

BAB II

LANDASAN TEORI

Landasan teori ini meliputi pengertian tentang LDR(*light dependent resistor*), pengertian pemrograman code visionAVR, pengertian sistem minimum *mikrocontroller* atmega 16, untuk memudahkan dalam merancang perangkat keras dan perangkat lunak.

2.1 Air jernih¹

Air bersih merupakan air yang harus bebas dari mikroorganisme penyebab penyakit dan bahan-bahan kimia yang dapat merugikan kesehatan manusia maupun makhluk hidup lainnya. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/menkes/sk/xi/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan industri terdapat pengertian mengenai Air Bersih yaitu air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak. Parameter kualitas air bersih yang ditetapkan dalam PERMENKES 416/1990 terdiri atas persyaratan fisik, persyaratan kimiawi, persyaratan mikrobiologis.

Berikut ini adalah Persyaratan Air Layak Dikonsumsi:

1. Persyaratan Fisik

Persyaratan fisik yang harus dipenuhi pada air minum yaitu harus jernih, tidak berbau, tidak berasa dan tidak berwarna. Sementara suhunya sebaiknya sejuk dan tidak panas. Selain itu, air minum tidak menimbulkan endapan. Jika air yang kita konsumsi menyimpang dari hal ini, maka sangat mungkin air telah tercemar.

2. Persyaratan Kimia

¹ <http://air-minum.org/2015/10/02/syarat-air-minum-yang-layak-konsumsi/> (diakses 10/6/17)

Dari aspek kimiawi, bahan air minum tidak boleh mengandung partikel terlarut dalam jumlah tinggi serta logam berat (misalnya Hg, Ni, Pb, Zn, dan Ag) ataupun zat beracun seperti senyawa hidrokarbon dan detergen. Ion logam berat dapat mendenaturasi protein, disamping itu logam berat dapat bereaksi dengan gugus fungsi lainnya dalam biomolekul. Karena sebagian akan tertimbun di berbagai organ terutama saluran cerna, hati dan ginjal, maka organ-organ inilah yang terutama dirusak

3. Persyaratan Mikrobiologis

Bakteri patogen yang tercantum dalam Kepmenkes yaitu *Escherichia Colli*, *Clostridium Perfringens*, *Salmonella*. Bakteri patogen tersebut dapat membentuk toksin (racun) setelah periode laten yang singkat yaitu beberapa jam. Keberadaan bakteri Coliform (*E.Coli* tergolong jenis bakteri ini) yang banyak ditemui di kotoran manusia dan hewan menunjukkan kualitas sanitasi yang rendah dalam proses pengadaan air. Makin tinggi tingkat kontaminasi bakteri coliform, makin tinggi pula risiko kehadiran bakteri patogen, seperti bakteri *Shigella* (penyebab muntaber), *S. Typhii* (penyebab Typhus), Kolera, dan Disentri.

2.2 Air keruh²

Kekeruhan adalah jumlah dari butir-butir zat yang tergenang dalam air. Kekeruhan mengukur hasil penyebaran sinar dari butir-butir zat tergenang, makin tinggi kekuatan dari sinar yang terbesar, makin tinggi kekeruhannya. Bahan yang menyebabkan air menjadi keruh termasuk:

- Tanah liat
- Endapan (lumpur)
- Zat organik dan bukan organik yang terbagi dalam butir-butir halus
- Campuran warna organik yang bisa dilarutkan
- Plankton

² <https://lelykesehatan.wordpress.com/2011/03/19/kekeruhan-air/> (diakses 10/6/17)

- Jasad renik (mahluk hidup yang sangat kecil). (Nuijten, 2007)

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan anorganik dan organik yang berupa plankton dan mikro organism lain.

