

# PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM TELEMONITORING AKTIVITAS BIOELEKTRIK JANTUNG DAN KADAR SATURASI OKSIGEN DALAM DARAH PADA PASIEN BERBASIS IOT

Teddi Hariyanto<sup>1)</sup>, Ulfa Laila Fajriah<sup>2)</sup>, Maya Rahayu<sup>3)</sup>

Program Studi Teknik Telekomunikasi  
Politeknik Negeri Bandung

Email: teddi.hariyanto@polban.ac.id, ulfalailafajriah@gmail.com, mayarahayu@polban.ac.id

## ABSTRAK

Penerapan monitoring kondisi jantung pasien rumah sakit selama ini masih dilakukan secara manual. Banyak solusi diterapkan untuk membuat sistem monitoring kondisi pasien agar dapat dilakukan dari jarak jauh, salah satunya adalah sistem monitoring terpusat pada rumah sakit. Pada penelitian ini, sistem yang dirancang mampu menyimpan dan menampilkan data hasil pembacaan sensor EKG yang terpasang pada tubuh pasien dari dua kamar yang berbeda. Hasil pembacaan ada pada smartphone Android dengan menggunakan jaringan WLAN. Pengukuran sinyal listrik yang dihasilkan oleh jantung untuk membentuk gelombang PQRST dilakukan dengan penempatan tiga buah elektroda Ag/AgCl. Pembuatan aplikasi Android dilakukan dengan menggunakan metode waterfall dengan bahasa pemodelan Unified Modeling Language (UML) yang dikombinasikan dengan bahasa pemrograman PHP dan JSON. Dari penelitian yang dilakukan, aktivitas elektrik jantung dapat dipantau dari smartphone memiliki jarak pengiriman data dari sensor menuju server hingga jarak 26 meter pada kondisi ruangan tanpa sekat dengan delay pengiriman 0.027 detik.

**Kata kunci:** EKG, Detak Jantung, IoT, WLAN

## ABSTRACT

*The application of monitoring the heart condition of hospital patients is still done manually. Many solutions are implemented to create a patient condition monitoring system that can be done remotely, one of which is a centralized monitoring system at the hospital. In this study, the system was designed to be able to store and display data from ECG sensor readings mounted on the patient's body from two different rooms. The reading is on an Android smartphone using a WLAN network. Measurement of electrical signals generated by the heart to form PQRST waves is done by placing three Ag / AgCl electrodes. Making an Android application is done using the waterfall method with the Unified Modeling Language (UML) modeling language combined with the PHP and JSON programming languages. From the research conducted, the heart's electrical activity can be monitored from a smartphone that has a distance of sending data from the sensor to the server to a distance of 26 meters in a room condition without a bulkhead with a shipping delay of 0.027 seconds.*

**Keywords :** EKG, Heartbeat, IoT, WLAN

## 1. PENDAHULUAN

Sistem pelayanan kesehatan masyarakat Indonesia yang diterapkan di rumah sakit selama ini masih dilakukan secara manual. Pengawasan kondisi pasien pengidap penyakit jantung yang dilakukan oleh petugas kesehatan secara langsung dan berkala selama 24 jam serta pencatatan data kondisi pasien rawat dilakukan secara manual. Kondisi tersebut membuat penanganan darurat dan pengawasan menjadi kurang efisien. Masalah yang kemudian muncul adalah kondisi pasien bisa memburuk bila tidak segera ditangani dengan cepat. Maka dari itu, diperlukan sistem yang dapat memantau aktifitas jantung secara realtime.

Banyak solusi yang telah diterapkan guna meningkatkan kualitas layanan kesehatan bagi masyarakat Indonesia misalnya dengan menerapkan: Home Care [1], Health Information Technology (HIT) [2], Mobile Telemedicine System [3], serta Telemedicine dengan analisa SWOT dan PEST [4].

Solusi yang telah diterapkan tersebut merupakan solusi dengan sistem telemedicine yang merupakan bagian dari Teknik Biomedika yang bersifat multidisiplin, menerapkan teknologi elektronika, komputer, telekomunikasi, serta instrumentasi untuk transfer informasi kedokteran dari satu tempat ke tempat lain dan membantu prosedur kesehatan [5] yang bentuk pelayanannya berupa konsultasi secara mobile maupun telecoordination dari puskesmas daerah dengan rumah sakit kota.

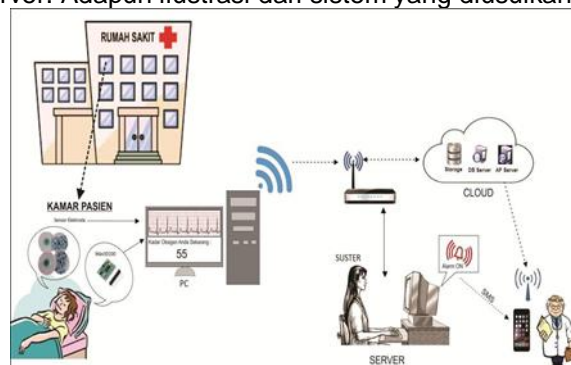
Beberapa penelitian juga telah dilakukan untuk melakukan pemantauan kondisi fisik dari manusia, khususnya pemantauan detak jantung. [6] telah mengembangkan perangkat untuk memantau detak jantung dari para atlet, agar pelatih pada Ganesha Sport Center bisa memantau kondisi atlet, terutama kondisi detak jantung atlet. [7] telah mengimplementasikan sistem monitoring ECG menggunakan teknik heartbeat check map. [8] membuat sistem monitoring detak jantung untuk mendeteksi pergerakan tubuh menggunakan sensor UWB. [9] telah mengembangkan sensor berbasis piezoelectric polyvinylidene fluoride polymer untuk pemantauan detak jantung dan pernapasan. [10] melakukan pemantauan detak jantung berbasis IoT yang diuji menggunakan sebuah sensor photo phlethysmography. [11] telah mengimplementasikan sistem pemantauan detak jantung yang berbiaya rendah sebagai bagian dari sistem pemantauan kesehatan yang lebih besar. [12] melakukan integrasi sistem elektronik untuk pendeteksian detak jantung. [13] melakukan peningkatan akurasi pemantauan detak jantung berbasis radar doppler menggunakan chest-wall acceleration. Kelemahan dari berbagai penelitian yang telah dibuat adalah belum dilakukannya analisis dari kinerja jaringan, sehingga belum teruji apakah sistem yang dibuat sudah *realtime* atau belum sehingga tenaga medis sebagai pengguna sistem bisa menggunakannya dengan cepat dan mudah.

