

Pemantauan EKG Dan Detak Jantung Berbasis Web

¹Ismail Rokhim, ¹Siti Aminah & ¹M.Shobir Abdussyakur^{*})

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Otomasi, Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung

^{*}shobirabdussyakur@gmail.com

Abstrak

Elektrokardiogram (EKG) dan detak jantung adalah parameter yang digunakan dalam analisis dan pemantauan aktivitas jantung. Pemantauan dan analisis saat ini masih dilakukan secara tatap muka. Pada penelitian ini digunakan sistem *Internet of Things (IoT)* dan antarmuka berbasis web, Hal ini dilakukan agar proses pemantauan dan analisis gelombang EKG dapat dilakukan di manapun dan kapanpun oleh tenaga medis. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari monitoring EKG dan detak jantung, digunakan modul AD8232 berfungsi untuk membaca sinyal bio voltase pada tubuh dengan bantuan elektroda. Teknik sadapan elektroda ditentukan berdasarkan teori segitiga Einthoven. Selain itu, mikrokontroler NodeMCU digunakan untuk mengontrol keluaran dan memungkinkan menjalankan sistem *Internet of Things (IoT)*. Dilakukan juga pengujian output gelombang, tingkat keberhasilan pengiriman data, realisasi antarmuka serta pengujian akurasi dan presisi. Hasil penelitian menunjukkan gelombang EKG yang dihasilkan memiliki frekuensi 40 Hz dan perioda gelombang *QRS complex* sebesar 0,10 second. Selain itu presentase tingkat keberhasilan pengiriman data sebesar 98,84%. Diperoleh juga tingkat akurasi pengukuran detak jantung sebesar 97,966% dan tingkat presisi sebesar 0,658%. Telah direalisasikan juga sebuah antar muka yang dapat menampilkan gelombang EKG dalam orde mili volt dan mili detik.

Kata Kunci: elektrokardiogram, IoT, web, AD8232

1 Pendahuluan

Elektrokardiogram atau EKG dapat digunakan untuk memantau aktivitas jantung, hal tersebut dilakukan dengan cara merekam perubahan potensial listrik jantung [1]. Rekaman tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik, yang berisi hubungan antara potensial listrik jantung beserta keterangan waktunya [2]. Gelombang EKG yang ada saat ini diperoleh melalui peralatan yang besar dan bersifat stasioner, karena hal tersebut peralatan hanya dapat digunakan secara tatap muka. Selain itu, peralatan tersebut biasanya terlalu mahal untuk digunakan dirumah, sehingga pasien harus pergi ke rumah sakit untuk menggunakannya [3].

Perkembangan teknologi internet dan jaringan sensor nirkabel, memungkinkan adanya komunikasi antara perangkat keras dan perangkat lunak, hal tersebut dapat digunakan dalam pengembangan sebuah sistem pemantauan EKG [4]. Sistem yang ada pada saat ini mampu mendeteksi sinyal EKG menggunakan sensor *non-invasive* dan mengirimkannya ke aplikasi seluler maupun web [5].

