

## “Sistem Monitoring Photoplethysmograph Berbasis Zigbee dan Labview”

**\*Hamdala, Yusnita Rahayu \*\*, Indra Yasri\*\***

\*Alumni Teknik Elektro Universitas Riau \*\*Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau  
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293  
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau  
Email: hamda\_h3@yahoo.com

### **ABSTRACT**

Information heartbeat's per minute and characteristics of heart rate is an essential to be monitored, it shows normal and abnormal condition of heart rate person's characteristic. The normal heart rate is usually 60-100 bpm. This paper present a system monitoring based on Zigbee and Labview. It monitors heartbeat's per minute, heart rate characteristic and respiratory rate per minute displayed though Labview GUI. From experimental the heartbeat's of 89 bpm was obtained, it indicated in normal condition. The heart rate is less than 60 bpm indicated bradycardia characteristic, and the heart rate is more than 100 bpm indicated tachycardia characteristic.

Keywords: Photoplethysmograph, Heart's rate, Respiratory rate, Labview, Heartbeat's, Breathing

### **I. PENDAHULUAN**

Volume darah dalam suatu organ selalu berubah akibat dipompa oleh jantung. Informasi perubahan volume darah dapat digunakan untuk menghitung detak jantung per menit karena setiap puncak gelombang *photoplethysmograph* berkorelasi dengan satu detak jantung (Rizki., et al, 2013).

Tingkat pernapasan adalah salah satu tanda vital pertama yang diperiksa menyusul terjadinya cedera. Perubahan mendadak dalam tingkat pernapasan dapat disebabkan oleh obstruksi jalan napas, luka pada rongga perut atau pleura. Selain itu, keanekaragaman denyut jantung menunjukkan aktivitas sistem saraf. Pembacaan keanekaragaman detak jantung dapat memberikan peringatan kondisi kritis untuk memungkinkan perhatian medis secara cepat menggunakan transmisi nirkabel dari status kesehatan (Singh, Mastan, Kalsi. 2009).

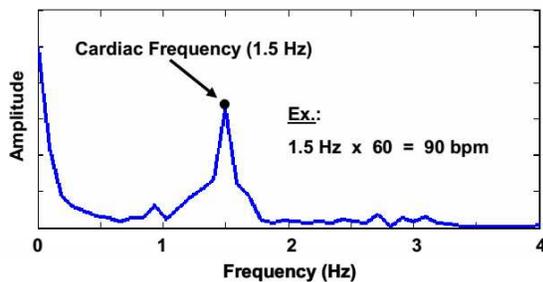
Untuk memudahkan pemantauan detak jantung, mengetahui karakteristik jantung dan mengetahui ritme pernafasan yang menjadi indikasi kesehatan seseorang, pada pengerjaan skripsi ini akan dirancang sebuah sistem *monitoring photoplethysmograph* berbasis *zigbee* dan *labview*. Sistem ini bekerja dengan mengirimkan sinyal informasi PPG secara *wireless* menggunakan *zigbee*, sinyal informasi akan di olah dan di tampilkan menggunakan *labview*.

### **Detak Jantung**

Salah satu indikator kesehatan jantung adalah terjadinya peningkatan denyut jantung pada saat beristirahat. Waktu yang tepat untuk mengecek denyut jantung adalah saat bangun pagi dan sebelum melakukan aktivitas apapun. Detak Jantung adalah suara yang dikeluarkan oleh jantung

dan akibat aliran darah melalui jantung. Denyut jantung pertama: disebabkan oleh katup atrioventricular, bikuspid/mitral dan tricuspid. Karakteristik denyut jantung terbagi 3 yang normal yakni 60-100 kali setiap menit, sedangkan denyut jantung lambat (bradikardi) jika 40 sampai 60 kali per menit dan yang cepat (takikardi) lebih dari 100 sampai 180 kali per menit. Maksimum denyut jantung yang di ijinakan adalah 220 detak per menit sebagai ukuran teratas (Melta, Kurniadi. 2013).

Frekuensi PPG adalah refleksi dari *Heart Rate*. *Heart Rate* dapat diekstraksi menggunakan analisis spektral. Transformasi berbasis sinusoidal dari sinyal PPG, seperti yang digambarkan dalam Gambar 1.1, biasanya berisi lonjakan tinggi amplitudo terletak pada frekuensi jantung.

