

DESAIN STETOSKOP UNTUK DETEKSI DETAK JANTUNG MENGGUNAKAN SENSOR SUARA DAN PENGHITUNGAN BPM (BEAT PER MINUTE) MENGGUNAKAN ARDUINO

Abiq Muhammad Faesal*) Imam Santoso, dan Aghus Sofwan

Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jln. Prof. Sudharto, SH. Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

*)E-mail : faesal.abiq@gmail.com

Abstrak

Denyut jantung merupakan suara berpola yang bersesuaian dengan kondisi detak jantung manusia yang dapat dihitung menggunakan satuan per menit (Beat Per Minute atau BPM). Untuk keperluan medis, detak jantung dapat didengarkan menggunakan stetoskop dengan teliti. Penelitian ini membuat suatu alat yang dapat mengenali suara detak jantung dalam bentuk gelombang dan BPM. Alat ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu: MAX9814 sebagai sensor suara detak jantung, ADC pada mikrokontroler arduino untuk mengidentifikasi jumlah BPM pengguna, dan amplifier sebagai penguat sinyal suara detak jantung. Data yang dihasilkan dari alat deteksi detak jantung manusia usia 20-24 tahun akan dikonversi sebagai sinyal suara digital. Kemudian sinyal yang ditransmisikan menggunakan kabel aux akan dibandingkan dengan sinyal melalui bluetooth. Dari hasil pengujian dengan kabel aux didapatkan rata-rata varians 0.028 dan rata-rata standar deviasi 0.166. Sedangkan pada sinyal suara menggunakan bluetooth didapatkan rata-rata varian 0.0444 dan rata-rata standar deviasi 0.2071.

Kata Kunci: Detak jantung, Beat per Minute, Sensor Suara, Mikrokontroler Arduino

Abstract

Heart rate refers to the amount of time needed by the heart beat per unit time, represented as Beats Per Minute (BPM). For medical purposes, the heartbeat can be heard using a stethoscope carefully. This study makes a device that can recognize the sound of heartbeats in the waveform and BPM. This device consists of three main parts: MAX9814 as the heartbeat sound sensors, ADC on a microcontroller arduino to identify the number of BPM, and an amplifier as the heartbeat sound signal booster. The data generated from human heartbeat detection devices aged 20-24 years will be converted as a digital sound signal. Then the signal transmitted using the aux cable will be compared with the signal via bluetooth. From the test results with the aux cable, the average variance is 0.028 and the average standard deviation is 0.166. While the voice signals using bluetooth obtained an average variant of 0.0444 and the average standard deviation of 0.2071.

Keywords: Heartbeat, Beat per Minute, Sound Sensor, Arduino Microcontroller

1. Pendahuluan

Jantung merupakan organ vital bagi manusia. Jantung berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh guna mengangkut nutrisi yang dibutuhkan dan oksigen ke seluruh tubuh dan membawa karbon dioksida dan zat-zat sisa dari seluruh tubuh. Dalam keadaan istirahat jantung berdetak 70 kali/menit. Pada waktu banyak pergerakan kecepatan jantung bisa mencapainya 150 kali/menit dengan daya pompa 20-25 liter/menit [1]. Pada tahun 2014 penyakit jantung koroner merupakan penyebab kematian tertinggi setelah penyakit stroke [2]. Rendahnya kepedulian masyarakat untuk melakukan pemeriksaan rutin tentang kondisi jantung menjadi kendala tersendiri. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah alat yang dapat

menjelaskan kondisi jantung dalam waktu singkat dan praktis.

Salah satu faktor yang dapat menjelaskan kondisi jantung adalah dengan menganalisis denyut jantung pasien. Proses deteksi detak jantung telah banyak diterapkan dengan berbagai macam metode baik secara konvensional maupun modern. Pada penelitian sebelumnya, digunakan sensor pulse yang dihubungkan pada *Raspberry Pi*. Alat tersebut dapat mendeteksi detak jantung pada jari tangan dengan cara menggabungkan data detak jantung [3][4]. Penelitian tentang deteksi detak jantung juga dilakukan dengan monitoring denyut jantung menggunakan mikrokontroler Arduino, baik yang dilengkapi dengan komunikasi modul *xbee* [5][6], Bluetooth [7][8], maupun