Beberapa penelitian telah dilakukan dalam rangka merancang sistem telemonitoring EKG [6-9,11]. Pada penelitian penelitian [6] metode komunikasi *zigbee* digunakan dengan ide data terdistribusi multipoint to multipoint, hal tersebut menyebabkan elektrokardiograf diharuskan untuk berjarak 2-20 meter dari penerima sinyalnya. Pada penelitian [7] terdapat sebuah sistem yang dapat melakukan pemantauan gelombang EKG dan kadar oksigen pada pasien. Dalam penelitian tersebut digunakan sebuah teknologi *web socket* dimana mikrokontroler akan bekerja sebagai sebuah server untuk mengumpulkan dan menampilkan data, data gelombang yang ditampilkan sudah memuat nilai tegangan EKG, namun pada keterangan waktunya tidak ditampilkan pada orde milidetik. Selain itu penggunaan sistem berbasis *web socket* juga akan terbatas pada riwayat data yang dapat diakses, hal tersebut terjadi karena sistem tidak menggunakan basis data. Pada penelitian [8] telah dilakukan implementasi sistem pemantauan berbasis web dan penggunaan komunikasi data berbasis internet untuk pemantauan gelombang EKG, namun pada sistem tersebut belum tersedia nilai detak jantung dan tingkat akses pengguna seperti pemisahan antara pasien dan tenaga medis. Pada penelitian [9] telah dilakukan sebuah implementasi sistem pemantauan EKG dan detak jantung berbasis aplikasi menggunakan *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)* sebagai metode komunikasi datanya. Penggunaan metode komunikasi tersebut memerlukan *bandwidth* yang lebih sedikit dan cocok untuk pembuatan sistem IoT. Namun pada grafik EKG yang belum ditampilkan satuan gelombang dalam orde milivolt dan milidetik, hal tersebut sesuai dengan satuan yang digunakan pada grafik EKG.[10] Pada jurnal [11] struktur pengguna sudah diberlakukan, namun nilai keluaran hanya terbatas pada nilai *heart rate*.

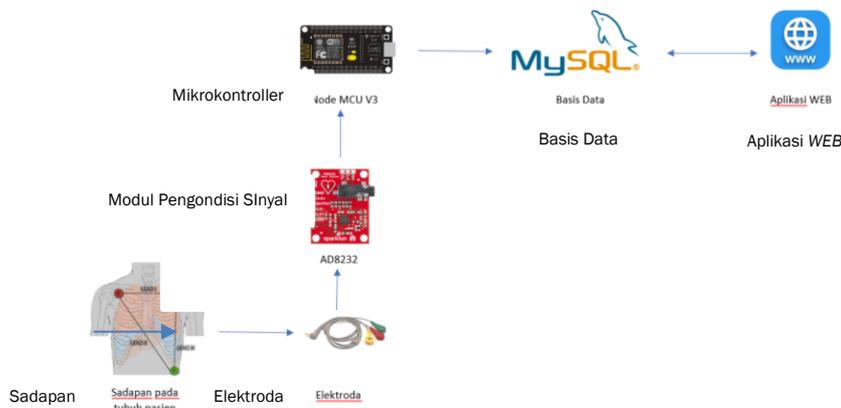
Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam implementasi sebuah sistem pemantauan EKG, beberapa diantaranya yaitu satuan gelombang yang tertera pada keluaran yang dihasilkan pada elektrokardiograf adalah grafik EKG yang berisikan nilai tegangan dan waktu riil. Gelombang yang dihasilkan akan ditinjau bentuk, frekuensi dan perioda. Keluaran yang dihasilkan juga dapat berupa nilai detak jantung

per menit, nilai tersebut juga memiliki syarat pada nilai penyimpangan yang dihasilkan. Pada keluaran gelombang EKG Faktor yang harus diperhatikan adalah gelombang memiliki frekuensi 40 Hz, bentuk Gelombang PQRST terlihat, dan perioda Gelombang QRS Complex 0,08-0,10 detik [12]. Sementara pada keluaran Nilai Detak jantung (BPM). Berdasarkan jaminan mutu dan keselamatan EKG melalui standar dan pengujian yang diterbitkan oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, dijelaskan tentang nilai penyimpangan yang diizinkan sebesar 5% dari nilai referensi. Atau sebesar besarnya adalah nilai penyimpangan sebesar 5 BPM pada setiap pengukuran [13][14].

Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah sistem pemantauan dimana sistem tidak terbatas jarak, dapat melakukan pengukuran *multipoint*, memiliki struktur pengguna, dan memiliki keluaran berupa gelombang EKG dan *heartrate*. Selain hal tersebut satuan pada grafik juga diperhatikan, hal tersebut dibuktikan dengan penggunaan satuan yang sesuai pada gelombang, yaitu milivolt dan milidetik. Pada penelitian ini dilakukan pengujian yang belum ada pada penelitian sebelumnya, yaitu pengujian uji kelayakan golmbang, tingkat keberhasilan pengiriman data, tingkat presisi dan akurasi keluaran BPM yang belum dilakukan pada penelitian atau implemetasi sistem pemantauan yang pernah dilakukan sebelumnya.