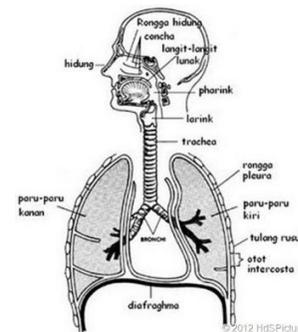


Gambar 2.1 PPG signal showing cardiac spectral line (S, William. 2006)

## Pernafasan

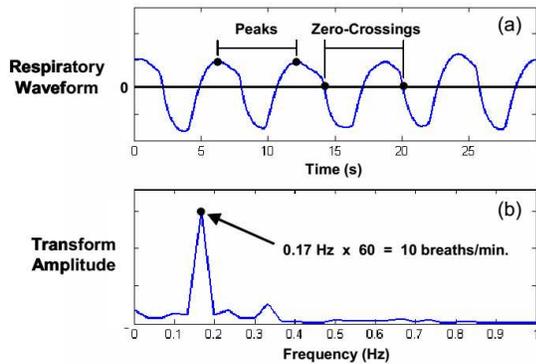
Pernafasan adalah proses pengambilan oksigen dari udara luar dan pengeluaran CO<sub>2</sub> dari paru-paru. Proses pernafasan bertujuan untuk mendapatkan oksigen (O<sub>2</sub>) untuk respirasi seluler. Hasil utama pernafasan adalah energi. Energi yang dihasilkan digunakan untuk aktivitas hidup. Proses pernafasan diatur oleh otot diafragma dan otot di antara tulang rusuk, pada saat menarik napas otot diafragma mengerut. Akibatnya, diafragma mendatar, rongga dada membesar, dan udara masuk paru-paru. Selain itu, paru-paru dapat pula terisi udara dengan mengerutnya otot antar

tulang rusuk. Otot antar tulang rusuk yang mengerut menyebabkan rongga dada membesar dan udara masuk ke dalam paru-paru. Pada saat mengembuskan napas, otot diafragma dan otot antar tulang rusuk mengendur. Akibatnya, rongga dada mengecil dan paru-paru mengempis sehingga CO<sub>2</sub> dalam paru-paru terdorong keluar. Gambar 1.2 menunjukkan bagian-bagian tubuh yang digunakan saat proses pernafasan terjadi.



Gambar 1.2 Bagian – bagian yang digunakan saat proses pernafasan (Riski., et al. 2013)

Fluktuasi puncak amplitudo *PPG* dapat dengan mudah digunakan untuk memberikan informasi *Respiratory Rate* (*RR*). Selubung positif dari *PPG* dapat mencerminkan pola pernafasan dan digunakan untuk mengidentifikasi frekuensi pernafasan dominan melalui analisis waktu-atau berbasis spektral seperti yang diperlihatkan pada gambar 1.3 (a).



Gambar 1.3 *The two primary methods of assessing respiratory waveforms: (a) measuring individual breathing cycle intervals and (b) performing spectral analysis* (S, William. 2006)

Fluktuasi jantung dapat diekstraksi dan digunakan untuk mengukur RR. Metode pengolahan mereka didasarkan analisa spektral. *Fast Fourier Transform (FFT)* dan *periodogram* digunakan untuk menilai frekuensi pernafasan dari bentuk gelombang dan memberikan hasil yang akurat. Puncak terbesar pernafasan terletak di kisaran 0,05-0,7 Hz karena mewakili frekuensi pernafasan utama untuk interval 1 menit. Frekuensi puncak dikalikan dengan 60 untuk mendapatkan pengukuran napas per menit seperti diperlihatkan pada gambar 2.3 (b). (S, William. 2006).

### Photoplethysmograph

*Plethysmograph* merupakan suatu instrumen yang digunakan untuk mengukur perubahan volume darah di dalam suatu organ atau seluruh tubuh. *Photoplethysmograph* merupakan instrument *plethysmograph* yang bekerja menggunakan sensor optik (Rizki., et al. 2013).

