

PEMANTAU SINYAL VITAL PASIEN NIRKABEL MENGGUNAKAN PROTOKOL ZIGBEE PADA PLATFORM E-HEALTH

WIRELESS PATIENT VITAL SIGN MONITOR USING ZIGBEE PROTOCOL ON E-HEALTH PLATFORM

Philip Tobianto Daely¹

¹Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹philip.daely@gmail.com

Abstrak

Pemantauan sinyal vital pasien merupakan sebuah kegiatan yang penting di bidang medis. Sinyal vital yang dipantau meliputi EKG, laju detak jantung, laju pernafasan, saturasi oksigen dan suhu tubuh. Seringkali dokter atau perawat tidak berada dekat dengan pasien. Hal ini dapat disebabkan oleh jumlah dokter dan perawat yang kurang memadai, mengakibatkan pemantauan sinyal vital pasien menjadi tidak efisien. Pada tugas akhir ini dijelaskan tentang sebuah tugas akhir berupa perancangan purwarupa pemantau sinyal vital pasien. Purwarupa ini terdiri dari dua perangkat, yaitu perangkat sensor dan perangkat monitor. Perangkat sensor dirancang untuk mendeteksi sinyal vital menggunakan e-Health Sensor Platform dan mengirimkannya ke perangkat monitor secara nirkabel menggunakan protokol ZigBee. Hasil dari pengukuran menunjukkan bahwa protokol ZigBee dapat digunakan pada area yang terdapat jaringan Wi-Fi. Grafik EKG masih terdapat noise tetapi dapat menunjukkan bentuk sinyal EKG normal. Pengukuran respiratory rate memiliki standar deviasi sebesar 0, dan pengukuran suhu memiliki standar deviasi $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$.

Kata kunci: pemantau, sinyal vital, e-Health Sensor Platform, protokol ZigBee

Abstract

Patient vital signs monitoring is an important activity in medical field. The vital signs being monitored including ECG, heart rate, respiratory rate, oxygen saturation and body temperature. Often doctors or nurses are not near the patient. This can be caused by the inadequate number of doctors and nurses, resulting in patient vital signs monitoring become inefficient. In this book explained the design of prototype of patient vital signs monitor. This prototype consist of two devices, which are sensor device and monitor device. The sensor device were designed to detect vital signs using e-Health Sensor Platform and send them to monitor device wirelessly using ZigBee protocol. The result of the tests showed that ZigBee protocol can be used in area that has Wi-Fi network. ECG chart still has noise but can display a normal ECG signal form. Respiratory measurement has standard deviation of 0, and body temperature measurement has standard deviation of $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$.

Keywords: monitor, vital signs, e-Health Sensor Platform, ZigBee protocol

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pemantauan sinyal vital merupakan kegiatan yang sering dilakukan pada pasien agar dokter atau ahli medis Teknologi elektronik telah merambah hampir di semua aspek kehidupan sehari-hari, tidak terkecuali bidang medis. Kebutuhan akan teknologi-teknologi yang dapat meningkatkan kualitas perawatan pasien menyebabkan munculnya banyak riset-riset dalam bidang instrumentasi biomedis untuk keperluan pemantauan, terapi, atau alat bantu pasien.

Pemantauan sinyal vital merupakan salah satu kegiatan yang penting dilakukan di bidang medis. Kegiatan ini biasanya membutuhkan perhatian yang terus menerus dari dokter atau perawat yang menangani pasien. Namun ada kalanya pemantauan sinyal vital ini tidak dapat dilakukan terus menerus karena posisi dari pasien dengan dokter atau perawat yang tidak berdekatan, yang dapat disebabkan kurangnya jumlah dokter atau perawat dibanding jumlah pasien pada sebuah rumah sakit.

Pada tugas akhir ini dirancang sebuah purwarupa yang dapat digunakan untuk memantau sinyal vital pasien tanpa harus berada di dekat pasien tersebut. Dengan menggunakan protokol ZigBee untuk komunikasi nirkabel antar perangkat sensor di dekat pasien dengan perangkat monitor pada dokter, serta penggunaan e-

Health Sensor Platform untuk mendeteksi sinyal vital, diharapkan tugas akhir ini dapat berkontribusi bagi riset-riset yang berhubungan dengan pemantauan pasien jarak jauh.

