

SISTEM *TELECARDIAC* MONITORING EKSTRAKSI DAN TRANSMISI PARAMETER TEMPORAL SINYAL JANTUNG MELALUI KANAL RADIO

*Norma Hermawan*¹⁾, *Muh. Farid Retistiano*²⁾, *Achmad Arifin*³⁾

^{1,3)}*Teknik Biomedik, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

²⁾*Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

Jl. Raya ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya

Email : norma.hermawan@bme.its.ac.id

Abstrak. *Pengamatan jantung dengan memanfaatkan Electrocardiography (ECG) telah diterima secara luas sebagai dasar untuk diagnosis dan mengetahui kondisi maupun aktivitas listrik dari jantung seseorang. Pengujian tradisional umumnya mensyaratkan subjek uji untuk tetap berada dalam jangkauan penguji. Akibatnya, ada kendala jarak yang harus dilampaui untuk mendapatkan kemampuan deteksi dini. Berlatar belakang permasalahan tersebut, maka diajukan sebuah model telemonitoring yang direalisasikan dengan instrumen ECG berbasis IC AD620 yang mampu berhubungan jarak jauh menggunakan modulasi frekuensi radio. Sistem monitoring ini diharapkan mampu mengeliminir kebutuhan jarak monitoring jantung dengan tetap mempertahankan informasi ECG yang memadai. Penelitian ini menunjukkan keberhasilan pengiriman pada lima belas subjek dengan tingkat penerimaan data hingga 90% dengan rata-rata waktu pengiriman berkisar lima belas menit untuk setiap dua ribu data.*

Kata kunci: *Telecardiac monitoring, Electrocardiography, Instrumentation Amplifier, Digital Signal Processing.*

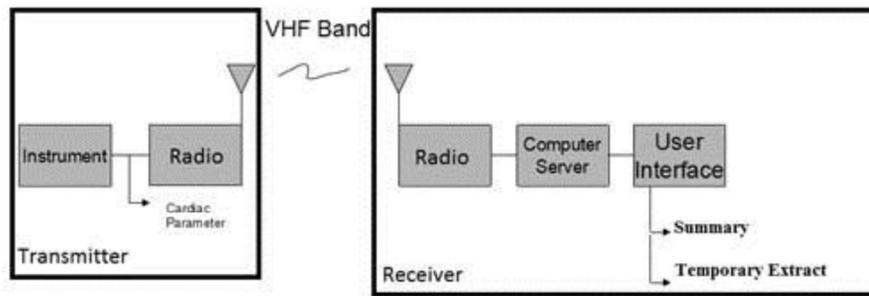
1. Pendahuluan

Electocardiogram (ECG) telah lama digunakan sebagai dasar diagnosa dan salah satu indikator kondisi kesehatan jantung pasien di seluruh dunia. Indonesia tergolong negara yang memiliki daerah rural luas dan berbentuk negara kepulauan. Faktor-faktor tersebut menyebabkan pembangunan infrastruktur telekomunikasi terhambat. Di sisi lain, sarana dan prasarana yang menunjang kebutuhan medis di banyak daerah belum cukup memadai. Kebijakan manajemen kesehatan dari Kementerian Kesehatan mengenai deteksi dini kondisi jantung memperkuat alasan diperlukannya penelitian ini. Melakukan monitoring jantung dengan ECG berarti mengakuisisi dan merekam aktivitas kelistrikan dari jantung dengan direpresentasikan sebagai sinyal PQRST. Mendapatkan sinyal jantung membutuhkan teknik dan perangkat tertentu berupa instrumen yang dapat mengukur diferensial dari titik-titik pengukuran (disebut juga sebagai Lead) yang dipasang sesuai dengan konfigurasi Segitiga Einthoven[1].