Secara luas sensor didefinisikan sebagai suatu perangkat yang menerima dan merespon suatu sinyal atau stimulus. Sensor tersusun dari transduser. Transduser adalah suatu alat (elektik,

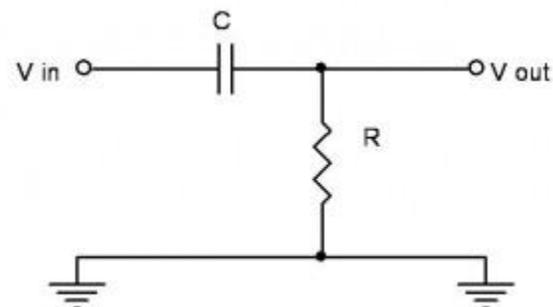
elektronik, elektromekanik) yang dapat mengubah suatu bentuk energi menjadi bentuk energi yang lain untuk tujuan tertentu, termasuk untuk pengukuran. (Rizki., et al, 2013)

Dalam teknik *plethysmografi* dikenal dua macam mode konfigurasi pemasangan sensor, yaitu ;

1. Mode transmisi : Sumber cahaya (LED) dipasang berhadapan dengan photodiode, photodiode mendeteksi perubahan cahaya yang dipancarkan oleh LED akibat penyerapan oleh organ (darah, kulit, dan daging/otot) secara langsung.
2. Mode refleksi : Dalam mode refleksi LED dan photodiode dipasang berjajar. Sinyal/perubahan cahaya yang dideteksi oleh photodiode adalah sinyal pantulan/refleksi.

### High Pass Filter

*HPF* atau sering juga disebut dengan filter lolos atas adalah suatu rangkaian yang akan melewatkan suatu isyarat yang berada diatas frekuensi *cut off* rangkaian tersebut dan akan menahan isyarat yang berfrekuensi dibawah frekuensi *cut off* rangkaian tersebut. Rangkaian *HPF RC* dapat dilihat pada gambar 1.4.

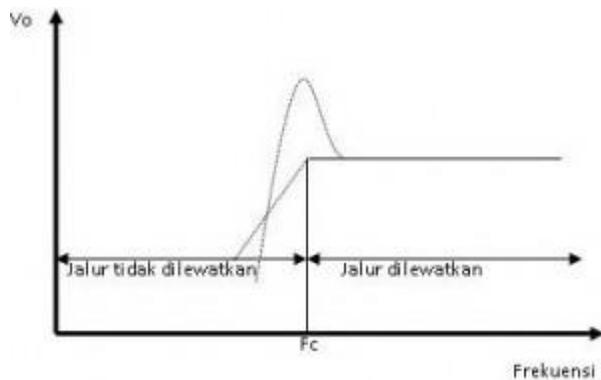


Gambar 1.4 Rangkaian HPF RC (Purnama, Agus. 2012)

Prinsip kerja dari *HPF* atau filter lolos atas adalah dengan memanfaatkan karakteristik dasar komponen C dan R, dimana C akan mudah melewatkan sinyal AC sesuai dengan nilai reaktansi kapasitifnya dan komponen R yang lebih mudah melewatkan sinyal dengan frekuensi yang rendah. Prinsip kerja rangkaian filter lolos atas atau *HPF* (HPF) dengan RC dapat diuraikan sebagai berikut, apabila rangkaian *HPF* ini diberikan sinyal input dengan frekuensi diatas frekuensi *cut off* maka sinyal tersebut akan di lewatkan ke output rangkaian melalui komponen C. Kemudian pada saat sinyal input yang diberikan ke rangkaian filter lolos atas atau HPF memiliki frekuensi di bawah frekuensi *cut off* maka sinyal input tersebut akan dilemahkan dengan cara dibuang ke ground melalui komponen R.

$$F_c = \frac{1}{2\pi RC} \dots\dots\dots (1)$$

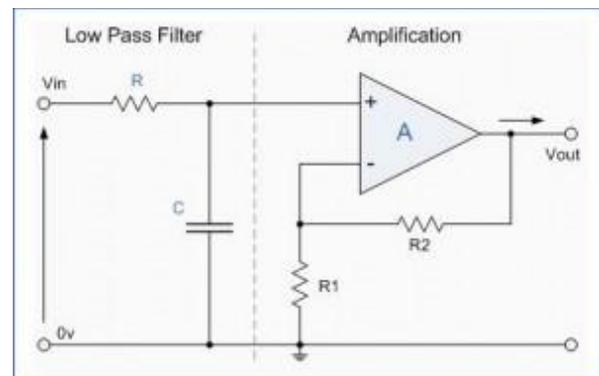
Grafik karakteristik dari *HPF* (HPF) atau filter lolos atas dengan komponen RC dapat digambarkan dengan perbandingan antara tegangan output filter terhadap frekuensi yang diberikan kepada rangkaian *HPF* (HPF) tersebut. Untuk lebih jelasnya grafik karakteristik filter high pass (HPF) ditunjukkan pada gambar 1.5 berikut.



