

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Agung (2005) merancang akuisisi data isyarat EKG 12 sandapan menggunakan *interface* paralel PPI 8225 sebagai kendali proses komunikasi paralel. Hasil pengujian untuk komponen-komponen penyusun perangkat keras sudah menunjukkan alat tersebut bisa bekerja dengan baik. Ada beberapa kekurangan misalnya pada tapis takik yaitu penguatan pada frekuensi takiknya tidak bisa nol sehingga *noise* dari jala-jala listrik masih bisa memasuki rangkaian. Pada tapis pelewat pita penguatan pada pita lewatnya tidak benar-benar rata terutama di dekat frekuensi putus bawahnya. Tampilan dari alat yang dibuat berisi menu untuk memilih sandapan, save untuk menyimpan masing-masing untuk EKG, grafik frekuensi detak dan histogramnya, pilihan *Lead* aktif dan *close* untuk kembali ke *prompt* awal.

Surtono (2011) membuat akuisisi data *EKG* melalui *sound card* yang dilakukan dengan teknik modulasi amplitude, akan tetapi *sound card* komputer hanya mampu mencuplik sinyal analog pada rentang frekuensi sinyal audio diatas 20 Hz karena pada dasarnya energi sinyal EKG cukup dominan dibawah 30 Hz.

Agung (2009) pada penelitian tersebut *lead* yang digunakan ada 6 *lead* yang dipasang pada dada, sehingga pembacaan pada komputer masih kurang akurat karena ada beberapa bagian penting pada tubuh pasien tidak dipasang alat sandapan atau *lead*. Sebagai salah satu contoh adalah tangan kanan, tangan kiri, kaki kanan, dan kaki kiri. Najeb At.all (2005) merekam dari setiap *lead* dipilih dengan menggunakan multiplekser MPC506. Alat ini menampilkan semua rekaman dari 12 *lead* standar tetapi tidak dilengkapi dengan sistem cerdas.

2.2. Teori Dasar

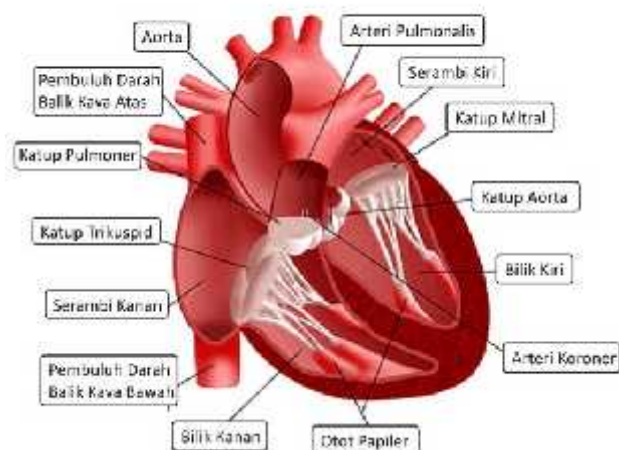
1. Jantung

Secara umum fungsi jantung adalah memompa darah ke seluruh tubuh dan menampungnya kembali setelah dibersihkan oleh organ paru-paru. Hal ini berarti bahwa fungsi jantung manusia adalah sebagai alat atau organ pemompa darah pada manusia. Pada saat itu jantung menyediakan oksigen (O_2) darah yang cukup dan dialirkan ke seluruh tubuh, serta membersihkan tubuh dari hasil metabolisme (karbondioksida). Sehingga untuk melaksanakan fungsi tersebut jantung mengumpulkan darah yang kekurangan oksigen (O_2) dari seluruh tubuh dan selanjutnya memompanya ke paru-paru, dengan cara darah pada jantung mengambil oksigen (O_2) dan membuang karbondioksida (CO_2). Pada jantung darah yang kaya akan oksigen (O_2) yang berasal dari paru-paru dipompa ke jaringan seluruh tubuh manusia. Jantung merupakan organ yang mampu memproduksi muatan listrik karena tubuh adalah konduktor yang baik, maka impuls yang dihasilkan jantung dapat menjalar ke seluruh tubuh, sehingga

potensial aksi yang dipancarkan oleh jantung dapat diukur dengan galvanometer melalui elektroda-elektroda yang diletakkan pada berbagai posisi di permukaan tubuh (Juntak, 2011).

