

2. TEORI PENUNJANG

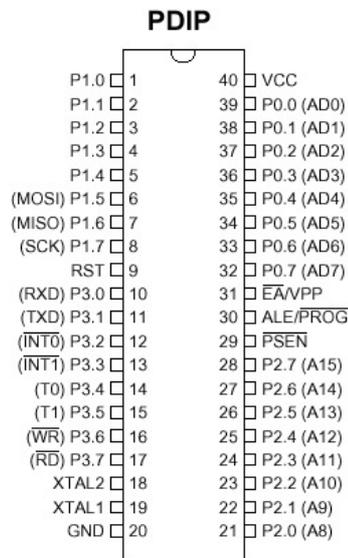
2.1 Mikrokontroler AT89S51

AT89S51 adalah komputer mikro yang hemat energi dengan kemampuan yang tinggi dari CMOS 8 bit, dengan 4 kilobyte dari *In-System Programmable Flash Memory*. Alat ini diproduksi menggunakan *Atmel high density nonvolatile memory technology* dan cocok dengan cara penggunaan dan kaki – kaki keluaran (*pin out*) dari industri standart 80C51. *On-chip* yang cepat (*flash*) memperbolehkan program untuk diprogram ulang oleh *internal system* atau oleh pemograman memori tetap konvensional. Dengan menggabungkan sebuah CPU 8 bit dengan *flash* pada *chip* tunggal, maka Atmel 89S51 adalah komputer mikro yang berguna untuk menyediakan pemecahan yang fleksibel dan harga yang efektif untuk banyak aplikasi kontrol.

AT89S51 menyediakan sifat-sifat standar sebagai berikut : 4 kilobyte *flash*, 128 byte RAM, 32 jalur masukan / keluaran (I/O), *watchdog timer*, dua data *pointer*, dua buah penghitung waktu / penghitung 16 bit, sebuah *vector* dua level *interrupt* arsitektur, *full duplex serial port*, *on chip oscillator*, dan *clock circuitry*. Sebagai tambahan, AT89S51 didesign dengan logika statis / tetap untuk operasi menuju frekuensi nol dan menyediakan dua *software mode* penghematan tenaga. *Mode Idle* menghentikan CPU sementara memperbolehkan RAM, penghitung waktu/penghitung *port* serial dan sistem interupsi untuk tetap berfungsi. *Mode Power Down* menyimpan isi RAM tetapi membekukan *oscillator* yang menyebabkan semua fungsi *chip* lainnya tidak berfungsi sampai *reset hardware* berikutnya.

2.1.1. Deskripsi Pin

Mikrokontroler AT89S51 memiliki 40 *pin*, 32 *pin* diantaranya adalah *directional* I/O yang terbagi dalam 4 *port*. Konfigurasi dari *pin-pin* tersebut, yaitu:



Gambar 2.1. Konfigurasi *Pin* AT89S51

Sumber: Atmel Corporation. *AT89S51 Datasheet*. 20 Februari 2006. p.2.
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2487.pdf

- V_{cc} (*pin* 40), merupakan *pin supply* tegangan sebesar +5 Volt.
- GND (*pin* 20), merupakan *pin* tegangan referensi 0 Volt (*ground*).
- RST (*pin* 9), sebagai masukan *reset*, yaitu jika pada saat diberi tegangan +5 Volt, maka seluruh isi dari *internal memory* dan *register-register* yang dimiliki AT89S51 akan kembali ke kondisi *reset*.
- EA – *External Access* (*pin* 31), pada waktu *pin* ini diberi tegangan +5 Volt, maka AT89S51 akan mengeksekusi program *internal*. Dan sebaliknya jika *pin* ini diberi referensi tegangan 0 Volt (*ground*), maka AT89S51 akan berada dalam *mode access external ROM* yang mulai dari alamat 0000_H - $FFFF_H$.
- XTAL1 (*pin* 19), sebagai masukan ke *inverting oscillator amplifier* dan masukan ke *internal clock operating circuit*.
- XTAL2 (*pin* 18), sebagai keluaran dari *inverting oscillator amplifier*.
- PSEN – *Programmable Strobe Enable* (*pin* 29), merupakan sinyal yang dikeluarkan oleh AT89S51 untuk membaca *external program memory* (*fetching*).
- ALE – *Address Latch Enable* (*pin* 30), Suatu keluaran sinyal yang berfungsi untuk memisahkan *address bus byte* rendah ($A_7 - A_0$) yang sebelumnya di multipleks dengan *data bus* dalam $AD_7 - AD_0$ selama mengakses *external*

memory. Sinyal ini berupa pulsa persegi yang keluar terus-menerus dengan frekuensi 1/6 dari frekuensi kristal. ALE akan aktif selama perintah MOVX atau MOVC.

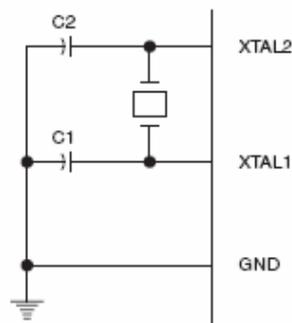
- *Port 0 (pin 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39)*, *Port* ini dapat digunakan sebagai I/O dua arah yang dapat diakses per *bit* dengan menambahkan *pull-up* resistor. *Port* ini juga berfungsi sebagai *address bus* byte rendah ($A_7 - A_0$) dan *data bus* ($D_7 - D_0$) yang didesain secara multipleks (sehingga *port* ini diberi nama $AD_7 - AD_0$).
- *Port 1 (pin 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1)*, digunakan sebagai I/O dua arah yang dapat diakses per *bit* dengan *internal pull-up*. Untuk AT89S52 pada *port* P1.0 dan P1.1 dapat dikonfigurasi sebagai *external count input* untuk *timer/counter* 2 (P1.0/T2), dan sebagai *trigger input* untuk *timer/counter* 2 (P1.1/T2EX). Selain itu pada *port* P1.5(MOSI), P1.6(MISO), P1.7(SCK) digunakan untuk pemrograman secara ISP (*In-System Programmable*).
- *Port 2 (pin 28, 27, 26, 25, 24, 23, 22, 21)*, *Port* ini dapat digunakan sebagai I/O dua arah yang dapat diakses per *bit* tanpa menambahkan *pull-up* resistor karena terdapat *internal pull-up*. Selain itu *Port* ini berfungsi sebagai *address bus* byte tinggi ($A_{15} - A_8$).
- *Port 3 (pin 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10)*, digunakan sebagai I/O dua arah yang dapat diakses per *bit* dengan *internal pull-up*. Selain itu *Port 3* juga mempunyai fitur-fitur spesial yang dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.1. *Port 3 AT89S51*

Port Pin	Fungsi Alternatif
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	WR (external data memory write strobe)
P3.7	RD (external data memory read strobe)

Sumber: Atmel Corporation. *AT89S51 Datasheet*. 20 Februari 2006. p.5.
<http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2487.pdf>

Hal yang berhubungan dengan IC AT89S51 ini adalah rangkaian kristal dan rangkaian *reset*. Rangkaian kristal terdiri dari 2 buah kapasitor keramik berukuran 33pF dan sebuah kristal 11,0592 MHz. Rangkaian kristal ini dihubungkan pada IC AT89S51 pada pin 19 (XTAL1) dan pin18 (XTAL2) yang dapat dilihat pada gambar 2.2.

