

IDENTIFIKASI SINYAL SUARA JANTUNG (PCG) DENGAN METODE ENERGI SHANNON DAN IMPLEMENTASINYA PADA IoT (INTERNET OF THINGS)

Weny Indah Kusumawati^{1*}, Ira Puspasari², Eka Sari Oktarina, Jusak Jusak³

¹ Program Studi Teknik Komputer, Fakultas Teknologi dan Informatika,
Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya
Surabaya 60298

Jl. Raya Kedung Baruk no 98

*Email: ira@stikom.edu

Abstrak

Survei pada beberapa negara menunjukkan bahwa penderita penyakit jantung semakin meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain: gaya hidup, kurang berolahraga, tingkat stress dan makanan yang tidak sehat. Pada saat ini pemeriksaan gejala penyakit jantung dilakukan dengan cara manual misalnya menggunakan stetoskop, pemeriksaan ECG dan Echocardiograf. Akan tetapi pemeriksaan jantung dengan menggunakan stetoskop secara manual ini sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, subjektivitas dan pengalaman seorang ahli penyakit jantung atau dokter. Karena itu diperlukan sebuah metode dengan kompleksitas rendah namun mampu diterapkan untuk deteksi dini penyakit jantung. Dalam penelitian ini, algoritma identifikasi sinyal suara jantung dengan memanfaatkan energi Shannon diterapkan pada sebuah mini PC untuk mengetahui posisi dan jarak waktu sinyal S1 dan S2 dalam domain waktu. Selanjutnya, hasil pengolahan tersebut dikirimkan melalui media komunikasi Internet dan ditampilkan pada sebuah aplikasi mobile. Berdasarkan hasil uji coba didapatkan bahwa nilai rata-rata interval S1-S1 sebesar 0.7517 s dan S1-S2 sebesar 0.3202 s. Penelitian ini juga menghitung lama pemrosesan energi Shannon pada mini PC dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan selama 0.0441 s. Seluruh data yang telah diolah dan dikirim ke cloud, memiliki rata-rata waktu tunda selama 1.3792 s.

Kata kunci: Energi Shannon, IoT, PCG, Sinyal suara jantung

1. PENDAHULUAN

Penyakit Jantung merupakan salah satu penyakit berbahaya di dunia. Penyakit jantung ini terbagi oleh beberapa bagian antara lain: Penyakit Jantung Koroner yang diakibatkan karena penyumbatan pembuluh darah pada Jantung, Penyakit Jantung Bawaan ketika lahir dikarenakan ketidaknormalan fungsi katub jantung, serta penyakit gagal jantung. Gagal jantung menjadi lebih umum seiring bertambahnya usia. Di Amerika Utara dan Eropa, beberapa pasien dengan gagal jantung berusia 50 tahun atau kurang, dan lebih dari 80% berusia 65 tahun atau lebih. Jumlah pasien dengan gagal jantung diperkirakan meningkat di negara-negara dengan populasi yang menua. Di negara Jepang khususnya, memiliki populasi yang paling cepat menua dari semua negara maju secara ekonomi. Di Amerika Serikat, ada 5,8 juta pasien yang hidup dengan gagal jantung pada tahun 2012, dan ini diperkirakan akan meningkat menjadi 8,5 juta pada tahun 2030 [1].

Deteksi dini penyakit jantung dibutuhkan untuk pemeriksaan awal ketidaknormalan fungsi jantung. Proses deteksi ketidaknormalan fungsi jantung, dapat dilakukan dengan pemeriksaan Phonocardiograf (PCG) untuk perekaman getaran akustik dari jantung, Electrocardiograf (ECG) untuk mengetahui aktivitas kelistrikan jantung, dan Echocardiograf untuk mengetahui aktivitas jantung saat berdenyut. Proses pemeriksaan ini tidaklah mudah dan murah, selain itu terdapat kelemahan yaitu hasil yang tersimpan masih dalam bentuk kertas dan file yang belum bisa dikirim jarak jauh. Penerapan *Internet of Things* (IoT) saat ini telah berkembang, khususnya dalam dunia kesehatan. Penelitian yang telah ada tentang IoT, dengan menerapkan Sensor ECG untuk analisis T-Wavelet *on line* dalam mendeteksi deviasi gelombang T sinyal medis, pada penelitian ini mampu memberikan sistem peringatan kepada Sistem Pusat Informasi Dokter via Internet Protocol (IP) [2]. Penelitian lain yang mengembangkan IoT adalah sistem monitoring dengan denoising sinyal dan segmentasi menggunakan Discrete Wavelet Transform, yang mentransmisikan data ECG dan PCG secara *real time* [3]. Penelitian tentang auskultasi jarak jauh telah dilakukan dengan mengembangkan sistem tele-auskultasi dengan waktu transmisi 5.68 detik, pengiriman sinyal suara jantung menghasilkan rata-rata jumlah data yang hilang kurang dari 1%, hal ini ditunjukkan dari proses