Demi mengembangkan teknologi yang sudah ada, maka pada penelitian ini dibuat suatu sistem yang mampu memonitor kondisi kesehatan jantung pasien. Sistem ini akan digunakan oleh para tenaga medis yang menangani pasien jantung, khususnya dokter dan perawat. Dengan adanya sistem ini, diharapkan ketika ada aktivitas jantung yang tidak biasa atau berbahaya, perawat ataupun dokter dapat dengan cepat mengetahui secara realtime dan langsung mendatangi kamar pasien untuk melakukan tindakan medis. Sistem yang dibuat pada jurnal ini dilengkapi dengan analisis jaringan sehingga dapat mengetahui kualitas pengiriman data dari sensor ke *user equipment*.

Alat ini menggunakan sensor elektroda Ag/AgCl yang terhubung dengan modul AD8232 untuk mendeteksi sinyal kelistrikan jantung berupa gelombang PQRST dan kadar oksigen dalam tubuh pasien menggunakan sensor MAX30100 yang bekerja dengan metode noninvasif dan menggunakan metode fast fourier transform (FFT) untuk mendapatkan data hasil pengukuran yang ditampilkan pada layar monitor secara real time dan pada smartphone Android dengan kemampuan untuk memberikan alarm pada server ketika kondisi kesehatan pasien mulai menurun kepada petugas kesehatan. Keuntungan dari sistem ini adalah pencatatan data pasien dilakukan secara digital dan monitoring dapat dilakukan dari jarak jauh.

Gambaran umum cara kerja sistem ini yaitu pasien pengidap penyakit jantung dipasangkan sensor elektroda dan menempelkan jarinya pada sensor oksimeter MAX30100. Monitoring dilakukan dengan data-data pengukuran yang dikirimkan pada server dengan menggunakan WLAN sebagai saluran transmisinya dan data hasil pengukuran tersebut disimpan dalam database MySQL sebagai sistem digitalisasi catatan medis pasien dan keadaan abnormal yang terjadi pada pasien ditampilkan berupa alarm dengan buzzer pada layar monitor server dengan akses pada website dan dapat diakses pula menggunakan smartphone Android menggunakan koneksi jaringan internet. Metode pengembangan aplikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode waterfall dan bahasa pemodelan Unified Modeling Language (UML).

Pada pengerjaan penelitian ini, sistem dibagi menjadi dua bagian yaitu bagian sensor elektrokardiogram (EKG) serta aplikasi web pada Android dan bagian input data sensor pengukur kadar oksigen dan web server. Adapun ilustrasi dari sistem yang diusulkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Sistem

Gambar 1. menjelaskan bahwa sistem yang dibuat merupakan sistem yang dapat diakses dari jarak jauh. Posisi sensor berada di kamar pasien yang dipasangkan pada pasien pengidap masalah jantung. Sensor elektroda tersebut diaplikasikan di bagian dada sebanyak 3 buah dan sensor oksimeter digunakan pada jari pasien. Data hasil pengukuran oleh sensor dikirim dan disimpan dalam database pada server melalui jaringan WLAN. Data yang sudah tersimpan pada database dapat diakses oleh petugas kesehatan untuk monitoring kondisi pasien melalui PC yang terdapat di ruang server rumah sakit tersebut dan dapat diakses pula oleh dokter melalui smartphone Android. Pengukuran yang dilakukan berupa pengukuran aktivitas sinyal listrik jantung berupa elektrokardiogram dengan keluaran berupa gelombang PQRST dan keluaran dari sensor oksimeter berupa kadar saturasi oksigen dan detak jantung pasien yang selanjutnya akan menghasilkan informasi peringatan ketika hasil pembacaan dari sensor berada di bawah batas referensi kesehatan pasien. Informasi peringatan ini dikirimkan pula menuju handphone dokter dengan mengirimkan pesan singkat (SMS) mengenai kondisi terakhir pasien tersebut.