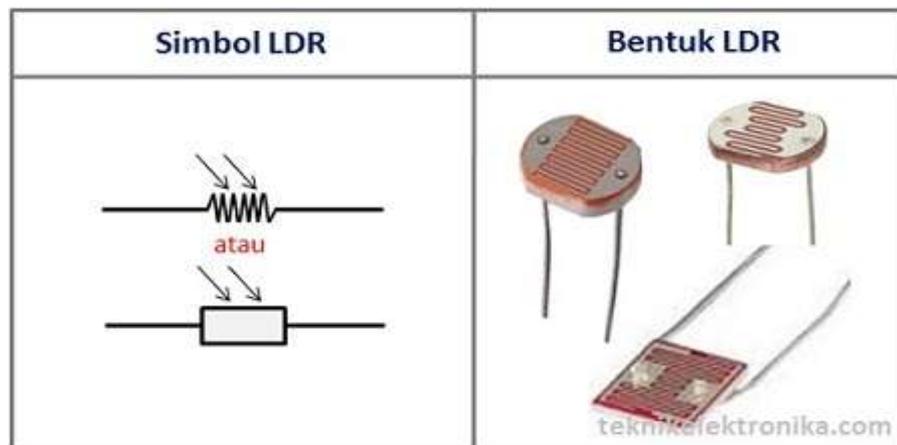
Kekeruhan dinyatakan dalam satuan turbiditas, yang setara dengan 1mg/liter SiO₂. Peralatan yang pertama kali digunakan untuk mengukur turbiditas atau kekeruhan adalah Jackson Candler Turbidimeter, yang dikalibrasi dengan menggunakan silika. Kemudian, Jackson Candler Turbidimeter dijadikan sebagai alat baku atau standar bagi pengukuran kekeruhan. Satu Unit turbiditas Jackson Candler Turbidimeter dinyatakan dengan satuan 1 JTU. Pengukuran kekeruhan dengan menggunakan Jackson Candler Turbidimeter bersifat visual, yaitu membandingkan air sampel dengan standar.

Selain dengan menggunakan Jackson Candler Turbidimeter, kekeruhan sering diukur dengan metode Nephelometric. Pada metode ini, sumbercahaya dilewatkan pada sampel dan intensitas cahaya yang dipantulkan oleh bahan-bahan penyebab kekeruhan diukur dengan menggunakan suspensi polimer formazin sebagai larutan standar. Satuan kekeruhan yang diukur dengan menggunakan metode Nephelometric adalah NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Satuan JTU dan NTU sebenarnya tidak dapat saling mengkonversi, akan tetapi Sawyer dan MC Carty (1978) mengemukakan bahwa 40 NTU setara dengan 40 JTU.

Menurut Lloyd (1985) peningkatan nilai turbiditas pada perairan dangkal dan jernih sebesar 25 NTU dapat mengurangi 13%-50% produktivitas primer. Peningkatan turbiditas sebesar 5 NTU di danau dan sungai dapat mengurangi produktivitas primer berturut-turut sebesar 75% dan 3%-13%. Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, nilai kekeruhan juga semakin tinggi, tetapi tidak berarti memiliki kekeruhan yang tinggi.

2.3 LDR(*Light Dependent Resistor*)

Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya. Besarnya nilai hambatan pada Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. LDR sering disebut dengan alat atau sensor yang berupa resistor yang peka terhadap cahaya. Biasanya LDR terbuat dari cadmium sulfida yaitu merupakan bahan semikonduktor yang resistansinya berubah-ubah menurut banyaknya cahaya (sinar) yang mengenainya. Resistansi LDR pada tempat yang gelap biasanya mencapai sekitar $10\text{ M}\Omega$, dan ditempat terang LDR mempunyai resistansi yang turun menjadi sekitar $150\ \Omega$. Seperti halnya resistor konvensional, pemasangan LDR dalam suatu rangkaian sama persis seperti pemasangan resistor biasa. Simbol LDR dapat dilihat seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.1 Simbol dan bentuk LDR

2.3.1 Karakteristik Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*)

Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah suatu bentuk komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. Karakteristik LDR terdiri dari dua macam yaitu Laju Recovery dan Respon Spektral sebagai berikut :

A. Laju Recovery Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*)

Bila sebuah Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) dibawa dari suatu ruangan dengan level kekuatan cahaya tertentu ke dalam suatu ruangan yang gelap, maka nilai resistansi dari LDR tidak akan segera berubah resistansinya pada keadaan ruangan gelap tersebut. Namun LDR tersebut hanya akan bisa mencapai harga di kegelapan setelah mengalami selang waktu tertentu. Laju recovery merupakan suatu ukuran praktis dan suatu kenaikan nilai resistansi dalam waktu tertentu. Harga ini ditulis dalam K/detik, untuk LDR tipe arus harganya lebih besar dari 200K/detik(selama 20 menit pertama mulai dari level cahaya 100 lux), kecepatan tersebut akan lebih tinggi pada arah sebaliknya, yaitu pindah dari tempat gelap ke tempat terang yang memerlukan waktu kurang dari 10 ms untuk mencapai resistansi yang sesuai dengan level cahaya 400 lux.

