

Sistem Pengolah Sinyal Elektrokardiografi Berbasis Web Untuk Dignosa Kelainan Jantung

1st Achmad Dhani Maulana
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

dhanimaulana@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Gita Indah Hapsari
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

gitaindahhapsari@telkomuniversity.ac.id

3rd Muhammad Ikhsan Sani
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

ikhkansani@telkomuniversity.ac.id

Di era digital saat ini, perkembangan teknologi di bidang kesehatan berkembang pesat dan memungkinkan tenaga medis untuk melakukan pekerjaan dengan lebih efisien, misalnya, mendiagnosis kelainan jantung. Dengan bantuan teknologi, tenaga medis dapat melakukan pemantauan yang mudah dan diagnosis kelainan jantung. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian pada sistem pemrosesan sinyal untuk membantu mendiagnosis kelainan jantung. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan metode prototipe. Menganalisis sinyal EKG yang dikirim melalui elektroda lalu dikirimkan ke internet untuk diambil data nya. Kemudian memproses sinyal dengan MATLAB untuk mendapatkan parameter diagnosis abnormalitas jantung yaitu R Peak pada sinyal elektrokardiografi. Setelah itu, hasil diagnosis akan ditampilkan pada MATLAB Web, bersama dengan grafik EKG dan diagnosa. Penelitian ini diharapkan untuk memudahkan dan membantu tenaga medis dalam melakukan diagnosis kelainan jantung

Kata Kunci-EKG, Elektrokardiografi, MATLAB, Kelainan Jantung, Diagnosis.

I. PENDAHULUAN

Di era digital sekarang ini banyak sekali teknologi yang sudah berkembang pesat dan menciptakan banyak nya penemuan penemuan baru, salah satunya di dunia kesehatan. Berkembangnya teknologi di bidang kesehatan memungkinkan tenaga kesehatan untuk melakukan diagnosis penyakit lebih mudah dengan bantuan teknologi yang ada, salah satunya penyakit jantung. Menurut data WHO tahun 2015 menunjukkan, 70% kematian di dunia disebabkan penyakit yang tidak menular[1]. Dan pada *Sample Registration System(SRS)* Indonesia tahun 2014 menunjukkan Penyakit Jantung merupakan penyebab kematian tertinggi yaitu sebesar 12,9% dari semua penyebab kematian tertinggi di Indonesia[2]. Aktivitas fisik yang dilakukan sehari-hari apalagi dilakukan pada masa pandemi saat ini serta kondisi jantung yang tidak dipantau secara berkala, akhirnya memicu jantung kekurangan oksigen dan menyebabkan serangan jantung. Untuk pengolahan sinyal EKG yang ada pada saat ini, interpretasi EKG digital harus dibaca ulang secara visual oleh dokter dan ditafsirkan sesuai presentasi klinik pasien karena interpretasi EKG digital belum bisa digunakan sebagai patokan dalam mendiagnosis gangguan irama jantung[3]. Oleh karena itu, untuk membantu

memudahkan tenaga medis dalam mendiagnosis kelainan jantung, dibutuhkan Sistem Pengolah Sinyal Elektrokardiografi Berbasis Web untuk Diagnosa Kelainan Jantung, agar kelainan bisa dipantau serta dideteksi, dan langsung bisa dirujuk ke dokter ahli. Dimana sistem ini akan membaca *Heart Rate* dan Sinyal PQRST yang dikirimkan melalui internet untuk diagnosis beberapa kelainan irama jantung dan hasil diagnosis akan ditampilkan pada MATLAB Web beserta dengan keadaan *Heart Rate* nya.

Tingginya angka kematian yang disebabkan penyakit tidak menular, terutama penyakit jantung. Salah satu cara untuk memperkirakan adanya kelainan jantung salah satunya dengan membaca sinyal Elektrokardiograf. Sinyal Elektrokardiografi merupakan sinyal kelistrikan yang terbaca dari jantung[4]. Dengan dibuatnya Sistem Pengolah Sinyal Elektrokardiografi Berbasis Web untuk Diagnosa Kelainan Jantung, diharapkan untuk memudahkan *monitoring* dan diagnosa kelainan irama jantung pada orang yang menggunakan.

Berdasarkan rumusan masalah yang telah di uraikan di atas, dapat diambil tujuan dalam penelitian yaitu, menampilkan grafik EKG pada sistem untuk mendiagnosis kelainan jantung, menghitung BPM dari grafik yang dibaca dengan sistem yang dibuat, dan mendiagnosis kelainan jantung dari grafik yang dibaca dengan sistem yang telah dibuat.

II. TINJAUAN LITERATUR

Sistem ini merupakan sebuah sistem untuk menganalisis sinyal elektrokardiografi untuk menemukan nilai BPM untuk dijadikan parameter diagnosa kelainan jantung. Maka dari itu dilakukan kajian pustaka pada dasar dasar teori yang ada serta pada penelitian yang sudah ada sebelumnya.

Elektrokardiografi merupakan visualisasi grafis elektrik dari jantung, yang berupa kurva naik turun. Elektrokardiografi dapat dijadikan alat pengukur detak jantung dan diagnosa kelainan jantung[5].