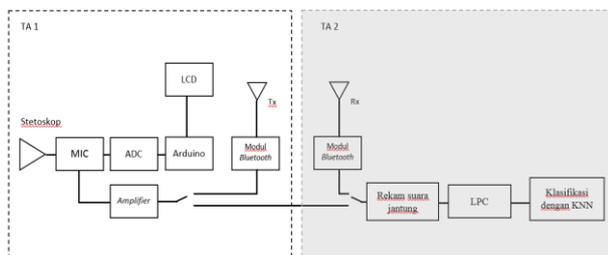
telemetri [9][10][11]. Pada penelitian tersebut menghasilkan denyut jantung yang dapat dipantau dari jarak jauh. Pengujian sinyal grafik sebelum dan sesudah difilter digital menggunakan metode *Finite Impulse Response* (FIR) jenis *Low Pass* memiliki perbedaan yang tidak jauh berbeda namun sinyal setelah difilter terlihat *noise* berkurang dan tampak lebih halus pada orde 16[5]. Selain itu penelitian tentang deteksi murmur dilakukan menggunakan electret microphone dan Arduino untuk mendeteksi murmur regurgitasi jantung. Penelitian tersebut menggunakan suara jantung yang ditampilkan dalam bentuk spektrum frekuensi. Hasil pengujian menunjukkan komponen ini menghasilkan keluaran dengan nilai frekuensi yang mendekati nilai masukannya, yaitu dengan akurasi 99,134%. Secara keseluruhan, sistem telah mampu mendeteksi apakah jantung terdapat murmur regurgitasi atau tidak dengan presentase validasi 94,4% [12].

Pada penelitian kali ini digunakan modul sensor suara yang dihubungkan ke stetoskop untuk mendapatkan suara jantung dari dada bawah bagian kiri. Setelah itu sinyal suara dikuatkan menggunakan *Amplifier*. Sinyal suara juga dikirim ke mikrokontroler Arduino guna mendapatkan jumlah detak jantung dan ditunjukkan pada tampilan layar.

2. Metode

2.1. Desain Perangkat Keras Stetoskop

Secara garis besar perancangan perangkat keras stetoskop untuk deteksi dini penyakit jantung dapat dijelaskan melalui diagram blok pada Gambar 1.

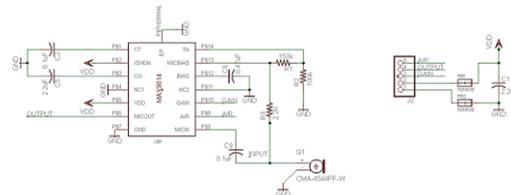


Gambar 1. Diagram blok perancangan perangkat keras stetoskop

Berdasarkan Gambar 1, diagram blok dimulai dari stetoskop yang menerima suara dari jantung yang ditempelkan pada dada pengguna hingga klasifikasi suara jantung untuk mengetahui kondisi pengguna. Fokus tugas akhir ini pada suara jantung yang masuk melalui stetoskop dan diterima oleh sensor suara. Selanjutnya Setelah itu sinyal akan langsung ditransmisikan ke arduino dan amplifier. Pada arduino akan diproses hingga muncul BPM (*Beat Per Minute*) di LCD. Sedangkan pada amplifier akan keluar menggunakan kabel *aux* atau melalui modul *bluetooth* untuk dihubungkan pada PC.

2.2. Perancangan Stetoskop dan Sensor Suara

Pada stetoskop ini sensor suara berfungsi sebagai penerima sinyal suara yang diterima oleh sensor menjadikannya besaran listrik yang dikirimkan ke mikrokontroler Arduino. Selain itu sensor suara dapat terhubung langsung oleh komputer setelah sinyal dikuatkan oleh *amplifier*, seperti ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Skematik perancangan sensor suara MAX9814

Perancangan rangkaian pada sensor suara MAX9814 disusun dari beberapa komponen yaitu :

1. Stetoskop
Stetoskop yang digunakan pada umumnya mempunyai bagian eartips. Pada penelitian ini stetoskop dipotong bagian selongsong saluran suara dan merekatkannya pada mic sensor suara (gambar 3).



