

Jurnal *Rekayasa Elektrika*

VOLUME 14 NOMOR 3

Desember 2018

Auskultasi Jarak Jauh untuk Pengukuran dan Perekaman Sinyal Suara Jantung 198-204

Eka Sari Oktarina, Ira Puspasari, dan Jusak Jusak

JRE	Vol. 14	No. 3	Hal 145–220	Banda Aceh, Desember 2018	ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620X
-----	---------	-------	-------------	------------------------------	--------------------------------------

Auskultasi Jarak Jauh untuk Pengukuran dan Perekaman Sinyal Suara Jantung

Eka Sari Oktarina, Ira Puspasari, dan Jusak Jusak
Program Studi Sistem Komputer, Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya
Jl. Raya Kedung Baruk 98, Surabaya, 60298
e-mail: ekasari@stikom.edu

Abstrak—Pada tahun 2014 *Sample Registration System (SRS)* mengeluarkan hasil survei yang menegaskan bahwa penyakit jantung merupakan penyakit nomor 2 (dua) tertinggi pada semua golongan umur dan merupakan penyakit tidak menular yang paling banyak diderita di Indonesia dengan *presentase* sebesar 12,9%. Dalam penelitian ini, teknik auskultasi jarak jauh dibangun dengan memanfaatkan jaringan global Internet sebagai media transmisi dan media penyimpan berbasis *Cloud*. Teknologi ini memungkinkan pengiriman sinyal suara jantung secara daring sehingga pengukuran dan perekaman sinyal jantung tetap dapat dilakukan untuk masyarakat daerah-daerah pedesaan di mana kehadiran dokter ahli sangat terbatas, sedangkan dokter ahli dapat berada di mana saja untuk melakukan analisis klinis. Hasil pengujian terhadap sistem tele-auskultasi menunjukkan bahwa rata-rata waktu tunda transmisi adalah 5,68 detik dengan rata-rata jumlah data hilang kurang dari 1% untuk pengiriman 1 sinyal suara jantung. Nilai rata-rata waktu tunda transmisi untuk pengiriman data sinyal jantung dengan 2 pasien secara simultan menunjukkan nilai yang lebih kecil. Hal ini mungkin disebabkan karena pengukuran waktu tunda transmisi dan jumlah data hilang sangat tergantung pada kondisi jaringan internet. Korelasi antara data sebelum dan sesudah ditransmisikan memiliki nilai mendekati 1 pada , hal ini berarti terdapat kemiripan yang sangat kuat antara data sinyal suara jantung sebelum dan sesudah transmisi.

Kata kunci: *tele-auskultasi, sinyal suara jantung, internet, Internet of Things, penyimpanan Cloud*

Abstract— In 2014, the *Sample Registration System (SRS)* released a survey showing that heart diseases can be categorized as the second highest non-communicable disease in Indonesia. The percentage is 12.9%. In this work, a tele-auscultation system for heart sound signals was built to transmit the signal over the global Internet networks and store them in a *Cloud* storage. Thus, the system allows measurement of heart sound signal for the rural area where the presence of expert is very scarce and helps the expert doctors to perform clinical analysis anywhere. Our examination showed that the system exhibited the average transmission delay of 5.68 second and data lost of only less than 1% for transmission of 1 heart sound signal. On the other hand, examination using two heart sound signals transmitted simultaneously showed that it displayed a smaller average of transmission delay. It may be caused by the measurement of the transmission delay as well as data lost that is depended on the traffic in the internet networks. Moreover, correlation of the heart sound signals before and after transmission showed a strong correlation where the correlation value is very close to 1 at, indicating that there is a strong similarity between the two signals.

Keywords: *tele-auscultation, heart sound signal, internet, Internet of Things, Cloud storage*

Copyright © 2018 *Jurnal Rekayasa Elektroika*. All right reserved

I. PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Kesehatan Republik Indonesia pada saat ini sedang mewaspadaikan tingginya kematian akibat Penyakit Jantung Koroner (PJK). Berdasarkan hasil survei yang dilakukan oleh *Sample Registration System (SRS)* pada tahun 2014, penyakit jantung merupakan penyakit nomor 2 (dua) tertinggi pada semua golongan umur dari 10 (sepuluh) jenis penyakit tidak menular yang paling banyak diderita di Indonesia, yaitu sebesar 12,9% [1]. Untuk menghindari faktor resiko yang disebabkan oleh PJK tersebut, Kemenkes menghimbau masyarakat untuk melakukan cek kesehatan secara berkala disamping meningkatkan

kesadaran diri sendiri untuk menjauhi asap rokok, melakukan olah raga secara rutin, makanan yang sehat, istirahat cukup, dan kemampuan mengelola stress.