B. Respon Spektral Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*)

Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) tidak mempunyai sensitivitas yang sama untuk setiap panjang gelombang cahaya yang jatuh padanya (yaitu warna). Bahan yang biasa digunakan sebagai penghantar arus listrik yaitu tembaga, aluminium, baja, emas dan perak. Dari kelima bahan tersebut tembaga merupakan penghantar yang paling banyak, digunakan karena mempunyai daya hantaryang baik (TEDC,1998)

2.3.2 Prinsip Kerja Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*)

Resistansi LDR (*Light Dependent Resistor*) akan berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya atau yang ada disekitarnya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR seki-tar $10M\Omega$ dan dalam keadaan terang sebesar $1K\Omega$ atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti kadmium sulfida. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. Artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan.

2.3.3 Cara Mengukur LDR (*Light Dependent Resistor*) dengan Multimeter

Alat Ukur yang digunakan untuk mengukur nilai hambatan LDR adalah Multimeter dengan fungsi pengukuran Ohm (Ω). Agar Pengukuran LDR akurat, kita perlu membuat 2 kondisi pencahayaan yaitu pengukuran pada saat kondisi gelap dan kondisi terang. Dengan demikian kita dapat mengetahui apakah Komponen LDR tersebut masih dapat berfungsi dengan baik atau tidak.

Mengukur LDR pada Kondisi Terang

1. Atur posisi skala selektor Multimeter pada posisi Ohm
2. Hubungkan Probe Merah dan Probe Hitam Multimeter pada kedua kaki LDR (tidak ada polaritas)
3. Berikan cahaya terang pada LDR
4. Baca nilai resistansi pada Display Multimeter. Nilai Resistansi LDR pada kondisi terang akan berkisar sekitar 500 Ohm.



Gambar 2.2 Pengukuran LDR kondisi terang

³Mengukur LDR pada Kondisi Gelap

1. Atur posisi skala selektor Multimeter pada posisi Ohm
2. Hubungkan Probe Merah dan Probe Hitam Multimeter pada kedua kaki LDR (tidak ada polaritas)
3. Tutup bagian permukaan LDR atau pastikan LDR tidak mendapatkan cahaya
4. Baca nilai resistansi pada Display Multimeter. Nilai Resistansi LDR di kondisi gelap akan berkisar sekitar 200 KOhm.



Gambar 2.3 Pengukuran LDR kondisi gelap

Catatan :

- Hasil Pengukuran akan berubah tergantung pada tingkat intensitas cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri.
- Satuan terang cahaya atau Iluminasi (Illumination) adalah lux

³<http://teknikelektronika.com/pengertian-ldr-light-dependent-resistor-cara-mengukur-ldr/> (diakses 6/3/17)

⁴2.4 CODE VISIONAVR

CodeVisionAVR adalah sebuah compiler C yang telah dilengkapi dengan fasilitas *Integrated Development Environment* (IDE) dan didesain agar dapat menghasilkan kode program secara otomatis untuk *mikrokontroller* Atmel AVR. Program ini dapat berjalan dengan menggunakan sistem operasi Windows® XP, Vista, Windows 7, dan Windows 8, 32-bit dan 64-bit.

Integrated Development Environment (IDE) telah dilengkapi dengan fasilitas pemrograman chip melalui metode *In-System Programming* sehingga dapat secara otomatis mentransfer file program ke dalam *chip mikrokontroller* AVR setelah sukses dikompilasi.

Software *In-System Programmer* didesain untuk bekerja ketika dihubungkan dengan *development board* STK500, STK600, AVRISP mkII, AVR Dragon, AVRProg (AVR910 *application note*), Atmel JTAGICE mkII, Kanda *System* STK200+STK300, Dontronics DT006, Vogel Elektronik VTEC-SIP, Futurlec JRAVR and MicroTronics ATCPU, dan Mega2000.

Untuk meningkatkan kehandalan program ini, maka pada CodeVisionAVR juga terdapat kumpulan pustaka (*library*) untuk:

- Modul LCD *Alphanumeric*
- Philips I2C bus
- National Semiconductor Sensor Temperatur LM75
- Philips PCF8563, PCF8583, dan Maxim/Dallas Semiconductor Real Time Clock DS1302 dan DS1307
- Maxim/Dallas Semiconductor 1 wire protocol
- Maxim/Dallas Semiconductor Sensor Temperatur DS1820, DS18S20, dan DS18B20

⁴<http://www.immersa-lab.com/pengenalan-codevision-avr.htm> (diakses tgl 6/3/17)

- Maxim/Dallas Semiconductor Termometer/Thermostat DS1621
- Maxim/Dallas Semiconductor EEPROMs DS2430 dan DS2433
- SPI
- Power Management
- Delays
- Gray Code Conversion
- MMC/SD/SD HC Flash memory cards low level access
- Akses FAT pada MMC/SD/SD HC Flash memory card

