

WIRELESS LAN ELECTROCARDIOGRAPH (ECG)

Achmad Rizal dan Jondri

Biomedical Signal Processing & Instrumentation Research Group (BioSPIN)

Fakultas Elektro & Komunikasi, Institut Teknologi Telkom, Bandung

Computational Science Research Group (CSRG)

Fakultas Sain, Institut Teknologi Telkom, Bandung

arl@ittelkom.ac.id dan jdn@ittelkom.ac.id

ABSTRACT

Electrocardiogram (ECG) is a physiological signal that is produced from heart electricity activities. This signal is recorded using electrocardiograph. These tools have variety in shapes related to the purpose of ECG signal recording. E.g: a standard clinical ECG uses 12 electrodes, and usually uses cart recorder to display the signal, while for monitoring, ECG uses 1 or 2 electrodes and CRT to display the signal. The research has realized a single channel tele-ECG equipment for monitoring long distance patient using wireless LAN ((802.11b). The equipment has little dimension and can be brought anywhere as long as still in the coverage of the receiver. We use Wiz610wi module as transmitter so the equipment is able to connect to PC or Laptop directly. The system can receive transmitted ECG signals for the range of 70 meters.

Keywords: *Electrocardiogram (ECG), Wireless LAN, Single-Channel Electrocardiograph.*

1. Pendahuluan

Elektrokardiogram (EKG) merupakan sinyal fisiologis yang dihasilkan oleh aktifitas kelistrikan jantung. Sinyal ini direkam menggunakan perangkat elektrokardiograf. Perangkat ini bermacam-macam bentuknya sesuai dengan kepentingan perekaman sinyal EKG yang dilakukan. Misalnya untuk *standard clinical EKG*, menggunakan 12 elektroda, dan peraga biasanya berupa kertas rekam EKG, sedangkan untuk *monitoring EKG*, digunakan 1 atau 2 elektroda dengan peraga berupa sinyal yang ditampilkan pada CRT. Untuk *monitoring EKG*, sinyal EKG diukur dalam jangka waktu yang cukup lama untuk memantau sinyal EKG pasien setiap saat. Kadang kala selama pasien dipasang perangkat EKG, pasien harus menjalani proses pemeriksaan lain yang memaksa pasien tersebut berpindah ruangan. Pada kondisi ini pemantauan sinyal EKG pasien biasanya dihentikan karena perangkat EKG yang terpasang tidak bisa dibawa kemana-mana.

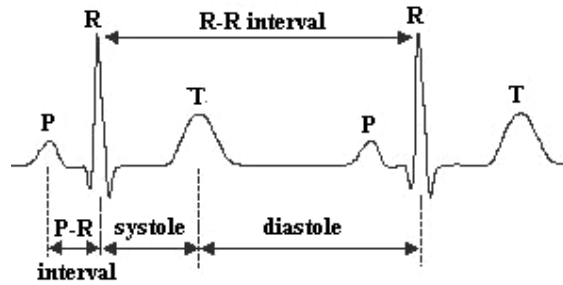
Untuk mengatasi masalah tersebut di atas, dirancang perangkat EKG *portabel* terhubung dengan perangkat pengirim data secara *wireless* sehingga apabila pasien harus berpindah dari ruang perawatan ke ruang pemeriksaan lain, data EKG akan tetap dapat dipantau. Perangkat yang dipilih untuk pengiriman data adalah *wireless LAN (802.11b)*, alasan menggunakan jaringan ini karena *wireless LAN* sudah sangat umum digunakan dan perangkat yang dibutuhkan sangat mudah untuk didapatkan di pasaran. Bahkan pada komputer-komputer tertentu standar *wireless LAN* sudah tertanam secara *default* pada perangkat komputer sehingga tidak diperlukan perangkat tambahan. Dengan penambahan perangkat *wireless LAN* maka sinyal pasien bisa dipantau secara terus menerus di *server* khusus sehingga apabila terjadi kelainan pada sinyal EKG pasien bisa dengan cepat diberikan penanganan.