1.2. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

- Merancang perangkat yang dapat mendeteksi sinyal vital manusia menggunakan e-Health Sensor Platform,
- Merancang GUI di PC untuk menampilkan sinyal vital yang terdeteksi, dan
- Mengimplementasikan protokol ZigBee untuk pengiriman data dari perangkat sensor ke PC.

1.3. Rumusan masalah

Rumusan masalah yang akan dihadapi dalam tugas akhir ini adalah:

- Perancangan algoritma perangkat lunak yang akan diterapkan pada mikrokontroler untuk membaca data dari e-Health Sensor Platform,
- Pengkonfigurasi modul RF XBee untuk pengiriman data antar perangkat, dan
- Perancangan algoritma dan desain tampilan monitor dalam bentuk grafik dan numerik di PC.

1.4. Metode Penelitian

Metode-metode yang akan digunakan pada tugas akhir ini adalah:

- Studi literatur untuk mencari teori-teori yang dapat digunakan untuk menunjang tugas akhir ini,
- Bimbingan dan diskusi dengan dosen pembimbing dan rekan-rekan mahasiswa,
- Perancangan perangkat keras dan lunak dengan menerapkan teori-teori dari hasil studi literatur, bimbingan dan diskusi, dan
- Pengadaan pengukuran eksperimental dan analisis untuk menentukan performa dari purwarupa yang dirancang.

2. Dasar Teori

2.1. Sinyal Vital

Sinyal vital atau tanda vital merupakan sinyal yang memberikan informasi tentang fungsi-fungsi dasar dari tubuh seperti detak jantung, pernafasan, saturasi oksigen, dan suhu tubuh. Pendeteksian dan pelaporan yang cepat dari informasi sinyal vital ini adalah penting karena keterlambatan dalam melakukan perawatan yang tepat dapat mempengaruhi kondisi pasien. [1]

2.2. Protokol ZigBee

ZigBee adalah standar global yang dibangun dari standar IEEE 802.15.4 MAC/PHY. ZigBee mendefinisikan sebuah network layer diatas layer 802.15.4 untuk mendukung kemampuan komunikasi mesh. Spesifikasi ZigBee dikembangkan oleh konsorsium dari perusahaan-perusahaan yang membentuk ZigBee Alliance. [2]

2.3. E-Health Sensor Platform

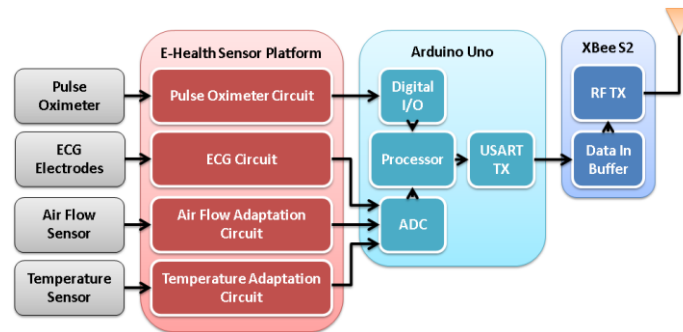
E-Health Sensor Platform adalah modul yang memudahkan modul Arduino dan Raspberry Pi untuk melakukan aplikasi biometric dan medis di mana pemantauan tubuh diperlukan. Modul ini mampu menggunakan lebih dari 9 sensor, yaitu: pulse oximeter, sensor EKG, sensor EMG, sensor suhu (thermistor), sensor pernafasan (thermocouple), sensor GSR, sphygmomanometer, glucometer dan sensor posisi tubuh (accelerometer). [3]

2.4. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah penggabungan CPU, memori, modul I/O dan modul pendukung lainnya menjadi sebuah IC. Fabrikasi dari mikrokontroler umumnya adalah Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS). Mikrokontroler CMOS memerlukan daya yang kecil dibanding mikrokontroler lain, sehingga memungkinkan untuk dioperasikan menggunakan baterai. [4]

3. Perancangan

3.1. Modul Sensor



Gambar 3.1 Diagram blok modul sensor

Modul sensor yang dibuat pada tugas akhir ini adalah perangkat yang berfungsi untuk mengambil sinyal-sinyal tubuh dari pasien, mengubahnya ke dalam bentuk yang diperlukan untuk pemantauan dan mengirimkannya ke perangkat monitor.