2. Anatomi Jantung Manusia

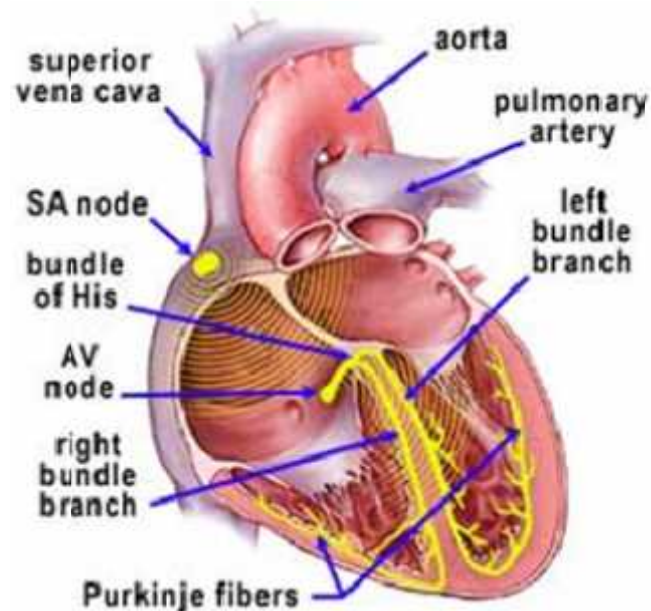
Secara anatomis jantung adalah satu organ, sisi kanan dan kiri jantung berfungsi sebagai dua pompa yang terpisah. Jantung terbagi atas separuh kanan dan kiri serta memiliki empat ruang, bagian atas kanan dan kiri disebut dengan serambi (atrium), sedangkan bagian bawah kanan dan kiri disebut bilik (ventrikel). Pembuluh yang mengembalikan darah dari jaringan ke atrium disebut dengan vena, dan pembuluh yang mengangkut darah menjauhi ventrikel dan menuju ke jaringan disebut dengan arteri. Kedua belahan jantung dipisahkan oleh septum atau sekat, yaitu suatu partisi otot kontinu yang mencegah percampuran darah dari kedua sisi jantung. Pemisahan ini sangat penting karena separuh jantung kanan menerima dan memompa darah beroksigen rendah, sedangkan sisi jantung sebelah kiri memompa darah beroksigen tinggi (Davidtuans, 2012).



Gambar 2.1 Jantung dan Bagian-bagiannya (Davidtuans, 2012).

3. Listrik dan Jantung

Perjalanan aliran listrik pada jantung adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Listrik Jantung Pada Manusia (Bao, 2003)

Impuls listrik meninggalkan *Sinoatrium Node* (SA) menuju atrium kanan dan kiri, hingga kedua atrium bisa berkontraksi dalam waktu yang sama. Proses ini memakan waktu 0,4 detik. Pada saat atrium kanan dan kiri berkontraksi, ventrikel akan terisi darah kemudian kembali mengalir ke *Atrioventricular Node* (AV node) yang kemudian disebarkan ke kumpulan serabut yang berada di sebelah kanan dan kiri jantung sampai ke serat Purkinje yang berada di ventrikel kanan dan kiri jantung hingga membuat kedua ventrikel berkontraksi bersamaan. Seluruh jaringan otot pada jantung mampu menghasilkan impuls listrik. Namun SA node memiliki kemampuan yang paling besar. Apabila SA node gagal untuk menghasilkan impuls, maka fungsinya bisa saja digantikan oleh jaringan lainnya, meskipun impulsnya cenderung lebih rendah. Pencetus listrik pada jantung

memang mampu mengakomodir kebutuhan jantung untuk mampu berkontraksi terus dalam rentang waktu yang panjang. Terdapat serabut saraf yang mampu mengubah arus listrik yang dihasilkan serta membuat perubahan pada kekuatan kontraksi jantung. Saraf yang dimaksud adalah bagian dari susunan saraf otonom. Susunan saraf otonom sendiri terdiri dari 2 bagian: sistem saraf simpatik dan sistem saraf parasimpatik (Bao, 2003).

2.3. Elektrokardiograf (EKG)

EKG merupakan salah satu alat yang digunakan dalam pemeriksaan jantung. Hasil pengamatan EKG berupa grafik EKG yang memberikan informasi mengenai ukuran, bentuk, kapasitas, dan kelainan yang terjadi pada jantung. Informasi tersebut tidak dapat langsung dibaca oleh orang awam. EKG menghasilkan citra grafik dan pernyataan tentang normal atau abnormalnya kondisi jantung (Davidtuans, 2012)