2. Teori EKG

Elektrokardiogram (EKG) atau *Electrocardiogram (ECG)* merupakan suatu sinyal biologi yang terbentuk sebagai hasil dari aktivitas listrik jantung. EKG diambil dengan memasang elektroda pada titik tertentu di tubuh pasien. Sinyal EKG mempunyai tegangan sampai 5mV dan rentang frekuensi 0,5-100 Hz. Sinyal elektrokardiogram mempunyai bentuk spesifik sehingga dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan kondisi kesehatan jantung oleh ahli jantung. Sinyal EKG direkam menggunakan perangkat elektrokardiograf^[1]. Proses terjadinya sinyal EKG pada jantung dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Vektor depolarisasi (terjadi perubahan muatan listrik) kontraksi atrium dari sinus atrialis ke *nodulus atrio ventricularis*, saat terjadi menimbulkan gelombang P.
2. Gelombang R tanda akhir dari kontraksi atria dan awal dari kontraksi ventrikel.
3. Vektor yang timbul karena depolarisasi ventrikel membangkitkan *QRS kompleks*.
4. Vektor menimbulkan gelombang T disebabkan repolarisasi ventrikel.
5. Interval P-R adalah menandakan waktu dari permulaan kontraksi atrial sampai permulaan kontraksi ventrikel
6. Interval R-T menunjukkan kontraksi otot (*ventricel systole*), dan interval T-R menunjukkan adanya relaksasi otot (*ventricel diastole*).

Sebuah sinyal yang didapat dari EKG normal adalah seperti pada Gambar 1. Menurut Sutopo^[1], gelombang EKG normal memiliki ciri-ciri sebagai berikut:



Gambar 1. Gelombang EKG Normal

Tabel 1. Parameter Elektrokardiogram^[2]

Gelombang EKG	Amplitude	EKG Interval	Durasi
P	< 0.3 mV	P – R	0,12 – 0,20 dtk
R	1,6 – 3mV	Q – T	0,35 – 0,44 dtk
Q	25% dari R	S – T	0,05 – 0,15 dtk
T	0,1 – 0,5 mV	Q – R – S	0,06 – 0,10 dtk

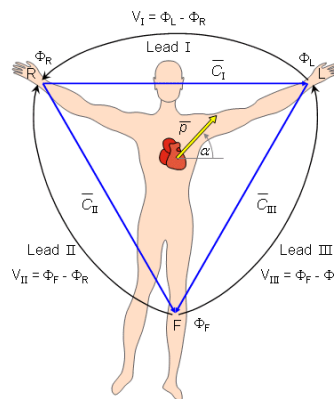
Interval antara R-R menandakan periode dari detak jantung yang dapat dikonversi menjadi *Heart Rate*:

$$HR = \frac{60000}{R - R} \quad (bpm) \tag{1}$$

R – R = adalah interval antara sinyal R dengan sinyal R yang diukur dalam milidetik. Interval R-R relatif konstan dari detak ke detak. Perubahan pada interval R-R menandakan adanya kecepatan jantung yang tidak wajar.

Dalam pengambilan sinyal elektrokardiogram terdapat berbagai metode yang bisa dilakukan yaitu^[2]:

1. *Standard Clinical EKG*
Menggunakan 10 elektroda (12 *lead*) digunakan untuk menganalisis kondisi kesehatan jantung pasien.
2. *Vectorcardiogram*
Pemodelan potensial tubuh sebagai vektor 3 dimensi dengan menggunakan sadapan *bipolar Einthoven*. Pengambilan sinyal jantung melalui 3 titik tertentu pada tubuh.
3. *Monitoring EKG*
Menggunakan 1 atau 2 elektroda yang ditempelkan pada titik tertentu yang digunakan untuk memantau kondisi kesehatan jantung pasien dalam jangka waktu yang panjang.

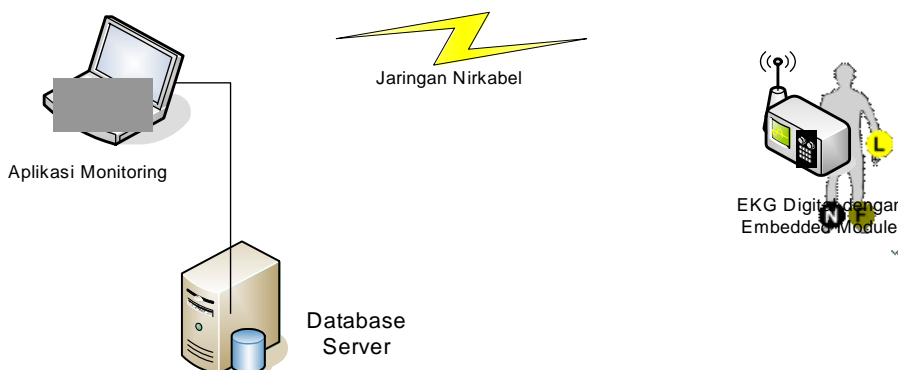


Gambar 2. Konfigurasi Segitiga *Einthoven*^[3]