2 Metode

2.1 Arsitektur Sistem

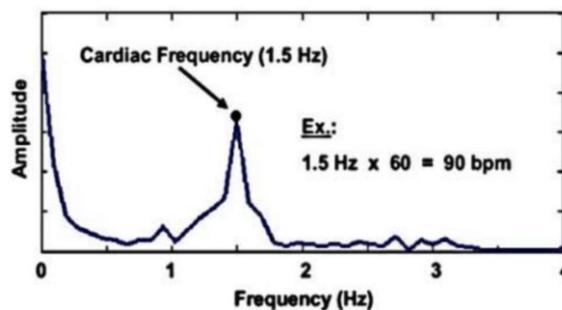


Gambar 1. Arsitektur sistem

Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 1, elektroda akan menghantarkan impuls dari titik sadapan pada tubuh pasien dan dikirim menuju modul AD8232. Impuls diterima oleh modul AD8232, selanjutnya akan dilakukan penyaringan dan penguatan, sehingga dapat terbaca oleh mikrokontoller NodeMCU. Pada NodeMCU impuls akan dibaca dan dirubah menjadi data dalam bentuk tegangan dan akan dilakukan perhitungan detak jantung permenit. Selanjutnya data tersebut akan dikonversi menjadi string. String tersebut nantinya akan dikirim oleh NodeMCU ke pada sebuah url yang berisikan sebuah file PHP untuk menerima data kiriman dan menyimpannya kedalam sebuah basis data MySQL. Selanjutnya data tersebut akan dipanggil oleh antarmuka untuk ditampilkan dalam bentuk grafik dan log.

2.1.1 Perhitungan Detak Jantung

Detak jantung dapat diekstraksi menggunakan analisis spektral. Transformasi berbasis sinusoidal dari sinyal EKG, seperti yang digambarkan dalam Gambar 2, biasanya berisi lonjakan tinggi amplitudo yang berada pada frekuensi detak jantung.