Untuk irama jantung yang normal yaitu irama sinus ritmis yang merupakan irama yang teratur. Pada interpretasi EKG, aktivitas kelistrikan jantung dinamakan Gelombang PQRST. Dimana gelombang P merupakan aktivitas atrium, Komplek QRS merupakan aktivasi ventrikel kanan dan kiri. Dimana

irama detak yang teratur seharusnya setiap gelombang P diikuti oleh kompleks QRS. Untuk interpretasi pada kertas EKG, 1 kotak kecil bernilai 0,04 detik. 1 kotak besar yang berisikan 5 kotak kecil bernilai 0,2 detik dan 5 kotak besar akan senilai 1 detik. Jumlah denyut jantung dihitung menggunakan banyak puncak gelombang R selama 10 detik untuk menghitung nilai BPM[6]. Perhitungan Dengan begitu denyut akan terhitung dan bisa dilihat aktivitas kelistringan irama jantung[7].

Menurut penelitian sebelumnya, mengolah data gelombang dari elektrokardiograf melalui pengolahan sinyal digital yang akan menghasilkan data diskrit dan bisa diolah lagi menjadi data grafik. Untuk durasi waktu dari grafik itu sendiri, diambil dari waktu antara *peak R to peak R*. Hasil penelitian yang berupa data rekaman Elektrokardiografi, durasi siklus, dan nilai *Heart Rate*. Lalu, data rekaman Elektrokardiografi dapat ditampilkan secara real-time[8].

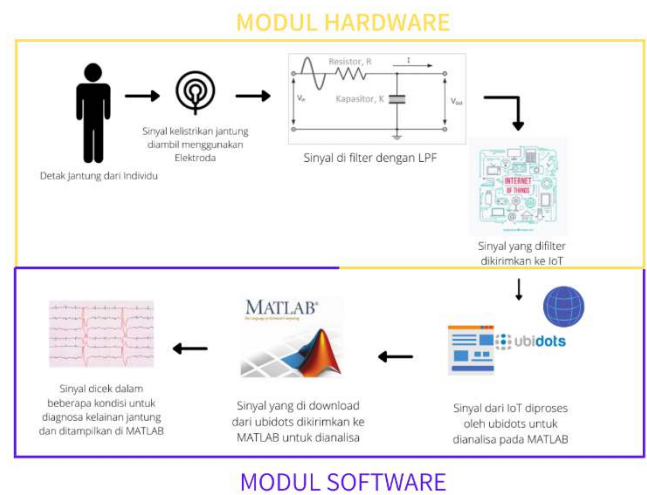
Adapun pada penelitian lainnya, sinyal EKG digunakan untuk mendeteksi kelelahan pada saat penggunaan *smartphone*. Dimana sinyal akan didapatkan dari input sensor EKG, dimana sistem akan mengonversi data menjadi nilai BPM untuk menentukan hasil dari penggunaan *smartphone* lewat EKG[9].

Pada penelitian yang lain, merupakan Perancangan Monitoring Sinyal EKG Jantung Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Android Sebagai Penampil Sinyal Dengan Memanfaatkan Komunikasi Bluetooth. Dimana pada percobaan sistem ini, sinyal sudah bisa tampil dengan baik. Dengan tampilan sinyal PQRST yang menunjukkan keadaan jantung, adapun indikator lain untuk menunjukkan keadaan jantung yaitu LED[10].

III. METODE

Untuk sistem yang ada pada saat ini. Elektroda menjadi input utama dari sistem sebagai alat pendeteksi detak jantung dan denyut nadi. Lalu, alat ini akan menampilkan sinyal EKG satu individu yang akan diolah oleh aplikasi MATLAB. Alat yang digunakan untuk menampilkan grafik adalah LCD[11]. Namun pada sistem ini, belum ada sistem untuk mendiagnosis secara langsung dan juga tidak menampilkan hasil dari diagnosa, melainkan hanya menampilkan grafik pada LCD.

Pada sistem yang akan dibuat, input dari elektroda dengan keluaran berbentuk sinyal akan dikirimkan ke internet melalui modul nodeMCU ke *platform* IoT. Lalu, input yang dikirimkan ke *platform* IoT akan di unduh, untuk dianalisis pada aplikasi MATLAB Web. Hasil analisis dari grafik akan menghasilkan nilai BPM dan hasil diagnosa.