Bersamaan dengan hal itu, dalam beberapa tahun terakhir perkembangan teknologi informasi mengarah pada pemanfaatan *Internet of Things (IoT)* dalam bidang kesehatan [2]. Sebagai contoh, IoT dapat digunakan untuk melakukan pengambilan data dan pengukuran sinyal jantung secara jarak jauh, atau dikenal dengan istilah tele-auskultasi [3]. Beberapa keuntungan dari tele-auskultasi misalnya, pengukuran sinyal jantung dapat dilakukan untuk daerah pedesaan di mana kehadiran dokter ahli sangat jarang karena perangkat IoT memungkinkan pengiriman data sinyal jantung secara daring dengan

memanfaatkan jaringan komunikasi internet. Karena itu pemanfaatan IoT untuk pengukuran dan perekaman sinyal jantung berpotensi besar dalam membantu mengurangi resiko penyakit jantung di Indonesia. Selain itu, karena pemeriksaan fisik mewajibkan seorang Pasien membuka area bagian dada, maka dengan memanfaatkan perangkat IoT memungkinkan seorang dokter yang berbeda gender dapat melakukan pengamatan sinyal jantung secara daring sehingga privasi seorang Pasien dapat terjaga. Ketiga, keterbatasan fisik pendengaran seorang dokter selama melakukan pengukuran sinyal jantung dapat diatasi karena data sinyal jantung yang telah diambil dengan sensor elektronik tersimpan dalam sebuah komputer dan dapat ditampilkan ulang untuk kebutuhan analisis visual [4].

Penelusuran terhadap hasil-hasil penelitian yang telah dipublikasi menunjukkan bahwa model dan teknik tele-auskultasi telah diusulkan dalam beberapa artikel. Sebagian besar teknik tele-auskultasi yang telah ada tersebut memanfaatkan teknologi komunikasi nirkabel sebagai media transmisi data/sinyal, secara khusus komunikasi nirkabel yang beroperasi pada frekuensi radio 2,4 GHz, sebagai contoh adalah penggunaan perangkat daya rendah yang dikeluarkan oleh Nordic Semiconductor [5]. Pengiriman sinyal hasil auskultasi juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan jaringan sensor nirkabel (*wireless sensor networks*) yang menggunakan protokol standar Zigbee. Jaringan Zigbee memiliki keuntungan dalam hal fleksibilitas jangkauan dan fleksibilitas pengembangan jaringan karena protokol ini berbasiskan jaringan jala (*mesh network*). Akan tetapi kekurangan dari jaringan Zigbee adalah lebar pita (*bandwidth*) maksimum yang dapat ditampung hanya sebesar 250 KB. Karena itu untuk pengiriman sinyal dalam bentuk streaming signal seperti halnya pada pengiriman sinyal jantung akan mengalami kendala, misalnya adanya waktu tunda (*delay*) transmisi yang cukup panjang [6].

Artikel lain mengusulkan model tele-auskultasi dengan memanfaatkan teknologi *Bluetooth* untuk transmisi sinyal untuk mengamati sinyal detak jantung seorang Pasien [7]. Dengan menggunakan teknologi *Bluetooth* proses pengiriman sinyal jantung tidak akan mengalami kendala yang berarti karena lebar pita dalam komunikasi *Bluetooth* cukup besar yaitu sebesar 2 Mbps. Karena itu model tele-auskultasi ini mampu memberikan pembacaan sinyal jantung cukup akurat. Namun model auskultasi dengan menggunakan *Bluetooth* memiliki keterbatasan jarak jangkauan pengiriman sinyal karena standar komunikasi *Bluetooth* hanya mengakomodasi jarak kurang dari 10 m. Untuk dapat mengirimkan sinyal pada jarak yang lebih jauh dibutuhkan bentuk teknologi komunikasi lain seperti keluarga IEEE 802.11 (WiFi) [8]. Sebagai contoh artikel dalam [9] menggunakan *Access Point* (AP) tunggal dan sebuah perangkat WiFi untuk mengirimkan sinyal-sinyal vital termasuk sinyal jantung selama pasien tidur.

Dalam penelitian ini sebuah model tele-auskultasi diusulkan untuk dapat melakukan transmisi sinyal jantung melalui jaringan Internet (*wide area networks*) dan selanjutnya melakukan perekaman sinyal jantung tersebut

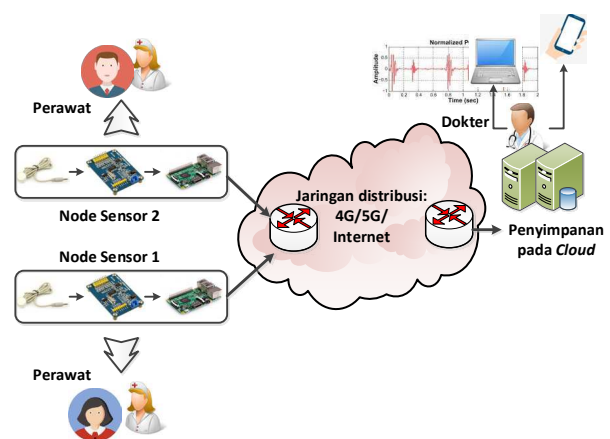
pada perangkat penyimpanan elektronik berbasis *Cloud* [10]. Berbeda dengan artikel-artikel penelitian sebelumnya yang hanya mampu melakukan proses tele-auskultasi dalam lingkup jaringan lokal (*local area networks*), penelitian ini lebih menitikberatkan pada pengiriman sinyal jantung dalam bentuk sinyal *Phonocardiograph* (PCG) secara streaming menggunakan jaringan luas internet. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya, dimana data yang dikirim harus tersimpan terlebih dahulu dan bukan secara streaming [11].

Kontribusi utama dalam artikel penelitian ini antara lain: melakukan implementasi model tele-auskultasi sinyal jantung untuk transmisi data dengan menggunakan jaringan luas internet dan melakukan penyimpanan data sinyal jantung pada perangkat elektronik berbasis *Cloud*, dan melakukan perekaman 2 buah sinyal jantung dalam bentuk PCG secara simultan dan mengirimkan kedua sinyal jantung tersebut secara bersamaan melalui jaringan luas internet dan menyimpan data sinyal jantung pada basis data yang berada pada sebuah *Cloud*.