1. Prinsip Kerja EKG

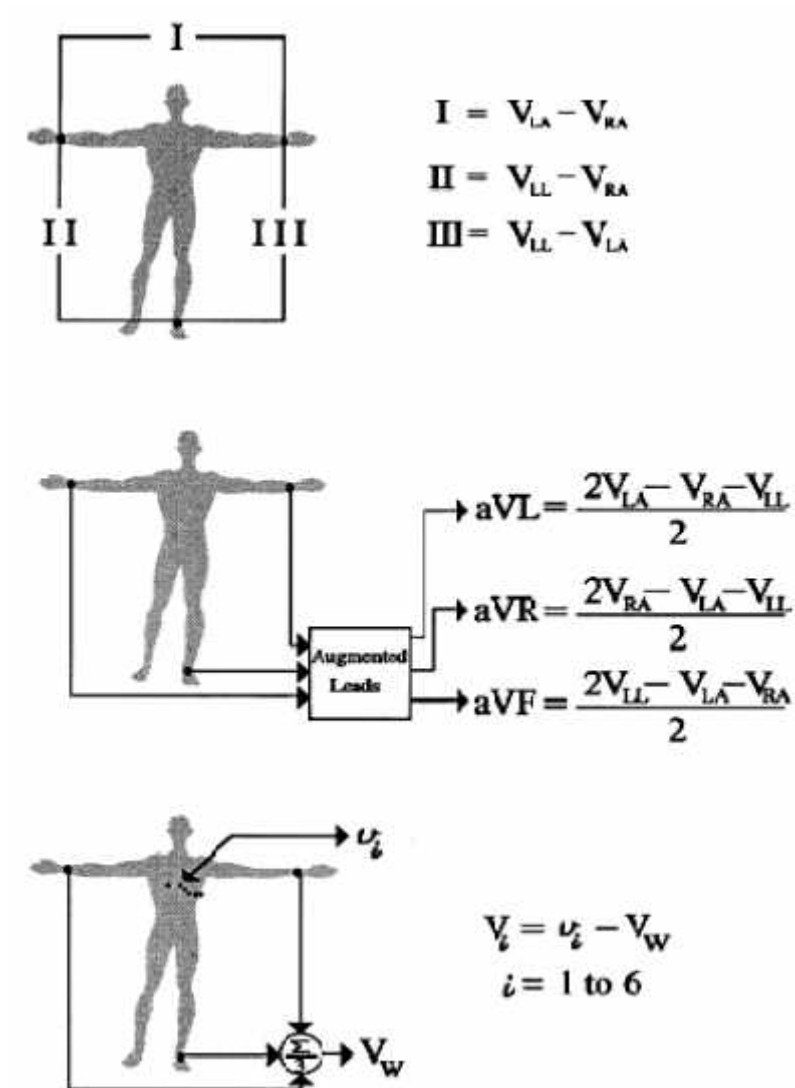
EKG bekerja dengan prinsip mengukur perbedaan potensial listrik. Tubuh manusia menghasilkan listrik walaupun dengan jumlah yang sangat kecil. Apabila ada listrik, maka pasti ada perbedaan potensial atau tegangan listrik. Tegangan listrik ini dapat menggambarkan atau mengilustrasikan keadaan denyut jantung manusia. Cara merekam denyut jantung menggunakan EKG tidaklah sembarang. Sensor atau dalam hal ini elektroda, harus diletakkan pada tempat-tempat tertentu. Biasanya ditempatkan pada lengan tangan dan kaki. Karena pada bagian-bagian

tersebut pulsa tegangan menggambarkan kerja denyut jantung mendekati keadaan sebenarnya (Rahmawati, 2014).

2. Pengukuran EKG

Lead diartikan sebagai susunan suatu pasangan elektroda yang merupakan kombinasi beberapa elektroda melalui jaringan resistif (*resistive network*). Satu *lead* ditandai “+” dan yang lain ditandai “-“. Penempatan elektroda menentukan arah rekaman *lead* yang disebut sumbu *lead* atau sudut *lead*. Sumbu ditentukan oleh arah dari elektroda negatif ke elektroda positif. Alat EKG menghitung besarnya beda potensial elektrik antara elektroda positif dan elektroda negatif (Bao, 2003).

Sebagian besar yang digunakan dalam sistem EKG klinis adalah EKG 12 *lead* (10 elektroda), terdiri dari tiga *lead* standar (I, II, III), tiga *lead* referensi diperkuat (*augmented referenced limb lead*, aV_R , aV_L , aV_F) dan enam *lead* dada referensi terminal Wilson (V_1 , V_2 , V_3 , V_4 , V_5 , V_6). Adapun susunannya terangkum pada Gambar 2.3.

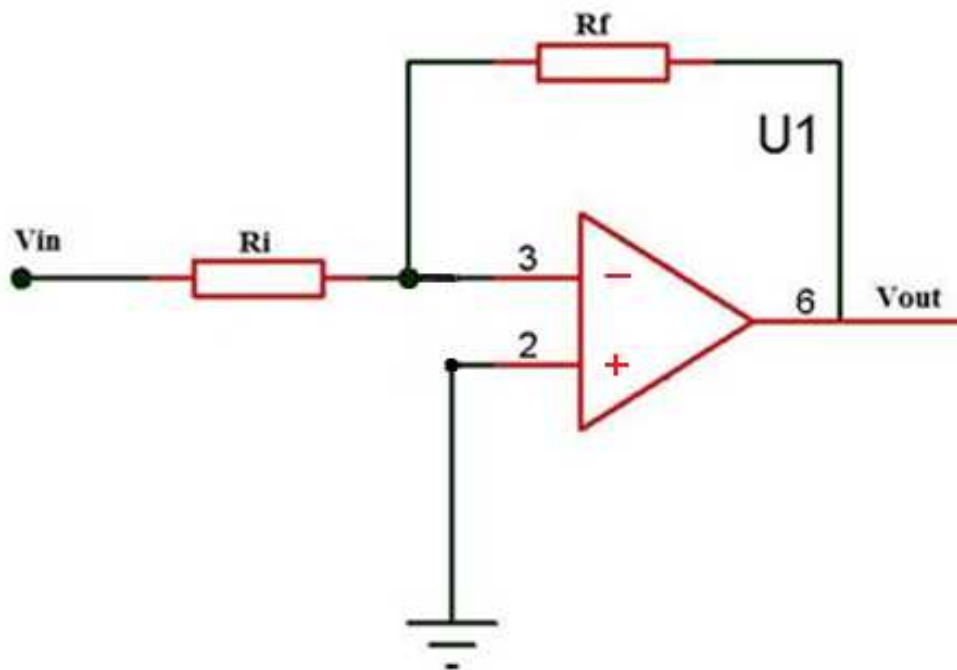


Gambar 2.3 Standar EKG 12 *Lead* (Bronzino, 1995).