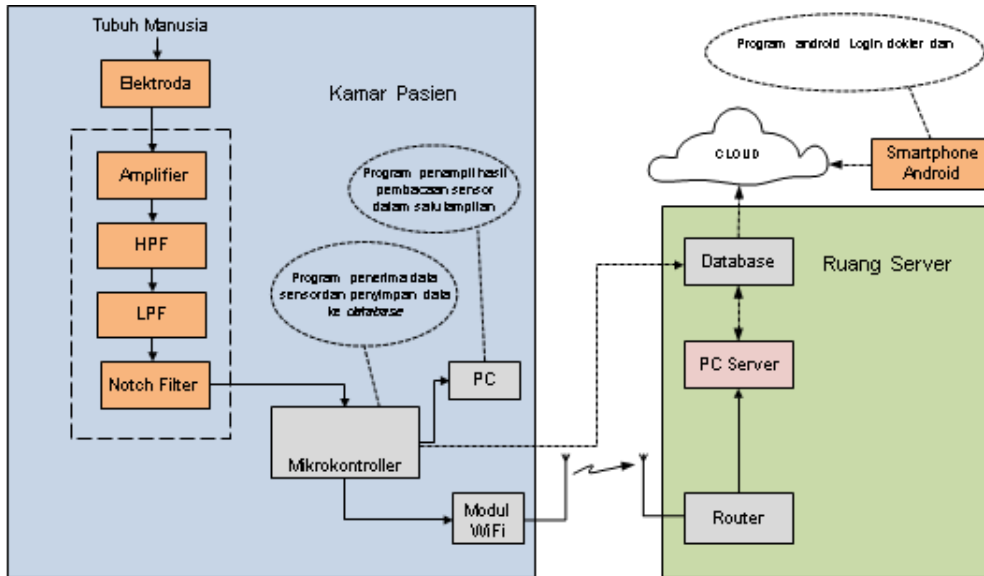
Adapun tujuan dari penelitian ini adalah dapat menampilkan data hasil pengukuran EKG pada PC local dan aplikasi android dalam bentuk grafik, serta mengirimkan data hasil pengukuran EKG pada server dengan menggunakan jaringan WLAN agar dokter bisa terus memantau pasien jantung kapan saja dan dimana saja.

## 2. METODE

Metode penelitian ini terdiri dari beberapa langkah, yaitu perancangan system, perancangan blok diagram, perancangan skema elektronik, perancangan algoritma pembacaan sensor EKG, perancangan algoritma graphical user interface, perancangan database, serta perancangan aplikasi pada android.

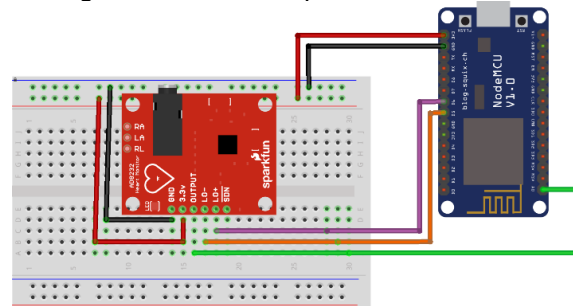
Blok diagram sistem keseluruhan seperti yang ditunjukkan pada Gambar III.1, pembuatan sistem ini dibagi menjadi dua buah sub-sistem yaitu pembuatan elektrokardiogram dan aplikasi Android serta pembuatan oksimeter dengan akses website. Input pada EKG berupa sinyal jantung yang dideteksi oleh elektroda Ag/AgCl. Sinyal yang terdeteksi merupakan sinyal lemah yang selanjutnya akan dikuatkan oleh amplifier. Hasil penguatan tersebut akan dilewatkan melalui filter high pass, low pass dan notch yang telah terintegrasi dalam kit EKG AD8232 yang dibuat agar didapat sinyal PQRST yang sesuai dengan keadaan jantung pasien. Sinyal hasil pemfilteran tersebut diproses menggunakan NodeMCU agar dapat ditampilkan pada monitor beserta data hasil pembacaan kadar oksigen dalam darah dari sensor oksimeter. Pada oksimeter, input berupa jari pasien yang akan di pindai menggunakan LED merah dan infrared oleh sensor cahaya. Setelah terpindai, kandungan oksigen yang terbaca akan berupa sinyal yang kemudian dikuatkan dengan amplifier, lalu sinyal tersebut akan dilewatkan pada rangkaian filter yang telah terintegrasi pada modul oksimetri MAX30100 sehingga sinyal tersebut dapat masuk sebagai input dari mikrokontroler. Setelah kedua data diolah oleh mikrokontroler, data tersebut disimpan di database agar dapat diakses oleh server dengan transmisi data menggunakan WLAN dan terdapat web server yang terhubung pula dengan cloud melalui router.

Ketiga terjadi terjadi suatu kondisi abnormal, maka PC server dapat menerima alarm yang ditandai dengan nyalanya buzzer. Ketika informasi peringatan berfungsi, server memberikan peringatan mengenai kondisi pasien kepada dokter melalui pesan singkat (SMS) ke handphone dokter. Setelah data tersimpan di cloud maka data tersebut dapat diakses pula melalui smartphone Android.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Skema rangkaian sensor EKG dengan konfigurasi NodeMCU dilakukan dengan menghubungkan pin output kit EKG AD8232 pada pin A0 NodeMCU untuk dilakukan pembacaan sinyal analog yang berasal dari jantung. Pin LO- dihubungkan pada pin D5 NodeMCU dan pin LO+ dihubungkan pada pin D6 NodeMCU. Penggunaan mikrokontroller NodeMCU dipilih karena bentuknya yang kecil dan sudah terpasang modul Wi-Fi di dalamnya sehingga space yang dibutuhkan perangkat lebih kecil dan lebih compact apabila dibandingkan dengan menggunakan Arduino sebagai mikrokontroller dan modul Wi-Fi yang terpisah sehingga membutuhkan space yang lebih besar untuk perangkat. Adapun skematik rangkaian sensor ada pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Rangkaian Sensor EKG