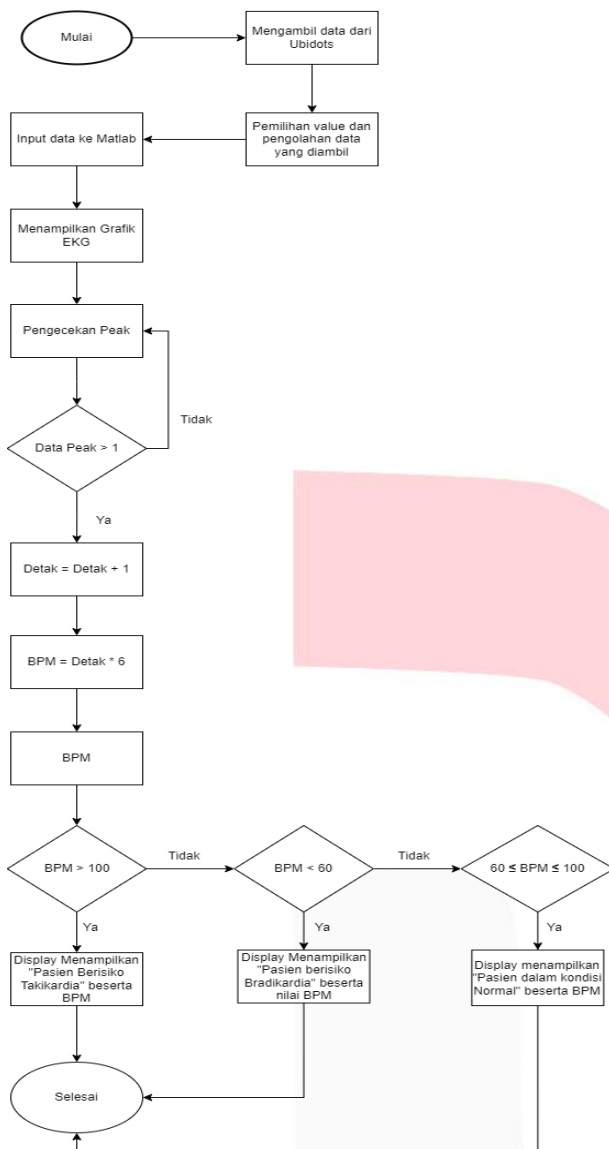


Gambar III-1 Gambaran Sistem

Penelitian ini menggunakan metode prototipe. Memanfaatkan sinyal elektrokardiografi, melakukan analisis terhadap sinyal tersebut untuk menemukan nilai BPM serta diagnosa kelainan jantung. Kelainan jantung yang terdeteksi merupakan kelainan irama jantung Bradikardia dan Takikardia. Dengan menganalisis sinyal elektrokardiografi, dapat ditemukan *R to R Peak* pada sinyal, setiap interval *Peak* akan didefinisikan sebagai detak. Pengambilan sampel data dilakukan selama 10 detik untuk menyesuaikan sistem untuk menemukan BPM. Untuk menemukan BPM setiap detak yang terdeteksi akan dikalikan 6, agar BPM dapat ditemukan.

Diagnosa dilakukan jika telah ditemukan nilai BPM yang terukur sebagai parameter diagnosa. Jika BPM yang terukur menunjukkan nilai diatas 100, maka sistem akan menampilkan nilai BPM yang terukur beserta informasi risiko penyakit Takikardia. Jika BPM yang terukur menunjukkan nilai dibawah 60, maka sistem akan menampilkan nilai BPM yang terukur beserta informasi risiko penyakit Bradikardia. Jika nilai BPM yang terukur berada pada *range* antara 60 sampai dengan 100, maka sistem akan menampilkan nilai BPM yang terukur beserta dengan informasi bahwa pasien dalam keadaan normal.

Karena sistem dibuat dengan beberapa *syntax* pemrograman. Untuk memahami alur dari pemrogramannya, dibuat sebuah *flowchart* sebagai berikut.



Gambar III-2 Flowchart Sistem

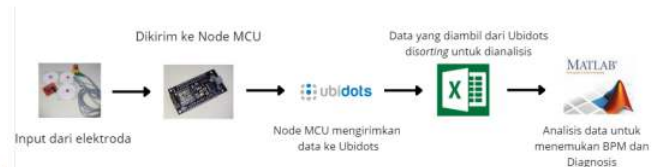
Untuk mengimplementasikan gambaran sistem yang telah dibuat, dijelaskan beberapa tahapan untuk menjalankan sistem dari mulai dibuatnya sistem hingga dilakukan pengujian terhadap sistem.

Untuk memahami sebuah sistem, dibuat alur dalam proses sistem saat dijalankan. Berikut alur sistem diuraikan secara umum.

Pengambilan data dari Ubidots dilakukan setelah data dari rekan satu tim penulis mengirimkan data ke Ubidots. Setelah itu data yang muncul di Ubidots, diunduh dalam format .csv berisikan data nilai *Heart Rate* dan Interval Waktu pengambilan data untuk dianalisis nilainya pada aplikasi MATLAB. Data *Heart Rate* akan diambil per 10 detik dan akan dijadikan sampel untuk analisa. Data yang telah diambil akan di import ke aplikasi MATLAB, setelah itu MATLAB akan menampilkan grafik dari nilai yang dibaca dari data yang telah di import. Nilai akan dibaca oleh program untuk mendapatkan *Peak* pada grafik sebagai parameter detak jantung. Lalu *Peak* yang ada pada data akan dijadikan sebagai variabel detak untuk menghitung BPM dengan cara mengkalikan detak sebanyak 6 kali sesuai dengan rumus untuk menghitung BPM. Lalu hasil dari perhitungan BPM

akan dijadikan parameter untuk mendiagnosis kelainan jantung, dengan kondisi :

- Jika BPM melebihi 100 BPM, maka sistem akan menampilkan "Pasien berisiko Takikardia" ditampilkan beserta BPM yang terhitung.
- Jika BPM kurang dari 60 BPM, maka sistem akan menampilkan "Pasien berisiko Bradikardia" ditampilkan beserta BPM yang terhitung
- Jika BPM dalam range 60 – 100 BPM, maka display akan menampilkan "Pasien dalam keadaan normal" ditampilkan



Gambar III-3 Alur Sistem

IV. HASIL DAN DISKUSI

Untuk mengetahui hasil dari sistem yang telah dibuat, dilakukan sebuah pengujian untuk sistem. Dimana, sistem akan diuji dalam beberapa keadaan dan kondisi. Contohnya, akan dilakukan pengujian terhadap beberapa responden dalam keadaan tertidur, duduk, dan setelah melakukan aktivitas yaitu *jogging* selama 1 menit.

Lalu, pengujian akan dilakukan juga dengan posisi elektroda yang berbeda. Jika sebelumnya elektroda diletakkan pada dada dan perut bagian kanan bawah. Akan dilakukan pengujian dengan posisi elektroda terletak pada kedua tangan dan kaki kanan bagian bawah diatas mata kaki, sebagai perbandingan pada pengujian sistem.

Untuk perbandingan dengan alat yang sudah ada, sistem akan dibandingkan dengan nilai BPM yang muncul pada *smartwatch* yang digunakan oleh responden pada saat sistem diuji pada waktu yang sama.