II. METODE PENELITIAN

A. Model Sistem Tele-Auskultasi

Model sistem auskultasi jarak jauh (tele-auskultasi) ditunjukkan pada Gambar 1. Model ini mirip dengan model auskultasi diusulkan dalam [12], namun model tersebut digunakan untuk transmisi sinyal jantung dalam bentuk sinyal ECG. Seperti terlihat pada Gambar 1, sistem tele-auskultasi dibangun dengan menggunakan model komunikasi data *multipoint wireless sensor network*, yang terdiri atas 2 (dua) buah *device (node)* dengan 1 server yang terhubung dalam sebuah jaringan. Data sinyal suara jantung dapat dikirimkan dalam waktu yang bersamaan apabila proses pengukuran dilakukan untuk 2 (dua) orang Pasien secara simultan. Dalam proses transmisi, 2 (dua) buah node yang masing-masing terdiri atas sebuah sensor dan sebuah komputer mini mengirim data kepada sebuah penyimpanan elektronik yang ada pada sebuah sistem *Cloud*. Selanjutnya data dapat ditampilkan dalam sebuah website, yang dapat diakses dengan menggunakan sebuah



Gambar 1. Model sistem tele-auskultasi

perangkat perambah (*browser*) yang ada pada komputer atau perangkat genggam yang memiliki koneksi internet.

Data yang berasal dari node sensor 1 atau node sensor 2 masing-masing memiliki nomer ID untuk proses identifikasi data. Hal ini berguna untuk melakukan pemilahan data pada sisi penyimpanan elektronik apabila kedua sensor melakukan pengiriman data secara simultan. Data sinyal suara jantung disimpan pada sebuah basis data yang terdapat pada sebuah penyimpanan elektronik yang terletak pada sebuah sistem *Cloud* sesuai dengan nomer ID masing-masing.

Seperti terlihat dalam Gambar 1, pada saat proses perekaman sinyal suara jantung dilakukan, perawat/dokter dan pasien dapat melihat sinyal suara jantung yang dipresentasikan dalam bentuk grafik pada sebuah situs yang dapat diakses secara lokal. Namun secara bersamaan, sinyal suara jantung tersebut juga ditransmisikan melalui jaringan internet ke sebuah penyimpanan elektronik yang ada pada sebuah sistem *Cloud*. Dengan model auskultasi jarak jauh semacam ini, diharapkan kendala jarak dan waktu dapat teratasi.

Untuk tujuan pengamanan data sinyal jantung dari masing-masing pasien, maka data hanya dapat dimiliki oleh dokter pemeriksa yang berasosiasi dengan pasien saja. Karena itu setiap dokter memiliki hak akses tertentu ke dalam sistem. Tujuan utama dari proteksi sistem semacam ini dikarenakan hasil pemeriksaan jantung merupakan hak privasi dari setiap pasien. Seorang dokter dapat melakukan analisis secara langsung melalui grafik sinyal jantung dari pasien dan melakukan perbandingan hasil pemeriksaan dengan rekam jantung yang telah disimpan sebelumnya untuk mengetahui perkembangan kesehatan jantung setiap pasien.

B. Pengambilan Data Uji

Dalam proses uji coba sistem tele-auskultasi, digunakan 2 (dua) pasien dengan kondisi jantung yang berbeda sebagai subyek penelitian. Pengambilan data dilakukan selama 15 detik untuk setiap data sinyal suara jantung. Untuk kebutuhan analisis proses transmisi sinyal suara jantung, pengambilan data sinyal jantung dilakukan beberapa kali untuk setiap subyek, yaitu dengan melakukan perubahan terhadap jumlah sampel dalam satuan waktu tertentu, yaitu berturut-turut 500, 1000, dan 2000 sampel per detik.

Untuk menguji validitas pembacaan data sinyal suara jantung melalui perangkat yang telah dibuat, beberapa uji pendahuluan terhadap kondisi jantung para subyek penelitian telah dilakukan dengan melakukan konsultasi pada dokter ahli jantung, yaitu uji *electro-cardiograph* (ECG) dan uji *echo-cardiograph*. Kedua hasil uji tersebut menerangkan bahwa kedua pasien memiliki riwayat jantung sehat, sehingga sinyal yang dihasilkan adalah sinyal jantung normal. Pada *electro-cardiograph* sinyal diperoleh melalui pengukuran terhadap gelombang elektromagnetik yang mengalir pada tubuh, sedangkan pada *echo-cardiograph* sinyal diperoleh melalui analisis

sinyal suara jantung yang berasal dari bunyi katup jantung yang terbuka dan tertutup secara kontinyu serta secara langsung menampilkan gambar dari jantung secara detail menggunakan gelombang suara. *Phonocardiograph* (PCG) sinyal diperoleh dari analisis sinyal jantung yang berasal dari perekaman suara jantung melalui mikrofon yang ditempelkan pada dada dan terhubung pada alat perekam.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini terdiri atas 2 (dua) bagian utama, yaitu: tahapan implementasi dan pengujian sistem tele-auskultasi.