Algoritma dari deteksi dan ekstraksi sinyal PQRST telah cukup lama dikembangkan, salah satu yang umum digunakan adalah detektor QRS oleh Pan-Tompkins. Dengan mengetahui kompleks QRS, maka akan lebih mudah dilakukan ekstraksi parameter temporal seperti laju detak jantung, variabilitas laju detak jantung hingga interval dari R-R dan turunan dari algoritma lainnya (seperti algoritma anotasi). Berdasarkan latar belakang tersebut dengan tambahan kemampuan komunikasi radio menggunakan protokol AX.25[2] untuk mengirimkan paket data melalui port serial pada komputer, maka penelitian ini bertujuan meningkatkan kemampuan monitor ECG berbasis ARM[3] sehingga dapat mengekstraksi parameter temporal dari jantung dan mentransmisikannya melalui kanal radio. Pada akhirnya, kendala jarak pada saat melakukan monitoring jantung dengan ECG dapat dieliminir.

2. Pembahasan

Penelitian telah dilakukan secara bertahap dan akan dibahas secara sistematis mulai dari perancangan sistem hingga hasil pengujian.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem Telecardiac Monitoring

2.1. Perancangan Sistem

Sistem yang dirancang dapat dibagi menjadi sisi pengirim dan penerima. Keseluruhan perancangan sistem ditunjukkan oleh Gambar 1. Pada gambar tersebut dapat dilihat proses komunikasi dari sisi pengirim menuju penerima dengan media frekuensi radio pita VHF.

2.1.1. Bagian Pengirim

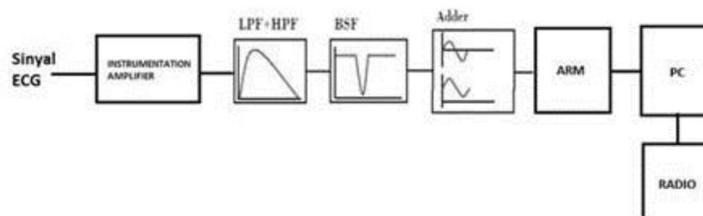
Bagian pengirim tersusun atas komponen instrumen dan radio komunikasi. Bagian ini berperan sebagai sisi yang mengakuisisi, mengolah dan mengirimkan informasi dan parameter dari kondisi jantung (*cardiac parameter*) yang diambil dari data ECG. Sub-bagian pada pengirim dapat dilihat dengan lebih detail pada Gambar 2.

Sub-bagian instrumen dirancang dari rangkaian penguat instrumentasi yang mampu menguatkan amplitudo sinyal jantung. Setelah dikuatkan, sinyal jantung harus melewati rangkaian filter yang terdiri dari *Lowpass Filter* (LPF), *High Pass Filter* (HPF) dan *Bandstop Filter* (BSF) sesuai dengan karakteristik umum frekuensi ECG. Mikrokontroler ARM digunakan untuk mengatur pengiriman data ke Komputer (PC), dimana selanjutnya data ECG yang telah diakuisisi akan diolah secara digital.

Pada PC, data kembali diolah dengan tahap filter (*low pass*, *high pass*, dan *band stop*) yang secara umum bertujuan untuk menghilangkan noise, mereduksi gangguan dari tegangan jala-jala dan menstabilkan sinyal sehingga tidak terkena *baseline wandering*. Pada tahap selanjutnya, proses ekstraksi dapat dilakukan terhadap data tersebut.

Metode ekstraksi parameter temporal sinyal jantung telah lama dikembangkan. Pada penelitian ini, digunakan algoritma QRS detektor yang dikembangkan oleh Pan-Tompkins. Algoritma ini memiliki beberapa tahapan yang difokuskan untuk mendeteksi adanya kejadian kompleks QRS. Dengan mengetahui kompleks QRS, maka parameter temporal lain dari monitoring jantung dapat diturunkan seperti interval dari R ke R, laju detak jantung hingga variabilitas laju jantung. Tahapan lengkap dari algoritma ini adalah filter digital *low pass* dan *high pass* kemudian fungsi derivatif, *squaring* dan terakhir adalah *moving window average*.