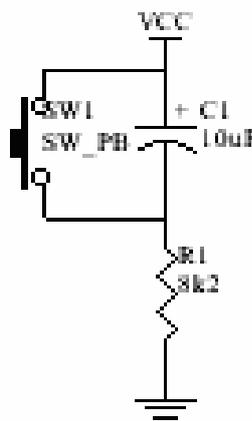


Gambar 2.2. Rangkaian Kristal

Sumber: Atmel Corporation. *Microcontroller Databook*. 20 Februari 2006. p.2-35. <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc187.pdf>

Rangkaian *Power on Reset* berfungsi untuk mengembalikan nilai-nilai *register* yang ada pada IC AT89S51 ke dalam kondisi mula-mula, dan akan menyebabkan mikrokontroler menuju ke alamat 0000_H. Rangkaian ini terdiri dari:

- 1 buah kapasitor 10 μ F
- 1 buah resistor 8,2 K Ω
- 1 buah SW-PB



Gambar 2.3. Rangkaian *Power on Reset*

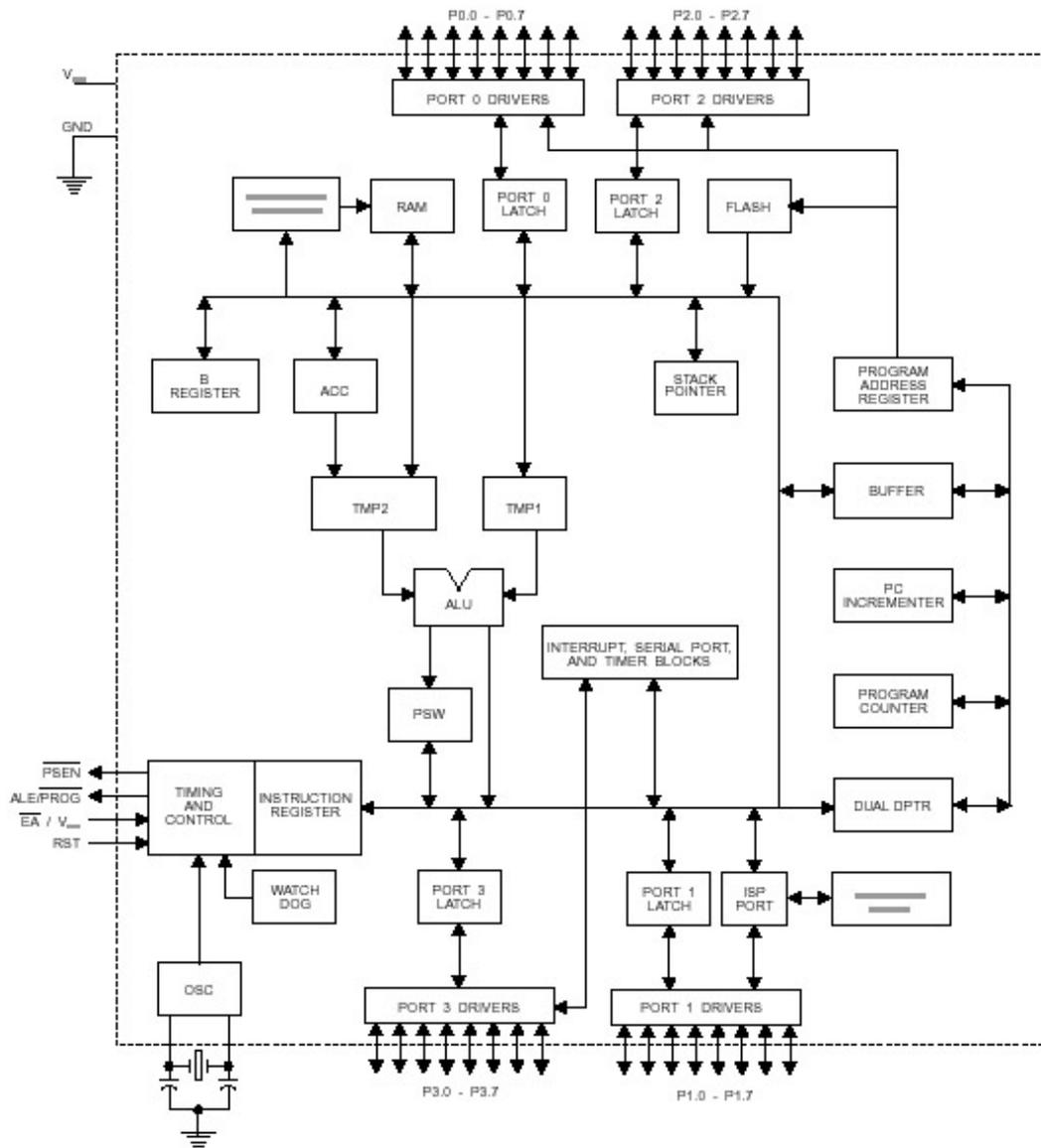
Sumber: Atmel Corporation. *Microcontroller Databook*. 20 Februari 2006. p.2-35. <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc187.pdf>

Cara kerja dari rangkaian ini adalah pada saat rangkaian diberi tegangan pertama kali maka arus akan mengalir pada kapasitor (yang semula *short circuit*, perlahan-lahan mulai terisi) dan pada titik *pin reset* yang dihubungkan ke mikrokontroler akan mendapatkan tegangan Vcc (logika '1') sehingga mikrokontroler dalam kondisi *reset*. Beberapa saat kemudian isi dari kapasitor akan penuh dan menyebabkan tidak ada arus yang mengalir pada kapasitor (sehingga seolah-olah *open circuit*). Titik *pin reset* akan mendapat tegangan setara GND (yang menyebabkan mikrokontroler aktif kembali). Fungsi resistor pada rangkaian ini adalah untuk mengatur lama waktu pengisian tegangan pada kapasitor. Nilai resistor tersebut didapat dari *datasheet*. Pada rangkaian ini, EA='1' (karena setiap pengaksesan program memory berada dalam internal ROM).

2.1.2. Diagram Blok

Diagram blok dari mikrokontroler AT89S51 ditunjukkan pada gambar berikut ini :

Block Diagram



Gambar 2.4. Arsitektur Mikrokontroler AT89S51

Sumber: Atmel Corporation. *AT89S51 Datasheet*. 20 Februari 2006. p.2.
 <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2487.pdf>

2.1.3. Komunikasi Serial

Pada AT89S51 terdapat fasilitas komunikasi *serial full duplex*. Dalam mikrokontroler ini terdapat dua buah *register* yang terpisah secara fisik (sehingga tidak dapat menyebabkan *data collision*), yaitu *register* TX (untuk mengirim data lewat *transmitter*), dan *register* RX (untuk menerima data lewat *receiver*)

Sebagai penghubung antar duar *register* tersebut (melalui program) terdapat SBUF (*Serial Buffer*) pada SFR (*Special Function Register*). Jika terjadi

penulisan data ke SBUF, maka data itu akan diteruskan ke *register* TX. Namun jika ada data pada jalur penerima pada SBUF, maka data tersebut akan disimpan di *register* RX, (yang kemudian data tersebut dapat dibaca oleh program dengan cara memberi perintah pembacaan data pada SBUF).