A. Tahapan Implementasi Sistem Tele-Auskultasi

Pada tahapan implementasi sistem tele-auskultasi ini, dilakukan beberapa tahapan diantaranya:

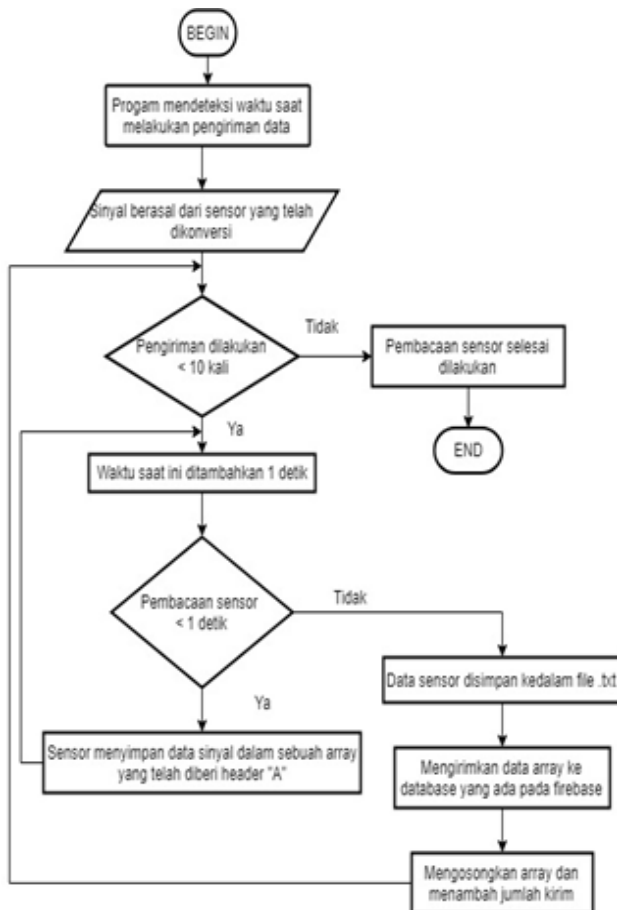
1. Langkah 1. Pengambilan data dengan menggunakan *node sensor*. *Node sensor* yang telah dibangun sebagai perangkat untuk pengambilan data PCG terdiri atas 3 buah modul yang meliputi: modul heart-sound sensor, modul pengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital (ADS 1256) dan sebuah modul mini komputer (Raspberry Pi 3 Model B). Bentuk perangkat *node sensor* yang telah dipaket sebagai sebuah model kompak terlihat pada Gambar 2.

Modul *heart-sound sensor* adalah sebuah sensor PCG dengan tipe SKU SEN42771M yang telah diproduksi oleh pabrik. Sensor SKU SEN42771M telah memiliki komponen *micro-sound* yang terintegrasi dengan keluaran audio berimpedansi rendah. Beberapa fitur dari heart-sound sensor SKU SEN42771M adalah sebagai berikut: (i) sinyal tegangan keluaran analog, (ii) sinyal audio berimpedansi rendah, (iii) rentang kelebihan beban 100 kali, (iv) memiliki anti-jamming. Kelebihan yang dimiliki oleh *heart-sound sensor* SKU SEN42771M, terutama dalam hal kemampuannya melakukan eliminasi terhadap gangguan (*noise*) selama proses pengambilan data.

2. Langkah 2. Konversi dan penyimpanan sementara data sinyal suara jantung. Data yang analog yang berasal dari *heart-sound sensor* diubah menjadi data digital dengan menggunakan perangkat pengkonversi analog ke digital, ADS 1256 dengan resolusi sebesar 24 bit. Perangkat ADS 1256 terhubung pada sebuah perangkat komputer papan



Gambar 2. Modul sebuah node sensor untuk pengambilan sinyal PCG



Gambar 3. Diagram alir pengiriman sinyal suara jantung untuk Pasien 1

tunggal (*single board computer*) melalui komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*). Pada penelitian ini digunakan komputer papan tunggal Raspberry Pi 3 Model B yang memanfaatkan pemroses utama *Quad Core* 1,2 GHz *Broadcom BCM2837 CPU* 64bit dengan memori sebesar 1 GB RAM.

3. Langkah 3. Pengiriman data melalui jaringan Internet ke sebuah basis data berbasis *Cloud*. Raspberry Pi 3 Model B telah dilengkapi dengan modul WiFi untuk memudahkan transmisi data melalui jaringan internet. Karena itu setelah proses pengambilan data dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan transmisi data sinyal suara jantung masing-masing pasien melalui jaringan internet ke sebuah

basis data berbasis *Cloud*. Dalam penelitian ini digunakan aplikasi berbasis *Cloud* yang bernama *Firestore*. Apabila pada suatu saat tertentu kedua node sensor digunakan untuk perekaman medis secara bersamaan, maka kedua data sinyal suara jantung akan dikirimkan ke basis data secara bersamaan pula.

4. Langkah 4. Penampilan data sinyal suara jantung pada situs *web*. Sebuah situs web telah disiapkan untuk menampilkan data sinyal suara jantung sehingga dokter dan perawat dapat melihat dan melakukan analisis lebih lanjut terhadap tindakan yang seharusnya dilakukan untuk seorang pasien. Data sinyal suara jantung dari setiap Pasien diambil dari basis data berbasis *Cloud*, yaitu *Firestore*. Namun karena data yang tersimpan dalam basis data merupakan data sinyal suara jantung dalam bentuk digital, maka dilakukan konversi dari data digital menjadi data analog sebelum data ditampilkan.