Untuk menguji keakuratan perhitungan sistem, dan juga kemampuan sistem menampilkan grafik yang diterima. Maka penulis mencoba untuk mengambil data dari *Database Physionet* yaitu *PhysioBank* yang merupakan repositori dari data data penelitian medis yang tersedia bebas dan dikelola oleh *MIT Laboratory for Computational Physiology*.

Untuk pengujian terintegrasi, dilakukan perhitungan manual terhadap sinyal yang muncul pada *serial monitor* untuk mengetahui apakah sinyal yang dikirimkan berubah atau tidak dengan sinyal yang ada pada input elektroda sebelum dikirimkan ke internet.

Setelah itu, untuk menguji konsistensi sinyal yang dikirimkan dan dianalisis, *sampling* detak jantung akan diuji per 3 detik, 5 detik, 10 detik, dan 20 detik.

A. Pengujian Terhadap Pasien dengan Posisi Tertidur

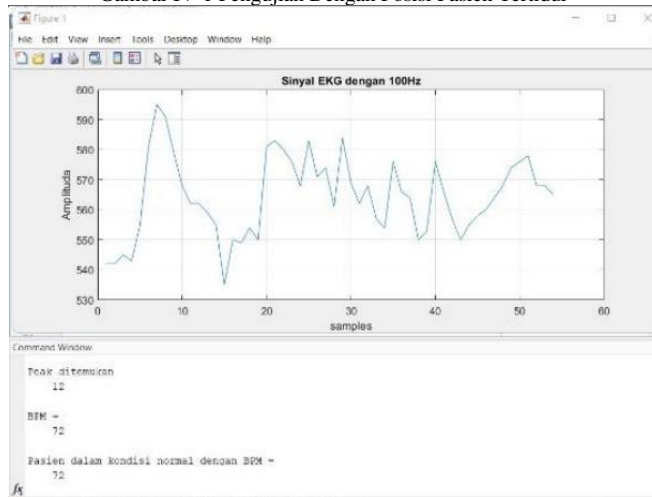
Tujuan dari pengujian ini adalah menampilkan grafik dari detak jantung setiap pasien pada MATLAB Web dan menghitung BPM yang didapatkan dari hasil analisis dan perhitungan grafik pada setiap pasien dalam posisi tertidur.

Untuk skenario pengujian, pengujian dilakukan di tempat yang berbeda beda. Penulis melakukan pengujian kepada beberapa relawan untuk diambil sampel detak jantungnya. Dalam posisi tidur, elektroda dipasang pada 3 bagian tubuh yaitu dada bagian kiri, dada bagian kanan, dan di bawah

rusuk kanan. Lalu sinyal dikirimkan langsung ke Website Ubidots untuk diunduh. Data yang diunduh berbentuk .csv, berisikan nilai hasil konversi dari grafik. Lalu data yang telah diolah akan diganti formatnya menjadi .mat agar terbaca pada program MATLAB.



Gambar IV-1 Pengujian Dengan Posisi Pasien Tertidur



Gambar IV-2 Contoh Tampilan Pada Sistem

Data diambil dari 6 responden yang berbeda, data diolah dan diproses pada program untuk menampilkan grafik detak jantung dan juga nilai BPM responden. Berikut hasil dari pengujian pada responden dengan posisi tertidur..

TABEL IV-1 Hasil Pengujian Sistem Terhadap Pasien dengan Posisi Tertidur

Pasien	Detak Jantung dalam 10 detik	BPM	Hasil Diagnosa
1.	12	72 BPM	Normal
2.	14	84 BPM	Normal
3.	14	84 BPM	Normal
4.	8	48 BPM	Berisiko Bradikardia
5.	10	60 BPM	Normal

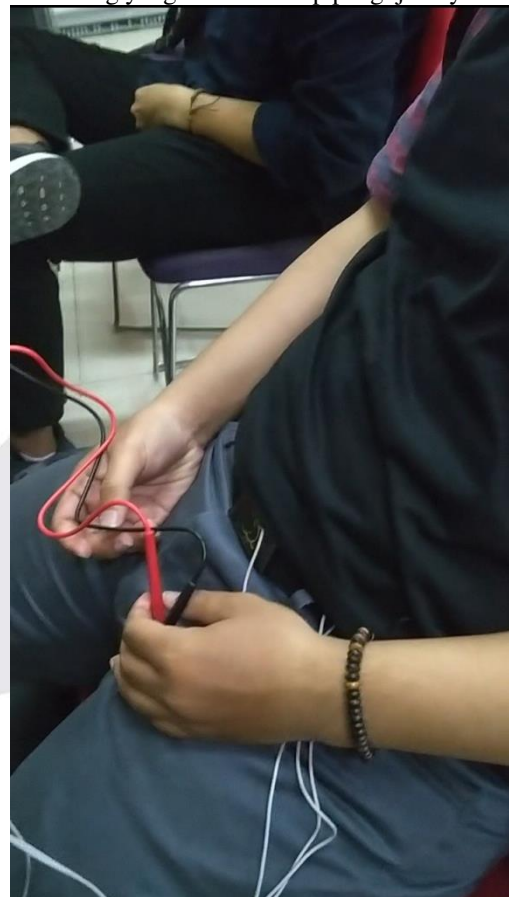
6.	17	102 BPM	Berisiko Takikardia
Rata-rata	12,5	75 BPM	Normal

Pada pengujian pasien dalam posisi tertidur, BPM yang ditampilkan rata-rata menunjukkan kondisi normal dan 1 keadaan Bradikardia, yang berarti irama jantung pada pasien dengan posisi tertidur rata-rata normal. Menunjukkan bahwa dengan sampling data selama 10 detik, sistem bisa menemukan nilai BPM setiap pasien. Hanya saja grafik yang ditampilkan terlihat belum rapih karena masih mengandung banyak *noise*. Pengujian berkemungkinan sedikit terganggu dikarenakan adanya *noise* pada sinyal yang terkadang terdeteksi sebagai *peak* untuk menandakan adanya detak jantung. Maka dari itu pengujian dilakukan kembali untuk membandingkan dengan hasil pengujian di atas.