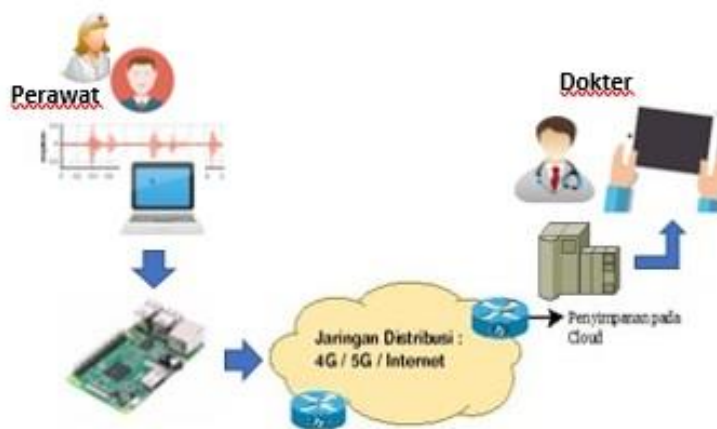
korelasi data yang mendekati 1 [4]. Proses tele-auskultasi tentunya tidak terlepas dari proses denoising, thresholding, dan identifikasi untuk bisa mengidentifikasi ketidaknormalan sinyal suara jantung baik dari domain waktu maupun domain frekuensi. Sinyal suara jantung PCG disegmentasi menjadi sinyal suara jantung pertama yang disebut dengan S1 dan sinyal suara jantung kedua disebut dengan S2 [5].

Pengembangan identifikasi berdasarkan domain waktu telah dilakukan [6], pengembangan pertama dilakukan dengan mengkombinasikan algoritma CEEMD dengan Pearson distance metric, untuk dekomposisi sinyal, kemudian menggabungkan dengan Envelope Energi Shannon pada proses ekstraksi ciri sinyal, mampu diketahui nilai interval S1-S2, interval S1-S1, serta durasi dan lokasi murmur.

Penelitian ini mengimplementasikan envelope energi shannon untuk ekstraksi ciri sinyal suara jantung dalam domain waktu pada mini PC, kemudian hasil yang diperoleh dikirimkan ke *cloud* dan disimpan dalam database, kemudian ditampilkan pada aplikasi *mobile*. Sehingga, selain data sinyal suara jantung yang ditampilkan, terdapat identitas pasien dan hasil pengolahan envelope energi shannon.

2. METODOLOGI

Penelitian ini telah melakukan pengiriman Shannon Envelope pada sinyal PCG, dari mini PC (Raspberry) ke aplikasi mobile melalui jaringan internet yang tersimpan pada *cloud*, Gambar 1 menunjukkan model pengiriman sinyal jantung.



Gambar 1. Model Pengiriman Sinyal Jantung

Penelitian ini juga telah menentukan letak S1 dan S2, jarak antara S1 dan S1, S1 dan S2, serta mengetahui lamanya waktu yang diperlukan *hardware* dalam hal ini mini PC raspberry. Pengolahan sinyal dalam bentuk normalisasi, pembentukan matrik, serta perhitungan Energi Shannon dilakukan pada mini PC. Terdapat dua tahapan dalam melakukan penelitian ini, perhitungan nilai Shannon envelope dan proses transmisi data ke *cloud*.

