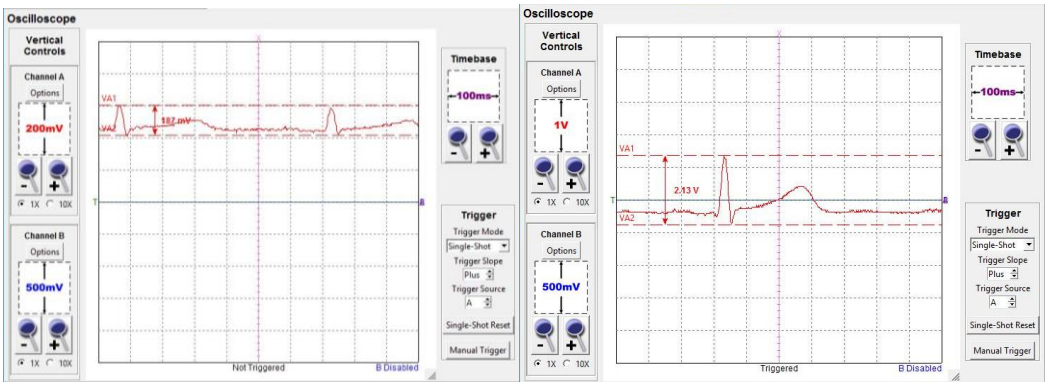
Rangkaian op-amp dengan penguatan 11 kali ini digunakan untuk menguatkan kembali sinyal EKG yang telah diproses pada rangkaian penguat instrumentasi dan rangkaian *filter*. Untuk mendapatkan hasil sinyal EKG yang baik maka harus dilakukan penguatan bertingkat atau *cascade* agar *noise* atau interferensi dari hasil rekaman langsung sinyal EKG yang masih terbawa pada rangkaian penguat instrumentasi tidak semuanya terbawa karena telah melewati rangkaian *filter*. Berikut data penguatan hasil pengujian rangkaian op-amp.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Penguat Op-amp 11 kali

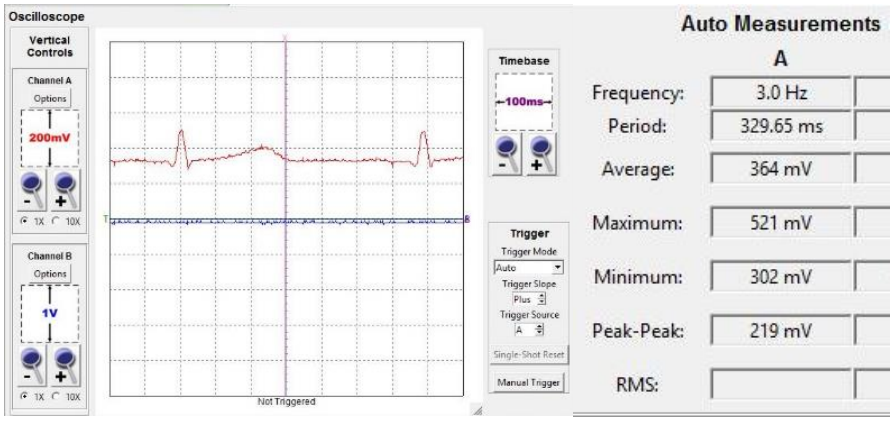
Percobaan	**Amplitudo Masukan Penguat Instrumentasi (Vp-p)**	**Amplitudo Keluaran (Vp-p)**
1	72 mV	728mV
2	187 mV	2,13 V
3	219 mV	1,93 V



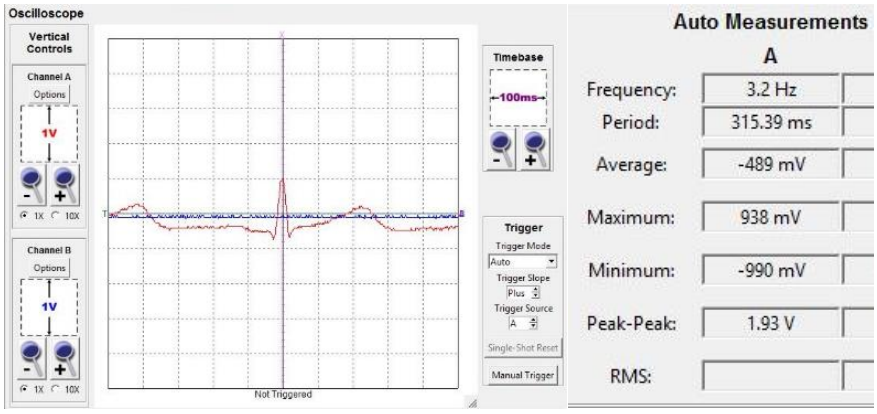
Gambar 4.6 Penguatan Sinyal pada Jantung Orang Pertama