B. Pengujian Terhadap Pasien dengan Posisi Duduk

Tujuan dilaksanakannya pengujian sistem terhadap pasien dengan posisi duduk, adalah untuk membandingkan hasil dengan pengujian sebelumnya yaitu pengujian sistem terhadap pasien dengan posisi tertidur.

Langkah Langkah pengujian dilakukan sama dengan pengujian sebelumnya, hanya saja posisi pasien yang berubah yaitu posisi duduk. Untuk Pasien 1 hingga Pasien 6 merupakan orang yang sama disetiap pengujianya.



Gambar IV-3 Pengujian Pasien dengan Posisi Duduk

Data diambil dari 6 pasien yang sama pada pengujian sebelumnya secara berurut. Tabel di atas menunjukkan hasil pengujian sistem pada pasien dengan posisi duduk.

TABEL IV-2 Hasil Pengujian Sistem Terhadap Pasien dengan Posisi Duduk

Pasien	Detak Jantung dalam 10 detik	BPM	Hasil Diagnosa
1.	20	120 BPM	Berisiko Takikardia
2.	17	102 BPM	Berisiko Takikardia
3.	9	54 BPM	Berisiko Bradikardia
4.	9	54 BPM	Berisiko Bradikardia
5.	16	94 BPM	Normal
6.	19	114 BPM	Berisiko Takikardia
Rata-rata	15	89,6 BPM	Normal

Pengujian pada pasien dengan posisi duduk menghasilkan BPM cenderung di atas 100 BPM. Tetapi ada 2 data yang menunjukkan data di bawah 60 BPM. Untuk data yang menunjukkan 120 BPM, merupakan pasien yang tidak tidur sama sekali selama 24 jam lebih. Untuk rata-rata BPM seluruh pasien menunjukkan 89 BPM. Grafik yang ditampilkan menunjukkan adanya *noise* yang berkemungkinan mengganggu pendeteksian *peak* pada grafik tersebut.

C. Pengujian Sistem Terhadap Posisi Elektroda Pada Pasien

Tujuan dilakukannya pengujian sistem dengan metode penempatan posisi elektroda yang berbeda untuk membandingkan hasil irama jantung beserta dengan BPM yang dihasilkan dari perhitungan data sampel.

Pengujian dilakukan dalam posisi duduk, hanya saja elektroda yang dipasangkan pada pasien terletak pada kedua tangan dan kaki pasien. Elektroda dipasang pada tangan kanan bagian dalam, tangan kiri bagian dalam, dan kaki kanan bagian dalam di atas mata kaki.



Gambar IV-4 Pengujian Sistem dengan Posisi Elektroda Pada Tangan dan Kaki

Pengujian dilakukan kepada 6 pasien yang sama, hasil pengujian tercatat pada Tabel di bawah.

TABEL IV-3 Hasil Pengujian Sistem Terhadap Penempatan Posisi Elektroda di Tangan dan Kaki

Pasien	Detak Jantung dalam 10 detik	BPM	Hasil Diagnosa
1.	16	96 BPM	Normal
2.	19	114 BPM	Berisiko Takikardia
3.	18	108 BPM	Berisiko Takikardia
4.	10	60 BPM	Normal
5.	18	108 BPM	Berisiko Takikardia
6.	19	114 BPM	Berisiko Takikardia
Rata-rata	16,6	100 BPM	Normal

Pengujian pada pasien yang dipasangkan elektroda di bagian tangan dan kaki, dapat menunjukkan grafik yang masih mengandung *noise* sehingga *peak* terkadang terdeteksi pada *noise*. BPM yang dihitung pada setiap pasien beragam, 4 pasien menunjukkan Berisiko Takikardia dengan BPM di atas 100 dan 2 pasien menunjukkan 32 Detak Jantung Normal dengan BPM 60 dan 96 BPM. Tidak ada hasil yang menunjukkan kondisi Bradikardia.

D. Pengujian Sistem Terhadap Aktivitas Pasien

Setelah melakukan beberapa pengujian dalam beberapa kondisi seperti posisi pasien yang berbeda dan posisi penempatan elektroda yang berbeda. Pengujian kembali dilakukan tetapi dengan kondisi pasien setelah berlari selama 1 menit. Pengujian dilakukan untuk menampilkan grafik EKG dan menemukan BPM dari pasien yang sudah melakukan jogging selama 1 menit.

Pengujian dilakukan dengan menempelkan elektroda pada pasien dengan posisi tertidur setelah pasien melakukan jogging selama 1 menit. Lalu sensor merekam detak jantung pasien selama 10 detik untuk mengambil sampel dan ditampilkan langsung pada Ubidots. Lalu EKG yang terekam pada Ubidots diunduh untuk dianalisis. Setelah itu hasil analisis akan ditampilkan pada MATLAB Web berupa grafik dan BPM pasien.



Gambar IV-5 Proses Pengujian Sistem Terhadap Aktivitas Pasien

Pengujian dilakukan kepada 6 pasien yang sama, hasil pengujian tercatat pada Tabel di bawah.