CodeVisionAVR dapat menghasilkan kode program secara otomatis melalui fasilitas CodeWizardAVR Automatic Program Generator. Dengan adanya fasilitas ini maka penulisan program dapat dilakukan dengan cepat dan lebih efisien. Seluruh kode dapat diimplementasikan dengan fungsi sebagai berikut:

- Identifikasi sumber reset
- Mengatur akses memori eksternal
- Inisialisasi port input/output
- Inisialisasi interupsi eksternal
- Inisialisasi timer/counter dan watchdog timer
- Inisialisasi USART dan interupsi buffer untuk komunikasi serial
- Inisialisasi komparator analog dan ADC
- Inisialisasi interface SPI dan two wire interface (TWI)
- Inisialisasi interface CAN
- Inisialisasi I2C Bus, sensor suhu LM75, thermometer/thermostat DS1621, dan real time clock PCF8563, PCF8583, DS1302, DS1307
- Inisialisasi 1 wire bus dan sensor suhu DS1820/DS18S20
- Inisialisasi modul LCD

2.5 MIKROCONROLLER AVR ATMEGA16

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computer). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode compare, interrupt internal dan eksternal, serial UART, programmable Watchdog Timer, dan mode power saving, ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai In-System Programmable Flash on-chip yang mengijinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. ATMega16.

2.5.1 Beberapa keistimewaan dari AVR ATMEGA16:

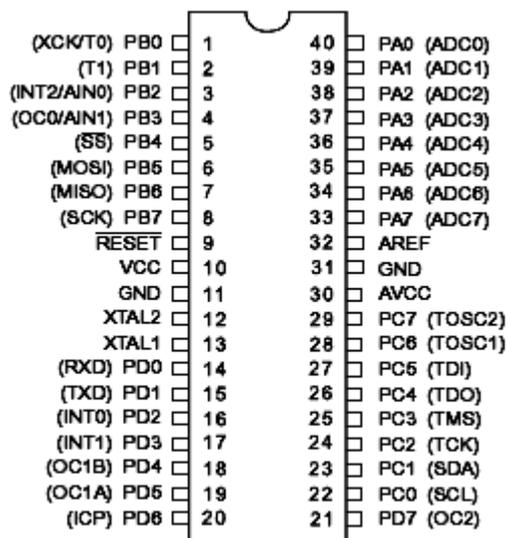
1. Mikrokontroler AVR 8 bit yang memiliki kemampuan tinggi dengan Konsumsi daya rendah
2. Arsitektur RISC dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16MHz
3. Memiliki kapasitas *Flash* memori 16 Kbyte, EEPROM 512 Byte dan SRAM 1 Kbyte
4. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C* dan *Port D*
5. CPU yang terdiri dari 32 buah *register*
6. Unit interupsi dan eksternal
7. *Port* USART untuk komunikasi serial
8. Fitur *peripheral*
 - Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan (*compare*)
 - Duabuaah *Timer/Counter* 8 bit dengan *Prescaler* terpisah dan *Mode Compare*
 - Satubuaah *Timer/Counter* 16 bit dengan *Prescaler* terpisah, *Mode Compare* dan *Mode Capture*
 - *Real Time Counter* dengan *Oscillator* tersendiri
 - Empat kanal PWM
 - 8 kanal ADC
 - 8 *Single-ended Channel* dengan keluaran hasil konversi 8 dan 10

resolusi (register ADCH dan ADCL)

- 7 *Diferential Channel* hanya pada kemasan *Thin Quad Flat Pack* (TQFP)
- 2 *Diferential Channel* dengan *Programmable Gain*
- Antarmuka *Serial Peripheral Interface (SPI) Bus*
- *Watchdog Timer* dengan *Oscillator Internal*
- *On-chip Analog Comparator*

9. *Non-volatile program memory*

2.5.2 Konfigurasi Pin AVR ATMEGA16



Gambar 2.4 Konfigurasi ATMEGA16⁵

Konfigurasi pin mikrokontroler Atmega16 dengan kemasan 40-pin dapat dilihat pada gambar di atas. Dari gambar tersebut dapat terlihat ATMEGA16 memiliki 8 pin untuk masing-masing Gerbang A (Port A), Gerbang B (Port B), Gerbang C (Port C), dan Gerbang D (Port D).

⁵ <http://www.atmel.com/images/doc2466.pdf>, diakses tanggal 6/3/17

2.5.3 Deskripsi Mikrokontroler ATmega 16

- VCC

Merupakan *supply* tegangan digital. Untuk ATmega 16 besar tegangan input yang digunakan adalah 4,5v – 5,5v

- GND

Merupakan *ground* untuk semua komponen yang membutuhkan *Grounding*

- Port A

Yaitu (PA7..PA0) berfungsi sebagai input analog pada konverter A/D. Port A juga sebagai suatu Port I/O 8-bit dua arah, jika A/D converter tidak digunakan.