Ada empat macam *mode* komunikasi *serial*, yaitu *mode* 0, 1, 2, dan *mode* 3. Keempat *mode* tersebut berkaitan dengan tipe data dan *baud rate* yang digunakan. Berikut ini tabel dari keempat *mode*.

Tabel 2.2. Mode Komunikasi *Serial*

SM0	SM1	MODE	DESKRIPSI	BAUD RATE
0	0	0	Shift Register	$F_{osc} / 12$
0	1	1	8 bit UART	Variabel
1	0	2	9 bit UART	$F_{osc} / 32$ atau $F_{osc} / 64$
1	1	3	9 bit UART	Variabel

Sumber: Atmel Corporation. *Microcontroller Databook*. 20 Februari 2006. p.2-35. <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc187.pdf>

Untuk memilih *mode* komunikasi *serial* dapat dilakukan dengan mengatur *bit* SM0 dan SM1 yang terdapat pada *register* *Serial Control* (SCON). Komunikasi *serial* dengan *mode* 9 bit UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*), berarti data yang dikirimkan berukuran 9 bit, yaitu *bit* 1 sampai *bit* 8 akan terletak pada *register* SBUF sedangkan *bit* 9 akan diletakkan pada TB8 (untuk *transmit*) dan RB8 (untuk *receive*). Kedua *bit* ini terletak pada *register* SCON. Untuk komunikasi *serial* 8 bit UART, maka data yang dikirim berukuran 8 bit dan ditambah dengan sebuah *start bit* dan sebuah *stop bit*.

Bit SM2 untuk mengaktifkan komunikasi multiprosesor. *Bit* REN berfungsi untuk dapat menerima data (jika *bit* REN = '1') atau tidak dapat menerima data (jika *bit* REN = '0'). *Bit* TI (*Transmit Interrupt Flag*) dan RI (*Receive Interrupt Flag*) merupakan *bit* yang dapat menyebabkan terjadinya *interrupt serial*. Bila *bit* TI berlogika '1', maka terjadi *interrupt serial* pada saat jalur *transmit* telah mengirimkan *bit* terakhir atau *stop bit* (SBUF telah kosong). Bila *bit* RI berlogika '1', maka terjadi *interrupt serial* pada saat jalur *receive* telah menerima *bit* terakhir atau *stop bit* (SBUF telah terisi data yang diterima). Berikut ini gambar dari *register* SCON.

SCON: Serial Control Register

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----

Gambar 2.5. Register Kontrol Serial

Sumber: Atmel Corporation. *Microcontroller Databook*. 20 Februari 2006. p.2-35. <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc187.pdf>

Baud rate untuk *mode 0* (*Synchronous mode*) selalu bernilai 1/12 dari frekuensi *oscillator*. Tetapi untuk *Baud rate mode 2* dapat bernilai 1/32 dari frekuensi *oscillator*, jika *bit* SMOD pada *register* PCON (*Power Control*) berlogika ‘1’. Dan sebaliknya jika *bit* SMOD berlogika ‘0’, maka *Baud rate mode 2* dapat bernilai 1/64 dari frekuensi *oscillator*.

Baud rate untuk *mode 1* dan 3 untuk *timer 1* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.7). Jika SMOD berlogika ‘1’, maka *baud rate* akan menjadi dua kali lipat. Tetapi jika SMOD berlogika ‘0’, maka *baud rate* hanya dikali satu.

$$BaudRate = \frac{2^{SMOD}}{32} \times \frac{OscillatorFrequency}{12 \times [256 - (TH1)]} \dots\dots\dots(2.1)$$

Sumber: Atmel Corporation. *Microcontroller Databook*. 20 Februari 2006. p.2-36. <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc187.pdf>

Baud rate untuk *mode 1* dan 3 untuk *timer 2* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.8).

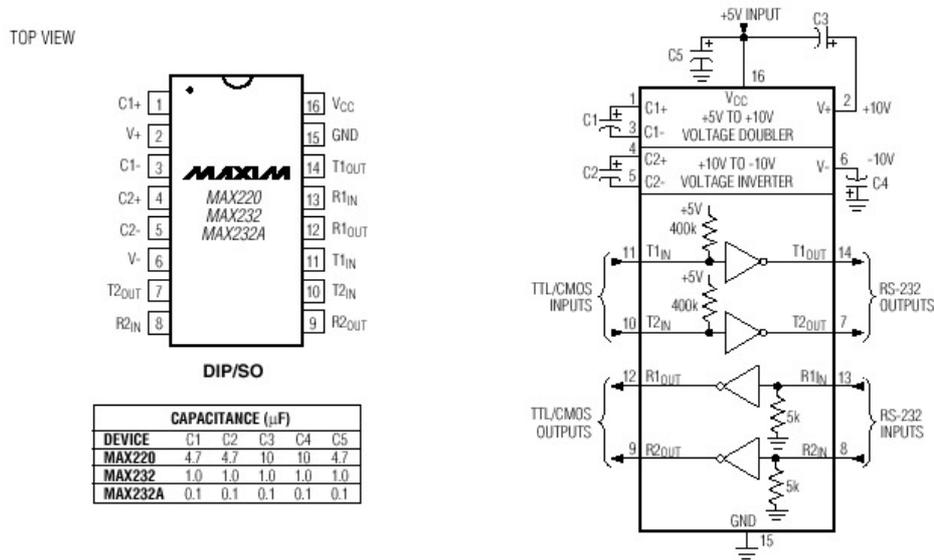
$$BaudRate = \frac{OscillatorFrequency}{32 \times [65536 - (RCAP2H, RCAP2L)]} \dots\dots\dots(2.2)$$

Sumber: Atmel Corporation. *Microcontroller Databook*. 20 Februari 2006. p.2-36. <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc187.pdf>

Pada saat menggunakan *timer 2* untuk proses *serial*, maka *bit* RCLK dan TCLK pada *register* T2CON harus diberi logika ‘1’. *Bit* RCLK dan TCLK pada *register* T2CON harus diberi logika ‘0’. (untuk penggunaan *timer 1*). TH1 merupakan *reload value* untuk *timer 1* dan (RCAP2H dan RCAP2L) merupakan *reload value* untuk *timer 2*.

2.2. IC Max 232

Keluarga dari MAX220 - MAX249 dari jalur *driver / receivers* adalah ditujukan untuk semua EIA/TIA-232E dan hubungan komunikasi V.28/V.24, aplikasi ditujukan di mana ±12V tidak disediakan.