2.1. Proses Shannon Envelope

Terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk mendapatkan nilai Shannon envelope, yaitu dengan cara melakukan desimasi frekuensi sinyal menjadi 2kHz [7], selanjutnya melakukan normalisasi data dengan melakukan perhitungan sesuai dengan persamaan (1):

$$x_{anom}(k) = \frac{x_{7020}(k)}{\max(|x_{7020}(i)|)} \tag{1}$$

Dimana nilai x_{7020} merupakan hasil dari desimasi sinyal.

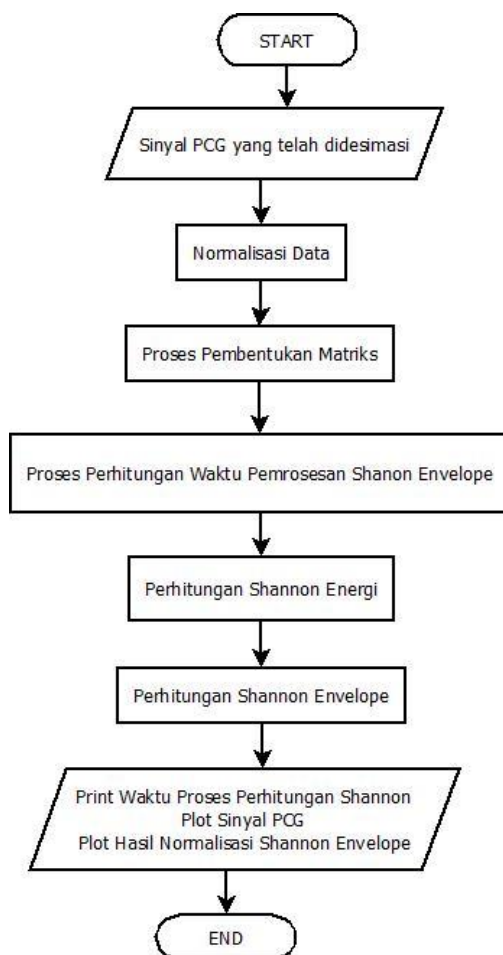
Pada tahap selanjutnya, dilakukan perhitungan Energi Shannon. Proses perhitungan Energi Shannon, dilakukan dengan cara melakukan segmentasi sinyal setiap 0,02 detik segmen yang bertumpuk setiap 0,01 detik segmen. Perhitungan rata-rata menggunakan persamaan (2):

$$E_s = -1/N \cdot \sum_{i=1}^N x_{norm}^2(i) \cdot \log x_{norm}^2(i) \tag{2}$$

Nilai x_{norm} merupakan hasil dari desimasi dan normalisasi sinyal sampel. Dan N merupakan sinyal dengan panjang 0.02 detik segmen, $N= 40$. Tahap terakhir dari Shannon envelope $P_a(t)$ adalah dengan membagi rata-rata Energi Shannon dengan waktu, seperti pada persamaan (3):

$$P_a(t) = \frac{E_s(t) - M(E_s(t))}{S(E_s(t))} \tag{3}$$

M adalah nilai rata-rata dari $E_s(t)$, dan $S(E_s(t))$ merupakan standart deviasi dari $E_s(t)$. Perancangan sistem untuk mencari nilai Shannon envelope pada sebuah hardware dengan menggunakan tahapan Shannon Envelope yang Gambar 2 menunjukkan tahapan Shannon Envelope pada mini PC.



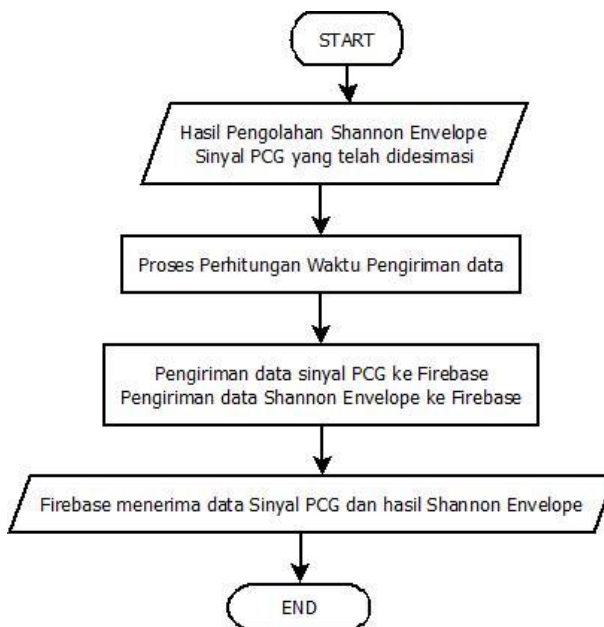
Gambar 2. Tahapan Shannon Envelope pada mini PC