- Port B

Adalah suatu port I/O 8-bit dua arah dengan pin fungsi khusus yaitu *Timer/Counter*, komparator analog dan SPI

- Port C

Adalah suatu Port I/O 8-bit dua arah dengan pin fungsi khusus yaitu TWI, komparator analog dan *Timer Oscillator*.

- Port D

Adalah suatu Port I/O 8-bit dua arah dengan pin fungsi khusus yaitu komparator analog, interupsi eksternal dan komunikasi serial.

- AVCC

Adalah pin penyedia tegangan untuk Port A dan Konverter A/D. Pin ini berfungsi sebagai *supply* tegangan untuk ADC. Untuk *pin* ini harus dihubungkan secara terpisah dengan VCC karena *pin* ini digunakan untuk analog saja. Bahkan jika ADC pada AVR tidak digunakan tetap saja disarankan untuk menghubungkannya secara terpisah dengan VCC. Jika

ADC digunakan, maka AVCC harus dihubungkan ke VCC melalui *low pass filter*.

- AREF

Merupakan pin masukan tegangan referensi analog untuk konverter A/D

- RESET

Pin ini berfungsi untuk me-reset mikrokontroler ke kondisi semula

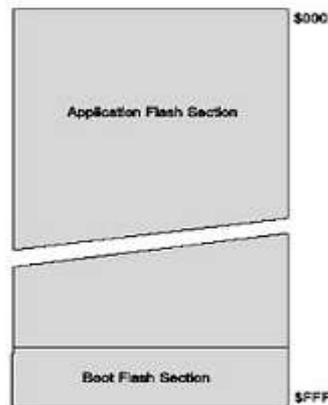
- XTAL1 dan XTAL2

Merupakan *Input Oscillator* berfungsi sebagai pin masukan *clock* eksternal. Suatu mikrokontroler membutuhkan sumber detak (*clock*) agar dapat mengeksekusi instruksi yang ada di memori. Semakin tinggi nilai kristalnya, maka semakin cepat pula mikrokontroler tersebut dalam mengeksekusi program.

2.5.4 Struktur Memori ATmega16

2.5.4.1 Memori Program

Arsitektur ATmega16 mempunyai dua memori utama, yaitu memori data dan memori program. Selain itu, ATmega16 memiliki memori EEPROM untuk menyimpan data. ATmega16 memiliki 16K byte *On-chip In-System Reprogrammable Flash Memory* untuk menyimpan program. Instruksi ATmega16 semuanya memiliki format 16 atau 32 bit, maka memori *flash* diatur dalam 8K x 16 bit. Memori *flash* dibagi kedalam dua bagian, yaitu bagian program *boot* dan aplikasi seperti terlihat pada Gambar 2.5. *Bootloader* adalah program kecil yang bekerja pada saat sistem dimulai yang dapat memasukkan seluruh program aplikasi ke dalam memori prosesor. Gambar peta memori program ATmega16 AVR ditunjukkan pada gambar 2.5.

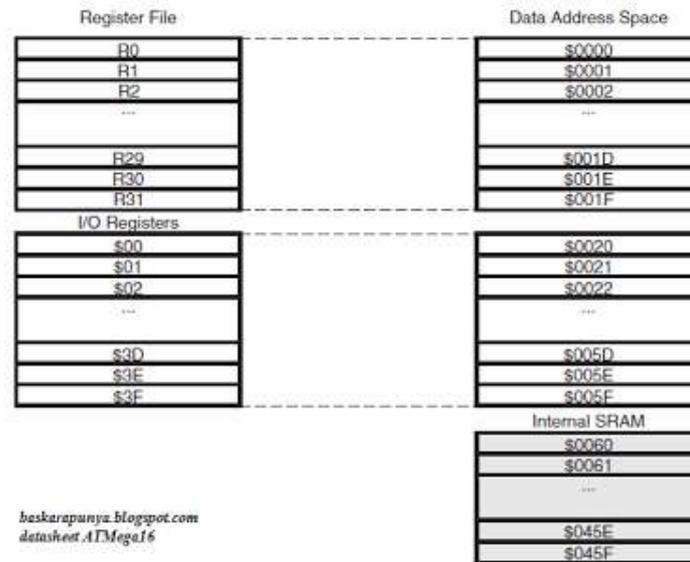


Gambar 2.5 Peta Memori Program AVR ATMEGA16⁶

2.5.4.2 Memori Data (SRAM)

Memori data AVR ATMEGA16 terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 register umum, 64 buah register I/O dan 1 Kbyte SRAM internal. *General purpose Register* menempati alamat data terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sedangkan memori I/O menempati 64 alamat berikutnya mulai dari \$20 hingga \$5F. Memori I/O merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai fitur mikrokontroler seperti kontrol register, *timer/counter*, fungsi-fungsi I/O, dan sebagainya. 1024 alamat berikutnya mulai dari \$60 hingga \$45F digunakan untuk SRAM internal. Gambar peta memori data ATmega16 ditunjukkan pada gambar 2.6.