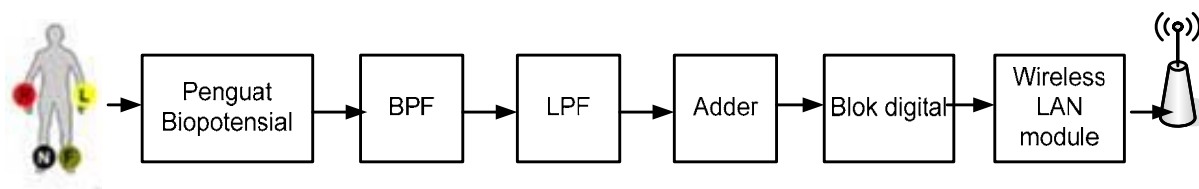
3. Perancangan Sistem

3.1 Diagram Blok Sistem

Sistem *wireless* LAN yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 3. Sinyal EKG pasien diakuisisi menggunakan perangkat *single channel* ECG kemudian datanya dikirim melalui jaringan *wireless* LAN. Data tersebut diterima oleh server untuk ditampilkan, direkam dan dianalisis. Bagian perangkat keras dari *single channel* ECG dapat dilihat pada Gambar 4.

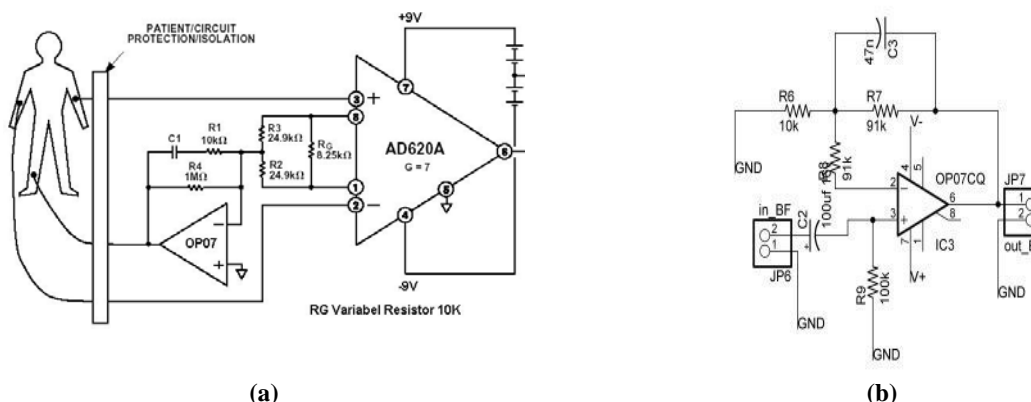


Gambar 3. Skema Sistem *Wireless* LAN ECG



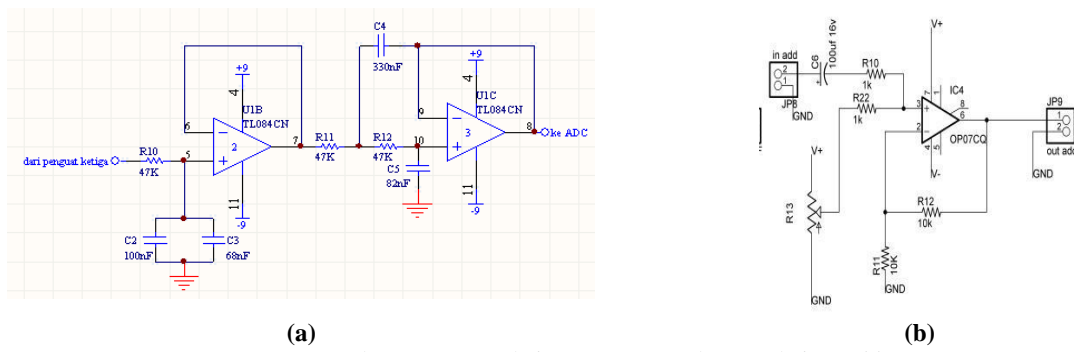
Gambar 4. Diagram Blok Bagian Pemancar

Sinyal EKG pasien diakuisisi menggunakan elektroda kemudian dikuatkan dengan penguat biopotensial dan difilter menggunakan filter BPF dengan daerah kerja 0,5 – 40 Hz untuk menghilangkan noise frekuensi rendah dan noise 50 Hz^[2] dari jala-jala. Selanjutnya dilakukan *filtering* dengan *filter* LPF 20 Hz dan level dinaikkan dengan menggunakan adder sekitar 1 volt untuk menghilangkan bagian negatif dari sinyal EKG agar dapat diterima oleh *Analog to Digital Converter* (ADC) pada blok digital. Penguat biopotensial dirancang menggunakan AD620 dengan penguatan 200X seperti pada Gambar 5(a), sedangkan *filter* BPF direalisasikan menggunakan OP07 yang ditunjukkan oleh Gambar 5(b).



Gambar 5. (a) Rangkaian Penguat Biopotensial^[4] (b) Bandpass Filter 0,5 – 40 Hz

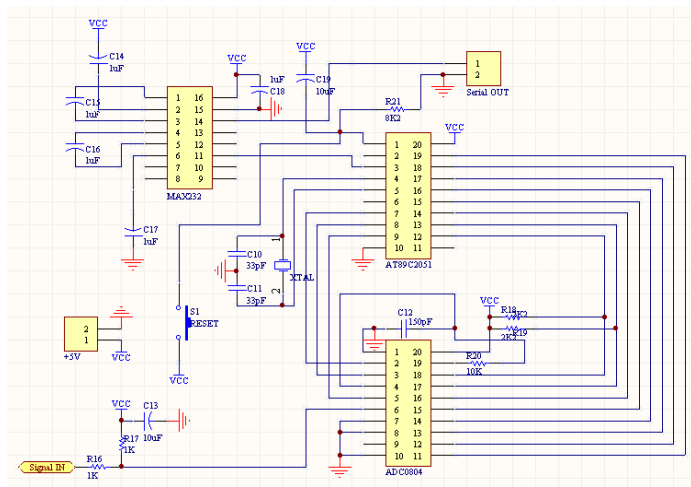