Gambar 4.7 Penguatan Sinyal pada Jantung Orang Kedua



Gambar 4.8 Sinyal Sebelum Penguat Akhir pada Jantung Orang Ketiga



Gambar 4.9 Sinyal Setelah Penguat Akhir pada Jantung Orang Ketiga

Berdasarkan tabel 4.2 di atas dapat dilihat penguatan op-amp yang ditetapkan sebesar 11 kali berfungsi untuk menguatkan kembali tegangan dari penguat instrumentasi agar mencapai tegangan yang diinginkan agar bisa dibaca ADC. Amplitudo dari penguatan akhir pada jantung orang pertama didapatkan sebesar 728 mV, hasil ini termasuk kecil karena hasil penguatan awal hanya 72 mV. Sedangkan amplitudo dari penguatan akhir pada jantung orang kedua didapatkan sebesar 2,13 V, penguatan ini mendekati 11 kali penguatan karena hasil penguatan awal 187 mV.

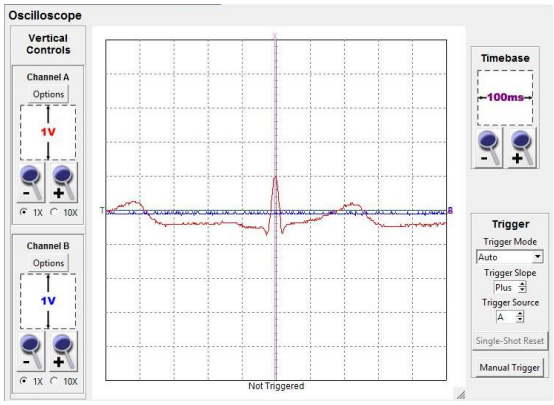
Pada pengujian pada jantung orang ketiga amplitudo didapatkan sebesar 1,93 V dengan amplitudo masukan sebesar 219 mV, penguatan ini kurang sesuai dengan yang diharapkan karena tidak mencapai penguatan sebesar 11 kali. Penguatan yang kurang sesuai ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya yaitu kondisi objek yang sedang dianalisa yang kurang sehat, sehingga amplitudo yang dihasilkan berubah-ubah.

Peran penguat op-amp disini juga sebagai *filter lowpass* aktif yang digabungkan dengan resistor dan kapasitor. Dengan penguatan 11 kali ini, dirasa

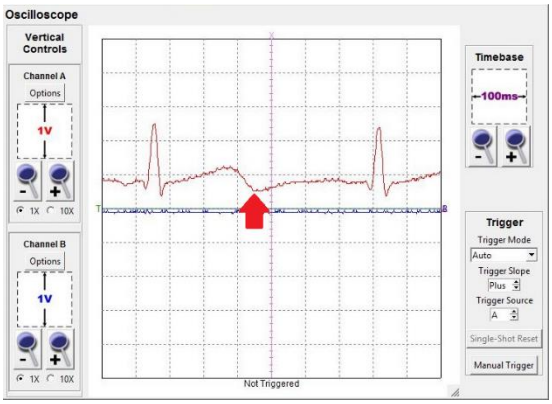
cukup agar pada rangakaian *clamper* tidak akan mengalami kelebihan tegangan dari tegangan kerja mikrokontroler 0 – 5 Volt untuk proses ADC.

4.1.4 Rangkaian *Clamper*

Rangkaian *clamper* ini bertugas untuk menggeser nilai keluaran dari penguat akhir diatas titik 0 Volt. Dengan demikian nialai nilai paling tinggi dan paling rendah berada diantara rentang 0-5 Volt agar dapat terbaca oleh peranti ADC pada mikrokontroler. Pengujian rangkaian *clamper* ini dilakukan dengan memberi sinyal keluaran dari rangkaian op-amp pada masukan rangkaian *clamper* kemudikan melakukan pergeseran menggunakan komponen variable resistor sesuai kebutuhan nilai keluaran yang diinginkan.