Data masukan pada penelitian ini merupakan data sinyal jantung yang telah didesimasi menjadi 2kHz, dari hasil perekaman awal dengan stetoskop digital 8kHz. Seluruh data sinyal suara jantung merupakan data jantung normal yang terdiri dari mahasiswa dan karyawan Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya. Selanjutnya dilakukan proses normalisasi data hasil desimasi, hasil normalisasi kemudian dibagi menjadi segmen-segmen yang telah ditentukan yaitu 0.02 detik,

dengan penumpukan data selama 0.01 detik setiap segmen. Terdapat proses untuk mengetahui lamanya perhitungan Shannon Envelope pada mini PC, sehingga dapat diketahui waktu pengolahan sinyal hasil normalisasi menjadi envelope, sehingga bisa diketahui waktu terjadinya S1, S2, S1-S1, dan S1-S2.

2.2. Transmisi data PCG kedalam Database

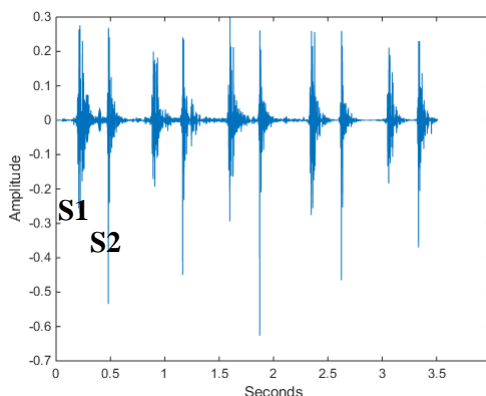
Hasil pengolahan data menggunakan Shannon envelope selanjutnya ditransmisikan ke cloud dalam penelitian ini menggunakan firebase, kemudian ditampilkan kedalam sebuah aplikasi *mobile*. Alur pengiriman data sinyal suara jantung dapat dilihat pada Gambar 3. Proses ini, digunakan untuk mengetahui lamanya mini PC melakukan pengiriman data kedalam database (firebase).



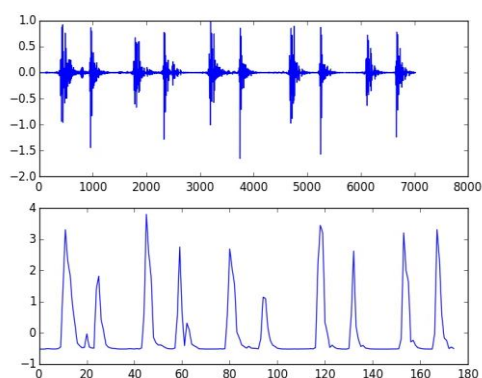
Gambar 3. Model Pengiriman Sinyal Jantung