Pada atahap selanjutnya, sinyal difilter menggunakan *filter* LPF dengan frekuensi *cut-off* 20 Hz. Sekalipun sebenarnya *range* frekuensi sinyal EKG sampai 100 Hz, tetapi dari pengamatan informasi terbanyak terdapat pada frekuensi di bawah 20 Hz. Selanjutnya agar semua *level* tegangan dari sinyal EKG nilainya positif, dilakukan penambahan tegangan sebesar 1 volt menggunakan rangkaian *adder*. Rangkaian *adder* direalisasikan menggunakan OP07 seperti pada Gambar 6(b). Dari keseluruhan blok analog didapat sinyal EKG dengan rentang frekuensi 0,5 – 2 Hz dan level tegangan 0 – 4 volt.



Gambar 6. (a) Rangkaian LPF 20 Hz (b) Rangkaian Adder

3.2 Blok Digital dan Modul Wireless LAN

Bagian blok *digital* terdiri dari ADC, rangkaian mikroprosesor dan sistem modem RS232. Untuk ADC digunakan ADC 8 bit 0804. Mikroprosesor yang digunakan AT89C2051 sebagai pengolah data *digital*nya. Sinyal keluaran AT89C2051^[7] masih mempunyai level tegangan TTL dengan level tegangan -5 sampai +5volt, sehingga diperlukan 1 proses terakhir agar sinyal memenuhi standar komunikasi serial RS-232 yaitu dengan *level* tegangan -15 sampai 15 volt. Proses ini dilakukan oleh IC MAX232 (biasa disebut dengan *line driver*). Spesifikasi keluaran dan masukan dari *line driver* adalah masukan dan keluaran dari mikrokontroler adalah 5 volt untuk logika *high* dan 0 volt untuk logika *low*. Rangkaian dari blok *digital* dapat dilihat pada Gambar 7.