- | | | | |
|----------|-------------------------------|-------|---|
| I | = tegangan <i>lead</i> I | aVR | = tegangan diperkuat <i>lead</i> aVR |
| II | = tegangan <i>lead</i> II | aVL | = tegangan diperkuat <i>lead</i> aVL |
| III | = tegangan <i>lead</i> III | aVF | = tegangan diperkuat <i>lead</i> aVF |
| V_{LA} | = potensial pada tangan kiri | V_i | = tegangan enam <i>lead</i> dada |
| V_{RA} | = potensial pada tangan kanan | v_i | = potensial pada enam <i>lead</i> dada |
| V_{LL} | = potensial pada kaki kiri | V_W | = potensial pada terminal pusat wilson. |

2.5. Buffer (Penyangga)

Rangkaian penyangga berfungsi untuk memungut sinyal masukan dari sumber tegangan, karena rangkaian ini mempunyai resistan masukan yang sangat tinggi dan resistan keluaran yang sangat rendah. Dengan demikian rangkaian penyangga hanya menjadi beban ringan pada elektrode tetapi dapat memberi arus yang besar ke rangkaian berikutnya. IC yang dipakai pada bagian ini adalah jenis penguat operasional TL084. Gambar 2.5 berikut merupakan rangkaian *buffer*.



Gambar 2.5 Rangkaia *buffer*

Nilai R yang terpasang gunanya untuk membatasi arus yang di keluarkan. Besar nilainya bergantung dari indikasi dari komponennya. nilai R biasanya diabaikan hanya dimaksimalkan sesuai dengan kemampuan op-ampnya (Agung, 2003).

2.6. Instrumentasi EKG

Instrumentasi atau mesin EKG berurusan dengan sinyal elektrik lemah dan derau dari berbagai sumber yang secara intensif mempengaruhi akuisisi sinyal EKG. Oleh karena itu, instrumen EKG harus memenuhi beberapa syarat tertentu agar dapat merekam isyarat EKG aktivitas jantung yang sesungguhnya. Beberapa desain instrumentasi EKG adalah:

1. Instrumen mempunyai kemampuan mendeteksi sinyal lemah dalam rentang 0,05 – 10 mV, sedangkan sinyal EKG normal adalah ± 2 mV;
2. Impedans masukan antara elektroda dan latar (*ground*) hendaknya kurang dari 5 M pada frekuensi 10 Hz, sementara sinyal EKG mempunyai impedans sumber tinggi;
3. Respon frekuensi instrumen hendaknya dalam rentang 0,05 Hz – 150 Hz;
4. Instrumen tidak mengijinkan arus bocor lebih dari 10 μ A mengalir melewati pasien;
5. Dibuat isolasi agar pasien terpisah dari rangkaian AC;
6. Instrumen hendaknya memiliki CMRR tinggi pada bagian penguat awal (Bao, 2003).

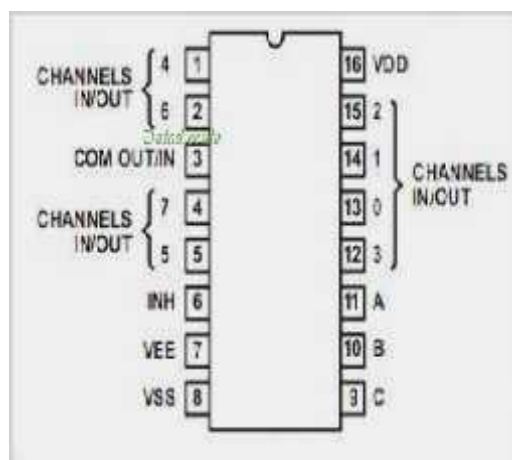
Untuk memenuhi rekomendasi tersebut, maka desain sistem instrumen EKG umumnya terdiri atas lima pokok tahapan/bagian, yaitu:

1. Tahap pertama adalah suatu elektrode (transduser), misalnya Ag-AgCl, yang mengubah sinyal EKG ke dalam tegangan (dalam orde mV).
2. Tahap kedua adalah sebuah penguat yang berfungsi untuk memperkuat sinyal yang lemah dari elektrode

3. Tahap ketiga adalah isolasi yang berfungsi mengamankan pasien dari bahaya kejutan listrik;
4. Tahap keempat adalah penapis, yang berfungsi untuk menapis berbagai derau yang mengganggu sinyal EKG murni. Penapis yang digunakan adalah tapis pelewat bidang agar melewatkan sinyal pada jangkauan frekuensi sinyal EKG, 0,05 Hz – 150 Hz;
5. Tahap kelima adalah penampil sinyal EKG, dapat berupa osiloskop atau *display* monitor lainnya (Chen, et.all, 2008).