Secara keseluruhan ringkasan proses pengukuran dan perekaman sinyal suara jantung secara tele-auskultasi ditunjukkan dalam Tabel 1.

Untuk pengiriman data sinyal suara jantung dengan 2 orang pasien secara simultan, seperangkat protokol identifikasi diterapkan pada sistem tele-auskultasi dengan tujuan agar pengirim dan penerima dapat membedakan dengan baik masing-masing data sinyal jantung. Dengan protokol identifikasi ini, penerima dapat melakukan identifikasi dengan tepat data sinyal jantung mana yang merupakan data pasien 1 atau pasien 2. Sebagai contoh, diagram alir proses pengiriman sinyal suara jantung untuk pasien 1 ditunjukkan dalam Gambar 3. Dalam Gambar 3 terlihat bahwa untuk membedakan pengiriman data sinyal suara jantung pasien 1, protokol menyisipkan karakter *A* pada setiap pengiriman sebuah grup data sebagai hasil pengambilan data digital yang berasal dari *ADS 1256*. Dengan cara yang sama, pengiriman data sinyal jantung untuk pasien 2 protokol menyisipkan karakter *B*. Maka pada sisi penerima, protokol akan melakukan pemilahan sedemikian rupa sehingga setiap grup data yang diawali karakter *A* akan diidentifikasi sebagai data sinyal jantung pasien 1, sedangkan grup data yang diawali oleh karakter *B* akan diidentifikasi sebagai pasien 2. Protokol identifikasi untuk membedakan pasien 1 dan pasien 2 pada sisi penerima ditunjukkan dalam Gambar 4.

Tabel 1. Tahapan implementasi

Tahapan	Perangkat Pendukung	Masukan	Keluaran
1. Pengambilan data dengan node sensor.	- heart-sound sensor SKU SEN42771M. - ADC ADS 1256.	Sinyal analog suara jantung (<i>Phonocardiograph</i>) dari Pasien.	Sinyal digital suara jantung dari Pasien.
2. Konversi dan penyimpanan sementara data sinyal suara jantung.	Komputer papan tunggal Raspberry Pi 3 Model B.	Sinyal digital suara jantung dari Pasien.	Sinyal digital suara jantung dari Pasien.
3. Pengiriman data melalui jaringan internet ke sebuah basis data berbasis <i>Cloud</i> .	Modul WiFi pada komputer papan tunggal Raspberry Pi 3 Model B.	Sinyal digital suara jantung dari Pasien.	Penyimpanan sinyal digital suara jantung dari setiap Pasien pada basis data <i>Firestore</i> .
4. Penampilan data sinyal suara jantung pada situs web.	PHP untuk konversi sinyal dan pemrograman situs web.	Sinyal digital suara jantung dari Pasien.	Tampilan sinyal suara jantung analog dari setiap Pasien.

B. Pengujian Sistem Tele-Auskultasi

Pengujian terhadap kualitas sistem transmisi proses tele-auskultasi sinyal suara jantung dilakukan dengan menghitung jumlah waktu tunda transmisi (*transmission delay*) dan jumlah data hilang (*data loss*) untuk setiap subyek penelitian dengan jumlah pengambilan data per satuan waktu yang berbeda-beda. Nilai waktu tunda transmisi didapatkan dengan menghitung selisih waktu antara *group* data ke-*n* dengan *group* data *n*+1, karena itu waktu tunda transmisi yang dimaksud adalah *round trip time* (RTT) antara node sensor dengan perangkat penyimpanan pada *Cloud*. Sedangkan jumlah data hilang dihitung dengan cara menghitung jumlah data yang tidak terkirim melalui perbandingan antara data yang dikirim oleh *node sensor* terhadap data yang tersimpan pada perangkat penyimpanan *Cloud*. Selanjutnya, pengujian terhadap validitas sitem tele-auskultasi secara keseluruhan dilakukan dengan melakukan uji kemiripan sinyal menggunakan *Cross-Correlation Function* (XCF). XCF dirumuskan pada persamaan (1) sebagai berikut [13],