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

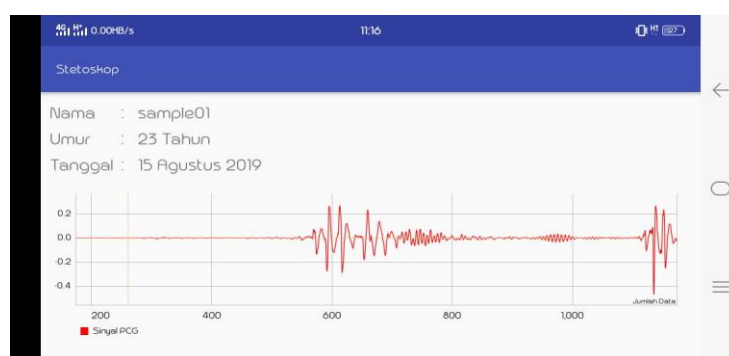
Beberapa tahapan telah dilakukan pada penelitian ini, yaitu: sinyal PCG yang telah terekam, Gambar 4 memperlihatkan proses perekaman selama 3.5 detik, pengolahan sinyal dengan metode Shannon Envelope, serta melakukan transmisi ke aplikasi mobile. Proses pengolahan sinyal dengan menggunakan metode Shannon Envelope menghasilkan data ekstraksi ciri sinyal suara jantung untuk masing-masing sampel. Gambar 5 menunjukkan data yang telah terproses di mini PC, kemudian ditransmisikan melalui internet dan disajikan dalam bentuk aplikasi mobile seperti yang terlihat pada Gambar 6 (a) dan 6 (b).



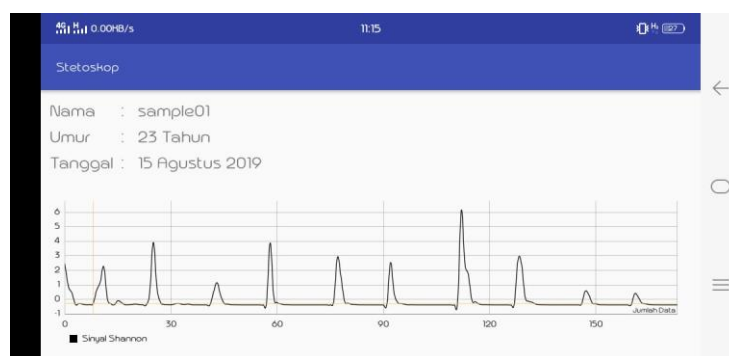
Gambar 4. Sinyal PCG (atas) dan Shannon Envelope (bawah) Sampel 1



Gambar 5. Sinyal PCG (atas) dan Shannon Envelope (bawah) Sampel 1



Gambar 6 (a). Tampilan pada aplikasi mobile (Dokumentasi Penelitian)

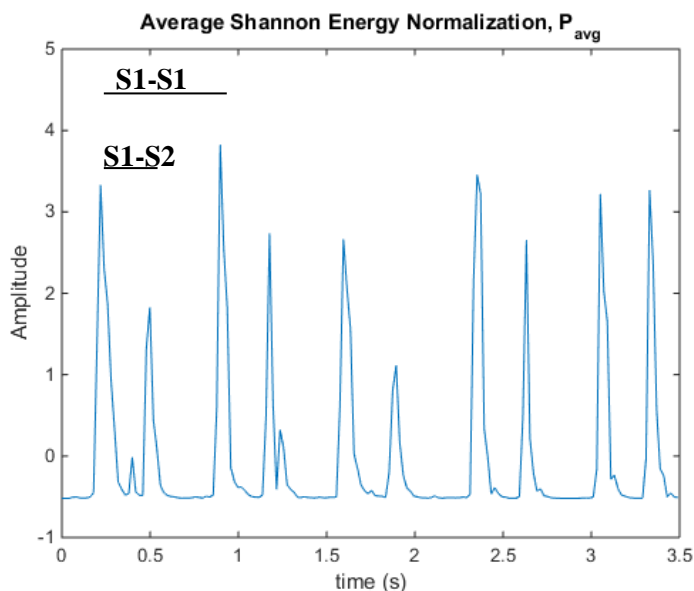


Gambar 6 (b). Tampilan pada aplikasi mobile (Dokumentasi Penelitian)

Terdapat isian identitas pada aplikasi yang telah dibuat pada penelitian ini, hal ini akan memudahkan dokter dalam membaca data hasil perekaman yang dikirim jarak jauh. Selain menampilkan Sinyal PCG, pada penelitian ini juga menampilkan hasil pemrosesan sinyal yang telah diolah dengan menggunakan metode Shannon Envelope. Gambar 6(a) menunjukkan tampilan sinyal PCG yang telah didesimasi menjadi 2kHz, sb.x merupakan banyaknya data Sampel 1 yang terekam selama 3.5 detik, sedangkan sb.y merupakan amplitudo sinyal yang telah dinormalisasi, yang kemudian diolah dengan proses Energi Shannon sehingga membentuk kurva envelope seperti yang terlihat pada Gambar 6(b), dimana sb.x merupakan merupakan banyak data, sedangkan sb.y merupakan rata-rata Energi Shannon yang telah dinormalisasi.