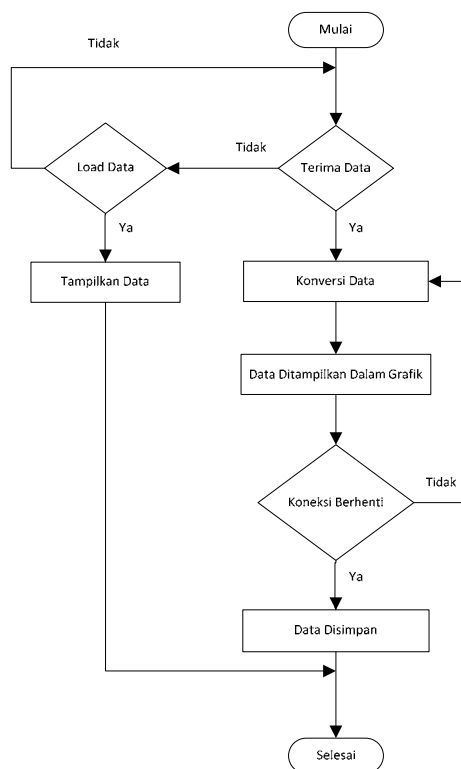


Gambar 7. Skema Blok Digital Dari Perangkat

Perangkat modul *embedded wireless LAN* yang digunakan penelitian ini adalah Wiz 610wi produk dari WIZNET^[6]. Modul ini mempunyai fungsi kerja untuk mengubah komunikasi data serial menjadi standar paket data *wireless LAN* 802.11b yang dapat dilakukan secara *real time*. Modul ini dapat berfungsi sebagai sebuah komputer secara independen karena di dalamnya sudah terdapat prosesor, memori, 802.11b *transceiver*, dan koneksi serial dengan baud rate maksimal sebesar 230.400 bps. Termasuk juga sistem operasi, *embedded web server*, dan TCP/IP protokol *stack*. Perangkat ini dapat langsung terhubung dengan PC atau laptop tanpa menggunakan *access point*. Proses integrasi dimaksudkan untuk menghubungkan perangkat EKG dengan modul *embedded wireless LAN*, dengan cara menghubungkan pin keluaran data RS-232 perangkat EKG dengan pin nomor 2 DB-9 pada modul Wiz 610wi.

3.3 Aplikasi Monitoring ECG

Aplikasi yang dibuat menggunakan Borland Delphi 7. Secara umum aplikasi ini akan memeriksa apakah ada data yang dikirimkan oleh pengirim melalui kanal *Wireless LAN*. Setelah data yang dikirimkan diterima, kemudian data hasil pemeriksaan jantung tersebut ditampilkan pada komputer. Setelah data diterima dan ditampilkan, data pasien tersebut dapat disimpan pada *database* yang kemudian untuk pengarsipan data kesehatan jantung pasien. Diagram alir dari aplikasi yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 8.

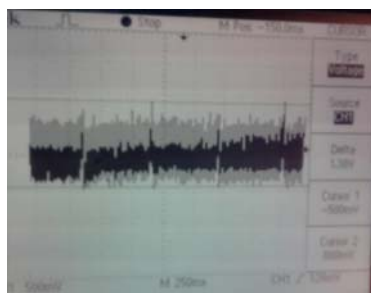


Gambar 8. Diagram Alir Dari Aplikasi Yang Dibuat

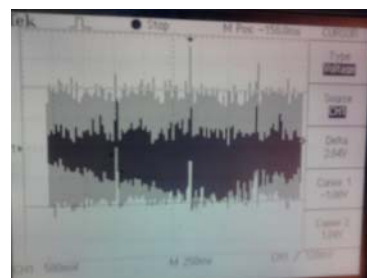
4. Hasil dan Diskusi

4.1 Hasil Pengukuran Sinyal

Hasil pengukuran dari sinyal keluaran rangkaian penguat biopotensial dapat dilihat pada Gambar 9(a) sedangkan Gambar 9(b) menampilkan keluaran dari *filter* BPF. Terlihat bahwa sinyal EKG mulai terlihat tetapi noise masih terlalu besar. Noise sinyal mulai teredam pada keluaran LPF 20 Hz seperti pada Gambar 10(a). Tampilan sinyal pada PC/laptop dapat dilihat pada Gambar 10(b).



