

# Multipoint to Point EKG Monitoring Berbasis ZigBee

Sugondo Hadiyoso  
Fakultas Ilmu Terapan  
Telkom University  
Bandung, Indonesia  
sgo@ittelkom.ac.id

Suci Aulia  
Fakultas Ilmu Terapan  
Telkom University  
Bandung, Indonesia  
sca@ittelkom.ac.id

**Abstrak**—Pada penelitian sebelumnya, telah direalisasikan perangkat monitoring EKG berbasis Wifi dan ZigBee namun masih bersifat *point to point* sehingga tidak dapat digunakan untuk memonitor banyak pasien dalam satu perangkat display. Sistem *point to point* menjadi tidak efisien ketika digunakan pada beberapa pasien yang memerlukan pemantauan secara bersamaan. Oleh karena itu diperlukan konfigurasi *multipoint to point* untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pada penelitian ini telah direalisasikan suatu sistem monitoring EKG yang mengaplikasikan konfigurasi jaringan *multipoint to point* menggunakan perangkat ZigBee sebagai modul *transceiver*. Sebagai penelitian awal, direalisasikan sistem monitoring untuk tiga (3) perangkat EKG pada sisi pasien dan satu perangkat penerima sebagai penampil data sinyal EKG. Sistem ini kita sebut *3 to 1 EKG monitoring system*. Perangkat EKG pada proyek ini menggunakan teknik sadapan *bipolar lead* berbasis segitiga Einthoven dengan sadapan *lead II* sebagai standar monitoring EKG.

**Keywords**—EKG, Wifi, ZigBee, Multipoint to Point

## I. PENDAHULUAN

Sistem *telemonitoring* pada aplikasi pemantauan kondisi kesehatan semakin banyak dikembangkan dengan harapan dapat meningkatkan pelayanan kesehatan, kemudahan akses serta fleksibilitas penggunaannya. Salah satu aplikasi *telemonitoring* yang banyak diterapkan adalah pemantauan kondisi jantung menggunakan perangkat elektrokardiogram (EKG). Sistem monitoring EKG pada penelitian sebelumnya[1][2][3], baik yang menggunakan modul Wifi dan ZigBee masih menggunakan konfigurasi *point to point*, sehingga tidak dapat digunakan untuk memonitor banyak pasien dalam satu perangkat *display*. Pada rumah sakit atau pusat layanan kesehatan, idealnya suatu sistem monitoring pasien terintegrasi dan terpusat pada satu ruang yang berfungsi untuk mengamati kondisi pasien-pasien tersebut. Kondisi seperti ini sering disebut *multipoint to point monitoring system*.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, direalisasikan suatu sistem monitoring EKG yang mengaplikasikan konfigurasi *multipoint to point* berbasis protokol komunikasi radio ZigBee menggunakan modul X-Bee Pro. Selain ukuran modul yang relatif kecil dan dayanya rendah, X-Bee mudah dikonfigurasi untuk berbagai model jaringan.

Sebagai penelitian awal, direalisasikan sistem monitoring untuk tiga (3) perangkat EKG pada sisi pasien dan satu perangkat penerima. Tiga perangkat X-Bee dikonfigurasi sebagai *End Device* atau sensor *node* dan satu lainnya sebagai kordinator. Masing-masing sensor *node* terintegrasi dengan perangkat akuisisi sinyal EKG dan mikrokontroler. Pada kordinator terdapat mikrokontroler sebagai pengirim data sinyal ke komputer.

Teknik sadapan untuk akuisisi sinyal EKG menggunakan sadapan bipolar berbasis segitiga Einthoven. Sinyal EKG yang diambil adalah *lead II* sebagai standar monitoring EKG. Bagian analog EKG terdiri dari penguat instrumentasi, *Driven Right Leg*, filter HPF, filter LPF dan penguat akhir. Selanjutnya sinyal analog dikonversi oleh mikrokontroler dan dikirim secara serial ke modul X-Bee.