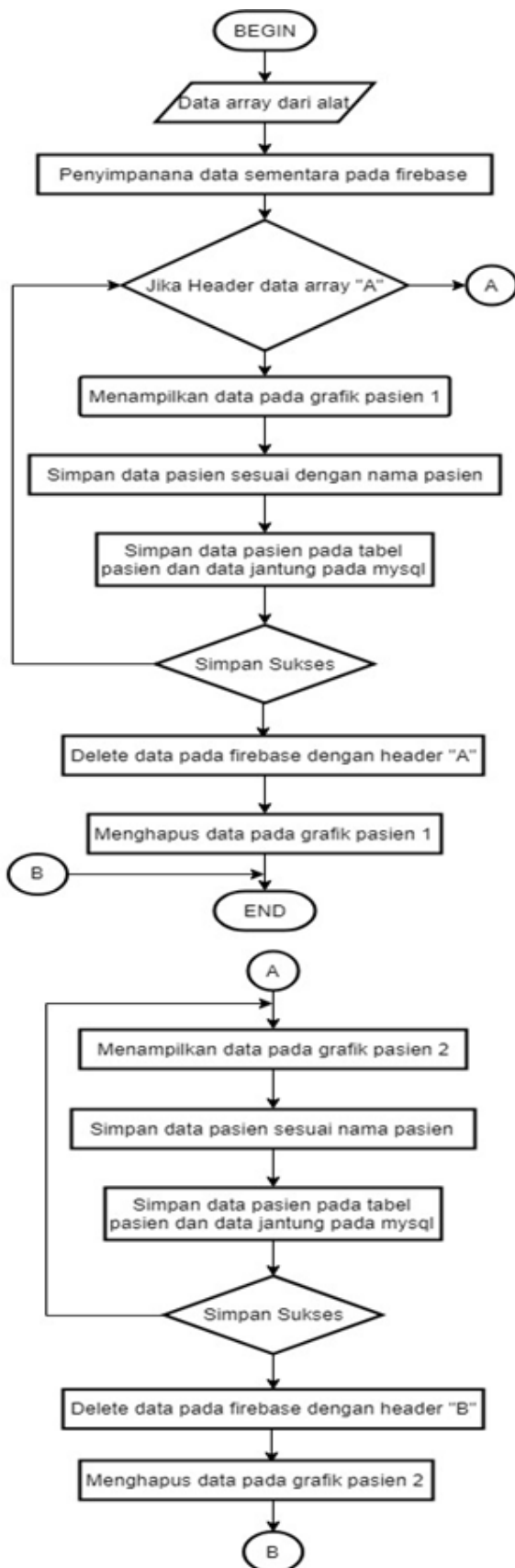
$$c_{S_1, S_2}(k) = \begin{cases} \frac{1}{T} \sum_{t=1}^{T-k} (S_{1,t} - \bar{S}_1)(S_{2,t+k} - \bar{S}_2); k = 0, 1, 2, \dots \\ \frac{1}{T} \sum_{t=1}^{T+k} (S_{2,t} - \bar{S}_2)(S_{1,t-k} - \bar{S}_1); k = 0, -1, -2, \dots \end{cases} \quad (1)$$

Dalam persamaan (1), S_1 dan S_2 masing-masing adalah sinyal sebelum proses transmisi dan sinyal setelah transmisi, sedangkan \bar{S}_1 dan \bar{S}_2 adalah rata-rata dari masing-masing sinyal, T adalah jumlah sampel sinyal S_1 atau S_2 , t adalah indeks waktu, dan k adalah jumlah *lag* antara sinyal S_1 atau S_2 .

Dalam penelitian ini pengujian terhadap waktu tunda transmisi dan jumlah data hilang dilakukan untuk berbagai variasi jumlah pencacahan, yaitu pencacahan dengan dengan jumlah 500 sampel per detik, 1000 sampel per detik dan 2000 sampel per detik untuk semua pasien. Untuk mendapatkan akurasi data yang memadai, pengambilan data terhadap setiap sampel dilakukan sebanyak 30 kali. Sehingga hasil akhir waktu tunda transmisi dan jumlah data hilang merupakan rata-rata dari seluruh jumlah sampel. Ringkasan hasil pengujian waktu tunda transmisi dan jumlah data hilang ditunjukkan dalam Tabel 2 untuk pengiriman sinyal suara jantung 1 orang Pasien. Sedangkan Tabel 3 menunjukkan ringkasan hasil pengujian waktu tunda transmisi dan jumlah data hilang untuk pengiriman

Tabel 3. Pengujian terhadap kualitas sistem transmisi, pengiriman sinyal suara jantung untuk 2 orang pasien secara simultan

Jumlah Sampel/ Detik	Rata-Rata Waktu Tunda Transmisi (dt)		Rata-Rata Jumlah Data Hilang (%)	
	Pasien 1	Pasien 2	Pasien 1	Pasien 2
500	5,58	2,99	1,70	0,10
1000	5,95	5,46	3,59	0,22
2000	4,31	4,39	3,53	0,28
Rata-rata	5,28	4,28	2,94	0,2



Gambar 4. Diagram alir pada sisi penerima untuk identifikasi sinyal suara jantung Pasien 1 dan Pasien 2

Tabel 2. Pengujian terhadap kualitas sistem transmisi, pengiriman sinyal suara jantung untuk 1 orang pasien

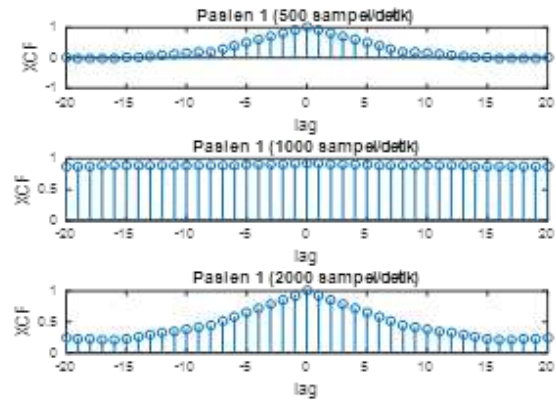
Jumlah Sampel/Detik	Rata-Rata Waktu Tunda Transmisi (dt)	Rata-Rata Jumlah Data Hilang (%)
500	5,91	0,60
1000	5,06	0,48
2000	6,07	0,53
Rata-rata	5,68	0,54

sinyal suara jantung 2 orang Pasien secara simultan.