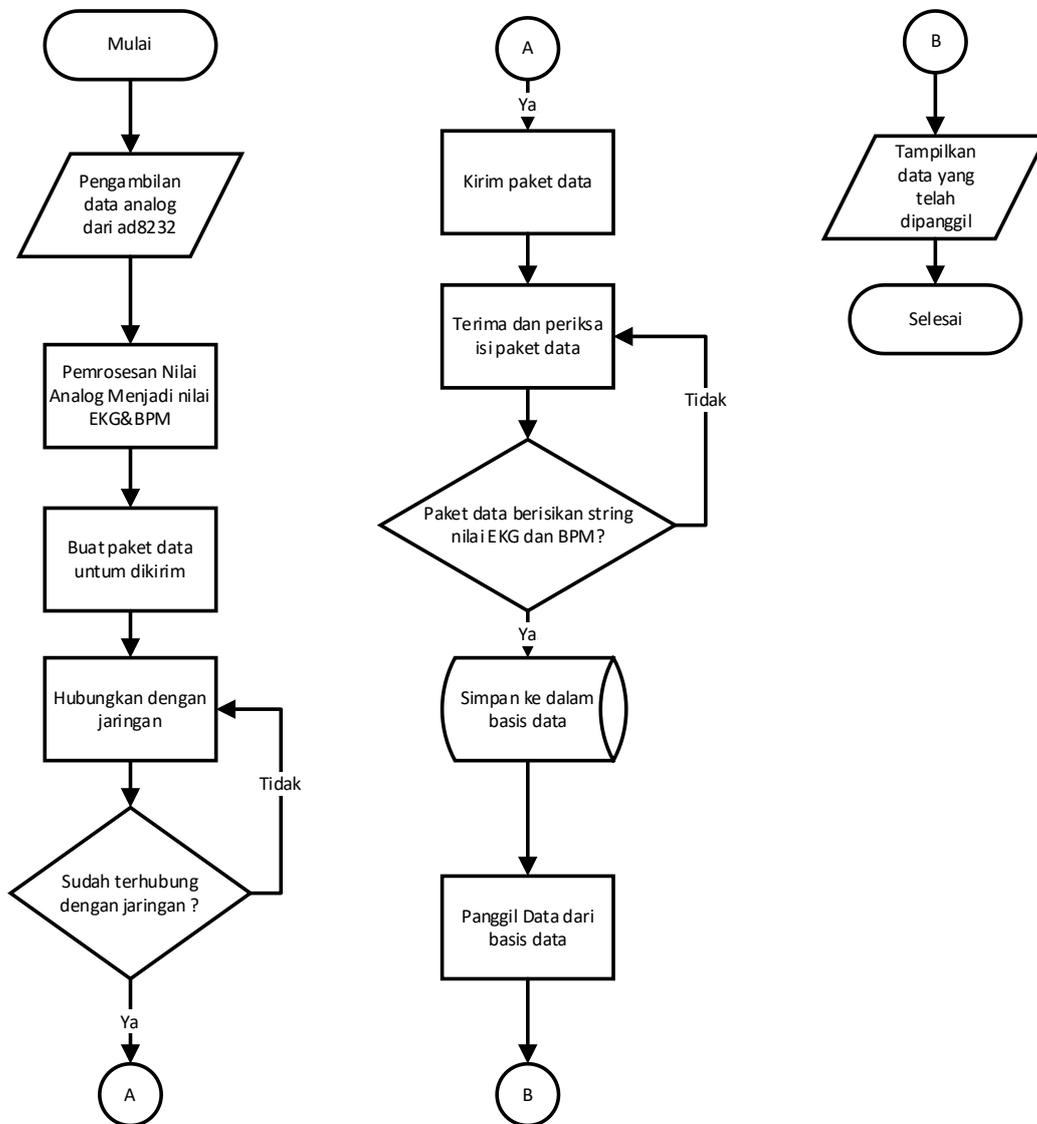
Gambar 2. Sinyal menunjukkan garis spektral jantung (S, William. 2006)

Cara lain untuk menghitung detak jantung dapat dilakukan dengan menentukan interval puncak gelombang R-R terlebih dahulu, dengan menggunakan frekuensi cuplikan (fs), maka persamaan frekuensi detak jantung dalam beat per menit. [15]

$$BPM = \frac{FS}{Interval R - R} \times 60 \tag{1}$$

2.2 Diagram Alir Sistem

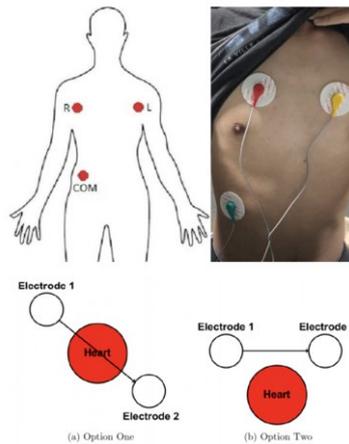
Diagram alir pada gambar 3, menunjukan tahapan proses yang diperlukan dalam pemantauan EKG dan detak jantung berbasis web. Dimulai dengan pengambilan data analog dari AD8232. Setelah data diambil maka akan diambil 200 buah data terakhir dan dilakukan perhitungan *moving average* untuk mengeluarkan nilai baru. Selanjutnya akan dihitung jarak waktu antara munculnya data dan data selanjutnya. Apabila jarak waktu tersebut berada di atas 1500 ms dan di bawah 400 ms maka hitung kembali jarak waktunya. Perhitungan kembali dikarenakan hasil perhitungan BPM akan berada diluar kondisi normal. Setelah kedua perhitungan tersebut selesai maka akan dibuat paket data berisikan data EKG dan BPM. Paket data tersebut akan dikirim ke basis data, dan ditampilkan pada antarmuka.