Setelah integrasi antara perangkat analog, mikrokontroler dan *transceiver* X-Bee berhasil, dilakukan pengujian performa sistem. Pada bagian penerima, pengujian dilakukan dengan menggunakan aplikasi *hyperterminal* untuk melihat data sinyal yang diterima. Pengujian jarak transmisi juga dilakukan untuk mengetahui jarak maksimal pengiriman data.

## II. TEORI

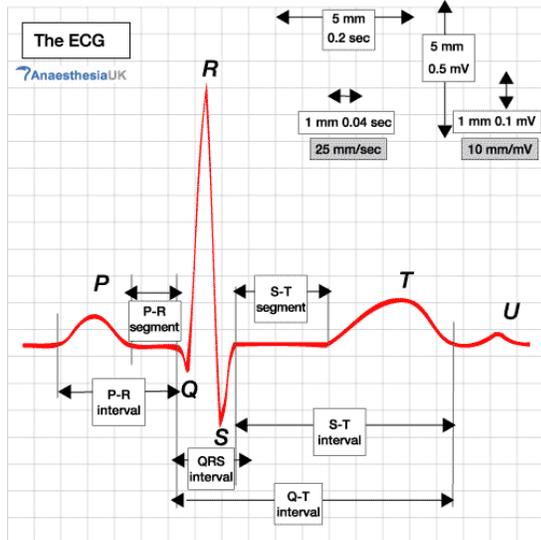
### A. Elektrokardiograf

Elektrokardiograf merupakan suatu sinyal yang terbentuk sebagai hasil dari aktivitas listrik otot jantung. Sadapan sinyal EKG dapat dilakukan dengan memasang elektroda pada titik tertentu tubuh pasien. Dari bentuk sinyal dan irama sinyal EKG dapat ditentukan kondisi kesehatan jantung pasien[4]. Aktifitas listrik jantung ini dapat direkam menggunakan mesin elektrokardiogram. Bentuk sinyal EKG normal dapat dilihat pada Gambar 1.

Masing-masing gelombang pada sinyal EKG menyatakan aktifitas jantung sebagai berikut [5]:

1. Proses depolarisasi (jantung berkontraksi) yang menyebabkan kontraksi *atrium* dari *sinus atrialis* ke *nodulus atrio ventricularis* menimbulkan gelombang P
2. Akhir dari kontraksi *atria* dan awal dari kontraksi *ventrikel* menimbulkan gelombang R.
3. Depolarisasi pada *ventrikel* mem-bangkitkan *QRS* kompleks.

4. Repolarisasi ventrikel menyebabkan terjadinya gelombang T
5. Interval P-R menandakan waktu dari permulaan kontraksi atrial sampai permulaan kontraksi ventrikel
6. Interval R-T menunjukkan kontraksi otot (*ventricular systole*), dan interval T-R menunjukkan adanya relaksasi otot (*ventricular diastole*).

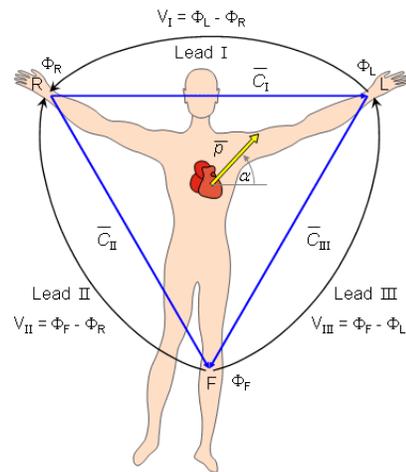


Gambar 1. Gelombang EKG normal[6]

Terdapat dua mode untuk mengukur EKG: mode diagnosa dan mode monitoring. Mode diagnosa digunakan untuk melakukan diagnosa kelainan jantung dengan *range* frekuensi sinyal 0.05-100 Hz[6]. Pada mode monitoring memiliki pita frekuensi yang lebih sempit yaitu 0.5-40 Hz [6]. karena pada mode ini biasanya hanya ritme jantung saja yang dilihat[6]. Dengan lebar pita yang lebih sempit, *noise* yang dihasilkan relatif lebih kecil dan efek pergerakan tubuh bisa berkurang [6]. Pada penelitian ini, perangkat EKG yang diterapkan adalah mode monitoring.