Pembacaan sensor EKG dilakukan dengan menginisialisasi serial dilakukan dengan mengatur data rate yang digunakan untuk transmisi data sebesar 115200 bps dan mengatur pin 12 sebagai input untuk membaca pin LO+ dari kit EKG AD8232, sedangkan pin 14 digunakan sebagai input untuk membaca pin LO-. Setelah inisialisasi, dilakukan pengecekan status pada mikrokontroller (NodeMCU). Program dieksekusi ketika status NodeMCU terdeteksi aktif atau terhubung dengan perangkat. Saat NodeMCU sudah terdeteksi aktif, maka dilakukan pengecekan sensor elektroda Ag/AgCl yang terpasang dengan kit EKG AD8232. Pin LO+ dan LO- pada kit EKG AD8232 akan bernilai LOW ketika terpasang pada tubuh, sehingga untuk mengecek elektroda sudah terpasang atau belum dilakukan dengan kondisi  $(digitalRead(12) == 1) || (digitalRead(14) == 1)$ . Kondisi tersebut menjelaskan bahwa ketika pin LO+ (12) dan LO- (14) bernilai HIGH, maka terdeteksi bahwa elektroda belum terpasang dengan benar, baik dari semua elektroda yang terpasang maupun hanya dari salah satu elektroda, sehingga operasi boolean yang digunakannya berupa logika or. Apabila ketiga elektroda sudah terpasang dengan benar dan pin 12 dan 14 mendeteksi logika bernilai LOW, maka pembacaan kondisi pasien menggunakan sensor EKG dapat dilakukan dengan pengambilan data setiap 2 ms sekali.

Penetapan nilai tersebut didapatkan dari persamaan (1).

$$f_{jantung} = f_n = 250 - 500 \text{ Hz (Kondisi abnormal)}$$

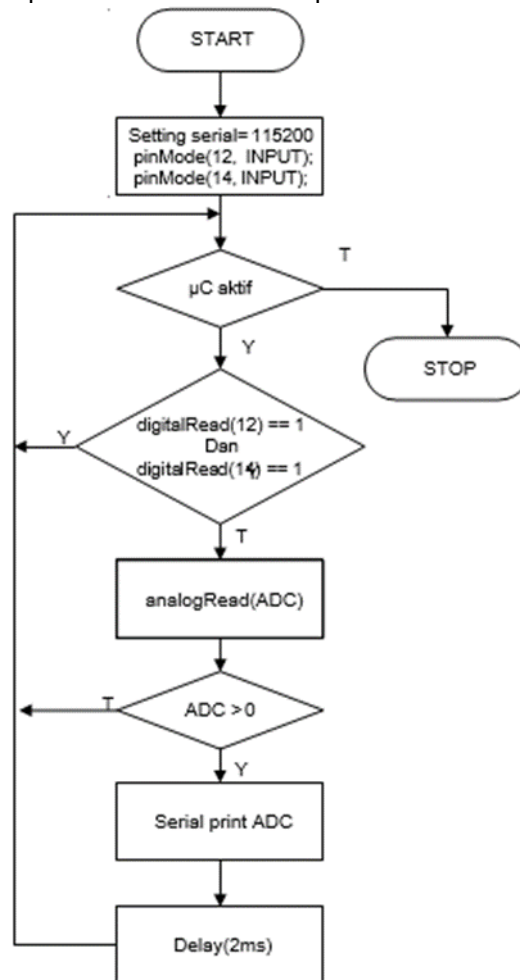
$$f_{sampling} = 2 \times f_n \dots\dots\dots(1)$$

$$= 2 \times 250 \text{ Hz}$$

$$= 500$$

$$P_{\text{sampling}} = \frac{1}{f_{\text{sampling}}} = \frac{1}{500} = 0.002 \text{ s}$$

Namun, ketika nilai ADC kurang dari nol maka dilakukan pengecekan ulang pada status NodeMCU aktif atau tidak. Bila terdeteksi tidak aktif maka proses pembacaan sensor tidak dapat dilakukan. Adapun diagram alir pembacaan sensor ada pada Gambar 4.