3.1.1. Sensor

Sensor yang digunakan pada tugas akhir ini ada 4 yaitu: *pulse oximeter*, elektroda EKG, sensor *air flow* (*thermocouple*) dan sensor suhu (*thermistor*).

3.1.2. Pengaturan pada E-Health Sensor Platform V2.0

Setiap sensor yang digunakan dapat dihubungkan langsung ke e-Health Sensor Platform. Beberapa hal yang harus diubah adalah dengan memindahkan jumper EKG/EMG ke bagian EKG untuk melakukan pengukuran EKG. E-Health Sensor Platform dapat langsung dihubungkan ke Arduino Uno karena pin-pinya yang bersesuaian dengan pin Arduino Uno.

3.1.3. Program pada Mikrokontroler

Program di Arduino Uno dibuat menggunakan *software* Arduino IDE v1.5.8. *Flow chart* program ditunjukkan oleh Gambar 3.7. Program dibuat dengan menggunakan file *header* eHealth.h.

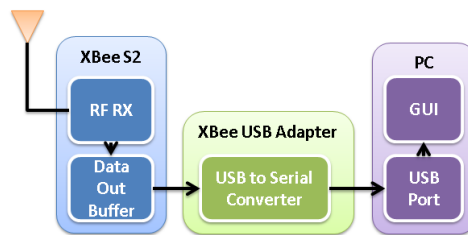


Gambar 3.2 Flow chart program utama (kiri) dan flow chart program interrupt (kanan) pada Arduino Uno

3.1.4. Transmitter ZigBee

Modul RF yang digunakan untuk mengirimkan data secara nirkabel dengan protokol ZigBee adalah XBee S2 buatan Digi International. Modul ini dikonfigurasi menggunakan software X-CTU menjadi tipe end device. PAN ID dikonfigurasi sama dengan PAN ID coordinator pada modul receiver. Parameter Destination Adress High (DH) dan Destination Address Low (DL) diisi dengan alamat coordinator (0x0000).

3.2. Modul Monitor



Gambar 3.3 Diagram blok modul monitor

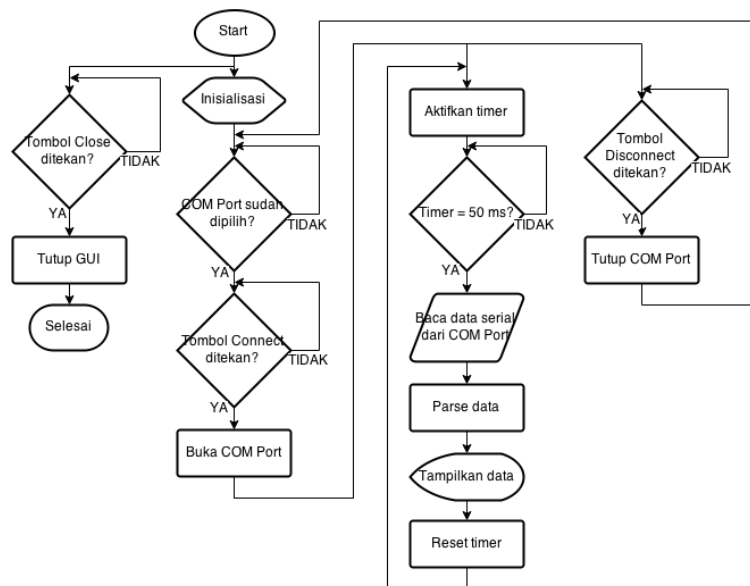
Modul monitor adalah perangkat yang digunakan untuk menampilkan data pemantauan sinyal vital pasien. Modul ini akan menerima data-data dari modul sensor, kemudian mengubah data-data tersebut ke bentuk grafik dan angka yang dapat terlihat di PC melalui GUI.