Gambar 4.10 Hasil Keluaran Op Amp



Gambar 4.11 Hasil Pergeseran Sinyal pada Rangkaian Clamper

Dari gambar hasil percobaan 4.11 di atas terlihat bahwa rangkaian *clamper* dapat bekerja sesuai dengan fungsinya yaitu menggeser sinyal yang berada dari titik nol sejauh dengan nilai *offset* yang diinginkan dan tidak merubah sinyal hasil keluaran rangkaian.

4.1.5 Transmisi *Bluetooth*

Pengujian transimisi *Bluetooth* dilakukan untuk melihat berapa kemampuan jarak modul *Bluetooth* HC-05 dapat mengirim data rekaman dari rangkaian EKG yang akan diterima oleh *Smartphone* sebagai hasil *visual* rekaman digital EKG. Pengujian dilakukan dua cara, kondisi tanpa halangan dan dengan halangan.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Transmisi Bluetooth

Test	**Jarak (meter)**	**Keberhasilan Mengirim Data Menggunakan koneksi *Bluetooth* pada *Smartphone***			
		Kondisi Tanpa Halangan		**Kondisi Dengan Halangan**	
		Status	**Keterangan**	**Status**	**Keterangan**
1	2	Terhubung	Data diterima	Terhubung	Data diterima
2	5	Terhubung	Data diterima	Terhubung	Data diterima
3	8	Terhubung	Data diterima	Terhubung	Data diterima
4	10	Terhubung	Data diterima	Tidak Terhubung	Data Tidak Diterima
5	15	Tidak Terhubung	Data Tidak Diterima	Tidak Terhubung	Data Tidak Diterima

Dari tabel pengujian pada tabel 4.3 di atas dapat dilihat jarak kemampuan modul *Bluetooth* untuk mengirim data sinyal EKG dari alat EKG ke *smartphone*, pada keadaan tanpa halangan jarak maksimum yang berhasil dikirim modul *Bluetooth* dari alat EKG ke *smartphone* sekitar 10 meter dan keadaan ada halangan kurang dari 10 meter. Dengan menggunakan modul *Bluetooth* HC-05 pada perancangan sistem EKG nirkabel ini hanya mampu mengirim data kurang lebih

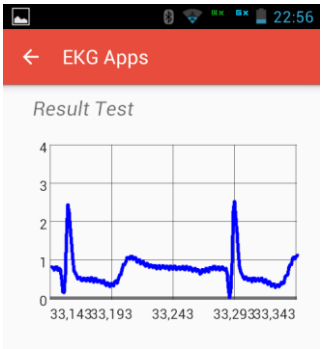
sekitar 10 meter, yang berarti hanya cukup untuk berkomunikasi antar beda ruangan dengan batasan jarak seperti yang didapatkan pada tabel 4.3 di atas.

4.2 Pengujian Aplikasi EKG (*software*) dan Tampilan Detak Jantung pada LCD

Pengujian aplikasi pada Android ini dilakukan untuk melihat respon hasil rekaman sinyal EKG yang ditampilkan pada *smartphone* Android. Selain aplikasi untuk menampilkan sinyal, pada alat ini digunakan juga LCD 16x2 untuk menampilkan *heart rate* dan analisa nya. Berikut adalah hasil rekaman sinyal EKG yang ditampilakan pada Android dan tampilan pada LCD. Hasil rekaman ini dilakukan pada saat objek berdiri, duduk, dan melakukan pergerakan.



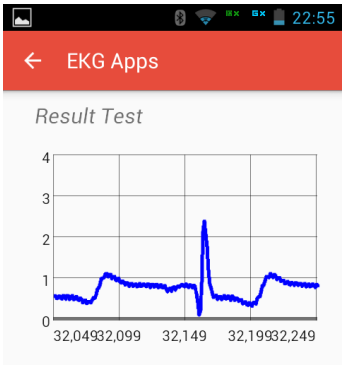
Gambar 4.12 Pengambilan Data Pada Saat Posisi Objek Duduk



Gambar 4.13 Realisasi Sinyal Pada Saat objek posisi duduk



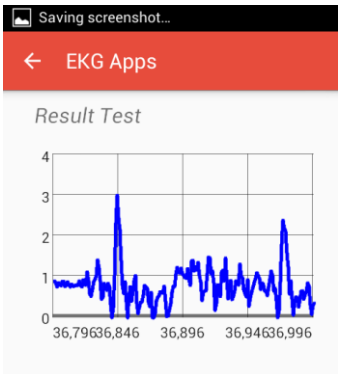
Gambar 4.14 Pengambilan data pada saat posisi objek berdiri