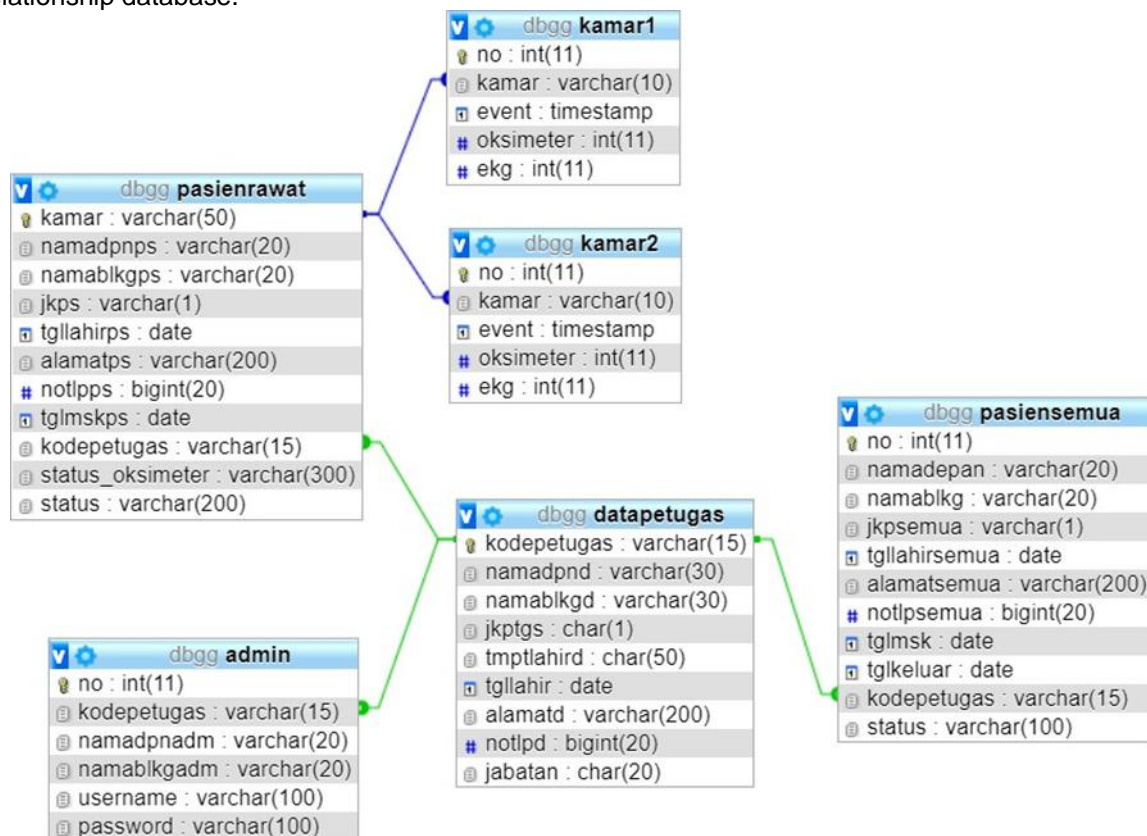
Gambar 4. Diagram Alir Pembacaan Sensor

Penetapan pin 12 dan 14 pun sudah disesuaikan dengan map arduino, sehingga pada NodeMCU terhubung dengan pin D6 untuk pemetaan pin 12 dan pin D5 untuk pemetaan pin 14. Setelah elektroda terpasang, pembacaan pin output pada pin A0 NodeMCU dapat dilakukan. Ketika nilai yang dihasilkan lebih dari nol, maka nilai yang terdeteksi oleh sensor dapat ditampilkan pada serial monitor dan diberikan delay sebesar 2 ms untuk pengambilan data selanjutnya [14]. Pada sistem ini, ketika sensor masih terhubung pada pasien dan PC masih aktif maka pengambilan data pasien masih terus dilakukan dan data tersebut di simpan pada database untuk ditampilkan pada aplikasi android. Ketika mikrokontroler tidak aktif dan sensor tidak terpasang pada pasien, proses pengambilan data berhenti dilakukan.

Sedangkan untuk menampilkan GUI, hal yang pertama dilakukan yaitu dengan menghubungkan NodeMCU pada port serial PC. Ketika port serial sudah terdeteksi, maka pengambilan data EKG dapat dilakukan. Data yang diambil berupa data analog yang dikonversikan menjadi data digital yang selanjutnya nilai tersebut dikonversikan menjadi nilai tegangan. Data tersebut selanjutnya ditampilkan pada VB berupa besaran tegangannya dan dipetakan dalam bentuk grafik agar sinyal PQRST jantung dapat divisualisasikan dengan baik. Saat pengecekan perangkat telah dilakukan, maka proses pengambilan data terus dilakukan hingga user meminta stop.

Perancangan GUI dilakukan untuk menampilkan data hasil pengukuran yang dilakukan oleh sensor elektroda Ag/AgCl serta dilakukan pula untuk menampilkan sinyal EKG yang berupa gelombang PQRST yang dihasilkan dari hasil pengukuran. Tampilan yang digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan sensor dilakukan dengan menggunakan software Visual Basic (VB) 2010. Data yang ditampilkan berupa data hasil konversi analog yang dihasilkan dari sensor menjadi data digital yang dilakukan oleh pin A0 NodeMCU yang datanya sudah dirubah pada VB menjadi data yang berupa tegangan dengan menggunakan persamaan (3) dengan satuan volt (V). Data yang diterima ditampilkan pula dalam bentuk grafik agar bentuk dari gelombang PQRST yang dihasilkan dapat terlihat dengan jelas.

Kemudian dilakukan perancangan database untuk mengetahui kebutuhan user dalam mencakup informasi yang dibutuhkan dengan menentukan struktur tabel yang digunakan untuk memudahkan dalam proses realisasi database. Berikut adalah entity relationship diagram pada database yang digunakan untuk sistem keseluruhan. Gambar 5. menunjukkan diagram entity relationship database.