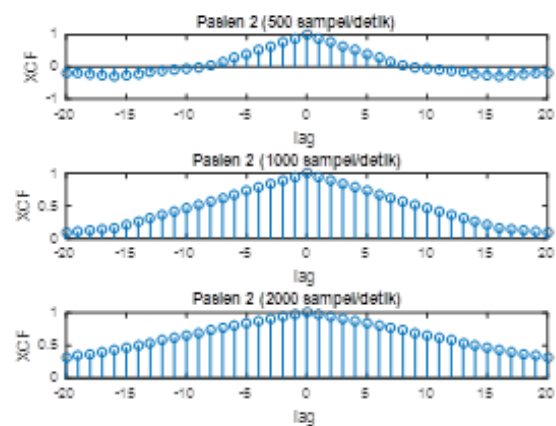
Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata waktu tunda transmisi untuk berbagai jumlah pengambilan sampel per detik berada di sekitar nilai 5,68 detik. Hal ini berarti bahwa waktu dibutuhkan mulai dari proses pengambilan data (stetoskop ditempelkan pada area jantung pasien) sampai data ditampilkan pada sebuah situs web adalah 5,68 detik. Dalam semua uji coba diketahui bahwa nilai waktu tunda transmisi bervariasi terutama disebabkan oleh kondisi jaringan internet. Pada kondisi jaringan dimana jumlah kongesti dalam jaringan internet sangat sedikit, waktu tunda transmisi dapat mencapai 0,93 detik. Namun pada kondisi jaringan terburuk waktu tunda transmisi dapat mencapai 20 detik. Secara keseluruhan rata-rata jumlah data hilang sangat kecil karena persentase jumlah data hilang untuk semua pengambilan dengan berbagai jumlah sampel per detik masih berada di bawah 1%. Karena persentase jumlah data hilang sangat kecil, maka diasumsikan bahwa jumlah data hilang tidak berpengaruh secara signifikan terhadap integritas data sinyal jantung secara keseluruhan dan karena itu tidak dilakukan *zero padding* (penggantian data dengan angka 0 untuk menggantikan data yang hilang) terhadap data hilang pada saat data sampai di sisi penerima.

Tabel 3 menunjukkan bahwa pengiriman data sinyal jantung dengan 2 pasien secara simultan tidak mempengaruhi unjuk kerja sistem tele-auskultasi. Hal ini ditunjukkan oleh nilai rata-rata waktu tunda transmisi yang tidak berbeda secara signifikan apabila dibandingkan dengan waktu tunda transmisi untuk pengiriman data sinyal jantung dengan 1 pasien saja seperti terlihat dalam Tabel 2. Bahkan nilai rata-rata waktu tunda transmisi untuk pengiriman data sinyal jantung dengan 2 pasien secara simultan menunjukkan nilai yang lebih kecil. Namun perlu dipahami, seperti dijelaskan sebelumnya, bahwa nilai waktu tunda transmisi sangat bergantung kepada kondisi jaringan internet pada saat uji coba dilakukan. Karena itu nilai rata-rata waktu tunda transmisi untuk Pasien 1 dan Pasien 2 dalam Tabel 3 memiliki nilai lebih kecil daripada nilai rata-rata waktu tunda transmisi dalam Tabel 2. Pada saat uji transmisi 2 buah sinyal suara jantung ditransmisikan secara simultan, nilai waktu tunda transmisi terendah adalah 0,91 detik yang mengindikasikan bahwa kongesti pada jaringan internet pada saat itu sangat sedikit. Sedangkan nilai waktu tunda transmisi terbesar adalah 16,16 detik pada saat kongesti di dalam jaringan internet sangat tinggi.

Sementara itu nilai rata-rata jumlah data hilang untuk



Gambar 5. Nilai XCF untuk Pasien 1



Gambar 6. Nilai XCF untuk Pasien 2

Pasien 1 dan Pasien 2 pada Tabel 3 menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan. Peningkatan rata-rata jumlah data hilang dalam Tabel 3 disebabkan oleh dua hal. Pertama, kemungkinan terjadi kehilangan data dalam antrian proses identifikasi data sinyal jantung untuk membedakan sinyal milik Pasien 1 atau Pasien 2. Terutama kehilangan data ini terjadi pada saat digunakan jumlah sampel per detik tinggi. Dalam penelitian ini jumlah sampel terbesar digunakan adalah 2000 sampel per detik. Kedua, data hilang mungkin juga disebabkan oleh adanya kehilangan data dalam jaringan.



Gambar 7. Tampilan sinyal suara jantung pada situs web untuk kedua pasien

Gambar 5 dan Gambar 6 masing-masing menunjukkan nilai XCF untuk Pasien 1 dan Pasien 2. Nilai XCF untuk berbagai variasi jumlah sampel per detik, untuk data sinyal suara jantung Pasien 1 dan Pasien 2, menunjukkan bahwa pada $lag=0$ nilai XCF adalah mendekati nilai 1 untuk semua uji coba. Hal ini berarti bahwa terdapat kemiripan yang sangat kuat antara data sinyal suara jantung sebelum dan sesudah transmisi. Kesimpulan ini dikuatkan dengan rata-rata jumlah data hilang seperti terlihat dalam Tabel 2 kurang dari 1%. Sebagai catatan tambahan, nilai XCF untuk Pasien 1 dengan jumlah sampel sebesar 1000 sampel/dtk pada Gambar 5 menghasilkan nilai XCF yang mendekati 1 pada semua lag . Tampilan dalam situs *web* di sisi penerima (diasumsikan sisi penerima adalah dokter yang akan melakukan analisis lebih lanjut terhadap sinyal suara jantung) untuk kedua pasien dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7 menunjukkan tampilan sinyal suara jantung dari 2 orang pasien yang ditampilkan secara simultan. Karena seluruh data tersimpan dalam basis data, maka seorang dokter ahli dapat melakukan analisis klinis terhadap kesehatan jantung para pasien pada sembarang tempat dan waktu. Selain itu dapat diartikan bahwa Gambar 7 (sinyal yang diterima) ini sama dengan sinyal yang dikirim, karena nilai XCF mendekati nilai 1.