2.7. Multiplexer

Multiplexer (Mux) adalah suatu komponen elektronika yang fungsinya adalah sebagai penyeleksi data berdasarkan perintah untuk menampilkan data yang diinginkan. Jadi singkatnya multiplexer memiliki banyak input data dan seterusnya, tetapi hanya memiliki sebuah output dan memiliki bagian input pengontrol. Jadi, melalui bagian input pengontrol inilah kita dapat menampilkan data input yang dikehendaki. Perhatikan gambar 2.6 berikut ini.

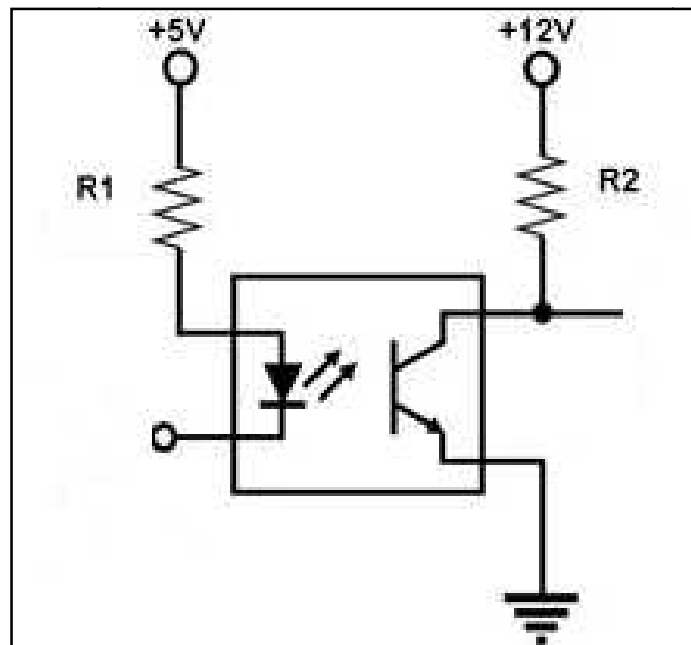


Gambar 2.6 Pin IC Multiplexer 4052 (data sheet 2002).

IC 4052 adalah aplikasi Mux yang digunakan untuk menghemat port ADC pada mikrokontroller AVR. Pada dasarnya, Mikrokontroller hanya memiliki 8 buah channel ADC 10bit, jadi kita hanya bisa memasang 8 buah sensor yang memiliki interface output berupa variasi tegangan. dengan menggunakan multiplexer IC4052, kita bisa memasang hingga 8 buah sensor yang outputnya berupa variasi tegangan pada 1 port ADC mikrokontroller (pradipta, 2011)

2.8. Optocoupler

Optocoupler atau optoisolator merupakan komponen penggandeng (coupling) antara rangkaian input dengan rangkaian output yang menggunakan media cahaya (opto) sebagai penghubung. Dengan kata lain, tidak ada bagian yg konduktif antara kedua rangkaian tersebut. Perhatikan gambar rangkaian optocoupler berikut.



Gambar 2.7 Rangkaian Optocoupler

Optocoupler sendiri terdiri dari 2 bagian, yaitu transmitter (pengirim) dan receiver (penerima)

1. Transmitter, merupakan bagian yg terhubung dengan rangkaian input atau rangkaian kontrol. Pada bagian ini terdapat sebuah LED infra merah (IR LED) yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal kepada receiver
2. Receiver, merupakan bagian yg terhubung dengan rangkaian output atau rangkaian beban, dan berisi komponen penerima cahaya yang dipancarkan oleh transmitter. Komponen penerima cahaya ini dapat berupa photodiode ataupun phototransistor

Jika dilihat dari penggunaannya, optocoupler biasa digunakan untuk mengisolasi common rangkaian input dengan common rangkaian output. Sehingga supply tegangan untuk masing-masing rangkaian tidak saling terbebani dan juga untuk mencegah kerusakan pada rangkaian kontrol (rangkaiannya input) (Iswanto, 2010).

2.9. Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler adalah suatu chip yang dapat digunakan sebagai pengontrol utama sistem elektronika, di dalam chip tersebut sudah ada unit pemrosesan memori *Read Only Memory (ROM)*, *Random Access Memory (RAM)*, *Input-Output*, dan fasilitas pendukung lainnya (Budiharto, 2004) sehingga sangat memungkinkan untuk membentuk suatu sistem yang hanya terdiri dari *single chip* (keping tunggal) (Wardhana, 2006). Pada penelitian ini digunakan mikrokontroler ATmega16 yang merupakan mikrokontroler dengan arsitektur *Reduce Instruction*

Set Computing (RISC) dengan lebar data 8 bit. Bentuk fisik mikrokontroler ATmega16 dapat dilihat pada gambar 2.8.