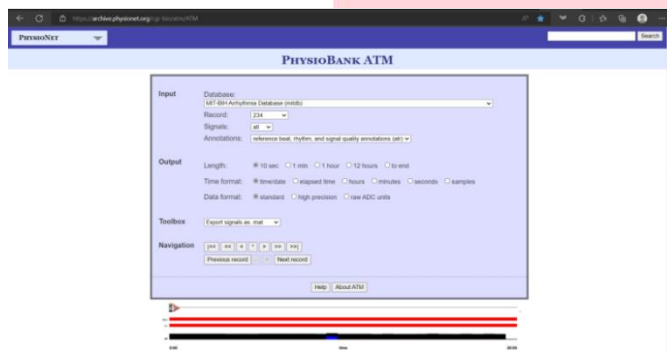
TABEL IV-4 Hasil Pengujian Sistem Terhadap Pasien yang Telah Melakukan *Jogging* Selama 1 Menit

Pasien	Detak Jantung dalam 10 detik	BPM	Hasil Diagnosa
1.	21	126 BPM	Berisiko Takikardia
2.	19	114 BPM	Berisiko Takikardia
3.	20	120 BPM	Berisiko Takikardia
4.	18	108 BPM	Berisiko Takikardia
5.	19	114 BPM	Berisiko Takikardia
6.	18	108 BPM	Berisiko Takikardia
Rata-rata	19,1	115 BPM	Berisiko Takikardia

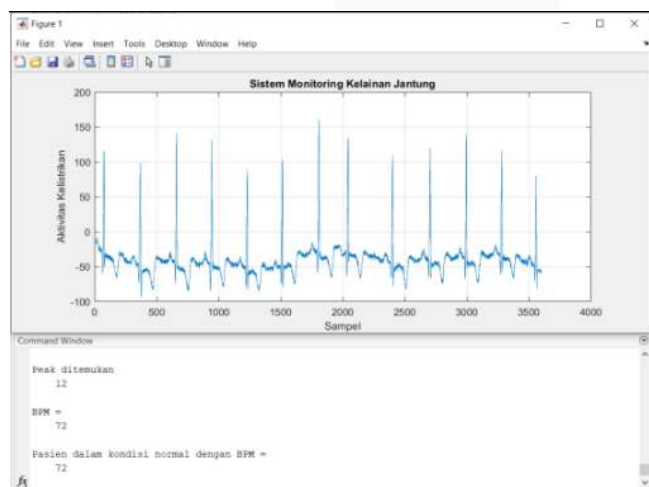
Pada pengujian yang telah dilakukan. Pada saat pasien setelah berlari dan diuji detak jantung masing masing pasien, data menunjukkan semua pasien memiliki BPM di atas 100. Untuk grafik yang ditampilkan masih banyak terganggu oleh *noise* yang berakibat terdeteksi *peak* pada beberapa *noise* tersebut.

E. Pengujian Sistem Terhadap Data Rekaman Detak Jantung dari Database Physionet

Pada pengujian ini, penulis mengunduh beberapa data rekaman EKG dengan kategori Aritmia untuk diuji pada sistem yang telah dibuat oleh penulis. Lalu penulis mengunduh sampel dengan waktu 10 detik untuk menyesuaikan dengan sistem yang dibuat. Lalu sampel yang diunduh akan diinput kedalam sistem dan dibaca BPM serta ditampilkan grafik EKG nya.



Gambar IV-6 Pengunduhan sampel pada PhysioBank



Gambar IV-7 Contoh Hasil Sistem Pada Sampel PhysioBank

Berikut hasil pengujian data yang diunduh dari *PhysioBank* tercatat pada Tabel di bawah.

TABEL IV-5 Hasil Pengujian Sistem dengan Sampel dari *PhysioBank*

Sampel	Detak Jantung dalam 10 detik	BPM	Hasil Diagnosa
1.	12	72 BPM	Normal
2.	6	36 BPM	Berisiko Bradikardia
3.	10	60 BPM	Normal
4.	676	4056 BPM	Berisiko Takikardia
5.	12	72 BPM	Normal

6.	145	870 BPM	Berisiko Takikardia
----	-----	---------	---------------------

Pada pengujian yang dilakukan di atas menunjukkan, bahwa sistem bisa menampilkan grafik EKG dan juga menghitung BPM, tetapi jika sinyal yang diterima 38 memiliki banyak *noise* maka pengecekan *Peak* pada grafik tidak optimal. Ini berpengaruh terhadap perhitungan BPM yang dihasilkan. Dari 6 data, tercatat 2 data menemukan lebih dari 100 *Peak* dan 100 BPM pada sampel dengan waktu 10 detik dikarenakan grafik mengandung *noise*.

F. Perbandingan Hasil Pengujian Sistem dengan Hasil Perhitungan *Heart Rate* pada *Smartwatch*

Untuk menguji akurasi dan ketepatan perhitungan BPM pada sistem maka penulis mencoba membandingkan hasil BPM yang terhitung dari sistem dengan aplikasi penghitung *Heart Rate* pada *Smartwatch*.

Pada pengujian ini, penulis memakai *smartwatch* pada setiap pasien. Pengujian pertama dilakukan pada saat pasien sedang tidak melakukan aktivitas dan bersantai. Sementara pengujian kedua dilakukan setelah pasien melakukan jogging selama 1 menit. Lalu aplikasi *Heart Rate* pada *Smartwatch* akan mengukur BPM yang terhitung.