Gambar 2.6. Konfigurasi Pin IC Max 232

Sumber: Maxim. *RS-232 Datasheet*. 22 Februari 2006. p.17.
 <<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/MAX220-MAX249.pdf>>

2.3. IC 74LS08

IC 74LS08 terdiri atas 4 buah gerbang AND dengan dua masukan. Tabel kebenaran dari gerbang AND adalah sebagai berikut :

Tabel 2.3 Tabel Kebenaran Gerbang AND

Y = AB

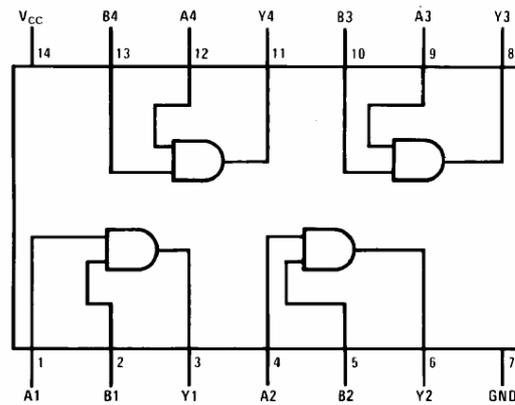
Inputs		Output
A	B	Y
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

H = High Logic Level

L = Low Logic Level

Sumber: National Semiconductor. *74LS08 Datasheet*. 22 Februari 2006. p.1.
 <<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8059/NSC/DM74LS08.html>>

Konfigurasi dari kaki-kaki IC sebagai berikut :



Gambar 2.7. Konfigurasi *Pin* IC 74LS08

Sumber: National Semiconductor. *74LS08 Datasheet*. 22 Februari 2006. p.1.
 <<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8059/NSC/DM74LS08.html>>

2.4. IC 74LS04

IC 74LS08 terdiri atas 6 buah gerbang NOT. Tabel kebenaran dari gerbang NOT adalah sebagai berikut :

Tabel 2.4. Tabel Kebenaran Gerbang NOT

$$Y = \bar{A}$$

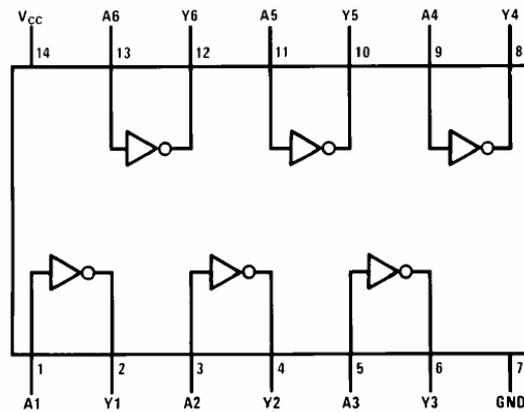
Input	Output
A	Y
L	H
H	L

H = High Logic Level

L = Low Logic Level

Sumber: National Semiconductor. *74LS04 Datasheet*. 22 Februari 2006. p.1.
 <<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8058/NSC/DM74LS04.html>>

Konfigurasi dari kaki-kaki IC sebagai berikut:



Gambar 2.8. Konfigurasi *Pin* IC 74LS04

Sumber: National Semiconductor. *74LS04 Datasheet*. 22 Februari 2006. p.1.
<<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/8058/NSC/DM74LS04.html>>

2.5. Telepon Selular

Telepon selular adalah alat yang digunakan untuk berkomunikasi. Karena telepon selular memiliki bentuk yang ringkas dan berukuran kecil (mudah untuk dibawa-bawa), maka telepon selular menjadi pilihan untuk berkomunikasi. Pada telepon selular yang dipakai orang saat ini umumnya terdapat berbagai fasilitas seperti pengiriman pesan (SMS), pengiriman gambar, *reminder*, *ringtones*, *logo*, *tool*, *security*, buku telepon, *games*, kalkulator, *clock*, dan lain-lain.

Telepon selular produksi Siemens M35 dipilih dengan pertimbangan harganya tidak terlalu mahal dan dapat dilengkapi kabel data untuk hubungan dengan komputer. Fasilitas yang disediakan oleh telepon selular ini juga lebih dari cukup untuk menunjang pembuatan *musical fountain* pada tugas akhir ini.

Telepon selular M35 merupakan salah satu dari telepon selular tipe M keluaran Siemens yang beredar di Indonesia (selain tipe A, C, ME, S, dan SL). Tipe-tipe tersebut terbagi lagi dalam beberapa seri, yaitu seri 25, 35, 45 dan 60. Bentuk fisik telepon M35 tampak seperti gambar di bawah :

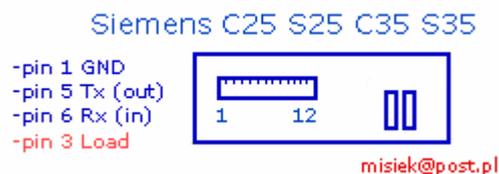


Gambar 2.9. Telepon Selular Siemens M35

Sumber: Siemens. *Siemens Mobile M35*. 10 Januari 2006.
<<http://www.my-siemens.com>>

2.5.1. Kabel Data Siemens M35 Untuk Komunikasi Dengan PC

Agar telepon selular dapat melakukan koneksi dengan PC, digunakan kabel data. Pada tugas akhir ini digunakan kabel data yang sudah jadi dan dapat ditemukan di pasaran. Kabel data ini dihubungkan ke *serial port* (dari PC) dengan konfigurasi *baudrate* adalah 19200, sehingga telepon selular dapat berkomunikasi dengan PC. Kabel data yang digunakan adalah kabel data khusus untuk telepon selular Siemens seri C35, M35 dan S35. Gambar skematik dari kabel data tersebut tampak pada gambar di bawah:



Gambar 2.10. *Pin Out* pada Siemens M35

Sumber: Misiek. *Siemens Interface*. 10 Januari 2006.
<<http://www.misiek-cables.prv.pl>>

Tabel 2.5. Konfigurasi *Pin* Siemens M35

Pin	Name	Function	in/out
1	GND	Ground	
2	SELF-SERVICE	Recognition/control battery charger	in/out
3	LOAD	Charging voltage	in
4	BATTERY	Battery	out
5	DATA OUT	Data sent	out
6	DATA IN	Data received	in
7	Z_CLK	Recognition/control accessories	
8	Z_DATA	Recognition/control accessories	
9	MICG	Ground for microphone	in
10	MIC	Microphone input	
11	AUD	Loudspeaker	out
12	AUDG	Ground for external speaker	

Sumber: Misiiek. *Siemens Interface*. 10 Januari 2006.

<<http://www.misiiek-cables.prv.pl>>

2.5.2. SMS (*Short Message Service*)

Short Message Service (SMS) merupakan aplikasi ponsel yang menyediakan layanan untuk mengirim dan menerima pesan pendek berupa huruf dan angka. Setiap SMS dibatasi hanya sampai 160 karakter saja (dengan menggunakan huruf latin). Sedangkan untuk karakter non latin (seperti karakter Arab atau *Chinese*), SMS dibatasi hanya sampai 70 karakter saja. *Output* pada MS (*Mobile Station*) dari data yang diterima dalam bentuk teks adalah teks juga, sedangkan *output* dari data *binary* bisa berupa teks, gambar maupun suara (*mail box*). Kegunaan utama dari SMS ini antara lain adalah sebagai berikut:

- Pengiriman pesan antar *handphone*, adalah fungsi umum dari SMS.
- Pemberitahuan akan adanya *Voice Mail* dan *Fax Mail* yang ditujukan kepada orang yang bersangkutan.
- Penyatuan berbagai pesan ke dalam satu bentuk antarmuka. Pesan-pesan yang berbeda tersebut diwakili oleh satu *alert* berupa SMS, dengan informasi tipe pesan dan tempat menyimpannya.
- *Internet E-mail Alert*, menghilangkan proses *dial-up* yang percuma, di mana setiap akan mengecek *email*, maka seseorang harus *connect* dulu ke jaringan *internet*, padahal belum tentu ada *e-mail* baru yang masuk.