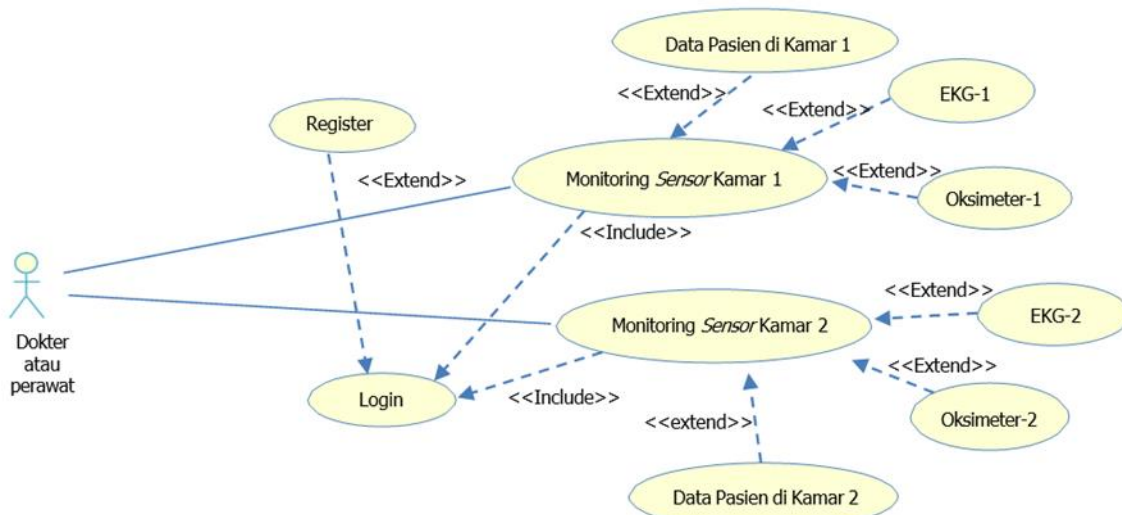


Gambar 5. Entity Relationship Database

Gambar 5. di atas merupakan entity relationship diagram yang diterapkan pada seluruh tabel yang terdapat pada database. Perancangan dilakukan dengan menggunakan kodepetugas sebagai primary key untuk mengakses sistem. Namun, untuk perancangan dan realisasi aplikasi Android, tabel yang digunakan hanya tabel datapetugas, tabel admin, tabel kamar1 dan tabel kamar2. Penggunaan tabel tersebut dilakukan karena aplikasi Android memiliki fungsi untuk memonitor kondisi pasien di rumah sakit dari jarak jauh dan tidak berfungsi sebagai server yang mengharuskan adanya tabel pasienrawat dan pasiensemua yang dilakukan sebagai digitalisasi data pada rumah sakit, baik data perawat, dokter maupun pasien rawat.

Adapun perancangan aplikasi android dilakukan untuk merumuskan bagaimana hasil pengukuran kondisi jantung dapat ditampilkan. Perancangan ini dilakukan dengan menggunakan use case diagram seperti pada Gambar 6.

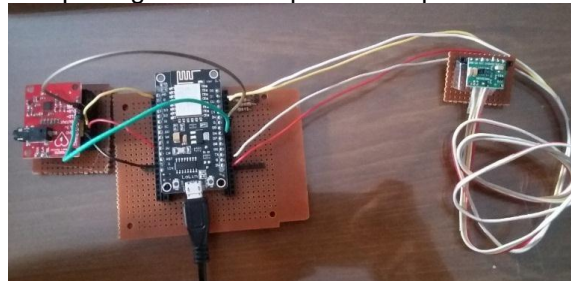




Gambar 6. Use Case Diagram Aplikasi Android

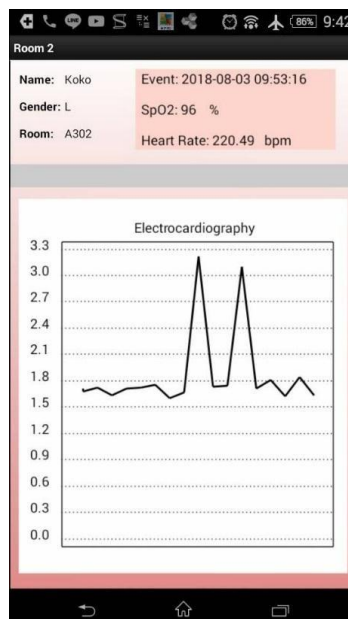
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pembuatan system monitoring jantung berbasis android ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Realisasi perangkat keras dapat terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Realisasi Perangkat Keras

Realisasi perangkat lunak dapat terlihat dari grafik sinyal EKG pada aplikasi android dan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik sinyal EKG pada Aplikasi Android

Hasil dari pembuatan system monitoring jantung ini dapat terlihat dari kinerja system. Sistem yang diuji adalah konektivitas dari halaman web dan aplikasi, serta system pada diode. Beberapa parameter yang diuji pada website yang dibuat adalah pengukuran respon kuat sinyal WiFi terhadap jarak pada system terintegrasi, *throughput*, pengukuran *packet loss*, *delay*, kualitas sinyal. Adapun pengujian pada diode adalah pengujian posisi pemasangan elektroda pada beberapa bagian tubuh dengan berbagai posisi, diantara lain posisi berbaring dan duduk pada tangan bagian atas, tangan bagian bawah dan dada dengan menggunakan sumber tegangan DC.

## A. Throughput

Pengukuran *throughput* dilakukan untuk mengetahui kecepatan data efektif yang dikirim dari client (sensor) menuju server yang diukur dalam satuan bps (bit per second). Kategori *throughput* menurut Telecommunications and Internet protocol Harmonization Over Network (TIPHON) dari ETSI ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori *Throughput*

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i> (Kbps)
Sangat Baik	> 1200
Baik	700-1200
Cukup	338-700
<b>Buruk</b>	0-338

Adapun pengukuran *throughput* dilakukan menggunakan software wireshark. Pengukuran *throughput* dilakukan dari 0 hingga 20 meter dengan rentang 5 meter. Adapun kategori sangat baik hingga buruk pada Tabel 2. berasal dari kategori *throughput* menurut ETSI.

Tabel 2. Hasil Pengukuran *Throughput*

Jarak Pengukuran (m)	<i>Throughput</i> (Mbps)	Kategori
0	0.045	Buruk
5	0.052	Buruk
10	0.120	Buruk
15	0.275	Buruk
16	0.248	Buruk
19	0.187	Buruk
<b>20</b>	0.171	Buruk

Dari hasil pengukuran *throughput* tersebut, dapat dikatakan bahwa *throughput* pada sistem ini adalah buruk. Menurut ETSI (The European Telecommunications Standards Institute), rumus dari *throughput* adalah seperti di bawah ini.

$$\textit{Throughput} = \frac{\textit{Amount Of Transferred Data}}{\textit{Duration}} \quad (2)$$

Dengan durasi pengiriman data yang cukup singkat (dapat dilihat pada data delay di bagian 3.C nanti), nilai *throughput* yang didapatkan di atas menggambarkan bahwa jumlah data yang dikirimkan banyak karena berbanding terbalik dengan durasi delay yang sedikit. Data yang dikirimkan berjumlah besar karena sistem ini juga mengirimkan grafik dari hasil pembacaan sensor detak jantung.