Gambar 3. Pemotongan Stetoskop

2. *Amplifier*
Pada perancangan sensor suara MAX9814 digunakan *amplifier* jenis PAM8403 (5v DC). *Amplifier* ini digunakan sebagai penguat sinyal audio dari sumber tegangan DC. Keluaran dari *amplifier* ini dapat dikendalikan menggunakan potensiometer sebagai penguatan *gain*. [13]
3. Kapasitor 100µF/16v
Pada perancangan rangkaian sensor suara kapasitor 100µF/16v digunakan sebagai penghilang *ripple* (riak) dari tegangan DC osilasi, sehingga tegangan yang masuk ke komputer dan mikrokontroler Arduino berupa tegangan DC murni.
4. Pengaturan AGC (*Automatic Gain Control*) dan A/R
Pada penelitian ini pin Gain dan A/R pada sensor suara MAX9814 mempengaruhi sinyal keluaran pada audio. Untuk Gain dihubungkan ke VDD untuk

mendapatkan gain set 40dB. Sedangkan A/R dibiarkan tidak tersambung untuk mendapatkan rasio *attack/release* rasio 1: 4000 [14]

5. *Female Headphone Jack* 3.5mm

Female Headphone Jack 3.5mm pada perancangan rangkaian sensor suara berfungsi sebagai line out pada audio. *Female Headphone Jack* 3.5mm dapat disambungkan ke headset, speaker maupun komputer untuk pengolahan data menggunakan kabel *Jack Aux* 3.5mm.

2.3. Perancangan Amplifier

Amplifier berfungsi untuk menguatkan sinyal suara dari sensor suara sehingga dapat terbaca dan terdeteksi oleh komputer. *Amplifier* yang digunakan pada penelitian ini adalah PAM8403 kelas D audio *amplifier*.



Gambar 4. Perancangan amplifier

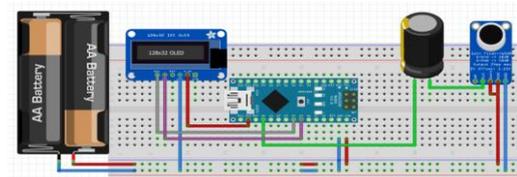
Pada Gambar 4. ditunjukkan hubungan antara sensor suara, amplifier dan *port jack line out*. Suara akan diterima oleh sensor suara dan langsung dikuatkan oleh *amplifier* dan ditransmisikan melalui *jack line out*. Sinyal keluaran dari sensor suara dimasukkan ke *amplifier* lalu hasil keluaran dihubungkan ke *Jack line out* untuk dihubungkan ke komputer menggunakan kabel *aux*. Setelah itu untuk penyesuaian volume gain dapat diatur pada bagian potensiometer yang terdapat pada PAM8403[15]. Untuk pemutaran potensiometer searah jarum jam mengakibatkan gain bertambah.

2.4. Perancangan Modul Bluetooth

Pada modul *bluetooth* dilakukan pairing antara modul *bluetooth transmitter* dan modul *bluetooth receiver*. Pairing dilakukan untuk mengkoneksikan antara kedua modul. Mula-mula kedua modul dihidupkan dengan menekan dan menahan tombol *power* agar menyala. Pada masing-masing modul terdapat lampu indikator. Jika lampu berkedip merah dan biru menandakan modul belum terkoneksi. Jika lampu indikator berwarna biru berkedip menandakan modul sudah terkoneksi. Setelah itu modul *bluetooth transmitter* dihubungkan ke alat deteksi menggunakan kabel *aux* sedangkan modul *bluetooth receiver* dihubungkan ke komputer menggunakan kabel *aux* dengan port *line in*.

2.5. Perancangan Hardware Mikrokontroler Arduino Nano

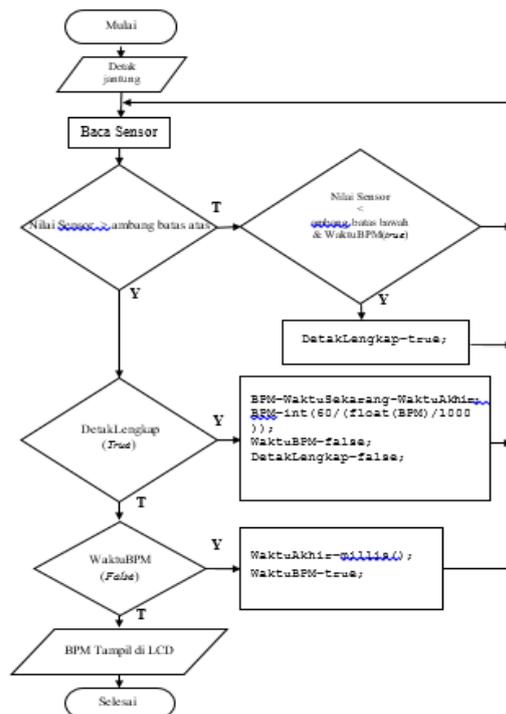
Sistem mikrokontroler Arduino digunakan sebagai pengendali utama yang berisi program untuk proses pembacaan sensor suara, pengaturan parameter dan pengatur tampilan LCD. Secara umum pembagian *port* pada mikrokontroler Arduino Nano digambarkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Perancangan sistem mikrokontroler Arduino Nano