3.1. Hasil Uji Domain Waktu Sinyal PCG

Data sinyal suara jantung telah direkam sebanyak delapan buah sampel, terdiri dari empat laki-laki dan empat perempuan dengan kondisi jantung yang sehat. Hasil perekaman yang kemudian diolah dengan metode Shannon Envelope pada mini PC, mampu memberikan informasi tentang ekstraksi ciri pada domain waktu, waktu terjadinya suara jantung pertama (S1), waktu terjadinya suara jantung kedua (S2), interval antara S1 dan S1 berikutnya, dan interval antara S1 dan S2. Hasil pengujian ini ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 7. Proses perhitungan waktu pada hasil Shannon Envelope

Proses perhitungan waktu pada hasil Shannon Envelope dihitung dengan mengambil data puncak S1 dan puncak S2. Gambar 7 merupakan salah satu proses perhitungan pada Sampel 1, dimana pada perekamannya memiliki interval selama 3.5 detik, dan memiliki 5 siklus. Puncak S1 pertama berada pada waktu 0.2194 s dan puncak S1 kedua berada pada 0.8973 s, sehingga interval antara S1-S1 data pertama pada Sampel 1 sebesar 0.6779 s. Puncak S2 pertama berada pada 0.4985 s, sehingga untuk data pertama Sampel 1 memiliki interval S1-S2 sebesar 0.2791 s. Masing-masing sampel diambil 5 siklus untuk dihitung nilai interval S1-S1 dan interval S1-S2. Hasil pengujian masing-masing sampel, kemudian dirata-rata. Hasil rata-rata S1-S1 sebesar 0.7517 s dan rata-rata S1-S2 sebesar 0.3202 s, nilai ini telah sesuai dengan penelitian sebelumnya [8], [9].

Tabel 1. Hasil Uji Domain Waktu Sinyal PCG

| Sample | S1 (s) | S2 (s) | S1-S1 (s) | S1-S2 (s) | Rata-Rata | |
|--------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | S1-S1 (s) | S1-S2 (s) |
| 1 | 0.2194 | 0.4985 | 0.6779 | 0.2791 | 0.7079 | 0.2842 |
| | 0.8973 | 1.1765 | 0.698 | 0.2792 | | |
| | 1.5953 | 1.8944 | 0.7577 | 0.2991 | | |
| | 2.353 | 2.6322 | 0.698 | 0.2792 | | |
| | 3.051 | 3.3302 | | | | |
| 2 | 0.1995 | 0.5041 | 0.9575 | 0.3046 | 0.9393 | 0.3354 |
| | 1.157 | 1.4544 | 0.8089 | 0.2974 | | |
| | 1.9659 | 2.4083 | 1.0916 | 0.4424 | | |
| | 3.0575 | 3.3549 | 0.8994 | 0.2974 | | |
| | 3.9569 | 4.2507 | | | | |
| 3 | 0.2003 | 0.4806 | 0.7008 | 0.2803 | 0.7059 | 0.2704 |
| | 0.9011 | 1.1415 | 0.6809 | 0.2404 | | |
| | 1.582 | 1.8624 | 0.7209 | 0.2804 | | |
| | 2.3029 | 2.5833 | 0.7209 | 0.2804 | | |