IV. KESIMPULAN

Auskultasi sinyal suara jantung jarak jauh telah dibangun dalam penelitian ini dengan memanfaatkan jaringan internet sebagai media transmisi. Transmisi sinyal suara jantung dapat dilakukan oleh 2 sinyal PCG secara simultan yang mewakili kemungkinan implementasi perangkat untuk melakukan pengukuran dan perekaman data 2 orang pasien secara bersamaan. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa rata-rata waktu tunda transmisi dibutuhkan mulai dari proses pengambilan data sampai data ditampilkan pada sebuah situs *web* adalah 5,68 detik dengan rata-rata jumlah data hilang kurang dari 1% untuk pengiriman 1 sinyal PCG. Sementara itu nilai rata-rata waktu tunda transmisi untuk pengiriman data sinyal jantung dengan 2 pasien secara simultan menunjukkan nilai yang lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran waktu tunda transmisi dan jumlah data hilang sangat tergantung pada kondisi jaringan internet pada saat uji coba dilakukan. Uji validitas terhadap sistem tele-auskultasi secara keseluruhan menunjukkan bahwa korelasi antara data sebelum dan sesudah ditransmisikan memiliki nilai mendekati 1 pada $lag=0$. Dapat disimpulkan

bahwa terdapat kemiripan yang sangat kuat antara data sinyal suara jantung sebelum dan sesudah transmisi.

REFERENSI

- [1] DEPKES, Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, (view 3 September 2018). Tekan angka kematian melalui program Indonesia sehat dengan pendekatan keluarga [online]. Available: <http://www.depkes.go.id/pdf.php?id=17061600003>
- [2] Islam, S.M.R., Kwak, D., Kabir, MD. H., Hossain, M. and Kwak, K.S., "The Internet of Things for health care: a comprehensive survey," *IEEE Access*, vol. 3, pp. 678-708, 2015.
- [3] Sa-ngasoongsong, A., Kunthong, J., Sarangan, V., Cai, C., and Bukkapatnam, S.T.S., "A low-cost, portable, high-throughput wireless sensor system for phonocardiography applications," *Sensors* vol. 12, no. 8, pp. 10851-10870, 2012.
- [4] Oktarina, E.S., Jusak, J., and Puspasari, I., "Transmisi nirkabel sinyal auskultasi suara jantung dengan menggunakan wireless Zigbee network," *Journal of Control and Network Systems*, vol. 4, no. 1, pp. 106-112, 2015.
- [5] Shi, W.Y., Mays, J., and Chiao, J.C., "Wireless stethoscope for recording heart and lung sound," *Prosiding IEEE Topical Conference on Biomedical Wireless Technologies, Networks, and Sensing Systems (BioWireless)*, Austin, TX, USA, Jan. 2016, pp. 1-4.
- [6] Jusak, J. and Puspasari, I., "Wireless tele-auscultation for phonocardiograph signal recording through the Zigbee networks," in *Proc. IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob)*, Bandung, Indonesia, Agt. 2015, pp. 95-100.
- [7] Izneid, B.A., Sukar, I., Ali, M., and Souiyah, M., "Development of wireless *Bluetooth* heart rate remote monitoring system," in *Proc. IET International Conference on Wireless Communications and Applications (ICWCA 2012)*, Kualalumpur, Malaysia, Okt. 2012, pp. 1-4.
- [8] Afdhal and Elizar, "IEEE 802.11ac sebagai standar pertama untuk Gigabit Wireless LAN," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 11, no. 1, pp. 36-44, 2014.
- [9] Liu, J., Chen, Y., Wang, Y., Chen, X., Cheng, J., and Yang, J., "Monitoring vital signs and postures during sleep using WiFi signals," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 5, no. 3, pp. 2071-2084, 2018.
- [10] Afdhal, "Studi perbandingan layanan *Cloud Computing*," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 10, no. 4, pp. 193-201, 2013.
- [11] Jusak, J., Pratikno, H., and Putra, V.H., "Internet of Medical Things for cardiac monitoring: paving the way to 5G mobile networks," in *Proc. IEEE Int. Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT 2016)*, Surabaya, Indonesia. Des. 2016.
- [12] Yang, Z., Zhou, Q., Lei, L., Zheng, K., and Xiang, W., "An IoT-Cloud Based Wearable ECG Monitoring System for Smart Healthcare," *Jurnal of Medical System*, vol. 40, pp. 286, 2016.
- [13] Gubner, J.A., *Probability and Random Processes for Electrical and Computer Engineering*, Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom, 2008.

Penerbit:

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: rekayasa.elektrika@unsyiah.net

Telp/Fax: (0651) 7554336