Teknik sadapan sinyal EKG didasarkan dengan teori segitiga *Einthoven*. Dengan metode ini diperoleh sadapan bipolar lead 1, lead 2 dan lead 3. Sadapan yang digunakan pada penelitian ini adalah *lead 2*. Sadapan untuk masing-masing *lead* merupakan kombinasi dari elektroda yang dipasang sesuai penjelasan berikut:

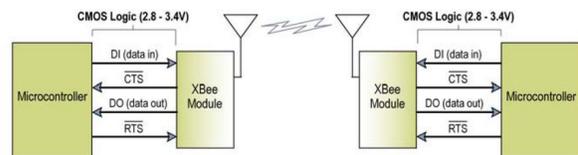
- a. *Lead I* : elektroda positif di tangan kiri dan elektroda negatif di tangan kanan
- b. *Lead II* : elektroda positif di kaki kiri dan elektroda negatif di tangan kanan
- c. *Lead III* : elektroda positif di kaki kiri dan elektroda negatif di tangan kiri



Gambar 2. Segitiga Einthoven[7]

### B. ZigBee

Zigbee merupakan *Radio Frekuensi Transceiver* atau pengirim dan penerima menggunakan frekuensi radio yang berfungsi untuk komunikasi data secara simultan dua arah. Salah satu modul komunikasi *wireless* dengan standar komunikasi ZigBee adalah Xbee produksi Digi International. XBee merupakan sebuah modul yang terdiri dari RF *receiver* dan RF *transmitter* dengan antarmuka komunikasi serial UART sehingga lebih mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler. Pada penelitian ini digunakan modul XBee Pro *Series 2* untuk mendukung konfigurasi jaringan *multipoint to point*.



Gambar 3. Konfigurasi X-Bee dengan Mikrokontroler[8]

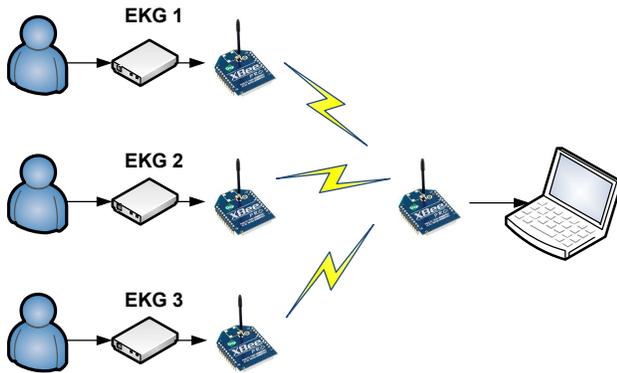


Gambar 4. Hardware XBee Pro Series 2[9]

## III. DESAIN SISTEM

Sistem monitoring EKG yang direalisasikan pada penelitian ini menggunakan topologi jaringan *multipoint to point 3 to 1*, artinya terdapat 3 titik pemantauan yang dimonitor dalam satu perangkat. Setiap perangkat EKG di sisi pasien terintegrasi dengan modul XBee yang akan mengirimkan data ke XBee

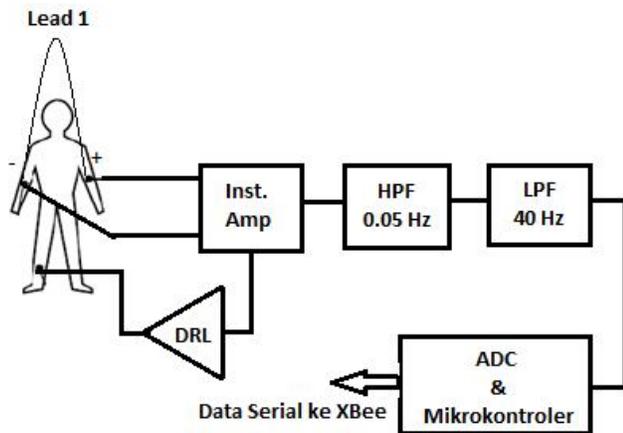
kordinator. Data yang diterima oleh *node* kordinator dari setiap sensor *node* kemudian dikirim secara serial ke komputer. Lebih jelasnya, sistem yang direalisasikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Desain Sistem