Gambar 1.5 Karakteristik *HPF* RC (Purnama, Agus. 2012)

### Low Pass Filter Butterworth Sallen Key Orde 3

*LPF* adalah filter yang akan meloloskan frekuensi yang berada dibawah frekuensi *cut off* ( $f_c$ ) dan meredam frekuensi diatas  $f_c$ . Filter aktif low pass adalah rangkaian filter yang menggunakan penguat operasional (Op-Amp) rangkaian terpadu dimana rangkaian filter aktif low pass ini akan meloloskan sinyal input dengan frekuensi dibawah frekuensi *cut off* rangkaian dan akan melemahkan sinyal input dengan frekuensi diatas frekuensi *cut off* rangkaian filter aktif low pass tersebut. Seperti tampak pada gambar 1.6 adalah gambar *LPF butterworth sallen key orde 1* dengan perhitungan sebagai berikut.



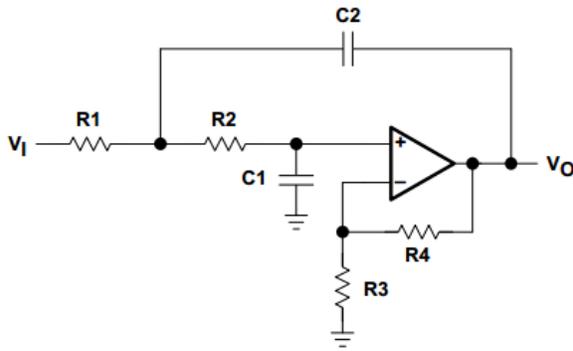
Gambar 1.6 Rangkaian *LPF* aktif (Purnama, Agus. 2015)

Frekuensi *cut off* ( $f_c$ ) *LPF butterworth sallen key orde 1*

$$F_c = \frac{1}{2\pi RC} \dots\dots\dots (2)$$

Penguatan *LPF* (AF)

$$AF = \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_1}{R_2} \dots\dots\dots (3)$$

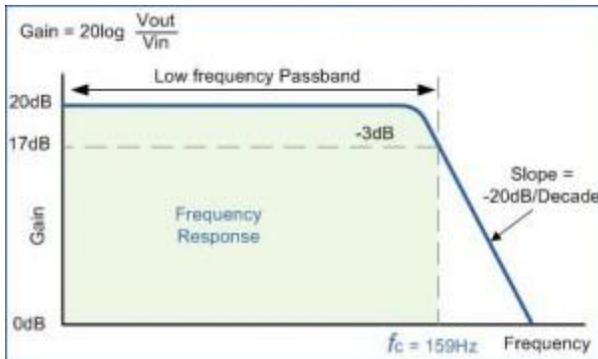


Gambar 1.7 Low pass sallen key filter orde 2 (Karki, Jim. 2002)

$$F_c = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \dots \dots \dots (4)$$

Penguatan LPF (AF)

$$AF = \frac{V_o}{V_i} = 1 + \frac{R_4}{R_3} \dots \dots \dots (5)$$



Gambar 1.8 Respon frekuensi LPF aktif (Purnama, Agus. 2015)

### Mikrokontroler ATmega8535

Atmega8535 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran adc internal dan memiliki fidelitas 10 bit. Dalam mode operasinya ADC Atmega8535, dapat dikonfigurasi baik itu *singled ended input* maupun *differential Input*, selain itu ADC Atmega8535 memiliki konfigurasi

pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau yang amat fleksibel, sehingga dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri (Suripto. 2014).