Pengiriman data pada bagian radio dilakukan dengan beberapa langkah enkapsulasi dan iterasi untuk menjamin keberhasilan data. Data dikonversi ke dalam format string sesuai dengan dukungan protokol komunikasi AX.25.



Gambar 2. Blok Diagram Bagian Pengirim

2.1.2. Bagian Penerima

Bagian penerima dari sistem ini tersusun atas radio, komputer server, dan user interface. Data yang dihasilkan berupa ringkasan pengukuran (*summary*) dan hasil ekstraksi parameter temporal (*temporary extract*). Bagian ini berperan sebagai sisi yang menerima, menyimpan dan mengirimkan informasi hasil olahan pada tenaga medis.

Data ECG yang dikirim oleh radio akan diterima oleh bagian penerima dan diolah dalam bentuk data string. Data ekstraksi yang diterima oleh radio penerima dapat berupa data hasil dari pencarian nilai parameter temporal dari sinyal ECG. Data yang diterima berjumlah sedikit sehingga proses penerimaan tidak akan memakan waktu yang banyak. Perancangan bertujuan untuk memberikan ringkasan pada sisi penerima dan dapat juga diteruskan ke bagian pemroses data yang lain.

2.2. Metode Pengambilan Data

Dengan menggunakan konfigurasi segitiga Einthoven, aktivitas listrik jantung salah satu subjek dimonitor. Penempatan elektroda ditunjukkan oleh Gambar 3. Hasil monitor ditampilkan pada osiloskop untuk mengkonfigurasi penguatan dari sinyal sehingga didapatkan nilai sinyal dengan $V_{peak-peak}$ 1 V dari input tegangan 1 mV peak-peak.

Dari seluruh tahapan rangkaian, sinyal yang didapatkan secara teoritis masih berada dalam kisaran ± 1 V. Agar input ADC dapat seluruhnya mengolah sinyal yang ada, maka rangkaian penjumlah digunakan dan akan dikonfigurasi sedemikian rupa sehingga nilai polaritas seluruh tegangan berada pada sisi positif.

Setelah tiap pengolahan sinyal analog dilakukan, maka pengambilan data untuk nilai data digital dilakukan dan algoritma program yang telah dibuat digunakan untuk melakukan ekstraksi parameter temporal dari sinyal ECG yang ada. Setelah hasil pengolahan sinyal didapatkan, maka ekstraksi dan morfologi dari ECG dikirimkan melalui protokol komunikasi AX.25 untuk direkonstruksi kembali pada sisi penerima.

2.3. Hasil Pengujian

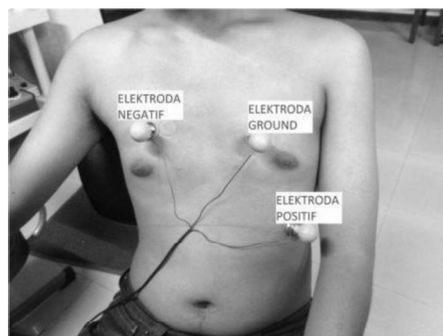
Hasil dari penelitian ini ditunjukkan pada penjelasan selanjutnya.

2.3.1. Pengujian Instrumen

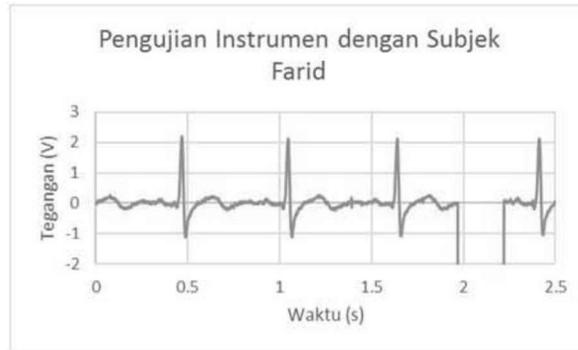
Pada rangkaian, elektroda diletakkan pada subjek uji dengan hasil yang ditampilkan pada osiloskop. Pengujian menunjukkan bahwa penguatan dari rangkaian telah berhasil mendapatkan sinyal ECG dengan tegangan $V_{peak-peak}$ mencapai 1 V. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.