#### A. Perancangan EKG

Perangkat akuisisi sinyal EKG yang direalisasikan merujuk pada penelitian sebelumnya. Sadapan sinyal EKG yang diambil berdasarkan aturan segitiga Einthoven dimana pada penelitian ini sinyal yang diambil adalah sadapan *lead 1*. Perangkat EKG terdiri dari transduser elektroda, penguat instrumentasi, filter analog dan penguat operasional. Secara jelas, blok perancangan *hardware* EKG dapat dilihat pada Gambar 6. Berikut.



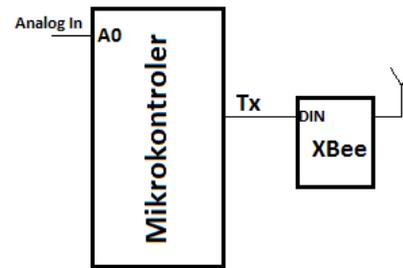
Gambar 6. Blok EKG

#### B. Mikrokontroler

Mikrokontroler pada sistem ini berfungsi untuk melakukan konversi sinyal analog ke format data digital dan mengirimkan data serial ke modul XBee. Mikrokontroler yang digunakan adalah ATMEGA8 yang diaplikasikan pada sistem minimum ARDUINO UNO.

Sinyal Analog keluaran perangkat EKG dihubungkan di pin ADCA0 sistem mikrokontroler. Kemudian melalui program mikrokontroler dilakukan pembacaan ADC

selanjutnya data hasil konversi dikirimkan secara serial ke modul XBee melalui pin Tx yang terhubung dengan pin DIN XBee. Melalui Gambar 7 ditunjukkan secara jelas hubungan pin sistem mikrokontroler dengan XBee.



Gambar 7. Pin Connection Mikrokontroler dengan XBee

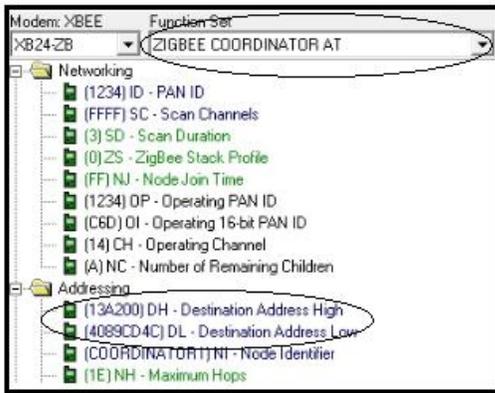
Berikut potongan program mikrokontroler pada aplikasi Arduino:

```
int analog_in = A0;
int data_adc = 0;
void setup() {
  // set serial & baudrate 9600 bps
  Serial.begin(9600);
}

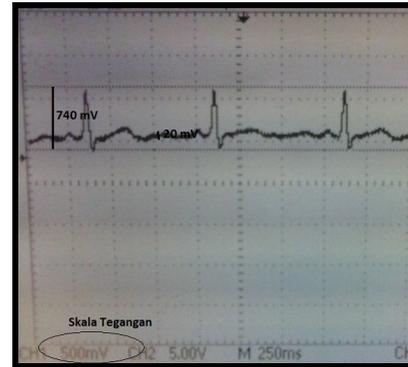
void loop() {
  // read data ADC
  data_adc = analogRead(analog_in);
  Serial.print("A"); //Sign Header from Node 1
  Serial.print(data_adc); //Send serial data
  delay(10); //delay 10 ms
}
```