3.2.1. Receiver ZigBee

Modul RF yang digunakan untuk mengirimkan data secara nirkabel dengan protokol ZigBee adalah XBee S2 buatan Digi International. Modul ini dikonfigurasi menggunakan software X-CTU menjadi tipe coordinator. PAN ID dikonfigurasi menjadi 0x1994 (nilai PAN ID bebas sebesar 64-bit). Parameter Destination Adress High (DH) dan Destination Address Low (DL) diisi dengan alamat broadcast (0xFFFF).

3.2.2. General User Interface (GUI)

GUI diprogram menggunakan software Visual Studio Ultimate 2013 dengan bahasa C#. GUI dapat dijalankan pada PC dengan sistem operasi Windows 7 atau 8. Pada GUI terdapat combo box untuk memilih COM Port, tombol connect dan disconnect untuk menghubungkan atau memutuskan komunikasi serial, 2 tampilan grafik untuk sinyal EKG, dan pernafasan, 4 tampilan angka untuk suhu tubuh, SpO2, heart rate dan respiratory rate, tampilan tanggal, dan tampilan data-data serial yang diterima.



Gambar 3.4 Flow chart GUI

4. Pengukuran Eksperimental dan Analisis

Pada bab ini ditunjukkan hasil-hasil pengukuran dan analisis terkait yang digunakan untuk menentukan kualitas performa dari alat yang dibuat.

4.1. Pengukuran RSSI

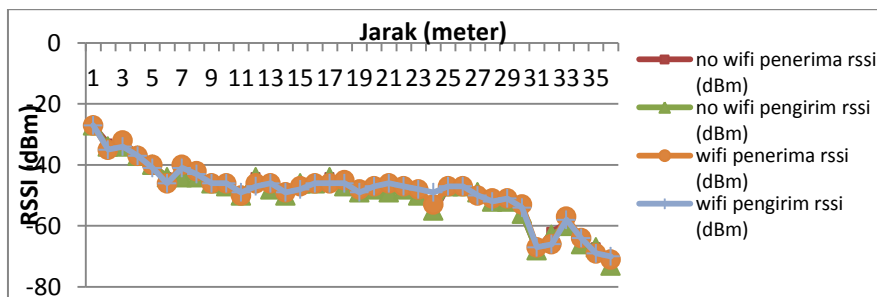
Pengukuran ini dilakukan untuk menilai kemampuan pengiriman data yang ditunjukkan oleh Received Signal Strength Indicator (RSSI), adalah tingkat kekuatan sinyal dari perangkat nirkabel dalam satuan dBm dari paket data terakhir yang diterima. Teori dari RSSI adalah nilai kekuatan sinyal berkurang jika jarak komunikasi semakin jauh. [5] Menggunakan persamaan transmisi Friis, rasio daya sinyal yang diterima P_r dibanding daya sinyal yang dikirim P_t adalah:

$$P_r = P_t \times G_t \times G_r \times \left(\frac{\lambda}{4 \times \pi \times d} \right)^2 \quad (4.1.)$$

di mana G_t dan G_r adalah penguatan atau gain dari transmitter dan receiver, λ adalah panjang gelombang, dan d adalah jarak pengirim dan penerima. Kemudian nilai P_r dikonversi ke RSSI yang adalah perbandingan antara P_r dengan daya referensi P_{ref} menggunakan persamaan berikut:

$$RSSI = 10 \times \log \left(\frac{P_r}{P_{ref}} \right) \quad (4.2.)$$

Pengukuran dilakukan di gedung SC Universitas Telkom. Kegiatan pengukuran dibagi 2, yaitu dengan dan tanpa interferensi sinyal Wi-Fi. Jarak antara pengirim dan penerima diubah-ubah dari 0-35 meter. Nilai dari RSSI diukur menggunakan software X-CTU. Hasil pengukuran dapat terlihat pada gambar 4.1.