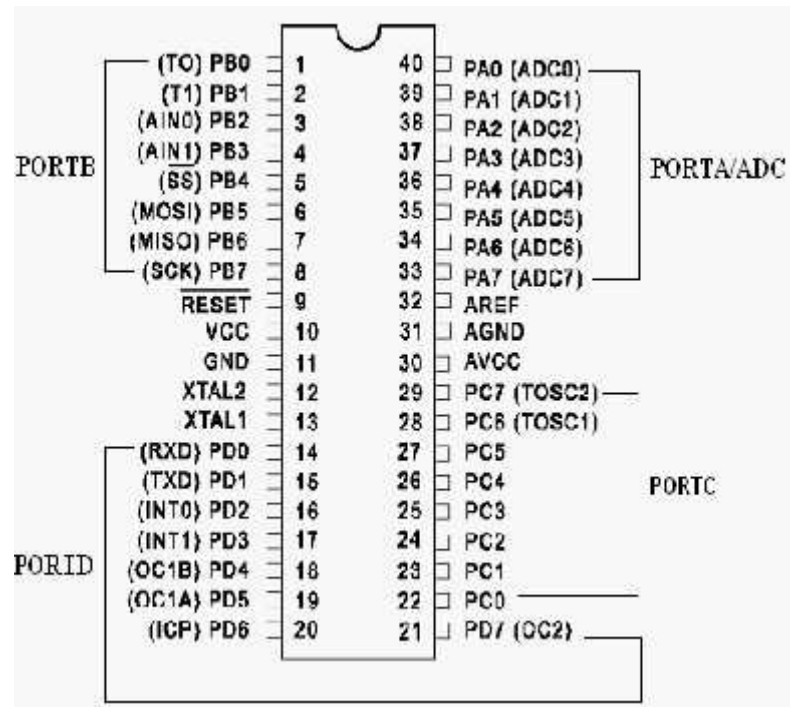


Gambar 2.8 Mikrokontroler ATmega16 (Soni, 2011).

ATmega16 memiliki fitur ADC 10 bit yang terhubung dengan 8 saluran analog *multiplexer*, sehingga memungkinkan untuk membangun sistem elektronika yang kompak. ADC mempunyai pin tegangan catu yang terpisah, yaitu AVCC. Referensi tegangan internal 2,56 V atau AVCC disediakan didalam chip. ADC mengkonversi tegangan masukan analog ke nilai digital 10 bit melalui *successive approximation*. Nilai minimum adalah GND dan nilai maksimumnya adalah tegangan pada pin AREF dikurangi 1 LSB. Pada pin ADC terdapat rangkaian *sample and hold*, dimana tegangan *input* ADC ditahan dalam tingkat yang konstan pada saat konversi berlangsung. Kecepatan konversinya sekitar 65-260 μ S (Wardana, 2006).

Konfigurasi Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler memiliki beberapa PORT yang dapat digunakan sebagai *input/output* (IO). Susunan kaki standart 40 pin DIP mikrokontroler ATmega16 seperti gambar 2.9.



Gambar 2.9 Susunan kaki ATmega16 (Data Sheet, 2003).

Pin pada mikrokontroler memiliki fungsi masing-masing yaitu:

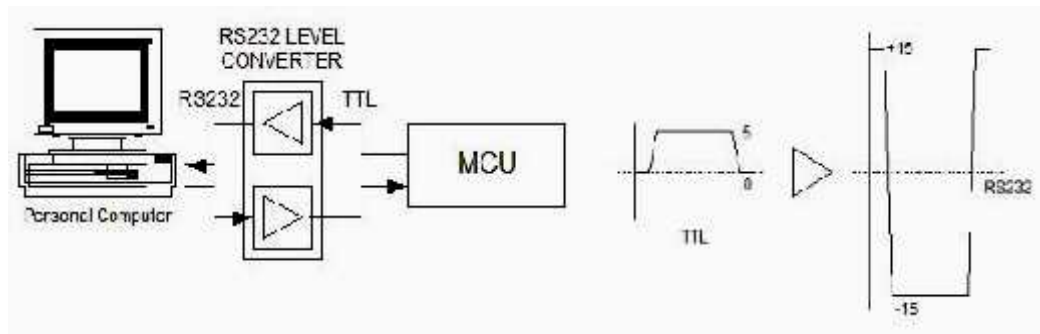
1. VCC merupakan pin masukan positif catu daya;
2. GND sebagai pin GND;
3. AVCC sebagai pin masukan tegangan untuk ADC;
4. AREF sebagai pin masukan tegangan referensi;
5. Reset merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler;
6. PORT A (PA0-PA7) merupakan pin I/O dua arah dan dapat diprogram sebagai pin masukan ADC;

7. PORT B (PB0-PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin khusus, yaitu *timer/counter*, komparator analog dan SPI (*Serial Peripheral Interface*);
8. PORT C (PC0-PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin khusus, yaitu komparator analog dan *timer osilator*;
9. PORT D (PD0-PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal dan komunikasi serial;
10. XTAL 1 dan XTAL 2 sebagai pin masukan *clock* eksternal. Sumber detak (*clock*) dibutuhkan oleh mikrokontroler agar dapat mengeksekusi instruksi yang ada di memori. Semakin tinggi nilai kristalnya, semakin cepat kerja mikrokontroler tersebut (Budiharto dan Rizal, 2007).