- Nada dering, SMS juga berguna untuk mengirimkan nada dering (*ringtone*), di mana nada dering itu dapat disimpan, digunakan maupun dikirimkan ke orang lain.
- *Chat*, seperti halnya dengan pada *internet*, *chat* disini juga merupakan kumpulan orang-orang yang saling bertukar informasi. *Chat* ini memungkinkan seseorang mengirim pesan ke banyak orang sekaligus, dan dapat memilih pesan mana yang akan diterima berdasarkan pengirimnya.
- Layanan Informasi, sebagai pemberitahuan dan iklan, seperti informasi cuaca, pembukaan *outlet* baru, kurs mata uang, ataupun horoskop.

2.5.3 AT Command

AT *Command* merupakan satu daftar perintah yang dapat digunakan untuk mengoperasikan GSM *mobile phone* lewat serial *interface* (*data cable*) yang telah diatur dalam ETSI GSM 07.07 dan GSM 07.05. Menurut formatnya *command* yang diberikan harus selalu diawali dengan huruf 'AT' dan diakhiri dengan '<CR>' (0x0D) yang merupakan *Carriage Return*.

Pada Siemens M35, *command* yang dipakai untuk mengakses SMS support dengan ETSI GSM 07.05, sedangkan beberapa *command* untuk mengakses panggilan dan menu HP support dengan ETSI GSM 07.07, *Hayes standard commands*, dan *Supported Siemens-specific commands*. Beberapa AT *Command* yang penting dan sering digunakan untuk SMS adalah sebagai berikut:

- $AT+CMGS=n$

Digunakan untuk mengirim SMS.

n = jumlah pasangan hexa PDU SMS dimulai setelah nomor *SMS-centre*.

- $AT+CMGL=n$

Digunakan untuk memeriksa SMS.

$n=0$ adalah untuk memeriksa SMS baru di *inbox*

$n=1$ adalah untuk memeriksa SMS lama di *inbox*

$n=2$ adalah untuk memeriksa SMS *unsent* di *outbox*

$n=3$ adalah untuk memeriksa SMS *sent* di *outbox*

$n=4$ adalah untuk memeriksa semua SMS

- $AT+CMGD=n$
Digunakan untuk menghapus SMS.
n= nomor referensi SMS yang akan dihapus.

2.5.4. PDU (Protocol Data Unit)

Format SMS sesungguhnya ada 2 macam, yaitu SMS dalam mode teks dan SMS dalam mode PDU. Tidak semua *handphone* dapat menerima mode teks, sehingga mode PDU lebih banyak digunakan. Mode PDU mempunyai format tersendiri dalam pengiriman SMS maupun penerimaan SMS. Format SMS in PDU mode yang digunakan berdasarkan ETSI GSM 03.40.

PDU adalah singkatan dari *Protocol Data Unit*. Data yang mengalir ke atau dari *SMS-Centre* harus berbentuk PDU ini. PDU ini berisi bilangan-bilangan hexadesimal yang mencerminkan bahasa I/O. PDU terdiri atas beberapa *header*. *Header* untuk SMS yang diterima dari *SMS-Centre* adalah sebagai berikut :

- Nomor *SMS-Centre*
Nomor *SMS-Centre* ditulis dalam pasangan hexa yang dibalik-balik. Jika tertinggal satu angka hexadesimal yang tidak memiliki pasangan, maka angka tersebut akan dipasangkan dengan huruf F di depannya.
- Tipe SMS
Untuk SMS terima (*RECEIVE*) tipe SMS = 4. jadi bilangan hexanya adalah 04.
- Nomor *Handphone* Pengirim
Sama halnya dengan nomor *SMS-Centre*, nomor *handphone* pengirim ditulis dalam pasangan hexadesimal yang dibalik-balik. Jika tertinggal satu angka hexadesimal yang tidak memiliki pasangan, maka angka tersebut akan dipasangkan dengan huruf F di depannya.
- TP-PID (*Transfer Protocol - Protocol Identifier*)
TP-Protocol Identifier adalah suatu parameter yang menunjukkan bagaimana *SMS center* memproses *short message* (SM) sebagai *fax*, *voice*, dll. *Protocol identifier* ini terdiri dari 1 *octet*, dan penggunaan dari *bit-bit* dalam *octet* tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah. Jika dipergunakan sebagai *short message*, maka *bit-bit* TP-PID akan diisi dengan nilai 00000000_B (0_H).

Tabel 2.6. TP- *Protocol Identifier* Secara Umum

Octet	Keterangan
0	PDU akan diperlukan sebagai sebuah pesan singkat
1	PDU akan diperlukan sebagai telex
2	PDU akan diperlukan sebagai telefax, group 3
3	PDU akan diperlukan sebagai telefax, group 4

Sumber: Petterson, Lars. *SMS and the PDU format*. 15 Januari 2006.
<<http://www.dreamfabric.com/sms/>>

- TP-DCS (*Transfer Protocol - Data Coding Scheme*)

TP-Data Coding Scheme menunjukkan pola pengkodean data. Semua kode yang *reserved* akan dianggap sebagai GSM *default alphabet* oleh *entity* yang menerima. kemudian *octet* tersebut dikodekan seperti pada tabel 2.8. *Default alphabet* menunjukkan bahwa TP-UD dikodekan 7 bit *alphabet* seperti pada tabel 2.9. Sebuah *message* dapat terdiri dari 160 karakter dengan memakai *default alphabet* ini.

- TP-Service Centre Time Stamp

TP-Service Centre Time Stamp diberikan dalam *semi octet* dan menunjukkan waktu setempat dalam cara seperti gambar di bawah ini :

Tabel 2.7. TP-Service Centre Time Stamp (TP-SCTS)

	Year:	Month:	Day:	Hour:	Minute:	Second:	Time Zone
Digits: (Semi-octets)	2	2	2	2	2	2	2

Sumber: Petterson, Lars. *SMS and the PDU format*. 15 Januari 2006.
<<http://www.dreamfabric.com/sms/>>

Keterangan waktu diwakili oleh 12 bilangan hexa (6 pasangan) yang berarti : yy/mm/dd hh:mm:ss. Contoh : 207022512380 berarti tanggalnya adalah 02/07/22 (22 juli 2002), dan waktunya adalah 15:32:08.