⁶ <http://www.atmel.com/images/doc2466.pdf>, diakses tanggal 6/3/17



Gambar 2.6.Peta Memori Data AVR ATMEGA16⁷

2.5.4.3 Memori Data EEPROM

ATmega16 terdiri dari 512 byte memori data EEPROM 8 bit, data dapat tulis/baca dari memori ini, ketika catu daya dimatikan, data terakhir yang ditulis pada memori EEPROM masih tersimpan pada memori ini, atau dengan kata lain memori EEPROM bersifat *nonvolatile*. Alamat EEPROM mulai dari \$000 sampai \$1FF=.

2.5.5 Analog To Digital Converter

AVR ATmega16 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan resolusi 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC dapat dikonfigurasi, baik single ended input maupun differential input. Selain itu, ADC ATmega16 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau (noise) yang fleksibel sehingga dapat dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan dari ADC itu sendiri. ADC pada ATmega16 memiliki fitur-fitur antara lain :

- a. Resolusi mencapai 10-bit
- b. Akurasi mencapai ± 2 LSB

⁷ <http://www.atmel.com/images/doc2466.pdf>, diakses tanggal 6/3/17

- c. Waktu konversi 13-260 μ s
- d. 8 saluran ADC dapat digunakan secara bergantian
- e. Jangkauan tegangan input ADC bernilai dari 0 hingga VCC
- f. Disediakan 2,56V tegangan referensi internal ADC
- g. Mode konversi kontinyu atau mode konversi tunggal
- h. Interupsi ADC complete
- i. Sleep Mode Noise canceler

Proses inialisasi ADC meliputi proses penentuan *clock*, tegangan referensi, format data keluaran dan modus pembacaan. Register-register yang perlu diatur adalah sebagai berikut:

- ADC Control and Status Register A – ADCSRA

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.7 ADC Control and Status Register A – ADCSRA

Keterangan :

ADEN : 1 = adc enable, 0 = adc disable

ADCS : 1 = mulai konversi, 0 = konversi belum terjadi

ADATE : 1 = auto trigger diaktifkan, trigger berasal dari sinyal yang dipilih

(set pada trigger SFIOR bit ADTS). ADC akan start konversi pada edge positif sinyal trigger.

ADIF : diset ke 1, jika konversi ADC selesai dan data register ter-update. Namun ADC Conversion Complete Interrupt dieksekusi jika bit

ADIE dan bit-I dalam register SREG diset.

ADIE : diset 1, jika bit-I dalam register SREG di-set.

ADPS[0..2] : Bit pengatur clock ADC, faktor pembagi 0 ... 7 = 2, 4, 8, 16, 32,64, 128.

Tabel 2.1 Konfigurasi Clock ADC

ADPS2	ADPS1	ADPS0	Division Vector
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

- ADC Multiplexer-ADMUX

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	ADMUX
Read/Write	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.8 ADC Multiplexer

REFS 0, 1 : Pemilihan tegangan referensi ADC

00 : $V_{ref} = A_{ref}$

01 : $v_{ref} = AVCC$ dengan eksternal capasitor pada AREF

10 : vref = internal 2.56 volt dengan eksternal kapasitor pada AREF

ADLAR : Untuk setting format data hasil konversi ADC, default = 0

- Special Function IO Register-SFIOR

SFIOR merupakan register 8 bit pengatur sumber picu konversi ADC, apakah dari picu eksternal atau dari picu internal,

ADTS[0...2] : Pemilihan trigger (pengatur picu) untuk konversi ADC, bit-bit ini akan berfungsi jika bit ADATE pada register ADCSRA bernilai 1. Konfigurasi bit