Seluruh pengujian dilakukan kepada 6 pasien yang sama. TABEL IV-6 Perbandingan Nilai BPM yang Terhitung antara Sistem yang Dibuat dengan *Smartwatch*

Pasien	BPM			BPM pada Aplikasi <i>Heart Rate Smartwatch</i>
	Tidur	Duduk	Posisi Elektroda di Tangan	
1.	72 BPM	120 BPM	96 BPM	85 BPM
2.	84 BPM	102 BPM	114 BPM	76 BPM
3.	84 BPM	54 BPM	108 BPM	95 BPM
4.	48 BPM	54 BPM	60 BPM	94 BPM
5.	60 BPM	94 BPM	108 BPM	100 BPM
6.	102 BPM	114 BPM	114 BPM	84 BPM
Rata-rata	75 BPM	89,6 BPM	100 BPM	89 BPM

TABEL IV-7 Nilai *Error* pada Perbandingan Nilai BPM yang Terhitung pada Sistem yang Dibuat dan *Smartwatch*

Pasien	Nilai <i>Error</i>		
	Tidur	Duduk	Posisi Elektroda di Tangan
1.	13 BPM	35 BPM	11 BPM
2.	12 BPM	26 BPM	38 BPM
3.	11 BPM	54 BPM	13 BPM
4.	46 BPM	40 BPM	34 BPM
5.	50 BPM	6 BPM	8 BPM
6.	18 BPM	30 BPM	30 BPM
Rata-rata	23,3 BPM	31,8 BPM	22,3 BPM

TABEL IV-8 Tabel perbandingan nilai BPM yang terhitung oleh sistem yang dibuat dengan BPM yang dihitung aplikasi *Heart Rate* pada *Smartwatch* pada pasien yang baru saja melakukan jogging selama 1 menit.

Pasien	BPM Perhitungan Sistem	BPM Perhitungan <i>Smartwatch</i>	Nilai <i>Error</i>
1.	126 BPM	123 BPM	3 BPM
2.	114 BPM	126 BPM	11 BPM
3.	120 BPM	104 BPM	16 BPM
4.	108 BPM	106 BPM	2 BPM
5.	114 BPM	106 BPM	8 BPM
6.	108 BPM	121 BPM	12 BPM
Rata-rata	115 BPM	114,1 BPM	8,8 BPM

Dari pengujian dan perbandingan yang telah dilakukan, pada menunjukkan bahwa hampir di setiap keadaan, sistem menghasilkan perhitungan BPM yang berbeda beda. Dan perbandingan dengan hasil perhitungan dari aplikasi *Heart Rate* pada *Smartwatch* pada setiap pasien dan setiap posisi juga berbeda beda. Pada perbandingan hasil perhitungan BPM dari sistem yang dibuat, tiap pasiennya menunjukkan keadaan yang berbeda beda untuk kesetaraan nilai atau nilai BPM terdekat dengan perhitungan aplikasi *Heart Rate* pada *Smartwatch*.

Tetapi jika di rata-rata, keadaan yang paling mendekati hasil perhitungan aplikasi *Heart Rate* pada *Smartwatch* yaitu dalam keadaan duduk. Untuk nilai *error* yang terhitung pada perbandingan pengujian di atas, tercatat justru penggunaan elektroda pada tangan memiliki rata-rata *error* terkecil terhadap hasil pengujian dengan *smartwatch* sebagai patokan. Tetapi setiap individu memiliki nilai *error* terkecil yang berbeda 41 pada setiap posisi pengambilan sampel yang dihitung dengan sistem terhadap pengujian pada *smartwatch*. Untuk perbandingan yang tercatat pada Tabel IV-8, merupakan perbandingan nilai BPM yang terhitung pada sistem yang dibuat dengan perhitungan aplikasi *Heart Rate* pada *Smartwatch* pada pasien yang baru saja melakukan *jogging* selama 1 menit. Terlihat selisih BPM beberapa pasien tidak terlalu jauh dengan perhitungan BPM pada aplikasi *Heart Rate* di *Smartwatch*. Selisih terbesar hanya sebesar 16 BPM pada pasien ke-3. Untuk perbandingan rata-rata dari keseluruhan nilai BPM pasien yang telah berlari yang terhitung dengan sistem maupun pada aplikasi *Heart Rate* di *Smartwatch* hampir sama, dengan selisih 8,8 BPM.

G. Pengujian Terintegrasi

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan nilai BPM yang dihitung oleh sistem, dengan perhitungan BPM secara manual dari grafik yang dibaca dan ditampilkan oleh serial monitor Arduino IDE.

Pengujian ini dilakukan dengan mengambil sampel denyut jantung selama 10 detik. Lalu sampel dikirimkan ke Ubidots untuk diunduh dan dihitung dengan sistem. Sementara sinyal untuk perhitungan manual, diambil dari *serial monitor* dengan melihat *R peak* yang muncul pada sinyal selama 10 detik. Lalu *R peak* yang muncul selama 10 detik dikalikan 6 untuk menemukan BPM secara manual. Dan data akan dibandingkan.

TABEL IV-9 Hasil Pengujian Terintegrasi

Pasien	BPM Perhitungan Sistem	BPM Perhitungan Manual	Nilai Error
1.	96 BPM	90 BPM	6 BPM
2.	72 BPM	90 BPM	18 BPM
3.	66 BPM	102 BPM	36 BPM
Rata-rata	78 BPM	94 BPM	20 BPM

Berdasarkan hasil pengujian integrasi pada Tabel di atas terlihat perhitungan dari sistem dan perhitungan secara manual menghasilkan hasil yang berbeda dengan nilai error rata-rata mencapai selisih 20 BPM. Menunjukkan perubahan nilai grafik saat dikirimkan ke Ubidots sangat berpengaruh terhadap perhitungan BPM.