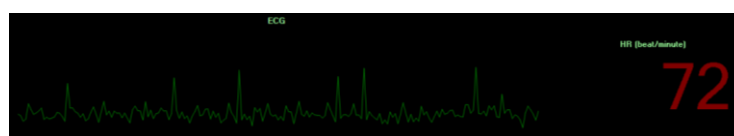


Gambar 4.1 Grafik hasil pengukuran RSSI

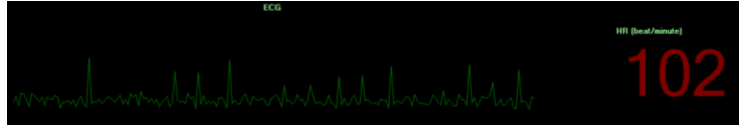
Dari gambar 4.1, terlihat bahwa bahwa RSSI sinyal akan berkurang jika jarak komunikasi bertambah. Juga dapat terlihat bahwa sinyal Wi-Fi tidak berpengaruh terhadap performa sinyal ZigBee, terbukti oleh RSSI dari pengirim dan penerima saat ada maupun tanpa interferensi Wi-Fi, memiliki nilai yang tidak jauh berbeda di setiap meternya. Dari grafik juga terlihat bahwa, pada jarak 35 meter komunikasi masih dapat berlangsung dengan baik.

4.2. Pengukuran EKG dan Heart Rate

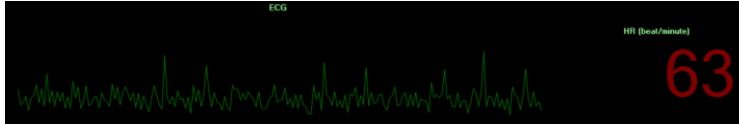
Pengukuran dilakukan untuk melihat kualitas pengukuran EKG dan heart rate dilihat dari tampilan GUI yang dirancang. Pengukuran dilakukan kepada 3 orang sukarelawan mahasiswa Universitas Telkom yang berada dalam kondisi sehat. Sukarelawan satu-persatu diukur dengan berbaring di atas tempat tidur. Hasil pembacaan kemudian dilihat pada GUI dengan hasil sebagai berikut:



Gambar 4.2 Hasil pengukuran dari sukarelawan 1



Gambar 4.3 Hasil pengukuran dari sukarelawan 2



Gambar 4.3 Hasil pengukuran dari sukarelawan 3

Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada gambar 4.2., gambar 4.3. dan gambar 4.4. Grafik sinyal EKG dari ketiga gambar dapat menampilkan komponen-komponen EKG walaupun terdapat noise yang mungkin disebabkan oleh kurang sempurnanya proses pemfilteran oleh e-Health Sensor Platform dan juga sukarelawan. Nilai heart rate yang ditampilkan juga masih terdapat dalam batas manusia dewasa sehat saat rileks.

4.3. Pengujian Pengukuran *Respiratory Rate*

Pengukuran ini bertujuan untuk menentukan standar deviasi dari pengukuran *respiratory rate* oleh alat yang dirancang dibandingkan dengan penghitungan manual. Alat diprogram untuk menghitung jumlah nafas (patokan adalah hembusan atau exhale) selama 60 detik atau 1 menit. Penghitungan manual juga dilakukan dengan metode yang sama. Lalu *respiratory rate* dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$respiratory\ rate = \frac{jumlah\ nafas}{1\ menit} \quad (4.1.)$$

Tabel 4.1 Hasil pengukuran *respiratory rate*

No.	Manual (x)	Alat (y)	Error (e = x-y)
1	11 nafas/menit	11 nafas/menit	0
2	12 nafas/menit	12 nafas/menit	0
3	13 nafas/menit	13 nafas/menit	0
4	14 nafas/menit	14 nafas/menit	0
5	15 nafas/menit	15 nafas/menit	0
6	16 nafas/menit	16 nafas/menit	0
7	17 nafas/menit	17 nafas/menit	0
8	18 nafas/menit	18 nafas/menit	0
9	19 nafas/menit	19 nafas/menit	0
10	20 nafas/menit	20 nafas/menit	0

Dari data Tabel 4.1, kita kemudian mencari nilai deviasi *error* dari pengukuran suhu menggunakan persamaan 4.2.