### Zigbee

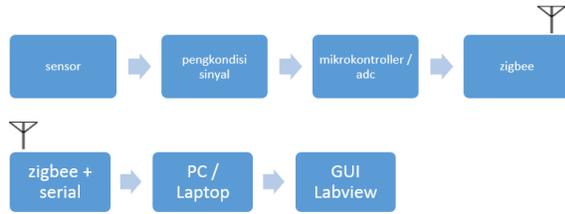
*Zigbee* adalah spesifikasi untuk protokol komunikasi tingkat tinggi yang mengacu pada standar IEEE 802.15.4 yang berhubungan dengan *wireless personel area networks (WPANs)*.

Teknologi *zigbee* dimaksudkan untuk penggunaan pengiriman data secara *wireless* yang membutuhkan transmisi data rendah dan juga konsumsi daya rendah, dan juga tidak lebih mahal dibandingkan dengan WPANs lain seperti *bluetooth*. *Zigbee* memiliki *transfer rate* sekitar 250 Kbps. Sedangkan jarak kerja *zigbee* sendiri sekitar 76 m, yang dimana jaraknya lebih jauh dibandingkan dengan *Bluetooth* (Winardi, 2012).

### Labview

*Labview* adalah sebuah *software* pemrograman yang diproduksi oleh *National Instruments* dengan konsep yang berbeda. Seperti bahasa pemrograman lainnya yaitu C++, *matlab* atau *visual basic*, *labview* juga mempunyai fungsi dan peranan yang sama, perbedaannya bahwa *labview* menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman lainnya menggunakan basis teks. Program *labview* dikenal dengan sebutan VI atau *Virtual Instruments* karena penampilan dan operasinya dapat meniru sebuah *instrument* (Labview, 2014).

## II. METODOLOGI PENELITIAN

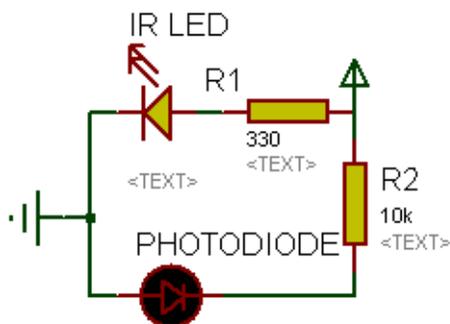


Gambar 2.1 blok diagram sistem secara umum

Gambar 2.1 menunjukkan cara kerja sistem secara umum. Sinyal informasi PPG berasal dari sensor, kemudian diteruskan ke bagian pengkondisi sinyal, selanjutnya sinyal informasi diteruskan ke mikrokontroler untuk mengubah sinyal informasi kedalam bentuk data *ADC*. Selanjutnya sinyal informasi diteruskan ke perangkat *zigbee* (pemancar). Data yang dikirim oleh *zigbee* pemancar diteruskan ke perangkat *zigbee* lainnya (penerima) secara *wireless*. Kemudian sinyal informasi diteruskan ke komputer melalui perangkat *zigbee serial*. Pada akhirnya sinyal informasi akan diterjemahkan oleh GUI yang telah dirancang menggunakan labview.

### Perancangan Sensor

Sensor yang dirancang adalah sensor photoplethysmograph dengan menggunakan mode konfigurasi refleksi. Adapun skema rangkaiannya sebagai berikut ;

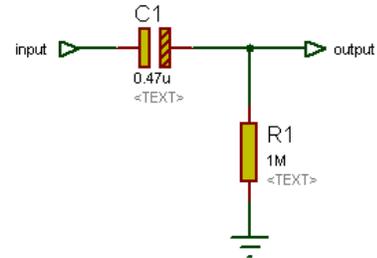


Gambar 2.2 Rangkaian sensor photoplethysmograph

Sensor yang dibuat merujuk ke penelitian sebelumnya (Rizki., et al. 2103).