ADTS[0...2] dapat dilihat pada Tabel

Tabel 2.2 Pemilihan sumber picu ADC

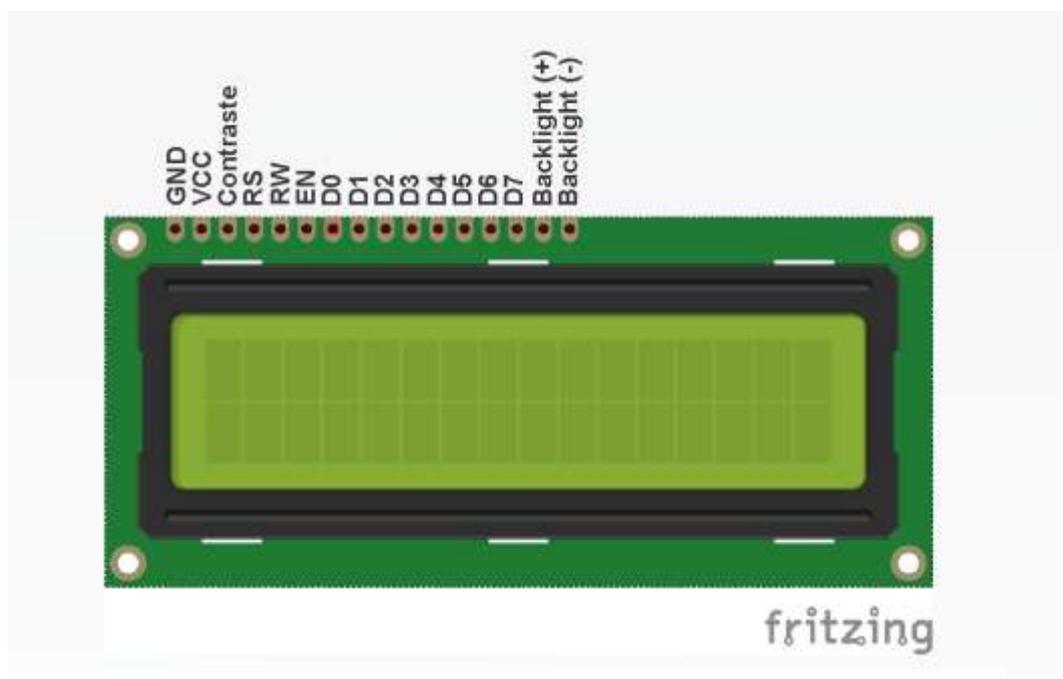
ADTS2	ADTS1	ADTS0	Trigger Source
0	0	0	Free Running Mode
0	0	1	Analog Comparator
0	1	0	External Interrupt Request 0
0	1	1	Timer/Counter0 Compare Match
1	0	0	Timer/Counter 0 Overflow
1	0	1	Timer/Counter Compare Match B
1	1	0	Timer/Counter1 Overflow
1	1	1	Timer/Counter1 Capture Event

ADHSM : 1. ADC *high speed mode enabled*. Untuk operasi ADC, bit

ACME, PUD, PSR2 dan PSR10 tidak diaktifkan

⁸2.6 LIQUID CRYSTAL DISPLAY(LCD) 16 x 2

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alat-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. Pada postingan aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2 x 16. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan keadaan level kekeruhan air. Pada alat ini LCD akan di hubungkan pada port C *mikrocontroller* atmega16. Modul LCD pada umumnya terdiri dari 14 pin, tetapi LCD yang memiliki *backlight* mempunyai 16 pin, yaitu 2 pin tambahan untuk menyalakan LED *backlight*. Berikut tabel fungsi pin LCD 16x2.



Gambar 2.9 Tampilan LCD 16x2

⁸<http://www.leselektronika.com/2012/06/liquid-crystal-display-lcd-16-x-2.html> (diakses 7/3/17)

Tabel 2.3 Fungsi Pin LCD Karakter 16x2

Pin	Nama	Fungsi
1	VSS	Ground voltage
2	VCC	+5V
3	VEE	Contras voltage
4	RS	Register Select 0 = <i>sent intruption</i> 1= <i>sent data</i>
5	R/W	<i>Read/Write</i> , untuk memilih mode baca atau tulis 0 = <i>write mode</i> , 1 = <i>read mode</i>
6	EN	<i>Enable Signal</i> , 0 = <i>start to lacht data to LCD character</i> , 1= <i>disable</i>
7	DB0	Data bit ke-0 H/L (LSB)
8	DB1	Data bit ke-1 H/L
9	DB2	Data bit ke-2 H/L
10	DB3	Data bit ke-3 H/L
11	DB4	Data bit ke-4 H/L
12	DB5	Data bit ke-5 H/L
13	DB6	Data bit ke-6 H/L
14	DB7	Data bit ke-7 H/L (MSB)
15	ANODE	<i>Backlight (+)</i>
16	KATODE	<i>Backlight (-)</i>