Tabel 2.8. TP-Data Coding Scheme

Coding Group bits 7..4	User of bits 3 .. 0																														
00XX	<p>General Data Coding indication Bit 5 .. 0 indicate the following : Bit 5, If set to 0, indicates the text is uncompressed Bit 5, If set to 1, indicates the text is compressed using the GSM standart compression algorithm. (yet to be specified) Bit 4, If set to 0, indicates that bits 1 to 0 are reserved and have no message class meaning. Bit 4, If set to 1, indicates that bits 1 to 0 have a message class meaning :</p> <table border="0"> <tr> <td>Bit 1</td> <td>Bit 0</td> <td>Message Class</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>Class 0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>Class 1, default meaning : ME-Specific.</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>Class 2, SIM specific message</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>Class 3, Default meaning : TE-Specific.</td> </tr> </table> <p>Bit 3 and 2 indicate the alphabet being used, as follows :</p> <table border="0"> <tr> <td>Bit 3</td> <td>Bit2</td> <td>Alphabet</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>Default Alphabet</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>8 bit</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>UCS2 (16 bit) [10]</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>Reserved</td> </tr> </table> <p>Note : The special case of bits 7..0 being 0000 0000 indicates the default alphabet as in phase 2.</p>	Bit 1	Bit 0	Message Class	0	0	Class 0	0	1	Class 1, default meaning : ME-Specific.	1	0	Class 2, SIM specific message	1	1	Class 3, Default meaning : TE-Specific.	Bit 3	Bit2	Alphabet	0	0	Default Alphabet	0	1	8 bit	1	0	UCS2 (16 bit) [10]	1	1	Reserved
Bit 1	Bit 0	Message Class																													
0	0	Class 0																													
0	1	Class 1, default meaning : ME-Specific.																													
1	0	Class 2, SIM specific message																													
1	1	Class 3, Default meaning : TE-Specific.																													
Bit 3	Bit2	Alphabet																													
0	0	Default Alphabet																													
0	1	8 bit																													
1	0	UCS2 (16 bit) [10]																													
1	1	Reserved																													
0100 .. 1011	Reserved coding groups																														
1100	<p>Message Waiting Indication Group : Discard message Bits 3 .. 0 are coded exactly the same as group 1101, however with Bits 7..4 set to 1100 the mobile may discard the contents of the message, and only present the indication to the user.</p>																														
1101	<p>Message Waiting Indication Group : Store message This group allows an indication to be provided to the user about status of types of message waiting on system connected to the GSM PLMN. The mobile may present this indication as an icon on the screen, or other MMI indication. Where a message is received with bits 7..4 set to 1101, the mobile shall store the text of the SMS message in addition to setting the indication. Bit 3 indicates indication sense :</p> <table border="0"> <tr> <td>Bit 3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Set Indication Inactive.</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Set Indication Active.</td> </tr> </table> <p>Bit 2 is reserved, and set to 0.</p> <table border="0"> <tr> <td>Bit 1</td> <td>Bit 0</td> <td>Indication Type</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>Voicemail message waiting.</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>Fax message waiting.</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>Electronic mail message waiting.</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>Other message waiting.</td> </tr> </table>	Bit 3		0	Set Indication Inactive.	1	Set Indication Active.	Bit 1	Bit 0	Indication Type	0	0	Voicemail message waiting.	0	1	Fax message waiting.	1	0	Electronic mail message waiting.	1	1	Other message waiting.									
Bit 3																															
0	Set Indication Inactive.																														
1	Set Indication Active.																														
Bit 1	Bit 0	Indication Type																													
0	0	Voicemail message waiting.																													
0	1	Fax message waiting.																													
1	0	Electronic mail message waiting.																													
1	1	Other message waiting.																													
1110	<p>Message Waiting Indication Group : Store Message The coding of bits 3..0 and functionality of this feature are the same as for the message waiting indication group above, (bits 7..4 set to 1101) with the exception that the text included in the user data is coded in the uncompressed UCS2 alphabet.</p>																														
1111	<p>Data coding / message class Bit 3 is reserved, set to 0.</p> <table border="0"> <tr> <td>Bit 2</td> <td>Message coding</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Default alphabet.</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>8-bit data.</td> </tr> </table> <table border="0"> <tr> <td>Bit 1</td> <td>Bit 0</td> <td>Message class</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>Class 0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>Class 1, default meaning : ME specific.</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>Class 2, SIM-specific message.</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>Class 3, default meaning : TE specific.</td> </tr> </table>	Bit 2	Message coding	0	Default alphabet.	1	8-bit data.	Bit 1	Bit 0	Message class	0	0	Class 0	0	1	Class 1, default meaning : ME specific.	1	0	Class 2, SIM-specific message.	1	1	Class 3, default meaning : TE specific.									
Bit 2	Message coding																														
0	Default alphabet.																														
1	8-bit data.																														
Bit 1	Bit 0	Message class																													
0	0	Class 0																													
0	1	Class 1, default meaning : ME specific.																													
1	0	Class 2, SIM-specific message.																													
1	1	Class 3, default meaning : TE specific.																													

Sumber: Petterson, Lars. *SMS and the PDU format*. 15 Januari 2006.
 <<http://www.dreamfabric.com/sms/>>

Tabel 2.9. *Default Alphabet*

Bit per character: 7
 SMS User Data Length meaning: Jumlah dari karakter
 CBS pad character: CR
 Character table:

				b7	0	0	0	0	1	1	1	1
				b6	0	0	1	1	0	0	1	1
				b5	0	1	0	1	0	1	0	1
b4	b3	b2	b1		0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	@	Δ	SP	0	i	P	ı	p
0	0	0	1	1	£	_	!	1	A	Q	a	q
0	0	1	0	2	\$	Φ	"	2	B	R	b	r
0	0	1	1	3	¥	Γ	#	3	C	S	c	s
0	1	0	0	4	è	Λ	□	4	D	T	d	t
0	1	0	1	5	é	Ω	%	5	E	U	e	u
0	1	1	0	6	ù	Π	&	6	F	V	f	v
0	1	1	1	7	î	Ψ	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0	8	ò	Σ	(8	H	X	h	x
1	0	0	1	9	ç	Θ)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0	10	LF	Ξ	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1	11	Ø	1)	+	;	K	Ä	k	ä
1	1	0	0	12	ø	Æ	,	<	L	Ö	l	ö
1	1	0	1	13	CR	æ	-	=	M	Ñ	m	ñ
1	1	1	0	14	Å	ß	.	>	N	Ü	n	ü
1	1	1	1	15	å	É	/	?	O	Š	o	à

Sumber: Petterson, Lars. *SMS and the PDU format*. 15 Januari 2006.
 <<http://www.dreamfabric.com/sms/>>

Time zone menunjukkan perbedaan antara waktu setempat dengan GMT, yang ditunjukkan dalam $\frac{1}{4}$ jam. Pada 2 *semi octet* pertama (*bit* 3 dari 7 *octet* TP SCTS) menunjukkan tanda *algebraic* dari perbedaan ini (0 : *positive*, 1 : *negative*). TP SCTS dan waktu-waktu yang lain yang dikodekan dalam format ini menunjukkan waktu setempat pada *entity* yang mengirim. Jika MS (*Mobile Station*) mengetahui waktu *time zone* setempat, maka setiap waktu yang diterima pada MS akan ditampilkan waktu tempat tersebut bukan waktu si pengirim. Pesan akan disimpan tanpa tergantung perubahan pada waktu yang tersimpan. Kode pada *time zone* menyebabkan penerima dapat menghitung waktu yang sesuai dalam GMT dari *semi octet* yang lain dalam *Service Center Time Stamp* (SCTS) atau menunjukkan *time zone* (GMT, GMT+ 1_H, dsb).