#### C. Pengaturan Modul XBee

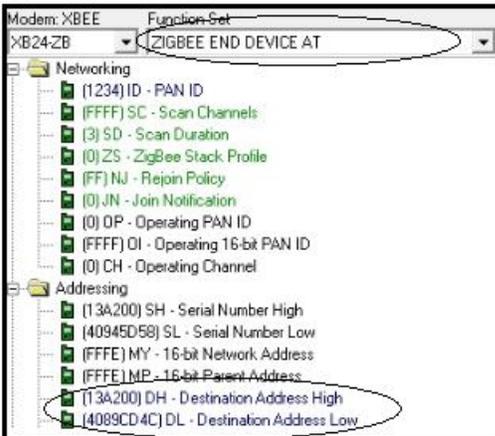
Pengaturan modul XBee dilakukan untuk mengatur modul agar dapat membentuk jaringan *multipoint to point*. Pengaturan dilakukan dengan bantuan software X-CTU. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengaturan XBee adalah PAN ID semua XBee harus sama kemudian SH dan SL XBee kordinator merupakan DH dan DL semua *End Device (Sensor Node)*. Pengaturan untuk masing-masing XBee dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Pengaturan XBee Kordinator



Gambar 10. Tampilan Sinyal EKG pada Osiloskop



Gambar 9. Pengaturan XBee End Device 1, 2, dan 3

#### IV. HASIL DAN DISKUSI

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performansi sistem yang telah direalisasikan. Pengujian meliputi pengujian bagian analog EKG, bagian sata digital, dan jarak maksimum jangkauan *transceiver* XBee. Bagian analog EKG diuji menggunakan osiloskop untuk memastikan perangkat EKG sudah dapat mengakuisisi sinyal dengan baik. Untuk melihat data yang dikirimkan oleh mikrokontroler digunakan aplikasi *HyperTerminal* sebagai serial monitor.

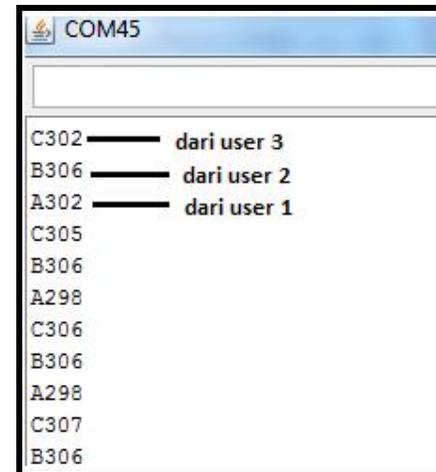
##### A. Bagian Analog Perangkat EKG

Dari hasil pengujian bagian analog EKG, terlihat bahwa pola sinyal EKG sudah tampak jelas, dapat dilihat pada Gambar 10. Ditunjukkan dengan grafik QRS yang terlihat jelas dan tidak ada sinyal yang terpotong akibat penguatan. Nilai *signal to noise ratio* dari sinyal adalah:

$$SNR_{dB} = 20 \log (A_{signal}/A_{noise}) = 20 \log (0,74/0,02) = 31,36 \text{ dB}$$

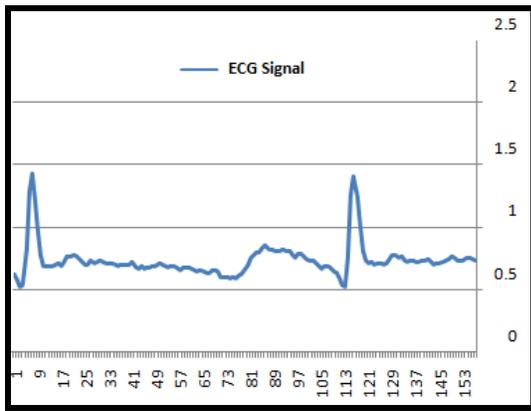
##### B. Bagian Digital Sisi Penerima

Pengujian pada bagian penerima dimaksudkan untuk mengetahui apakah data diterima dengan benar sesuai dengan format yang ditentukan pada sisi pengirim. Data yang diterima dilihat menggunakan serial monitor pada aplikasi Arduino. Dari hasil pengujian, data dari semua *node* diterima dengan benar dan format data telah sesuai. Urutan data dapat bersifat acak, sesuai dengan pola penjadwalan yang sudah *embedded* pada modul XBee. Berikut tampilan data pada serial monitor.