H. Pengujian Sistem Terhadap Waktu Sampling Denyut Jantung

Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk melihat konsistensi perhitungan sistem terhadap waktu pengambilan data sampel untuk mencari BPM pada pasien. Pengujian ini dilakukan terhadap 2 pasien dengan posisi tertidur. Untuk mendapatkan sampel dengan waktu yang berbeda beda, penulis mengambil sampel selama 1-2 menit. Lalu saya akan mengambil sampel dengan range waktu 3 detik, 5 detik, 10 detik dan 20 detik untuk melihat nilai BPM yang dihasilkan. Dimana data 3 detik akan dikalikan 20 untuk menemukan BPM, data 5 detik akan dikalikan 20 untuk menemukan BPM, data 10 detik akan dikalikan 6 untuk menemukan BPM dan data 20 detik akan dikalikan 3 untuk menemukan BPM.

TABEL IV-10 Hasil Pengujian Sistem Terhadap Waktu Sampling

Range Sampling	Peak	Nilai BPM
3 Detik	7	140 BPM
5 Detik	9	108 BPM
10 Detik	16	96 BPM
20 Detik	28	84 BPM

Berdasarkan hasil pengujian dan penelitian, pada setiap lama waktu pengambilan sampel yang berbeda menunjukkan nilai BPM yang berbeda beda. Ini menunjukkan bahwa grafik yang memiliki *noise* sangat berpengaruh kepada perhitungan BPM pasien, dikarenakan BPM yang terhitung berubah ubah pada sampel 1 pasien.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan penelitian Proyek Akhir ini, penulis dapat mengambil kesimpulan yaitu sistem yang dibuat, dapat menampilkan grafik EKG untuk melakukan diagnosis kelainan irama jantung. Grafik dari data hasil pengujian yang ditampilkan cenderung masih memiliki *noise*. *Noise* pada sinyal EKG sangat berpengaruh dalam proses perhitungan BPM pada sistem yang dibuat. Adapun, Sistem yang telah dibuat, dapat menghitung BPM dari grafik yang dibaca. Lalu, Sistem yang telah dibuat, dapat menampilkan diagnosis kelainan jantung. Berdasarkan pengujian dan penelitian yang dilakukan, keadaan posisi, letak penempatan elektroda, kondisi tubuh, dan aktivitas sangat berpengaruh dalam perhitungan data pada sistem yang dibuat.

REFERENSI

- [1] Y. Yarmaliza and Z. Zakiyuddin, "Pencegahan Dini Terhadap Penyakit Tidak Menular (Ptm) Melalui Germas," *J. Pengabd. Masy. Multidisiplin*, vol. 2, no. 3, pp. 168–175, 2019, doi: 10.36341/jpm.v2i3.794.
- [2] "Penyakit jantung penyebab-kematian tertinggi kementerian kesehatan mengingatkan cerdik." <https://www.kemkes.go.id/article/view/17073100005/penyakit-jantung-penyebab-kematian-tertinggi-kemenkes-ingatkan-cerdik-.html>.
- [3] "Interpretasi EKG Secara Digital Dapat Menyebabkan Kesalahan Medis." <https://www.alomedika.com/interpretasi-ekg-elektronik-dapat-menyebabkan-terjadinya-kesalahan-medis>.
- [4] T. W. Hendrata, A. Arifin, F. Hikmah, A. Aktivitas, and K. Fisik, "Berbasis Aplikasi Android," vol. 5, no. 2, pp. 1–7, 2016.
- [5] K. Engineering, M. Vols, and T. T. Publications, "3 1,2,3," vol. 335, pp. 93–96, 2007.

- [6] A. E. Putra, K. Prawiroredjo, H. Candra, E. S. Julian, and G. Tjahjadi, "Prototipe Elektrokardiograf Tiga Lead Berbasis Komputer Jinjing," *TELKA - Telekomun. Elektron. Komputasi dan Kontrol*, vol. 7, no. 2, pp. 144–160, 2021, doi: 10.15575/telka.v7n2.144-160.
- [7] H. Sulastomo *et al.*, "Buku Manual Keterampilan Klinis Interpretasi Pemeriksaan Elektrokardiografi (Ekg)," *Skillslab.Fk.Uns.Ac.Id*, pp. 1–30, 2019.
- [8] A. R. Habibi, S. I. Putri, and L. Hakim, "APLIKASI REPRESENTASI REAL TIME GELOMBANG ELECTROCARDIOGRAPH DISKRIT," *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 12, no. 01, 2018.
- [9] T. W. Isma, M. Yuliza, T. Angraini, and R. Susanti, "Efektifitas Sensor Elektrokardiograf (EKG) AD8232 Untuk Mendeteksi Kelelahan Pada Saat Penggunaan Smartphone," *Elektron J. Ilm.*, vol. 12, no. 1, pp. 7–11, 2020, doi: 10.30630/eji.12.1.148.
- [10] M. A. Novianta, "Perancangan Monitoring Sinyal EKG (Elektrokardiografi) Jantung Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Android Sebagai Penampil Sinyal Dengan Memanfaatkan Komunikasi Bluetooth 54 , Afriansyah , Perancangan Monitoring Sinyal EKG (Elektrokardiografi) Jantun," pp. 54–63.
- [11] T. Namun, "DENOISING SINYAL ELEKTROKARDIOGRAM (EKG) MENGGUNAKAN METODE FAST FOURIER TRANSFORM PADA SISTEM DETEKSI KANTUK DENOISING OF ELECTROCARDIOGRAM (ECG) SIGNAL USING FAST FOURIER TRANSFORM METHOD IN DROWSINESS," vol. 7, no. 1, pp. 789–796, 2020.