### Perancangan High Pass Filter (HPF)

HPF dirancang dengan frekuensi cut off 0.3 Hz yang berfungsi untuk meredam *noise*. Komponen yang digunakan dalam pembuatan HPF adalah kapasitor aluminium 0.47 uF dan resistor 1 MΩ dengan toleransi 5 %. Berikut rangkaian dan perhitungan frekuensi *cut off* HPF yang dirancang :

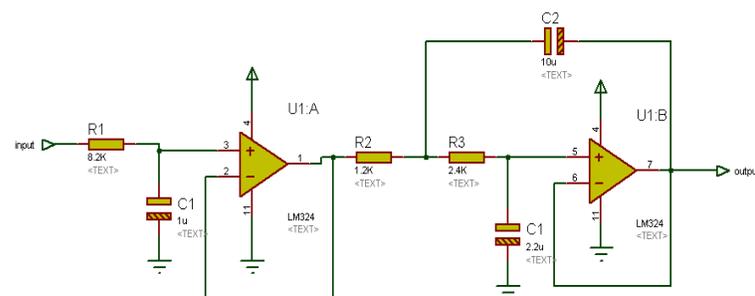


Gambar 2.3 rancangan HPF

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi(1 \times 10^6)(0.47 \times 10^{-6})} = 0.3 \text{ Hz}$$

### Perancangan Low Pass Filter (LPF) Butterworth Sallen Key Orde 3

*LPF butterworth sallen key orde 3* dirancang dengan menggabungkan *LPF butterworth sallen key orde 1* dan orde 2. Berikut rangkaian *LPF butterworth sallen key orde 3* yang dirancang.



Gambar 3.5 Rancangan LPF butterworth sallen key orde 3

Berikut Perhitungan frekuensi cut off berdasarkan orde nya :

Orde 1 :

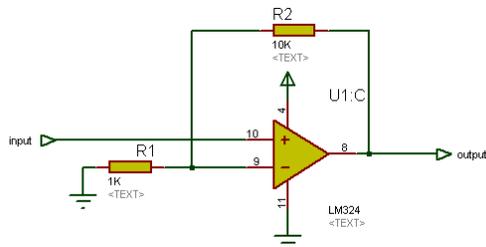
$$F_c = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi(8.2 \times 10^{-6})(1 \times 10^{-6})} = 20 \text{ Hz}$$

Orde 2 :

$$F_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_2 R_3 C_1 C_2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{1200 \times 2400 \times (2.2 \times 10^{-6})(10 \times 10^{-6})}} = 20 \text{ Hz}$$

### Penguat Operasional

Penguat operasional yang digunakan adalah *quad op-amp* lm324, penguatan dirancang dengan konfigurasi *non inverting*. Adapun rangkaiannya adalah sebagai berikut.



Gambar 3.6 Rancangan penguatan 11 kali

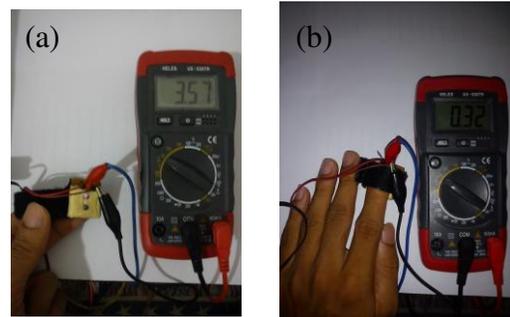
Perhitungan penguatannya sebagai berikut :

$$G = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{10}{1} = 11 \text{ kali Penguatan}$$

## III HASIL DAN PEMBAHASAN

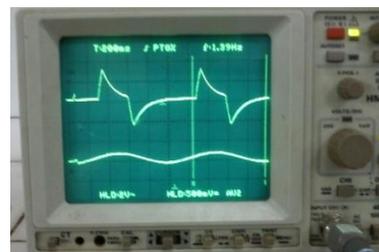
### Pengujian Prototype

Sensor diuji menggunakan multimeter dari hasil pengukuran terlihat sensor bekerja dengan baik, hal ini dibuktikan ketika terjadi perbedaan tegangan saat sensor digunakan pada jari tangan dan pada saat sensor tidak digunakan pada jari tangan. Gambar pengujian sensor dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 pengujian sensor menggunakan multimeter digital

Pada gambar 3.1 (a) saat sensor tidak digunakan terukur tegangan sebesar 3.57 Volt, kemudian pada gambar 3.1 (b) saat sensor digunakan terukur tegangan yang lebih kecil, hal ini menunjukkan sensor dapat bekerja dengan baik, terbukti dengan adanya perubahan level tegangan.