## B. Pengukuran *packet loss*

Pengukuran *packet loss* dilakukan untuk mengetahui berapa paket data yang hilang ketika pengiriman data yang dapat terjadi akibat collision dan congestion pada jaringan. Tabel 3. menunjukkan standarisasi pada *packet loss* menurut TIPHON dari ETSI.



Tabel 3. Kategori *Packet Loss*

<i>Kategori Packet loss</i>	<b>Target Value</b>
Sangat Bagus	0-2%
Bagus	3-14%
Sedang	15-24%
<b>Buruk</b>	> 25%

Sama halnya dengan pengukuran pada throughput, pengukuran *packet loss* dilakukan menggunakan aplikasi Wireshark. Cara yang dilakukan untuk mengukur besarnya *packet loss* adalah melakukan penyaringan data dengan memasukkan "tcp.analysis.loss\_segment" pada bar filter lalu klik enter untuk menyaring data yang hilang. Namun sumber data tersebut memiliki alamat IP 217.163.30.213 sehingga tidak termasuk pada perhitungan *packet loss*. Nilai *packet loss* dapat dilihat pada bagian bawah layar seperti yang ditunjukkan pada kotak merah di atas. Selanjutnya dilakukan pengukuran *packet loss* pada setiap titik pengamatan. Hasil pengukuran *packet loss* ada pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran *Packet Loss*

<i>Jarak Pengukuran (m)</i>	<i>Packet loss (%)</i>	<b>Kategori</b>
0	0	Sangat Bagus
5	0	Sangat Bagus
10	0	Sangat Bagus
15	0	Sangat Bagus
16	0	Sangat Bagus
19	0	Sangat Bagus
<b>20</b>	0.171	Sangat Bagus

### C. Delay

Pengukuran *delay* bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan sebuah data dari sisi client ke sisi server dengan satuan microsecond maupun second. Standarisasi nilai *delay* menurut TIPHON ditunjukkan pada Tabel 5. di bawah ini.

Tabel 5. Standarisasi *Delay*[15]

<i>Kategori Delay</i>	<b>Besar Delay (ms)</b>
Sangat Bagus	< 150
Bagus	150-300
Sedang	300-450
<b>Jelek</b>	> 450

Berbeda halnya dengan pengukuran throughput dan *packet loss*, pengukuran *delay* dilakukan dengan perhitungan menggunakan rumus berikut.

$$delay = \frac{time\ span}{packets} \quad (4)$$

Adapun data time span dan packets juga diperoleh dari perangkat lunak wireshark. Adapun hasil pengukuran *delay* terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengukuran *Delay*

<i>Jarak Pengukuran (m)</i>	<i>Time Span</i>	<i>Packets</i>	<i>Delay (s)</i>	<b>Kategori</b>
0	122.426	6790	0.0180	Sangat Bagus
5	122.098	8062	0.0151	Sangat Bagus
10	164.276	24352	0.0067	Sangat Bagus
15	120.038	38478	0.0031	Sangat Bagus

16	125.762	37004	0.0034	Sangat Bagus
19	127.526	28043	0.0040	Sangat Bagus
<b>20</b>	131.370	31	4.237	Jelek

Dari hasil pengukuran *delay* pada sistem, dapat disimpulkan bahwa *delay* yang terjadi masuk ke dalam kategori sangat baik, tetapi bila jaraknya telah 20 meter maka *delay* yang terjadi masuk dalam kategori buruk. Dengan mayoritas delay yang sangat bagus, sistem monitoring detak jantung ini dapat dikatakan sebagai sistem yang realtime untuk membantu para tenaga medis memantau aktivitas jantung pasien.

#### D. Kualitas Sinyal

Pengukuran kuat sinyal dilakukan untuk mengetahui seberapa besar daya yang terukur ketika perangkat sensor berada sejauh jarak pengujian dengan access point. Pengiriman data melalui jaringan wireless yang dilakukan memiliki kemampuan untuk melakukan transfer data pada jaringan 802.11 b/g/n, sehingga kategori kualitas sinyalnya adalah seperti pada Tabel 7.

Tabel 7. Kategori Kualitas Sinyal

<i>Kategori Kualitas Sinyal</i>	<b>Kualitas Sinyal (dBm)</b>
Sangat Baik	-10 s/d -57
Baik	-58 s/d -75
Cukup	-76 s/d -85
<b>Buruk</b>	-86 s/d -95

Pengukuran kualitas sinyal dilakukan dengan menggunakan NodeMCU. Adapun hasil pengukuran kuat sinyal ada pada Tabel 8. Kategori yang sangat baik hingga buruk mengacu pada tabel 7 mengenai kategori kualitas sinyal.

Tabel 8. Hasil Pengukuran Kuat Sinyal

<i>Jarak Pengukuran (m)</i>	<i>Kuat Sinyal (dBm)</i>	<b>Kategori</b>
5	-63	Baik
10	-81	Cukup
<b>14</b>	-84	Cukup

Adapun kualitas sinyal yang ada tergantung pada perangkat jaringan yang ada di rumah sakit serta perangkat yang digunakan oleh para tenaga medis yang menggunakan sistem ini.