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{10} e^2}{n - 1}} \quad (4.2)$$

Dari hasil pengukuran terlihat bahwa alat mampu menghitung dengan akurat seperti penghitungan manual, sehingga $s_d = 0$. Hal ini dikarenakan kemampuan sensor yang memiliki respon yang cukup baik terhadap perubahan suhu nafas.

4.4. Pengujian Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu tubuh dilakukan untuk mengetahui standar deviasi dari pengukuran suhu oleh alat yang dibuat dibandingkan dengan termometer raksa. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali dengan selang waktu antar pengambilan data adalah 3 menit pada siang hari di ruangan dengan suhu ruangan 24°C yang diukur dengan termometer ruangan. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengukuran suhu tubuh

No.	Termometer Raksa (p)	Alat (q)	Error (e = x-y)	Waktu Pengukuran
1	36.4°C	36.5°C	0.1°C	12:29 WIB
2	36.5°C	36.7°C	0.2°C	12:32 WIB
3	36.5°C	36.8°C	0.3°C	12:35 WIB
4	36.4°C	36.7°C	0.3°C	12:38 WIB
5	36.5°C	36.6°C	0.1°C	12:41 WIB
6	36.6°C	36.7°C	0.1°C	12:44 WIB
7	36.5°C	36.6°C	0.1°C	12:47 WIB
8	36.6°C	36.8°C	0.2°C	12:50 WIB
9	36.5°C	36.5°C	0.0°C	12:53 WIB
10	36.4°C	36.6°C	0.2°C	12:56 WIB

Dengan menggunakan persamaan 4.2., maka standar deviasi dari pengukuran suhu oleh alat yang dibuat adalah $sd = \pm 0.2^\circ\text{C}$. Selisih antara pengukuran alat dengan termometer raksa disebabkan oleh algoritma konversi nilai resistansi sensor ke suhu menggunakan konstanta-konstanta yang dibulatkan, sehingga penghitungan oleh mikrokontroler kurang akurat.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat dapat berfungsi sesuai tujuan yaitu dapat mengukur sinyal vital, mengirimkannya ke PC dengan protokol ZigBee dan menampilkannya di PC secara *real-time*.
2. Perangkat ZigBee dapat berkomunikasi dengan baik walaupun berada pada area yang memiliki jaringan ZigBee. Pada kondisi dalam ruangan, 2 buah perangkat ZigBee masih dapat berkomunikasi dengan baik dengan jarak hingga 35 meter.
3. Dari hasil pengukuran sinyal vital menggunakan e-Health Sensor Platform, masih terdapat banyak hal yang kurang memuaskan seperti noise pada pengukuran EKG, dan standar deviasi pengukuran suhu sebesar $\pm 0.2^\circ\text{C}$ yang dirasa cukup besar untuk keperluan medis tetapi dapat digunakan sebagai alat pembelajaran dan riset-riset terkait ilmu biomedis.

Daftar Pustaka:

- [1] M. Elliott and A. Coventry, "Critical Care: The Eight Vital Signs of Patient Monitoring," *British Journal of Nursing*, vol. 21, no. 10, pp. 621-625, 2012.
- [2] Digi International, XBee ZB User Manual, Minnetonka: Digi International, 2012.
- [3] C. K. Lubamba, Participatory Healthcare System (Sensing and Data Dissemination), Cape Town: University of Western Cape, 2014.
- [4] D. Susilo, 48 Jam Kupas Tuntas Mikrokontroler, Yogyakarta: Penerbit ANDI, 2010.
- [5] R. Piyare and S.-r. Lee, "Performance Analysis of XBee ZB Module Based Wireless Sensor Networks," *International Journal of Scientific and Engineering Research*, vol. 4, no. 4, pp. 15-21, 2013.