Setiap 1 unit *time zone* menunjukkan 15 menit perbedaan waktu dengan GMT. Sebagai contoh bila TP-SCTS berisi 40601150750321, jika di-*swap* akan menjadi 04 06 11 05 57 30 12, yang berarti tanggal 11 Juni 2004 pukul 05:57:30 GMT+3. Di sini *octet* yang terakhir berisi 12 yang menunjukkan perbedaan waktu dengan GMT sebesar 12×15 menit = 180 menit = 3 jam \rightarrow GMT+3.

- TP-VP (*Validity Period*)

TP-*Validity Period* mempunyai panjang 1 *octet*, digunakan untuk memberikan informasi panjang waktu yang berlaku/berapa lama sebuah pesan dapat disimpan oleh sebuah SC (*Service Center*), mulai dihitung ketika SMS *submit* diterima oleh SC.

Tabel 2.10. TP-*Validity Period* (TP-VP)

TP-VP value	Validity period value
0 to 143	(TP-VP + 1) x 5 minutes (i.e. 5 minutes intervals up to 12 hours)
144 to 167	12 hours + ((TP-VP - 143) x 30 minutes)
168 to 196	(TP-VP - 166) x 1 day
197 to 255	(TP-VP - 192) x 1 week

Sumber: Petterson, Lars. *SMS and the PDU format*. 15 Januari 2006.
<<http://www.dreamfabric.com/sms/>>

Dimisalkan TP-VP berisi A7, disini $A7_H = 167_D$. Bila dimasukkan dalam perhitungan rumus pada tabel 2.19, maka *Validity Period*-nya adalah 12 jam + ((167 – 143) x 30 menit) = 12 jam + (24 x 30 menit) = 12 jam + 720 menit = 12 jam + 12 jam = 24 jam.

- TP-UDL (*User Data Length*)

TP-*User Data Length* terdiri dari 1 *octet* yang berisi data *integer* yang menunjukkan banyaknya huruf yang terdapat pada TP *User Data* (dalam *septet*). Jadi misalkan TP *User Data* berisi 7 *octet* berupa D4F21C3476B7D3 yang berasal dari kata ‘Tes cnmi’, maka TP *User Data Length* akan berisi 08 yang berarti banyaknya huruf dalam kata ‘Tes cnmi’, di mana spasi ikut dihitung 1 huruf.

- Isi SMS.

Dalam mengirim dan menerima data, SMS menggunakan standar ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) GSM 03.38, di mana datanya berupa data olahan dari 7-bit (*septet*) data. Data dari ETSI GSM 03.38 tersebut diolah dulu menjadi data 8 bit (*octet*), di mana 7-bit maksimum sebanyak 160 karakter, yang kemudian diubah dalam 140 *octet*, baru dikirimkan. Jika karakter ke – X diwakilkan sebagai berikut:

Xb6 Xb5 Xb4 Xb3 Xb2 Xb1 Xb0

Komposisi *septet* ke *octet* ditunjukkan sebagai berikut :

➤ Satu Karakter Dalam Satu *Octet*:

Tabel 2.11. Satu Karakter Dalam Satu Octet

Bit no.	7	6	5	4	3	2	1	0
Oct. no.								
1	0	1 _{b6}	1 _{b5}	1 _{b4}	1 _{b3}	1 _{b2}	1 _{b1}	1 _{b0}

Sumber: Petterson, Lars. *SMS and the PDU format*. 15 Januari 2006.
<<http://www.dreamfabric.com/sms/>>

- Tiga karakter Dalam Tiga *Octet*:

Tabel 2.12. Tiga Karakter Dalam Tiga *Octet*

Bit no.	7	6	5	4	3	2	1	0
Oct. no.								
1	2 _{b0}	1 _{b6}	1 _{b5}	1 _{b4}	1 _{b3}	1 _{b2}	1 _{b1}	1 _{b0}
2	3 _{b1}	3 _{b0}	2 _{b6}	2 _{b5}	2 _{b4}	2 _{b3}	2 _{b2}	2 _{b1}
3	0	0	0	3 _{b6}	3 _{b5}	3 _{b4}	3 _{b3}	3 _{b2}

Sumber: Petterson, Lars. *SMS and the PDU format*. 15 Januari 2006.
 <<http://www.dreamfabric.com/sms/>>

- Delapan Karakter Dalam Tujuh *Octet*:

Tabel 2.13. Delapan Karakter Dalam Tujuh *Octet*

Bit no.	7	6	5	4	3	2	1	0
Oct. no.								
1	2 _{b0}	1 _{b6}	1 _{b5}	1 _{b4}	1 _{b3}	1 _{b2}	1 _{b1}	1 _{b0}
2	3 _{b1}	3 _{b0}	2 _{b6}	2 _{b5}	2 _{b4}	2 _{b3}	2 _{b2}	2 _{b1}
3	4 _{b2}	4 _{b1}	4 _{b0}	3 _{b6}	3 _{b5}	3 _{b4}	3 _{b3}	3 _{b2}
4	5 _{b3}	5 _{b2}	5 _{b1}	5 _{b0}	4 _{b6}	4 _{b5}	4 _{b4}	4 _{b3}
5	6 _{b4}	6 _{b3}	6 _{b2}	6 _{b1}	6 _{b0}	5 _{b6}	5 _{b5}	5 _{b4}
6	7 _{b5}	7 _{b4}	7 _{b3}	7 _{b2}	7 _{b1}	7 _{b0}	6 _{b6}	6 _{b5}
7	8 _{b6}	8 _{b5}	8 _{b4}	8 _{b3}	8 _{b2}	8 _{b1}	8 _{b0}	7 _{b6}

Sumber: Petterson, Lars. *SMS and the PDU format*. 15 Januari 2006.
 <<http://www.dreamfabric.com/sms/>>

Maksimum data yang dapat dikirimkan dalam sebuah SMS:

$$(140 \times 8\langle octet \rangle) / 7\langle septet \rangle = 160 \text{ character} \dots \dots \dots (2.3)$$

Sebagai contoh, bila dikirim teks “hello” maka *septet* dari “hello”:

h : 68_H e : 65_H l : 6C_H o : 6F_H

Proses pengubahan dari *septet* ke *octet* dapat dilihat pada tabel di bawah :

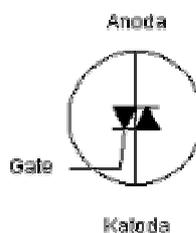
Tabel 2.14. Contoh Format SMS

h	e	l	l	o
68 h	65 h	6C h	6C h	6F h
1101000	1100101	1101100	1101100	1101111
1101000	1100101	1101100	1101100	1101111
11101000	00110010	10011011	11111101	00000110
E8 h	32 h	9B h	FD h	06 h

Septet pertama diubah menjadi *octet* dengan cara menambahkan satu *bit* paling kanan data berikutnya ke kiri *septet* pertama tersebut. Dua *bit* paling kanan data *septet* ke-tiga ke *septet* ke-dua, tiga *bit* paling kanan data *septet* ke-empat ke *septet* ke-tiga dan seterusnya. Bila data paling akhir merupakan sisa (data bukan kelipatan delapan), maka data paling akhir akan ditambah dengan nol di sisi kirinya sampai menjadi *octet*. Maka data *octet* untuk teks “hello” adalah E8_H, 32_H, 9B_H, FD_H, 06_H.