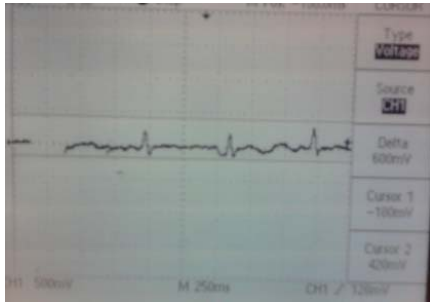
(a)



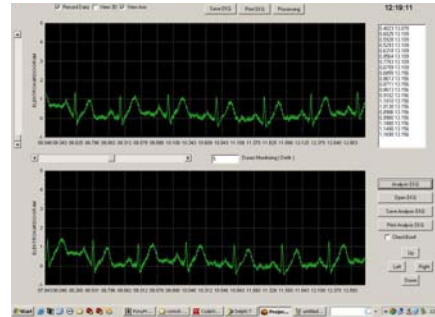
(b)

Gambar 9. (a) Keluaran Penguat Biopotensial (b) Keluaran BPF

Sinyal keluaran dari aplikasi yang dibuat menunjukkan bahwa sinyal yang dikirim sudah cukup baik dengan sedikit *noise*. *Noise* cukup signifikan saat pasien bergerak sehingga akan mengubah *level* tegangan nol dari sinyal. Hal ini masih memerlukan pengolahan sinyal lebih lanjut agar *noise* akibat gerakan tidak mengganggu.



(a)



(b)

Gambar 10. (a) Keluaran LPF 20 Hz dan (b) Tampilan Aplikasi

4.2 Pengukuran Jarak Transmisi

Jarak transmisi diukur untuk jarak 50 dan 70 meter dengan hasil pengukuran delay seperti pada Tabel 2. Dari pengukuran terlihat bahwa *delay* lebih kecil dari 20 ms. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang cukup baik untuk transmisi sinyal secara langsung. Pengukuran untuk jarak dan skenario yang berbeda misalnya pasien dan server berbeda gedung belum dilakukan mengingat perangkat masih dalam pengembangan.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Jarak Transmisi

Pengukuran	Mean Delay (s)	
	Jarak 50 m	Jarak 70 m
Pengukuran Pertama	0.005584	0.008431
Pengukuran Kedua	0.007465	0.010967
Pengukuran Ketiga	0.009107	0.010139
Rata-rata Jumlah	0.00738533	0.009929333

5. Kesimpulan

Perangkat yang dibuat telah berfungsi dengan baik. Bagian pengkondisi sinyal telah dapat menguatkan sinyal EKG hingga ke *level* yang cukup untuk ditransmisikan dan bagian penerima telah dapat menerima sinyal EKG yang ditransmisikan. Jarak transmisi yang sudah diukur dapat mencapai 70 meter dengan rata-rata *delay* < 20ms. Beberapa permasalahan yang belum terpecahkan adalah ketidakstabilan perangkat akuisisi sinyal dimana pergerakan *user* menyebabkan *noise* yang cukup signifikan. Perlu penelitian khusus untuk membuat *filter* adaptif yang dapat menghilangkan efek pergerakan user. Permasalahan berikutnya adalah jaringan *wireless LAN* yang terbentuk baru berupa jaringan *Ad-Hoc point to point*. Hal ini menyebabkan transmisi data EKG baru bisa dilakukan ke satu komputer dari satu perangkat pemancar. Komputer *server* belum bisa menerima data ECG dari beberapa pemancar sekaligus. Perlu perancangan lebih lanjut agar *server* yang dibangun dapat menerima data secara simultan dari beberapa pemancar sekaligus.

Daftar Pustaka

[1] Widjaja, S. (1990). ECG Praktis, Binarupa Aksara, Jakarta.
 [2] Tompskin, W. J. (1993), Biomedical Signal Processing, Prentice Hall, New Jersey.
 [3] Webster, J. G. (1998). Medical Instrumentation Application and Design, John Wiley & Son, Inc, New York.
 [4] Datasheet AD620., http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD620.pdf, diakses terakhir tanggal 1 Mei 2010.
 [5] Webster, J. G. (2004). Biinstrumentation, John Wiley & Son, Inc, Singapore.
 [6] Datasheet WIZ619wi, http://www.wiznet.co.kr/en/WIZ610wi_Quick_Installation_Guide_Eng_.pdf diakses terakhir tanggal 1 Juli 2010.
 [7] Putra, A. E. (2002). Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55. Gava Media. Yogyakarta.