Gambar 3.2 sinyal keluaran dengan input 1.33 Hz dari fuction generator

Gambar 3.2 menunjukkan sinyal keluaran penggabungan keseluruhan filter dan penguat dengan masukan sinyal berasal

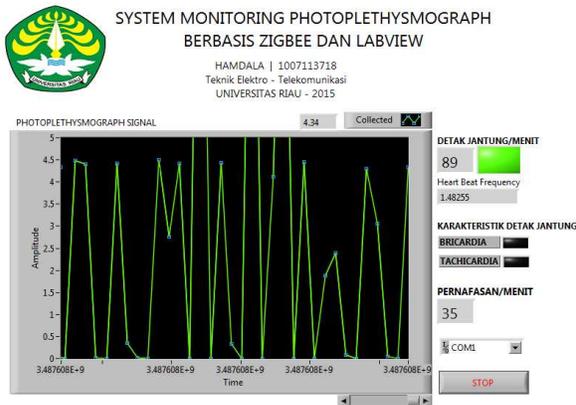
dari function generator dengan frekuensi 1.39 Hz.



Gambar 3.3 keluaran sinyal penguatan (Abu., et al. 2014)

Gambar 3.3 merupakan gambar sinyal keluaran pengkondisi sinyal yang dibuat oleh peneliti sebelumnya, dari gambar terlihat masih terdapat *noise* pada sinyal keluaran PPG.

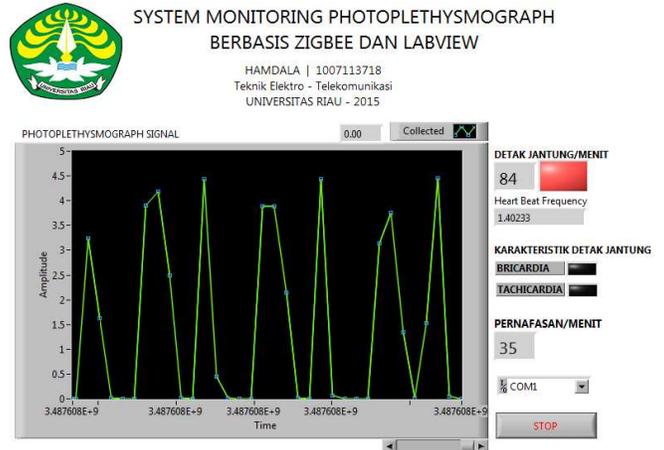
Jika dibandingkan gambar 3.2 dan gambar 3.3, terlihat perbedaan yang signifikan, pada gambar 3.2 terlihat sinyal lebih halus, ini mengindikasikan bahwa sinyal keluaran mengandung sedikit *noise* dibandingkan dengan sinyal keluaran gambar 3.3 yang terlihat terdapat *noise* yang lebih besar.



Gambar 3.4 Sistem monitoring photoplethysmograph berbasis zigbee dan labview

Pada gambar 3.4 diperlihatkan tampilan *GUI labview* yang dirancang, pada gambar dapat

dilihat beberapa sinyal melebihi batas amplitude tertinggi, sinyal yang melebihi batas amplitude tertinggi disebabkan oleh *noise* yang ditimbulkan oleh *zigbee*.



Gambar 3.5 Sistem monitoring PPG berbasis labview yang dibuat dengan *serial interface*

Pada gambar 3.5 ditampilkan *GUI labview* yang dirancang, *prototype* langsung dihubungkan dengan dengan komputer dengan media transmisi kabel serial (tanpa menggunakan *zigbee*). Pada gambar 3.5 tidak terlihat adanya sinyal yang melebihi batas tertinggi amplitude, berbeda dengan gambar 3.4, dimana terdapat sinyal yang melebihi batas tertinggi amplitudo.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Pada penelitian ini telah ditampilkan rancangan *prototype* yang terdiri dari sensor, pengkondisi sinyal, mikrokontroler, dan *zigbee*, serta perbandingan sinyal dengan yang telah dibuat peneliti sebelumnya. Keluaran sinyal dari *prototype* yang dirancang terlihat lebih sedikit *noise* jika dibandingkan dengan yang telah dibuat peneliti sebelumnya.

Pada penelitian ini juga telah berhasil dibuat *GUI* menggunakan *labview*, dimana pada *GUI* ditampilkan sinyal *PPG*, informasi detak jantung per menit, karakteristik detak jantung, dan pernafasan per menit.