Alokasi masing-masing *pin* mikrokontroler dapat dibagi berdasarkan fungsinya, yaitu sebagai pemroses hasil pembacaan data suara dari sensor suara yang berasal dari stetoskop yang ditempelkan di tubuh pasien, sebagai pemrosesan kalkulasi terhadap BPM (*Beat Per Minute*) serta sebagai pengirim data sensor suara ke LCD.

2.6. Perancangan Perangkat Lunak



Gambar 6. Diagram alir program pembacaan BPM

Perancangan perangkat lunak secara keseluruhan berisi algoritma beserta diagram alir dan prosedur program metode pembacaan sensor suara. Pemrograman mikrokontroler Arduino menggunakan software Arduino IDE.

Sensor suara dihubungkan pada PIN A.0 mikrokontroler Arduino seperti yang sudah dirancang sebelumnya. Program pembacaan sensor pada mikrokontroler dengan pin A.0 menggunakan listing code :

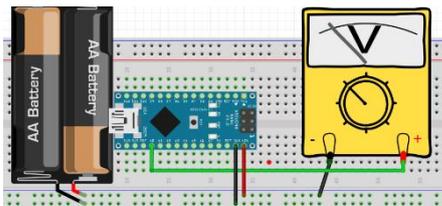
```
analogRead(0);
```

Lalu untuk menggunakan OLED menggunakan library dari pengembang Adafruit.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengujian Tegangan Keluaran Pin Arduino Nano

Pada pengujian tegangan keluaran pin Arduino Nano ini bertujuan untuk mengetahui apakah keluaran pin yang dipakai untuk mengetahui pin yang akan digunakan pada OLED dan sensor suara bekerja dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan pengukuran pada pin yang akan dipakai untuk pengujian, yaitu pada pin : A0, A4, A5, serta pin keluaran 5 v dan 3,3 v dengan menggunakan multimeter. Skema pengujian tegangan keluaran pin Arduino Nano dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema pengujian tegangan keluaran pin Arduino Nano

Sebelum melakukan pengujian ini, Arduino Nano diberikan program terlebih dahulu untuk memberikan perintah agar pin aktif dan berlogika 1 (high), yang artinya memberikan nilai output sebesar 5 volt.

Tabel 1. Hasil pengujian tegangan keluaran pin Arduino Nano

No	Nama Pin	Tegangan Keluaran(V)
1	Analog 1 (A1)	4,98
2	Analog 4 (A4)	4,98
3	Analog 5 (A5)	4,98
4	5V	4,97
5	3V3	3,2

Dari Tabel 1. dapat diketahui besar tegangan hasil pengujian pengukuran keluaran pin A0, A4, dan A5 pada Arduino Nano adalah sebesar 4,98 volt. Nilai ini

mendekati nilai tegangan keluaran pin berdasarkan datasheet Arduino Nano, yaitu 5 volt. Sedangkan pada pin output 5v dan 3v3 mendekati nilai yang tertera pada datasheet. Dengan demikian dapat disimpulkan pin pada Arduino Nano bekerja dengan baik dan tidak ada yang cacat/rusak.

3.2. Pengujian OLED

Pada subbab ini akan dilakukan pengujian OLED. Tujuan pengujian OLED dilakukan adalah untuk mengetahui apakah OLED dapat bekerja dengan baik.

Pada listing program diperintah menampilkan font berukuran 2 dan berada pada pojok kiri bawah layar. Tampilan yang tertera adalah yang berada pada dalam kurung setelah kode pemrograman oled.print yaitu : BPM. Pada Gambar 8. menunjukkan LCD yang berhasil menampilkan tulisan BPM.