2.10. Komunikasi Serial RS232

Standart RS232 aturan mengenai level, konektor dan aturan komunikasi antara DTE (*Data Terminal Equipment*) dengan DCE (*Data Communication Equipment*). Contoh DTE adalah Komputer dan DCE adalah modem, antara komputer dengan modem level sinyal data yang disalurkan pada kabelnya bukan level TTL, tetapi level RS 232. Pada perkembangannya DCE tidak hanya berupa modem atau perangkat komunikasi, tetapi bisa berupa instrumentasi seperti pH meter, timbangan, GPS dan sebagainya.

Level TXD dan RXD adalah TTL (0 dan 5 Volt), sedangkan port serial pada Komputer yang biasanya digunakan untuk mouse (mouse model lama, yang bukan PS2) atau modem, adalah RS232, sehingga perlu konverter tegangan diantaranya dapat dilihat pada gambar 2.10.

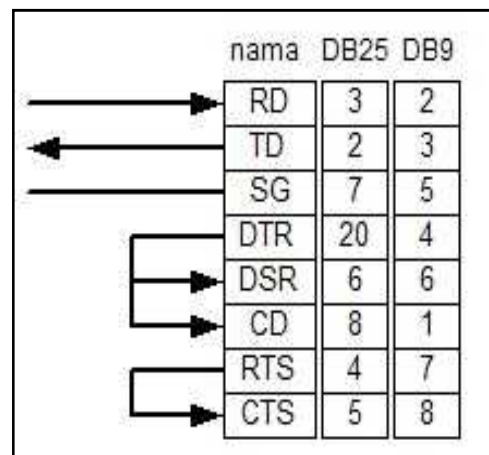


Gambar 2.10. Konverter Tegangan dengan Level (Kenung, 2011).

Penggunaan RS232 dengan aturan level yang demikian dimaksudkan pada jarak yang relatif panjang, tegangan tidak drop sehingga sinyal tidak tenggelam dalam noise. Panjang kabel maksimum distandarkan tidak berupa ukuran panjang, melainkan asalkan kapasitansi tidak melebihi 2500pF, masih diperbolehkan, sedangkan kecepatan yang diijinkan tidak lebih dari 20 Kbps. Pada percobaan tranmisi 4800, penggunaan kabel intercom sepanjang 1 roll (100 yard), masih memberikan hasil yang baik. Standar RS232 yang ditetapkan tahun 1962 oleh Electronic Industry Association dan Telecommunication Industry Association sebenarnya standart lama sebelum era TTL muncul, karena sudah dianggap standar dan kemudian muncul TTL, maka untuk menjembatani antara TTL dengan RS232 level, dibuat konverter (Kenung, 2011).

Konverter RS232 level akan menganggap tegangan antara +5 hingga +15 Volt sebagai tegangan '0 sedangkan tegangan -3 hingga -15 Volt dianggap sebagai tegangan '1, level antara -3 hingga +3 tidak didefinisikan, sebab didaerah ini kemungkinan adalah noise. Level TTL diatas 2 Volt yang dianggap sebagai level '1 akan dikonversikan ke level RS232 yaitu sebesar -15Volt, sedangkan level '0 TTL, yaitu tegangan dibawah 0.8V, akan dikonversikan ke +15, demikian juga

pada konversi sebaliknya, level +3 hingga +15 Volt akan dikonversikan ke level TTL 5 Volt dan -3 hingga -15 Volt akan dikonversikan ke 0 Volt. Selain sinyal data, terdapat sinyal-sinyal protokol komunikasi serial pada Komputer dan dihubungkan keluar melalui konektor male DB9 (komputer baru) atau DB25 (komputer lama), nama sinyal-sinyal tersebut adalah;

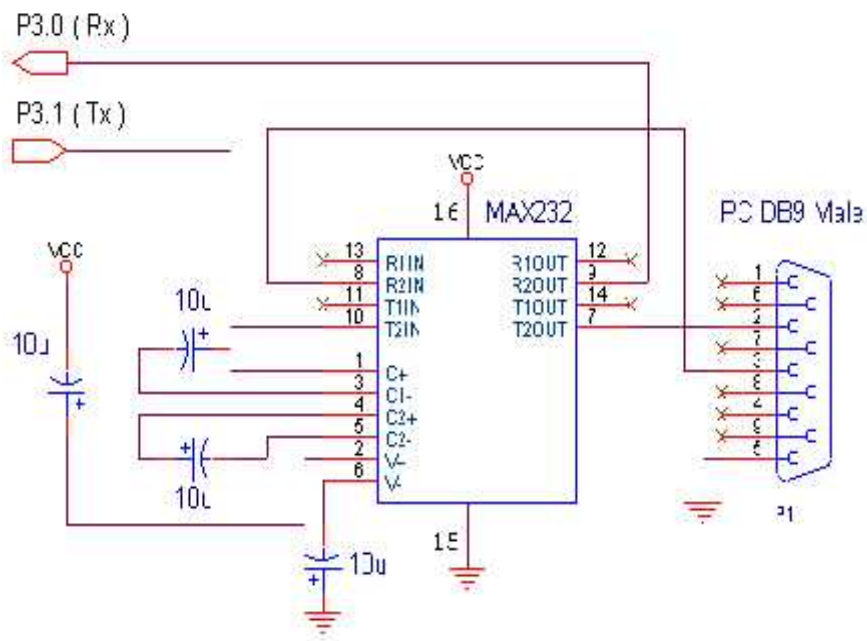


Gambar 2.11. Koneksi null-modem (Kenung, 2011).