Gambar 4.15 Sinyal Pada Saat Posisi Objek Berdiri



Gambar 4.16 Pengambilan Data Pada Saat Objek Bergerak



Gambar 4.17 Sinyal Pada Saat Posisi Objek Bergerak

Berdasarkan pengamatan salah satu objek yang ada pada gambar 4.12 sampai gambar 4.17 didapatkan *heart rate* yang berbeda beda pada setiap posisi atau pada saat melakukan pergerakan. Pada posisi duduk *heart rate* terdeteksi 78 BPM, posisi berdiri terdeteksi 84 BPM, dan pada saat melakukan pergerakan terdeteksi 96 BPM.

Hasil heart rate ini menunjukkan bahwa jantung objek dalam keadaan normal, tetapi pergerakan dan posisi objek mempengaruhi respon sinyal pada *interface* aplikasi android. Pada saat melakukan pergerakan terlihat noise pada sinyal bertambah, lalu terbaca dan terhitung oleh counter pada mikrokontroler/, tentu saja ini tidak efektif dalam proses penghitungan yang ditampilkan pada LCD. Selain pengamatan pada gambar sebelumnya, terdapat beberapa pengamatan selanjutnya yang disusun pada tabel berikut.

Tabel 4.4 Percobaan Penghitungan *Heart Beat* Saat Objek Duduk

Posisi Duduk	**Tampilan LCD**	**Penghitungan Secara Manual**	**Selisih**
Detak Jantung Orang 1	78 BPM	76 BPM	2 BPM
Detak Jantung Orang 2	84 BPM	83 BPM	1 BPM
Detak Jantung Orang 3	72 BPM	73 BPM	1 BPM
Detak Jantung Orang 4	66 BPM	64 BPM	2 BPM
Detak Jantung Orang 5	72 BPM	73 BPM	1 BPM
Rata-Rata Selisih			2 BPM

Saat posisi objek duduk, seluruh badan rileks sehingga minim sekali noise yang menyebabkan salah pembacaan plotting terkecuali jika melakukan pergerakan disaat duduk. Perbedaan antara perhitungan yang ditampilkan LCD memiliki selisih antara 1-2 *beat* ini disebabkan karena proses perhitungan rumus yang menggunakan delay tidak selalu sama dengan perhitungan waktu secara manual.

Tabel 4.5 Percobaan Penghitungan *Heart Beat* Saat Objek Berdiri

Posisi Berdiri	Tampilan LCD	Penghitungan Secara Manual	Selisih
Detak Jantung Orang 1	84 BPM	86 BPM	3 BPM
Detak Jantung Orang 2	94 BPM	90 BPM	4 BPM
Detak Jantung Orang 3	78 BPM	80 BPM	2 BPM
Detak Jantung Orang 4	90 BPM	92 BPM	3 BPM
Detak Jantung Orang 5	84 BPM	83 BPM	1 BPM
Rata-Rata Selisih			3 BPM

Seperti terlihat pada tabel diatas, posisi objek berdiri memiliki perbedaan dengan posisi duduk dimana selisih perhitungan yang terhitung kurang tepat. Maksimal dari selisih antara perhitungan yang ditampilkan LCD dan perhitungan manual yaitu 3 BPM. Ini disebabkan karena disaat berdiri tidak semua bagian badan rileks seperti halnya posisi duduk dengan posisi rileks.

Tabel 4.6 Percobaan Penghitungan *Heart Beat* Saat Objek Bergerak

Dalam Pergerakan	Tampilan LCD	Penghitungan Secara Manual	Selisih
Detak Jantung Orang 1	94 BPM	74 BPM	20 BPM
Detak Jantung Orang 2	102 BPM	81 BPM	21 BPM
Detak Jantung Orang 3	90 BPM	73 BPM	17 BPM
Detak Jantung Orang 4	86 BPM	65 BPM	21 BPM
Detak Jantung Orang 5	90 BPM	68 BPM	22 BPM
Rata-Rata Selisih			20 BPM

Pada percobaan yang ada pada tabel 4.6 hasil perhitungan yang ditampilkan LCD dan perhitungan manual memiliki selisih sangat jauh. Hal ini disebabkan karena *noise* saat pergerakan mengganggu proses perhitungan pada arduino. *Noise* yang menyebabkan hal ini terjadi yaitu *electromyograohic noise (EMG),* yang disebabkan oleh pergerakan atau kontraksi otot disekitar elektroda.