#### 4. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dibuat melalui proses perancangan, realisasi dan pengujian, maka dapat disimpulkan bahwa data hasil pengukuran EKG berhasil direpresentasikan dalam bentuk gelombang PQRST pada PC local dan aplikasi android. Data hasil pengukuran juga berhasil dikirimkan pada database server dan web hosting menggunakan jaringan WLAN dengan jarak pengiriman 26 meter dan delay waktu pengiriman data sebesar 0,027 detik. Dengan hasil pengukuran yang masuk ke dalam kategori baik pada berbagai kinerja jaringan seperti delay dan packet loss, maka sistem real time pada monitoring detak jantung ini dapat membantu para tenaga medis untuk terus memantau aktivitas detak jantung pasien walaupun tidak sedang berada di ruangan pasien.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Liputan6, "OPINI: Big Data untuk Revolusi Industri Kesehatan Indonesia," 2017. <https://www.liputan6.com/tekno/read/2836498/opini-big-data-untuk-revolusi-industri-kesehatan-indonesia> (accessed Apr. 27, 2020).
- [2] Z. Djoerban, "Telemedicine Menggagas Pengobatan Jarak Jauh di Indonesia," [zubairidjoerban.org](http://zubairidjoerban.org), 2016. <https://zubairidjoerban.org/telemedicine-menggagas-pengobatan-jarak-jauh-di-indonesia/> (accessed Jan. 20, 2020).

- [3] Kompas.com, "RSUD Terapkan Mobile Telemedicine System," 2008. <https://nasional.kompas.com/read/2008/09/19/15073187/RSUD.Terapkan.Mobile.Telemedicine.System> (accessed Apr. 20, 2020).
- [4] M. A. Masa, "Strategi Pengembangan Implementasi Telemedicine Di Sulawesi Selatan," *J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 5, no. 3, p. 227, 2017, doi: 10.22441/incomtech.v5i3.1142.
- [5] K. Indartono, "Sistem Telemedika Berbasis ICT Untuk Manajemen Fasilitas Unit Gawat Darurat," *J. Tek. Elektro Unnes*, vol. 5, no. 1, pp. 1–4, 2013.
- [6] I. M. A. Wirawan, G. A. Pradnyana, I. K. R. Arhana, G. S. Santyadiputra, I. M. A. Pradnyana, and G. A. J. Saskara, "Heartbeats measurement prototype development based on internet of things," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1165, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1165/1/012001.
- [7] Y. H. Noh, Y. J. Huei, and D. U. Jeong, "Implementation of the abnormal ECG monitoring system using heartbeat check map technique," *2013 Int. Conf. IT Converg. Secur. ICITCS 2013*, 2013, doi: 10.1109/ICITCS.2013.6717844.
- [8] Y. Uomoto and A. Kajiwara, "Heartbeat monitoring UWB sensor robust to body movement," *IEEE World Forum Internet Things, WF-IoT 2018 - Proc.*, vol. 2018-Janua, pp. 280–285, 2018, doi: 10.1109/WF-IoT.2018.8355194.
- [9] Y. Y. Chiu, W. Y. Lin, H. Y. Wang, S. Bin Huang, and M. H. Wu, "Development of a piezoelectric polyvinylidene fluoride polymer-based sensor patch for simultaneous heartbeat and respiration monitoring," *8th Annu. IEEE Int. Conf. Nano/Micro Eng. Mol. Syst. IEEE NEMS 2013*, vol. 1, pp. 45–48, 2013, doi: 10.1109/NEMS.2013.6559679.
- [10] S. Joseph, D. F. D. Shahila, and S. Patnaik, "IOT based Remote Heartbeat Monitoring," *2019 6th IEEE Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Control. ICAC3 2019*, pp. 1–5, 2019, doi: 10.1109/ICAC347590.2019.9036735.
- [11] N. Bin Ahmed, S. Khan, K. N. Tahsin, and I. Afrida, "Implementation of a Low-Cost Heartbeat Monitor as Part of A Larger Health Monitoring System," *Proc. 3rd Int. Conf. Inven. Comput. Technol. ICICT 2018*, pp. 813–818, 2018, doi: 10.1109/ICICT43934.2018.9034357.
- [12] P. Di Marco, G. Ferri, and V. Stornelli, "Integrable electronic system for pulseoximetry/heartbeat detection," *Proc. 2015 18th AISEM Annu. Conf. AISEM 2015*, pp. 1–4, 2015, doi: 10.1109/AISEM.2015.7066804.
- [13] M. Nosrati and N. Tavassolian, "Accuracy enhancement of doppler radar-based heartbeat rate detection using chest-wall acceleration," *IMBioc 2018 - 2018 IEEE/MTT-S Int. Microw. Biomed. Conf.*, no. 2, pp. 139–141, 2018, doi: 10.1109/IMBIOC.2018.8428898.
- [14] I. P. GagukHarianto, Jusak, "Transmisi Sinyal ECG (Electrocardiograph) Menggunakan Media Wireless Zigbee Dengan Topologi Mesh," *J. Control NetworkSystem*, vol. 6, no. 1, pp. 20–30, 2017.
- [15] R. Wulandari, "ANALISIS QoS (QUALITY OF SERVICE) PADA JARINGAN INTERNET (STUDI KASUS : UPT LOKA UJI TEKNIK PENAMBANGAN JAMPANG KULON – LIPI)," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 162–172, 2016, doi: 10.28932/jutisi.v2i2.454.