Keterangan :

- a. TD, Transmit Data;
 - b. SG, Signal Ground.
 - c. DTR, Data Terminal Ready;
 - d. DSR, Data Set Ready;
 - e. CD, Carrier Detect;
 - f. RTS, Request To Send;
 - g. CTS, Clear To Send.
1. Komunikasi asinkron yang sederhana yang disebut sebagai null modem, yang rangkaiannya diperlihatkan pada gambar 2, adalah dengan menghubungkan pin-pin DTR, DSR dan CD serta RTS dengan CTS. Sedangkan sinyal data input masuk RD dan sinyal transmit output adalah TD.

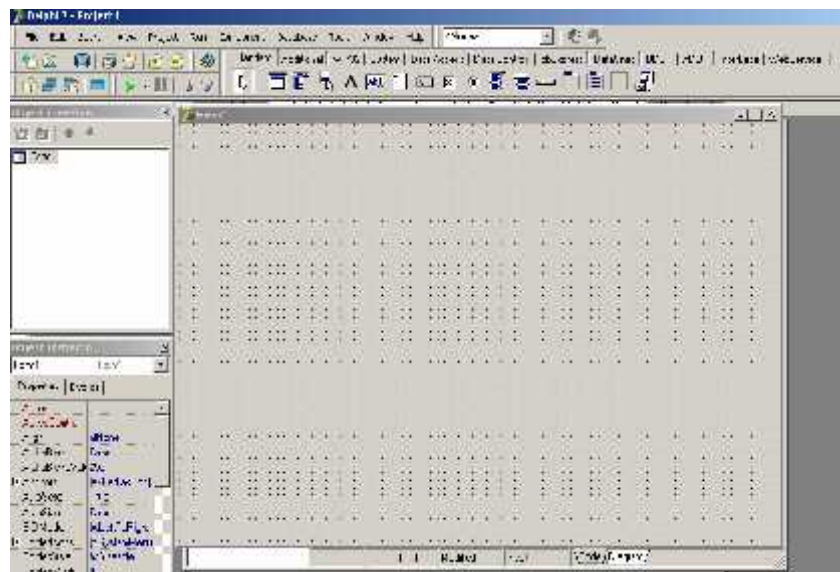
2. Konverter level untuk saat ini tersedia dalam bentuk IC, contoh adalah ICL232 dari Harris semiconductors, MAX232 dari Maxim dan masih ada beberapa produk dari lain pabrik yang fungsinya sama. Dalam satu chip ICL232 terdapat dua pasang konverter TTL ke RS232 dan kebalikannya. Pada aplikasinya yang digunakan biasanya hanya satu pasang saja. Gambar 2.12. memperlihatkan rangkaian level converter untuk interkoneksi antara PC dengan mikrokontroler ATmega. Selain digunakan chip, konverter level RS232 dapat dibangun dengan dua buah transistor yang mudah didapat dipasaran dengan harga murah dan beberapa komponen resistor dan 1 kapasitor bypass tegangan supply (data Sheet, 2002).



Gambar 2.12. Rangkaian RS232 (Data Sheet, 2002).

2.11. Delphi

Delphi merupakan salah satu bahas pemrograman (*development language*) yang digunakan untuk merancang suatu aplikasi program. Delphi memiliki beberapa kegunaan diantaranya adalah untuk merancang aplikasi windows, merancang program berbasis grafis, membuat program berbasis jaringan, dan membuat rancangan berbasis internet. Berikut adalah contoh tampilan aplikasi delphi.



Gambar 2.13 Tampilan Aplikasi Delphi (Syarif, 2011).

Selain itu juga delphi memiliki keunggulan dalam proses pembuatan berbagai program diantaranya adalah:

1. IDE (integrated development environment) atau lingkungan pengembangan aplikasi sendiri adalah satu dari beberapa keunggulan delphi, didalamnya terdapat menu-menu yang memudahkan kita untuk membuat sebuah proyek yang berhubungan dengan pemrograman.

2. Proses kompilasi cepat, pada saat aplikasi yang kita buat dijalankan maka secara otomatis akan dibaca sebagai sebuah program tanpa dijalankan terpisah.
3. Sangat mudah digunakan, source kode delphi yang merupakan turunan dari pascal, sehingga tidak diperlukan suatu penyesuaian lagi.
4. Bersifat multi purphase, artinya bahasa pemrograman delphi dapat digunakan untuk mengembangkan berbagai keperluan pengembangan aplikasi. Selain itu delphi juga mendukung untuk membuat aplikasi database yang memungkinkan user berinteraksi dengan informasi yang tersimpan dalam sebuah database. Delphi juga memberikan banyak pilihan teknologi kepada developer dalam membangun aplikasi database sehingga developer dapat mengembangkan aplikasi dengan mekanisme akses yang paling tepat menurut kebutuhan.