Terdapat perbedaan sinyal keluaran *prototype* menggunakan komunikasi *wireless (zigbee)* dengan *prototype* tanpa menggunakan *zigbee* atau menggunakan komunikasi serial. Sinyal keluaran *prototype* menggunakan *zigbee* terlihat adanya *noise*, dimana amplitude sinyal keluaran yang ditampilkan pada *labview* melebihi batas tertinggi amplitude.

### Saran

Penelitian yang telah dilakukan masih terdapat kekurangan. Penelitian ini masih bisa dilanjutkan dengan menambahkan pengukuran saturasi oksigen dalam darah, dan pengukuran tekanan darah, kekurangan tersebut dapat diselesaikan dengan membuat program yang lebih kompleks pada *labview*, dengan ditambahkan beberapa metode, seperti, pendeteksian sinyal berdasarkan *pulse transit time (PTT)*, menambahkan tranformasi wavelet, dan metode lainnya.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT, ibu DR. Yusnita Rahayu, ST., MEng dan DR. Indra Yasri, ST, MT selaku pembimbing yang telah mengarahkan dan membimbing penulis selama penelitian ini. Terima kasih kepada kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan motivasi selama ini. Terima kasih kepada sahabat-sahabat, teman-teman, senior, dan junior Teknik Elektro Angkatan yang telah membantu penulis dalam penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Abu, Basem, Zneid. Al-zidi, mohammed. Al-kharazi, Tareq. 2014. Non-invasive Blood Pressure Remote Monitoring Instrument Based Microcontroller. *IEEE Region 10 Symposium, April 2014, Kuala Lumpur, Malaysia*
- Gingl, Zoltan. 2012. A Photoplethysmograph Experiment For Microcontroller Labs. *international journal of electrical engineering education 49:(1) pp. 42-60*
- Karki, Jim. 2002. *Active low pass filter design. Texas Instruments SLOA049B*
- Labview. 2014. Teori Dasar Labview. <http://elib.unikom.ac.id/download.php?id=59756>, diakses pada 8 Desember 2014, Pkl. 12.15 WIB
- Mamun, A. L., Ahmed, N., Alqahtani, M., Altwijri, O., Rahman, M., Ahamed, N.U., Rahman, S.A.M.M., Ahmad, R.B., Sundaraj, K. 2014. A Microcontroller-Based Automatic Heart Rate Counting System From Fingertip. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology 30 th. Vol. 62 No. 3*
- Melta, Kurniadi. 2013. *Telemonitoring Detak Jantung dan Suhu Tubuh Untuk Pasien Rawat Inap Di Poliklinik Pedesaan Melalui Jaringan GSM (SMS)*. Politeknik Caltex Riau. Pekanbaru
- N. P. Joshi, P.V.Patel. 2014. *LabVIEW and Web-Server based Human Body Monitoring System*. International Journal of Advanced

Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering (An ISO 3297: 2007 Certified Organization)

Purnama, Agus. 2015. Filter Aktif Low Pass. <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/filter-aktif-low-pass-lpf>, diakses pada 8 Juni 2015, Pkl 01.02 WIB

Purnama, Agus. 2012. High Pass Filter. <http://elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/high-pass-filter-hpf-rc>, diakses pada 8 Juni 2015, Pkl 01.02 WIB

Rizki, Liraqisa, Suwwi, Merrum., Rizal, Achmad., Hadiyoso, Sugondo. 2013. *Pengekstrakan Sinyal Ritme Pernafasan Dengan Photoplethysmography Menggunakan Metode Transformasi Wevelet dan Deteksi Selubung*. Institut Teknologi Telkom Bandung. Bandung

S, William, Johnston. 2006. *Development of a Signal Processing Library for Extraction of SpO<sub>2</sub>, HR, HRV, and RR from Photoplethysmographic Waveforms*. Worcester Polytechnic Institute. Worcester

Singh, Mastan, Kalsi. 2009. Design of Arterial Blood Pressure, Heart Rate Variability, and Breathing Rate Monitoring Device. McMaster University. Canada

Suriepto, Uriep. 2014. Telemonitoring Elektro Kardiografi Portabel. Universitas Komputer Indonesia. Bandung

Winardi. 2012. *Mengenal Teknologi Zigbee Sebagai Standart Pengiriman Data Secara Wireless*. Binus University. Jakarta