Gambar 3. Diagram alir sistem secara umum

2.3 Penalaan Titik Sadapan Elektroda

Penalaan dilakukan untuk menentukan titik sadapan elektroda yang sesuai dengan sistem pemantauan EKG berbasis *Web*. Penalaan diawali dengan melakukan percobaan lokasi titik elektroda untuk melihat keluaran sinyal EKG pada serial monitor *Arduino*. Penalaan dilakukan sesuai dengan metode sadapan segitiga *Einthoven*. Pemilihan metode segitiga *Einthoven* didasarkan pada jumlah jumlah elektroda yang digunakan oleh sistem. Dikarenakan jumlah elektroda yang tersedia berjumlah 3 buah dan 1 elektroda akan digunakan sebagai elektroda pentanahan. Metode sadapan segitiga *Einthoven* menyediakan konfigurasi 2 elektroda, maka dengan metode tersebutlah proses penyadapan sinyal EKG dapat dilakukan.[16] Dari hasil sinyal yang dihasilkan sadapan elektroda segitiga *Einthoven* akan dibandingkan konfigurasi elektroda yang tepat. Konfigurasi tersebut merujuk pada Gambar 4.

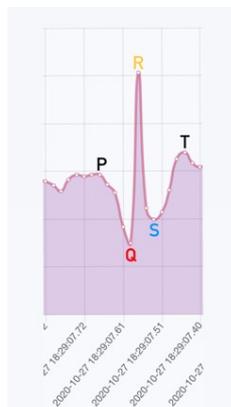


Gambar 4. Penalaan elektroda

3 Hasil

3.1 Pengujian Kelayakan Sinyal EKG

Dalam pengujian kelayakan sinyal EKG diperoleh gelombang dengan rentang frekuensi 40-45Hz. Hal tersebut disebabkan oleh keterbatasan kemampuan sampling dari modul AD8232, dari hasil tersebut berarti gelombang yang dihasilkan belum memenuhi standar syarat frekuensi gelombang EKG sebesar 50Hz. Frekuensi tersebut diperoleh dengan cara perhitungan jumlah titik data pada basis data. Pada justifikasi dari bentuknya gelombang EKG yang memiliki elemen gelombang P, Q, R, S, T seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5. Dari gelombang EKG yang dihasilkan sudah dapat dilihat dengan jelas titik-titik elemen P,Q,R,S,T. Gelombang EKG yang dihasilkan memiliki perioda QRS *Complex* selama 0,08 detik yang artinya sudah memenuhi syarat perioda gelombang EKG selama 0,08-0,10 detik, Perioda tersebut dilihat melalui data yang masuk kedalam basis data di mana masing-masing data memiliki sebuah variabel kunci berupa *timestamp* yang memuat keterangan waktu hingga milidetik.



Gambar 5. Perbandingan gelombang EKG acuan dan hasil

3.2 Pengujian Tingkat Keberhasilan Pengiriman Data

Pengujian pengiriman data dilakukan dengan menghitung jumlah data terkirim pada serial monitor Arduino dan membandingkannya dengan jumlah data yang diterima pada basis data MySQL. Uji ini dilakukan dengan rentang waktu 10 detik dan 5 kali percobaan. Dan mendapatkan rata-rata *loss data* sebesar 5,8 data dan presentasi *loss data* 1,16 %. Tingkat keberhasilan pengiriman data adalah 98,84 % yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian pengiriman data ke basis data

No.	Data Terkirim (data)	Data Diterima (data)	Data Loss (data)	Presentase Data Loss
1.	502	498	4	0,80
2.	504	501	3	0,60
3.	500	492	8	1,60
4.	499	486	13	2,61
5.	502	501,1	1	1,16
\bar{X}	501,40	495,60	5,80	1,16
Presentase keberhasilan pengiriman data(%)				98,84

Pada pengujian antarmuka, telah direalisasikan antar muka dengan struktur pengguna dengan 3 tingkatan. Tiga tingkatan dalam struktur pengguna adalah pengguna dengan tingkat *admin*, dokter, dan pasien. Perbedaan tersebut memungkinkan setiap pengguna mekases sistem dengan tampilan yang berbeda-beda. Dapat dilihat pada Gambar 6, untuk tingkat pengguna *admin* dan dokter, pengguna dapat memantau semua kanal grafik EKG dan log yang terdapat pada sistem. Sementara untuk tingkat pengguna pasien hanya dapat melihat grafik dan log miliknya sendiri. Terdapat pula sebuah *pop up* yang berfungsi sebagai pemberi keterangan detail informasi dari titik yang ditampilkan pada grafik. Informasi tersebut berupa voltase gelombang dalam orde millivolt dan waktu terbentuknya titik dalam orde milidetik.