2.3.2. Pengujian Filter

Pengujian rangkaian Filter dilakukan dengan memberikan input tegangan sinus pada masing-masing rangkaian dan dilakukan pencatatan terhadap respon frekuensi dari masing-masing rangkaian. Secara keseluruhan, terdapat pergeseran dari frekuensi cut-off yang diharapkan. Namun demikian, filter masih dapat digunakan karena pergeseran dari nilai ini masih dapat mencapai tujuan dari masing-masing rangkaian.



Gambar 3. Peletakan Elektroda pada Subjek Uji



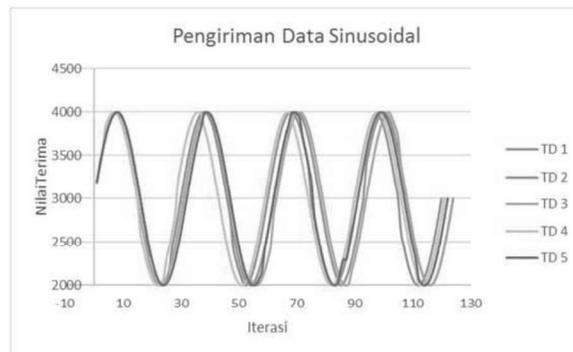
Gambar 4. Hasil Pengujian Rangkaian Instrumen

2.3.3. Pengujian Radio

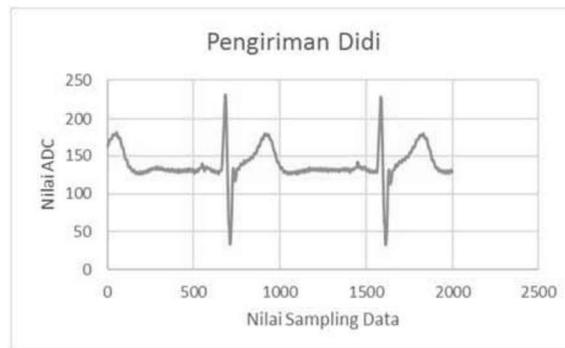
Pengujian dilakukan dengan mengirimkan sinyal *database* yang telah didapat dengan konfigurasi computer. Gambar 5 menunjukkan hasil penerimaan sinyal sinusoidal ketika dikirimkan melalui radio. Terlihat bahwa algoritma menerima sinyal dan mampu merekonstruksi ulang bentuk sinyal yang dikirim, dengan sedikit adanya pergeseran data.

2.3.4. Pengujian Terintegrasi

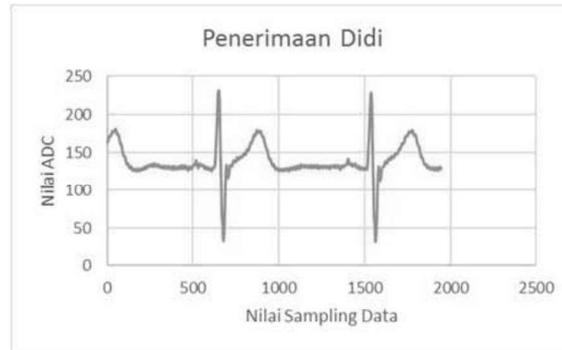
engujian terintegrasi dilakukan dengan membandingkan sinyal ECG ketika diukur secara langsung dengan sinyal ECG yang telah dikirimkan melalui radio. Bentuk sinyal yang ditransmisikan oleh pengirim dan diterima oleh bagian penerima dari hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 6 sampai Gambar 9.