Gambar 8. Pengujian OLED

3.3. Pengujian BPM(Beat Per Minute)

Pada pengujian BPM menggunakan 5 orang dengan usia dengan usia antara 22 sampai 23 tahun. Nilai BPM yang dihasilkan oleh penelitian ini akan dibandingkan dengan tensimeter digital dan cara manual dengan cara menghitung detak jantung melalui pergelangan tangan dalam satuan menit. Nilai BPM dari alat ini menggunakan rumus sebagai berikut :

$$BPM = \frac{60 \times 1000}{\text{Periode BPM}} \quad (1)$$

Periode BPM didapatkan dari pembacaan sensor terkait interval dari nilai sensor yang melebihi ambang batas yang ditentukan pada waktu sekarang dengan waktu sebelumnya terkait nilai sensor yang melebihi ambang batas. Pada Tabel 2 menunjukkan perbandingan hasil data BPM yang diambil dari beberapa orang yang berbeda antara alat dengan manual.

Tabel 2. Perbandingan hasil BPM antara alat dengan manual

No	Nama	Usia	Hasil Pengukuran BPM		Selisih	
			Alat	Manual	Jumlah	%
1	Data1	23	82	80	2	2,5
2	Data2	22	80	84	4	4,76
3	Data3	23	90	95	5	5,26
4	Data4	22	87	86	1	1,16
5	Data5	22	83	88	4	4,54
Jumlah			422	432	16	18,23
Rata-Rata			84,4	86,6	3,2	3,64

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa semua perhitungan terdapat selisih antara hasil pengukuran menggunakan alat dengan menggunakan cara manual. Dari 5 orang dengan usia 22 sampai 23 tahun mendapatkan selisih rata-rata 3,2. Sedangkan Dari hasil perbandingan pengujian menggunakan alat dan cara manual didapatkan persentase error sebesar 3,64 % dan keakuratan alat ini mencapai 96,36 %.

Tabel 3. Perbandingan hasil BPM antara alat dan tensimeter digital

No	Nama	Usia	Hasil Pengukuran BPM		Selisih	
			Alat	Tensimeter	Jumlah	%
1	Data1	23	82	80	2	2,50
2	Data2	22	80	85	5	6,25
3	Data3	23	90	93	3	3,33
4	Data4	22	87	90	3	3,44
5	Data5	22	83	85	1	1,20
Jumlah			422	432	13	16,72
Rata-Rata			84,4	86,6	2,6	3,34

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa semua perhitungan terdapat selisih antara hasil pengukuran menggunakan alat dengan tensimeter digital. Dari 5 orang dengan usia 22 sampai 23 tahun mendapatkan selisih rata-rata 2,6. Sedangkan Dari hasil perbandingan pengujian menggunakan alat dan tensimeter didapatkan persentase error sebesar 3,34 % dan keakuratan alat ini mencapai 96,66 %.

3.4. Pengujian Transmisi Sinyal Suara

Pengujian transmisi sinyal suara merupakan pengujian pengiriman data hasil bacaan sensor suara terhadap suara jantung ke komputer. Metode transmisi dilakukan menggunakan 2 jalur yaitu menggunakan kabel aux dengan menggunakan *bluetooth*. pada pengujian *bluetooth* tidak ada penghalang antara *transmitter* maupun *receiver*. Jarak transmisi *bluetooth* dilakukan sepanjang 3 meter. Pengujian dilakukan dengan 5 orang yang berbeda dengan 2 kali percobaan menggunakan transmisi data jalur kabel aux dengan transmisi data jalur *bluetooth*. Berikut adalah bentuk gelombang yang terekam menggunakan Microsoft Excel untuk mengetahui rata-rata, varian dan standar deviasi.

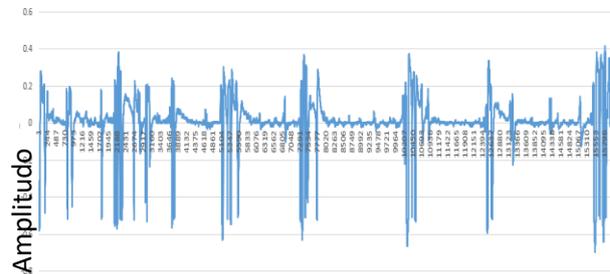
Untuk data sinyal yang diperoleh mula-mula dimasukkan ke Microsoft Excel sebagai data angka berdasarkan nilai sinyal dengan waktu. Rumus yang digunakan untuk rata-rata, varian dan standar deviasi adalah sebagai berikut :

$$\text{Rata-rata} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

$$\text{Varian} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k f_i (x_i - \bar{x})^2 \quad (3)$$

$$\text{Standar Deviasi} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k f_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