Gambar 11. Tampilan Data pada Serial Monitor

Untuk menguji kebenaran data sinyal EKG yang dikirimkan dilakukan *plotting* data menggunakan *Microsoft Excel* dalam bentuk grafik. Grafik sinyal EKG ditampilkan pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Plot Sinyal EKG

### C. Pengujian Jarak Transmisi

Pengujian jarak transmisi dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh jangkauan transceiver XBee. Ada dua skenario pengujian: kondisi LOS dan NLOS. Pada kondisi LOS, XBee pengirim dan penerima saling tampak pandang. Untuk kondisi NLOS pengujian dilakukan pada ruangan yang berbeda dengan tembok sebagai penghalang.

Pada kondisi LOS pengukuran jarak dilakukan setiap 10 meter, didapatkan jarak pengiriman yang paling optimal adalah 63 meter. Pada jarak tersebut data dari setiap node masih diterima dengan baik. Tabel I adalah pengujian jarak transmisi.

TABEL I. PENGUJIAN JARAK TRANSMISI

Jarak (m)	Kondisi di penerima
10	Data received
20	Data received
30	Data received
40	Data received
50	Data received
60	Data received
70	not received
80	not received
90	not received

Pada kondisi NLOS, didapatkan jarak transmisi maksimum adalah 20 meter. Pada kondisi tersebut data masih dapat

diterima dengan baik, selebihnya tidak ada data diterima dari *node* manapun.

## V. KESIMPULAN

Telah berhasil direalisasikan sistem monitoring EKG dengan konfigurasi *multipoint to point* yaitu tiga *user* ke sebuah penerima. Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini diantaranya:

1. Perangkat akuisi sinyal EKG dapat bekerja dengan baik, grafik sinyal EKG terlihat jelas dengan SNR 31,36 dB.
2. Pada bagian pengirim, untuk setiap *node* diberi identitas berupa karakter untuk mengetahui ID tiap *user*.
3. Pada sisi penerima, format data sesuai dengan yang dikirimkan. Pola penjadwalan dapat bersifat acak sesuai algoritma yang sudah embedded pada modul XBee.
4. Grafik sinyal EKG yang di plot pada aplikasi Excel telah sesuai dengan data yang dikirim. Selanjutnya perlu dibuat aplikasi untuk menampilkan data digital EKG untuk semua *node*.
5. Jarak transmisi maksimum kondisi NLOS adalah 20 meter.
6. Jarak transmisi maksimum untuk kondisi LOS adalah 63 meter.

## REFERENSI

- [1] Alfāruq, Akhmad.2011. Integrasi Sistem Monitoring Elektrokardiograf dan Fotoplethismograf Berbasis Mikrokontroler. Tugas Akhir. IT Telkom. Bandung.
- [2] A. Rizal, Jondri, "Wireless LAN Electrocardiogram (ECG)", Proceeding Konferensi Nasional Sistem Informatika 2010, Bali, 2010
- [3] Hadiyoso, Sugondo dan Maydhona, Efa.2012. Monitoring Elektrokardiograf Menggunakan ZigBee Sebagai Pengirim Data. Paper Seminar Nasional SciETec. Hal. TE43-1 – TE43-5.
- [4] Widjaja, Sutopo.1990. ECG Praktis. Binarupa Aksara.Jakarta.
- [5] W. J. Tompkins, "Biomedical Signal Processing," Prentice Hall, New Jersey, 1993
- [6] AnaesthesiaUK, " Sinyal Electro-cardiogram," [online] tersedia di <http://www.frca.co.uk/article.aspx?articleid=339> [diakses 12 Maret 2014]
- [7] Einthoven Triangle, "Konfigurasi Segitiga Einthoven," [online] tersedia di <http://www.bem.fi/book/15/15.htm> [diakses 12 Maret 2014]
- [8] Datasheet XBee, "Konfigurasi XBee," [online] Tersedia di <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee/Datasheet.pdf> [diakses 12 Maret 2014]
- [9] XBee Pro S2, "Hardware XBee S2" [online] tersedia di <http://www.mindkits.co.nz/store/communication/xbee-2mw-wire-antenna-series-2-zb> [diakses tanggal 10 Maret 2014]