Gambar 6. Informasi antarmuka

3.3 Pengujian Akurasi Dan Presisi Nilai Detak Jantung

Pengujian Akurasi dan Presisi Nilai Detak jantung dilakukan mengacu standar yang ditentukan pada PERMENKES nomor 363 [17]. Pembacaan nilai detak jantung dilakukan kepada 5 orang responden sebanyak 5 kali. Pembacaan dilakukan secara paralel, nilai keluaran dari sistem akan dibandingkan dengan nilai keluaran dari sebuah tensimeter yang dianggap standar. Setelah itu diperoleh nilai STD terbesar dengan besar 3,05 BPM dan nilai akurasi sebesar 97,966

Tabel 2. Pengujian pengiriman ke basis data-data

No	Nilai Tensi-meter (BPM)	Pengukuran nilai detak jantung alat (BPM)					X Seli-sih	$\sum Xi$	$\sum Xi^2$	STD (BPM)	Error (%)
		Uji ke-1	Uji ke-2	Uji ke-3	Uji ke-4	Uji ke-5					
1.	89	87	85	86	87	91	2,6	436	38040	2,28	2,92
2.	91	89	91	90	90	93	1,2	453	41051	1,52	1,32
3.	93	93	90	92	93	91	1,2	459	42143	1,30	1,29
4.	94	89	96	95	93	90	2,6	463	42911	3,05	2,77
5.	96	98	94	92	95	96	1,8	475	45145	2,24	1,88
Rata-rata Presentase Error(%)										2,034	
Akurasi(%)										97,966	
Standar Deviasi Relatif(%)										0,658	

4 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dibahas pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan bahwa nilai minimum frekuensi pada gelombang keluaran sistem belum terpenuhi yaitu 50 Hz berbeda dengan nilai hasil pengujian sebesar 40 Hz, namun untuk pengujian bentuk gelombang PQRST terlihat, perioda gelombang QRS Complex terpenuhi dengan nilai hasil pengujian sebesar 0,10 detik. Pada proses pengiriman data ke basis data, di simpulkan bahwa data sudah dapat diterima dengan baik. Hal ini dibuktikan dengan tingkat keberhasilan pengiriman data sebesar 98,84 %. Realisasi grafik EKG berhasil menampilkan data dalam orde millivolt dan waktu pada saat titik nilai tegangan tersebut timbul dalam satuan waktu milidetik. Dalam pengujian tingkat akurasi dan presisi antara nilai BPM keluaran alat yang dibandingkan terhadap tensimeter didapatkan presentase akurasi sebesar 97,966% dan presisi yang mengacu pada nilai standar deviasi relatif sebesar 0,658%.