Keterangan : n = Jumlah data
x = Data

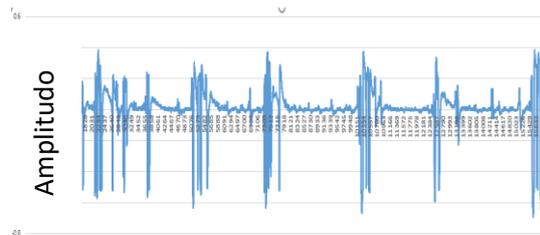


Gambar 9. Hasil rekaman sinyal Suara.01 menggunakan kabel aux

Hasil rekaman suara jantung dengan transmisi kabel *aux* berupa rekaman sinyal Suara.01 ditunjukkan pada Gambar 9.. Pada hasil rekaman terlihat bentuk sistolik dan diastolik walaupun masih terdapat *noise*. Dari hasil rekaman suara jantung akan diolah untuk menghitung rata-rata, varian dan standar deviasi. Berikut adalah data yang dihasilkan dari perhitungan menggunakan Microsoft Excel, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data rata-rata, varian dan standar deviasi sinyal suara menggunakan kabel aux

No	Nama Data	Amplitudo		
		Rata-rata	Varian	Standar Deviasi
1	Suara.01	0.010	0.033	0.183
2	Suara.02	0.008	0.028	0.168
3	Suara.03	0.008	0.028	0.168
4	Suara.04	0.011	0.025	0.158
5	Suara.05	0.010	0.035	0.186
6	Suara.06	0.005	0.018	0.135
7	Suara.07	0.004	0.016	0.127
8	Suara.08	0.006	0.026	0.162
9	Suara.09	0.007	0.026	0.162
10	Suara.10	0.010	0.043	0.208
Rata-rata		0.008	0.028	0.166



Gambar 10. Hasil rekaman sinyal Suara.01 menggunakan bluetooth

Berdasarkan Gambar 10 ditunjukkan hasil rekaman sinyal Suara.01 menggunakan modul *bluetooth*. Pada hasil rekaman terlihat bentuk sistolik dan diastolik walaupun

masih terdapat *noise*. Dari hasil rekaman suara jantung akan diolah untuk menghitung rata-rata, varian dan standar deviasi. Tabel 5 menunjukkan data yang dihasilkan dari perhitungan menggunakan Microsoft Excel.

Tabel 5. Data rata-rata, varian dan standar deviasi sinyal suara menggunakan Bluetooth

No	Nama Data	Amplitudo		
		Rata-rata	Varian	Standar Deviasi
1	Suara.01	0.004	0.021	0.146
2	Suara.02	0.008	0.026	0.162
3	Suara.03	0.007	0.025	0.157
4	Suara.04	0.008	0.039	0.197
5	Suara.05	0.019	0.069	0.262
6	Suara.06	0.012	0.050	0.224
7	Suara.07	0.014	0.061	0.247
8	Suara.08	0.014	0.056	0.236
9	Suara.09	0.012	0.051	0.225
10	Suara.10	0.011	0.046	0.215
	Rata-rata	0.0110	0.0444	0.2071

Berdasarkan data sinyal suara pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa hasil rekaman suara jantung menggunakan kabel aux mempunyai rata-rata lebih sedikit dibanding dengan sinyal suara menggunakan *bluetooth*. Pada sinyal suara menggunakan kabel aux didapatkan rata-rata varian 0.028 dan rata-rata standar deviasi 0.166. Sedangkan pada sinyal suara menggunakan *bluetooth* didapatkan rata-rata varian 0.0444 dan rata-rata standar deviasi 0.2071.

4. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini Perangkat yang telah dibuat dapat mentransmisikan suara jantung ke komputer menggunakan kabel *aux* dan modul *bluetooth* serta menghitung BPM (*Beat Per Minute*) jantung. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Nano serta menggunakan audio *bluetooth transmitter* dan *receiver* untuk melakukan transmisi data via *bluetooth*. Hasil perbandingan BPM menggunakan alat dan secara manual mendapatkan jumlah selisih rata-rata 3,2. Sedangkan Dari hasil perhitungan pengujian menggunakan alat dan cara manual didapatkan persentase error sebesar 3,34 % dan keakuratan alat ini mencapai 96,64 %. Hasil perbandingan BPM menggunakan alat dan termometer digital mendapatkan selisih rata-rata 2,6. Sedangkan Dari hasil perbandingan pengujian menggunakan alat dan tensimeter didapatkan persentase error sebesar 3,34 % dan keakuratan alat ini mencapai 96,66 %. Hasil pengujian transmisi data sensor suara menggunakan kabel *aux* dan *bluetooth* terdapat perbedaan bentuk sinyal. Pada kabel *aux* terlihat jelas bentuk suara sistolik dan diastolik sehingga software dengan mudah memproses data lebih lanjut. Sedangkan transmisi data menggunakan *bluetooth* dengan Jarak transmisi *bluetooth* dilakukan sepanjang 3 meter

Referensi

- [1]. L. Hermawan, HS Subiyono, dan Setya Rahayu. "Pengaruh Pemberian Asupan Cairan (Air) terhadap Profil Denyut Jantung pada Aktivitas Aerobik." *Journal of Sport Sciences and Fitness*, vol. 4, no. 2, p. 15, 2012.
- [2]. L. Ghani, MD Susilawati, dan H Novriani. "Faktor risiko dominan penyakit jantung koroner di Indonesia." *Buletin Penelitian Kesehatan*, vol 44, no. 3, hal. 153-164, 2016.
- [3]. M. E. Gumilang, W. Sugeng, "Implementasi alat pendeteksi detak jantung berbasis raspberry pi," Seminar Nasional APTIKOM (SEMNASTIKOM), Hotel Lombok Raya Mataram, 28-29 Oktober 2016, hal. 8-13.
- [4]. Hamdi, Ilham, Suprayogi Suprayogi, and Asep Suhendi. "Implementasi Deteksi Qrs Complex Pada Sinyal Ekg Berbasis Raspberry Pi." *eProceedings of Engineering*, vol. 5, no. 2, 2018.
- [5]. T. P. Sari, R. Aisuwarya, and Darwison, "Sistem Monitoring Denyut Jantung Menggunakan Mikrokontroler Arduino Dan Komunikasi Modul Xbee," *Prosiding Semnastek*. November, pp. 1–9, 2015
- [6]. S Sollu, Alamsyah, dan M Bachtiar. "Sistem Pemantauan Sinyal Detak Jantung Pasien Menggunakan Protokol Zigbee Dan Arduino." *Techno. Com*. vol 16, no. 4, hal. 411-420, 2017.
- [7]. Wohingati, Galuh Wahyu, and Arkhan Subari. "Alat Pengukur Detak Jantung Menggunakan Pulse Sensor Berbasis Arduino Uno R3 yang Diintegrasikan dengan Bluetooth." *Gema Teknologi* vol 17, no. 2, 2013.
- [8]. Setiyono, Wahyu. "Perancangan Alat Monitoring Deyut Jantung Dan Suhu Tubuh Berbasis Android Menggunakan Bluetooth." *Disertasi., UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945*, 2018.
- [9]. Mardiansah dan Wildian. "Rancang Bangun Alat Monitoring Detak Jantung Pasien Rumah Sakit dengan Sistem Telemetri Berbasis Ardiuno UNO R3." *Jurnal Fisika Unand* vol. 8, no. 4, hal. 355-361, 2019.
- [10]. PI Jatmiko, AJ Taufiq, dan W Dwiono. "Alat Pengukur Suhu Badan Dan Detak Jantung Portable." *Jurnal Riset Rekayasa Elektro* vol.1, no. 1, 2019.
- [11]. IKR Arthana, IMA Pradnyana, dan DPY Kurniati. "Sistem Monitoring Detak Jantung dan Lokasi Pasien." *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 15, no. 1, 2018
- [12]. D. P. Wirawan, M. A. Riyadi, and M. Somantri, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Murmur Regurgitasi Jantung Berbasis Android," *Transient*, vol. 4 no 4, hal. 940-950, 2015.
- [13]. A. Kadir, Arduino & Sensor. *Andi Offset*, Yogyakarta, 2018.
- [14]. Maxim Integrated, "Datasheet Microphone Amplifier with AGC and Low-Noise Microphone Bias MAX9814.
- [15]. Diodes Incorporated, "Datasheet PAM8403," no. November, pp. 1–11, 2012