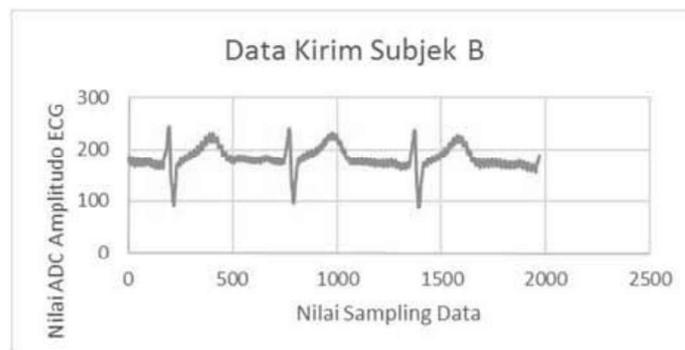
Gambar 5. Hasil Pengiriman Sinyal Sinusoidal



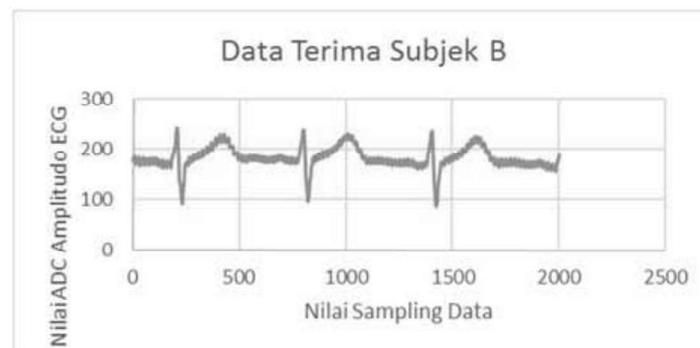
Gambar. 6. Data asli yang didapat dari Subjek A



Gambar. 7. Penerimaan Data dari Subjek A



Gambar. 8. Data asli yang didapat dari Subjek B



Gambar. 9. Penerimaan Data dari Subjek B

Tabel 1 menunjukkan rata-rata keberhasilan transmisi data rata-rata yang diambil dari 15 subyek dan dilakukan sebanyak tiga kali percobaan. Dari berbagai data tersebut secara ringkas dapat diketahui bahwa sistem telah bekerja dengan cukup baik sesuai spesifikasi yang dirancang.

Tabel 1. Rata-rata Keberhasilan Transmisi Data

Jumlah data kirim	28000	28000	28000
Jumlah data terima	27182	27035	26956
Data hilang	818	965	1044
Persentase data terima	97.07%	96.55%	96.27%

3. Simpulan

Berdasarkan pengujian dan simulasi, rangkaian ECG dengan menggunakan komponen penguat instrumen terintegrasi AD620 dan mikrokontroler ARM telah mampu untuk melakukan monitoring aktivitas listrik dari jantung. Penggunaan protokol AX.25 dinilai lamban untuk keperluan pengiriman data secara *real time*. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan enkapsulasi paket data yang berisi lima sampel setiap transmisi. Jumlah transmisi dapat dipilih secara acak dengan mempertimbangkan kemungkinan pergeseran nilai informasi dan kondisi pengiriman tanpa data. Komunikasi radio untuk aplikasi monitoring jantung memiliki kelebihan yaitu handal dan mampu menjangkau daerah pelosok. Kekurangan dari metode komunikasi ini adalah waktu yang diperlukan untuk transmisi data relatif lama.

Daftar Pustaka

- [10]. J.Tompkins, Willis, "*Biomedical Digital Signal Processing*", Prentice Hall, New Jersey, 1995.
- [11]. User Manual Alinco DR-135 mk III, Alinco, 2012
- [12]. Hanif, Messa, "*Rancang Bangun Sistem Instrumentasi dan Pengolahan Digital Sinyal ECG untuk Analisa Variabilitas Parameter Temporal Berbasis Mikrokontroler ARM*", Jurnal Teknik POMITS Vol. 1, No.1, (2015)1-6, Surabaya, 2015
- [13]. Pan J, Tompkins W. "*A real-time QRS detection algorithm.*" IEEE TransBiomed Eng. 1985; 32: 230-236.