2.6. Triac

SCR adalah thyristor yang uni-directional, karena ketika ON hanya bisa melewatkan arus satu arah saja yaitu dari anoda menuju katoda. Struktur TRIAC sebenarnya adalah sama dengan dua buah SCR yang arahnya bolak-balik dan kedua gate-nya disatukan. Triac dapat bersifat konduktif dalam dua arah dan biasa digunakan untuk pengendali fasa ac. Hal ini dapat dianggap sebagai dua buah SCR yang tersambung antiparalel dengan koneksi gerbang seperti gambar di bawah :

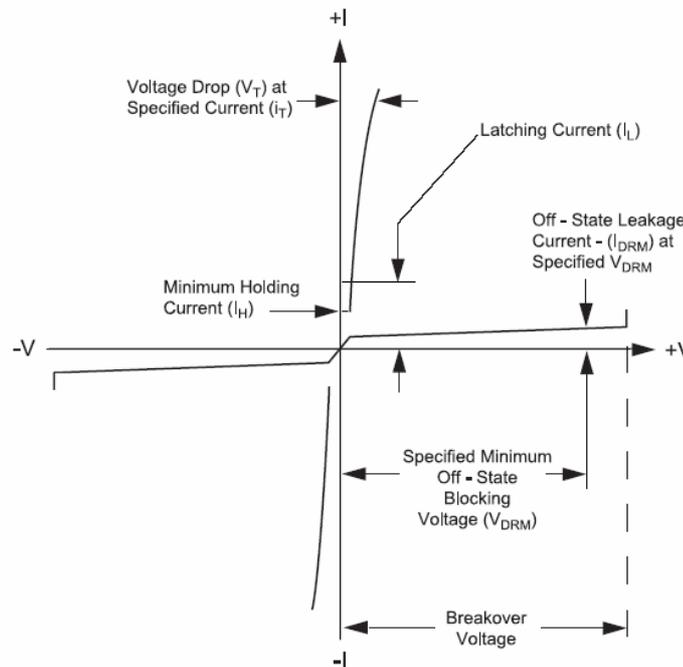


Gambar 2.11. Simbol TRIAC

Sumber : Hamonangan, Aswan. *Thyristor*. 15 Januari 2006.

<<http://www.electroniclab.com/index.php?action=html&fid=35>>

Sedangkan karekteristik TRIAC diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 2.12. Karakteristik TRIAC

Sumber : Hamonangan, Aswan. *Thyristor*. 15 Januari 2006.

<<http://www.electroniclab.com/index.php?action=html&fid=35>>

Pada datasheet akan lebih detail diberikan besar parameter-parameter seperti V_{bo} dan $-V_{bo}$, lalu I_{GT} dan $-I_{GT}$, I_h serta $-I_h$ dan sebagainya. Umumnya besar parameter ini simetris antara yang plus dan yang minus. Dalam perhitungan desain, bisa dianggap parameter ini simetris sehingga lebih mudah di hitung.

Karena TRIAC merupakan komponen *bidirectional*, terminalnya tidak dapat ditentukan sebagai anoda/katode. Jika terminal MT2 positif terhadap MT1. TRIAC dapat dimatikan dengan memberikan sinyal gerbang positif antara gerbang G dan MT1. Jika terminal MT2 negatif terhadap MT1, maka TRIAC dapat dihidupkan dengan memberikan sinyal pulsa negatif antara gerbang dan terminal MT1, tidak perlu untuk memiliki kedua sinyal gerbang positif dan negatif dan TRIAC dapat dihidupkan baik oleh sinyal gerbang positif maupun negatif.

2.7. Komponen *Plumbing*

Komponen *plumbing* adalah komponen yang digunakan pada media air contohnya pipa. Komponen *plumbing* memegang peranan penting dalam pembuatan alat ini. Komponen umum *plumbing* dapat dilihat pada gambar berikut :

- Pompa Air

Pompa air berfungsi sebagai pemberi tekanan sehingga dapat menghasilkan semburan air pada alat ini.



Gambar 2.13. Pompa Air

- Pipa

Pipa ini sebagai media tempat air mengalir.



Gambar 2.14. Pipa (bahan PVC)

- *Foot Klep*
Foot klep terpasang pada jalur hisap pada pompa, berfungsi untuk membantu pompa dalam menghisap air dan air yang dihisap pompa tidak dapat kembali keluar dari jalur pipa tersebut.



Gambar 2.15. *Foot Klep*

- *Sock Drat Luar*
Sock drat luar berfungsi sebagai komponen penghubung antar pipa.



Gambar 2.16. *Sock Drat Luar*

- *Sock Drat Dalam*
Sock drat dalam berfungsi sebagai komponen penghubung antar pipa. Perbedaannya dengan *sock drat luar* hanya pada alur pemasangannya.



Gambar 2.17. *Sock Drat Dalam*

- *Elbow*
Elbow berfungsi untuk membelokkan jalur air.



Gambar 2.18. *Elbow* (bahan PVC)

- *T- Sock*
T Sock berfungsi untuk membuat percabangan pada jalur air.



Gambar 2.19. *T Sock* (bahan PVC)

- *Over Loop Sock*
Over loop sock berfungsi sebagai perantara antara dua pipa yang memiliki ukuran berbeda.



Gambar 2.20. *Over Loop Sock*

- *Water Mur*
Water mur berfungsi untuk menghubungkan dua buah pipa sehingga pipa yang dihubungkan tidak ikut berputar ketika kedua pipa tersebut diputar untuk dilepas atau dipasang.



Gambar 2.21. *Water Mur*

- *Flukring*
Flukring berfungsi untuk menghubungkan dua jalur air yang berbeda ukuran.



Gambar 2.22. *Flukring*

- *Double Neple*
Double neple berfungsi untuk menghubungkan dua jalur air yang memiliki alur dalam.



Gambar 2.23. *Double Neple*

- *Ball Valve*
Ball valve berfungsi untuk mengatur besarnya ukuran jalur yang dilewati air.



Gambar 2.24. *Ball Valve*

- *Solenoid Valve*
Solenoid valve ini berfungsi untuk membuka dan menutup jalur air yang melewatinya. *Solenoid valve* ini akan terbuka, jika dialiri arus listrik (mis : 220 Vac). Dan ketika tidak ada arus listrik yang melewatinya, jalur air tersebut akan menutup.



Gambar 2.25. *Solenoid Valve*

- *Elbow*
Elbow berfungsi untuk membelokkan jalur air.



Gambar 2.26. *Elbow* (bahan kuningan)

- *T-Sock*
T-Sock berfungsi untuk membuat percabangan pada jalur air.



Gambar 2.27. *T-Sock* (bahan kuningan)

- *Sock*
Sock berfungsi untuk menghubungkan dua jalur air yang memiliki alur luar.



Gambar 2.28. *Sock*

- *Water Nozzle*
Water Nozzle ini berfungsi sebagai kepala dari titik keluarnya air yang sangat berpengaruh pada pola semburan air.



Gambar 2.29. *Water Nozzle*