| | | | | | | |
|---|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 3.0238 | 3.3042 | | | | |
| | 0.5198 | 0.8797 | 0.6598 | 0.3599 | | |
| | 1.1796 | 1.5594 | 0.6797 | 0.3798 | | |
| 4 | 1.8593 | 2.2592 | 0.6998 | 0.3999 | 0.7022 | 0.4398 |
| | 2.5591 | 2.9589 | 0.7697 | 0.6198 | | |
| | 3.3288 | 3.5787 | | | | |
| | 0.1802 | 0.4606 | 0.8211 | 0.2804 | | |
| | 1.0013 | 1.3017 | 0.821 | 0.3004 | | |
| 5 | 1.8223 | 2.1227 | 0.8211 | 0.3004 | 0.8160 | 0.2954 |
| | 2.6434 | 2.9438 | 0.801 | 0.3004 | | |
| | 3.4444 | 3.7448 | | | | |
| | 0.1199 | 0.3598 | 0.7395 | 0.2399 | | |
| | 0.8594 | 1.0993 | 0.6996 | 0.2399 | | |
| 6 | 1.559 | 1.7988 | 0.7195 | 0.2398 | 0.7145 | 0.2399 |
| | 2.2785 | 2.5184 | 0.6996 | 0.2399 | | |
| | 2.9781 | 3.6177 | | | | |
| | 0.1803 | 0.4408 | 0.6814 | 0.2605 | | |
| | 0.8617 | 1.1422 | 0.7414 | 0.2805 | | |
| 7 | 1.6031 | 1.8836 | 0.7013 | 0.2805 | 0.7164 | 0.2755 |
| | 2.3044 | 2.585 | 0.7414 | 0.2806 | | |
| | 3.0458 | 3.3264 | | | | |
| | 0.4207 | 0.8614 | 0.7212 | 0.4407 | | |
| | 1.1419 | 1.5826 | 0.7412 | 0.4407 | | |
| 8 | 1.8831 | 2.3238 | 0.7212 | 0.4407 | 0.7109 | 0.4207 |
| | 2.6043 | 2.9649 | 0.6602 | 0.3606 | | |
| | 3.2645 | 3.6259 | | | | |
| | Rata – Rata | | | | 0.7517 | 0.3202 |

3.2. Hasil Uji Proses Energi Shannon

Penelitian ini telah melakukan pengujian, untuk mencari interval waktu yang dibutuhkan selama perhitungan energi shannon di mini PC. Pemrosesan energi shannon dengan waktu terpendek dan terpanjang, yaitu: pada sampel 5 selama 0.0271 s, dan sampel 6 selama 0.0820 s. Sedangkan rata-rata pemrosesan perhitungan energi Shannon, pada penelitian ini selama 0.0441 s.

Tabel 2. Hasil Uji Proses Shannon Energi

| Sampel | Waktu Pemrosesan |
|------------------|--------------------|
| | Shannon Energi (s) |
| 1 | 0.0274 |
| 2 | 0.0420 |
| 3 | 0.0651 |
| 4 | 0.0431 |
| 5 | 0.0271 |
| 6 | 0.0820 |
| 7 | 0.0389 |
| 8 | 0.0272 |
| Rata-rata | 0.0441 |

3.3. Hasil Uji Proses Transmisi

Selanjutnya, nilai yang didapatkan dari pengujian Energi Shannon, ditransmisikan melalui media internet dan ditampilkan dalam bentuk grafik envelope S1 dan S2. Sinyal PCG yang diolah memerlukan waktu transmisi sebelum ditampilkan pada aplikasi mobile. Masing-masing sinyal suara jantung telah diuji transmisi untuk mengetahui rata-rata waktu yang dibutuhkan selama pemrosesan Energi Shannon hingga dikirimkan. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian waktu tunda transmisi untuk seluruh sampel.

Tabel 3. Hasil Uji Proses Transmisi

| Waktu Tunda Transmisi | |
|------------------------------|------------|
| Sampel | (s) |
| 1 | 1.3023 |
| 2 | 0.9390 |
| 3 | 1.6167 |
| 4 | 1.5085 |
| 5 | 1.5177 |
| 6 | 1.5430 |
| 7 | 1.0783 |
| 8 | 1.5285 |
| Rata-rata | 1.3792 |

Tabel 3, menunjukkan hasil pengujian kualitas transmisi melalui jaringan internet, dimana seluruh data sampel diuji coba untuk dikirim ke *cloud* dan ditampilkan pada aplikasi *mobile*. Setiap pengiriman data sampel memiliki waktu transmisi yang berbeda-beda, hal ini disebabkan oleh kualitas internet (jumlah kongesti) pada saat proses pengiriman. Waktu tunda terendah dari pengiriman penelitian ini adalah sebesar 0.9390 s, sedangkan waktu tertinggi adalah sebesar 1.6167 s. Seluruh proses pengujian waktu tunda transmisi jika dirata-rata memiliki nilai sebesar 1.3792 s. Waktu yang dibutuhkan ini lebih cepat jika dibandingkan penelitian sebelumnya sebesar 5.6800 s [4].

4. KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengimplementasikan rata-rata Energi Shannon pada mini PC yang telah dinormalisasi untuk ekstraksi ciri dalam domain waktu, yaitu berupa nilai interval S1-S1 dan S1-S2. Hasil dari rata-rata nilai interval S1-S1 sebesar 0.7517 s dan S1-S2 sebesar 0.3202 s untuk seluruh sampel dengan kondisi jantung normal. Nilai Energi Shannon yang telah diperoleh ditransmisikan melalui jaringan internet dan ditampilkan pada aplikasi *mobile*. Pemrosesan energi shannon membutuhkan rata-rata waktu selama 0.0441 s, sedangkan rata-rata lama waktu tunda pengiriman data dari mini PC ke *cloud* sebesar 1.3792 s.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian didanai oleh Hibah Penelitian Dasar DIKTI (Nomor: 007/ST-PPM/KPJ/IV/2019). Kami juga mengucapkan terima kasih atas dukungan waktu, tenaga dan pikiran dari keempat mahasiswa S1 Teknik Komputer: Adrian Febiyanto (15410200022), Muhammad Reza Bintami (15410200034), Zendi Zakaria Raga Permana (16410200033) and Miskiyanto (17410200044).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. a. Ponikowski, Piotr Professor, "Heart failure Preventing disease and death worldwide, Heart failure: preventing disease and death worldwide European Society of Cardiology," *European Society of Cardiology*, pp. 6–7, 2014.
- [2] D. M. S. L. L. D. B. Rao, Er M Seshagiri., Dr V S Chouhan., "ECG (Electro Cardio Gram) Sensor IoT for on line T-Wavelet Analysis to Detect Medical Signal Deviation," *IOSR J. Mob. Comput. Appl.*, vol. 4, no. 2, pp. 26–30, 2017.
- [3] W. C. Low, Jia Xin., Keng, "IoT-enabled Heart Monitoring Device with Signal De-noising and Segmentation using Discrete Wavelet Transform," *15th Int. Conf. Control. Autom. Robot. Vis.*, pp. 119–124, 2018.
- [4] J. Oktarina, Eka Sari., Ira, Puspasari., Jusak, "Auskultasi Jarak Jauh untuk Pengukuran dan Perekaman Sinyal Suara Jantung," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 14, no. 3, pp. 198–204, 2018.
- [5] M. Banerjee, Sanmitra., Madhusudhan, Mishra., Anirban, "Segmentation and Detection of First and Second Heart Sounds (S1 and S2) Using Variational Mode Decomposition," *IEEE EMBS Conf. Biomed. Eng. Sci.*, pp. 565–570, 2016.
- [6] J. Puspasari, Ira., Weny, Indah Kusumawati., Eka, Sari Oktarina., Jusak, "A New Heart Sound Signals Identification Approach Suitable for Smart Healthcare System," *Int. Conf. Appl. Eng. (ICAE 2019)*, pp. xx–xx, 2019.

- [7] H. Liang, H., S, Lukkarinen., I, “Heart Sound Segmentation Algorithm Based on Heart Sound Envelopogram,” *IEEE Comput. Cardiol.*, vol. 24, pp. 105–108, 1997.
- [8] Z. J. Choi, Samjin, “Comparison of envelope extraction algorithms for cardiac sound signal segmentation,” *Sci. Direct Appl. Expert Syst.*, vol. 34, pp. 1056–1069, 2008.
- [9] I. Haoran, Ren., Hailong, Jin., Chen, Chen., Hemant, Ghayvat., Wei, Chen (Senior Member, “A Novel Cardiac Auscultation Monitoring System Based on Wireless Sensing for Healthcare,” *IEEE J. Transl. Eng. Heal. Med.*, vol. 6, pp. 2168–2372, 2018.