5 Nomenklatur

BPM = *Beats per minute*

EKG = Elektrokardiogram

6 Referensi

- [1] F. Karimah, "Implementasi Learning Vector Quantization (LVQ) Sebagai Alat Bantu Identifikasi Kelainan Jantung Melalui Citra Elektrokardiogram", skripsi, Program Studi S1 Teknobiomedika, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya, 2012, <https://repository.unair.ac.id/95610/>
- [2] T. Istiqomah, "Rancang Bangun Elektrokardiograf (EKG)," skripsi , Program Studi S1 Teknobiomedika, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya, 2012, <https://repository.unair.ac.id/25692/1/ISTIQOMAH.pdf>
- [3] F. Miao, Y. Cheng , Y. He *et al.* "A wearable context-aware ECG monitoring system integrated with built-in kinematic sensors of the smartphone." *Sensors* 15,11465-11484, 2015. <https://doi.org/10.3390/s150511465>
- [4] A. El Attaoui, M. Hazmi, A. Jilbab, A. Bourouhou, "Wearable Wireless Sensors Network for ECG Telemonitoring Using Neural Network for Features Extraction". <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06967-x>
- [5] B. Abidi, A. Jilbab, M. El Haziti, (2017). "A New Generation of Wireless Sensors Networks: Wireless Body Area Networks", in Á. Rocha, A. M. Correia, H. Adeli, L. P. Reis, & S. Costanzo (Eds.), *Recent Advances in*

- Information Systems and Technologies, WorldCIST 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 570. Springer, Cham, pp. 384–393, 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56538-5_39
- [6] M.R.F. Nurdin, S.Hadiyoso, A. Alfaruq, "Aplikasi Web Monitoring Electrocardiogram Terdistribusi Untuk Mendukung Aplikasi Wireless Node". https://repository.telkomuniversity.ac.id/pustaka/files/102557/jurnal_eproc/aplikasi-web-monitoring-elektrokardiogram-terdistribusi-untuk-mendukungaplikasi-wireless-node.pdf
- [7] V.I. Kubov, Y.Y. Dymyrov, R.M. Kubova, R. Stojanović, A. Škraba, "A Feasible IoT System for Monitoring PPG and ECG Signals by using Low-cost Systems-on-chips and HTML Interface" in Conference: MECO 2020, Budva, Montenegro 2020. doi:10.1109/MECO49872.2020.9134219
- [8] A. Ciuffoletti. "On-line Remote EKG as a Web Service." <https://arxiv.org/abs/1901.00724>
- [9] H. Tung, S.K. Chung, M.F. Ng, A.C. Sabah, S.Z. Ping, J.A. Dargham, "IoT Based Real-Time Remote Patient Monitoring System" in 2020 16th IEEE International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA), Langkawi, Malaysia, 2020. doi:10.1109/CSPA48992.2020.9068699
- [10] Buku Manual Keterampilan Klinis Interpretasi Pemeriksaan Elektrokardiografi (EKG). Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2019
- [11] R. Hariri, L. Hakim, R.F. Lestari, "Sistem Monitoring Detak Jantung Menggunakan Sensor AD8232 Berbasis Internet of Things", *InComTech Jurnal Telekomunikasi dan Komputer* vol. 9, no 3, pp. 141 – 150, 2019, doi:<http://dx.doi.org/10.22441/incomtech.v9i3.7075>
- [12] IEC, "International Standard IEC 60601-1, Medical electrical equipment – Part 1: General requirements for basic safety and essential performance" (3.1rd ed.). Geneva: International Electrotechnical Commission, 2012
- [13] T.D. Neycheva and T.V. Stoyanov, "High-Resolution Front-End for ECG Signal Processing," in *Proc. 16th Intl. Scientific and Applied Science Conf. Electronics, Book 1*, pp. 61–66, 2007
- [14] "Digkey. Design a High-Resolution ECG with a Fully Differential Amplifier and High-Resolution ADC". <https://www.digkey.com/en/articles/design-a-high-resolution-ecg-with-a-fully-differential-amplifier-and-high-resolution-adc> (accessed on 9 October 2020).
- [15] D. Singh, K. Vinod, SC Saxena. "Sampling frequency of the RR interval time series for spectral analysis of heart rate variability.", *Journal of Medical Engineering & Technology*, volume 28, Issue 6, pp. 263 – 272, 2009. doi:10.1080/03091900410001662350
- [16] L. A. Seneres, "Wireless Biomedical Signal Chain," , Worchester Polytechnic Institute, April 2015.
- [17] S.W. Hidayat, "Pedoman Pengujian dan Kalibrasi Alat Kesehatan, Improving Callibration System of Medical Equipment in The Hospital, Product 3 Second Stage Activities". Kementerian Kesehatan, Jakarta, 2001