2.6.1 Cara Kerja LCD Secara Umum

Pada aplikasi umumnya R/W diberi logika rendah “0”. Bus data terdiri dari 4-bit atau 8-bit. Jika jalur data 4-bit maka yang digunakan ialah DB4 sampai dengan DB7. Sebagaimana terlihat pada table diskripsi, *interface* LCD merupakan sebuah parallel bus, dimana hal ini sangat memudahkan dan sangat cepat dalam pembacaan dan penulisan data dari atau ke LCD. Kode ASCII yang ditampilkan sepanjang 8-bit dikirim ke LCD secara 4-bit atau 8 bit pada satu waktu. Jika mode

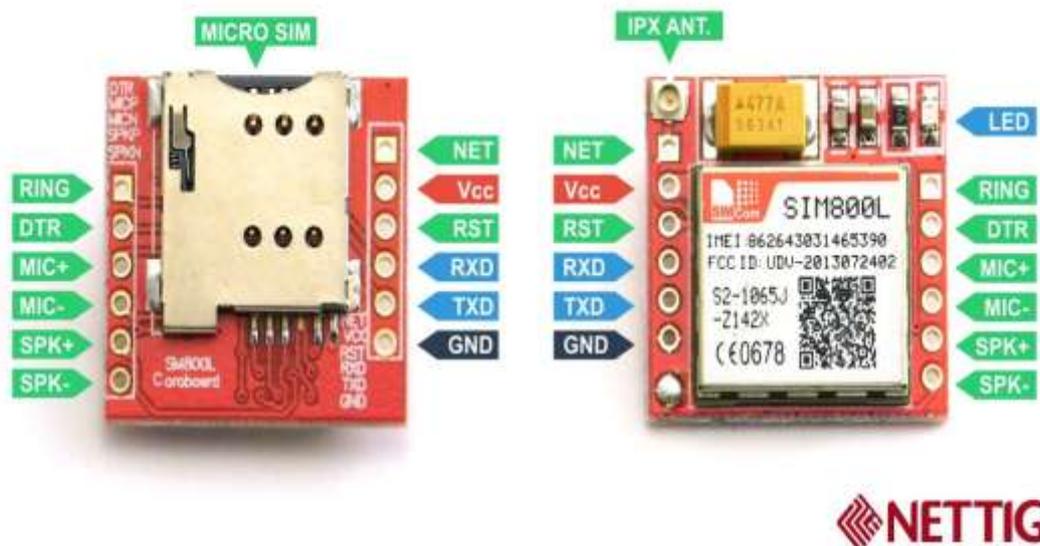
4-bit yang digunakan, maka 2 *nibble* data dikirim untuk membuat sepenuhnya 8-bit (pertama dikirim 4-bit MSB lalu 4-bit LSB dengan pulsa clock EN setiap nibblenya). Jalur kontrol EN digunakan untuk memberitahu LCD bahwa *mikrokontroller* mengirimkan data ke LCD. Untuk mengirim data ke LCD program harus menset EN ke kondisi high “1” dan kemudian menset dua jalur kontrol lainnya (RS dan R/W) atau juga mengirimkan data ke jalur data bus.

Saat jalur lainnya sudah siap, EN harus diset ke “0” dan tunggu beberapa saat (tergantung pada datasheet LCD), dan set EN kembali ke high “1”. Ketika jalur RS berada dalam kondisi low “0”, data yang dikirimkan ke LCD dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti bersihkan layar, posisi kursor dll). Ketika RS dalam kondisi high atau “1”, data yang dikirimkan adalah data ASCII yang akan ditampilkan dilayar. Misal, untuk menampilkan huruf “A” pada layar maka RS harus diset ke “1”. Jalur kontrol R/W harus berada dalam kondisi low (0) saat informasi pada data bus akan dituliskan ke LCD. Apabila R/W berada dalam kondisi high “1”, maka program akan melakukan query (pembacaan) data dari LCD. Instruksi pembacaan hanya satu, yaitu Get LCD status (membaca status LCD), lainnya merupakan instruksi penulisan. Jadi hampir setiap aplikasi yang menggunakan LCD, R/W selalu diset ke “0”. Jalur data dapat terdiri 4 atau 8 jalur (tergantung mode yang dipilih pengguna), DB0, DB1, DB2, DB3, DB4, DB5, DB6 dan DB7. Mengirim data secara parallel baik 4-bit atau 8-bit merupakan 2 mode operasi primer. Untuk membuat sebuah aplikasi interface LCD, menentukan mode operasi merupakan hal yang paling penting.

Mode 8-bit sangat baik digunakan ketika kecepatan menjadi keutamaan dalam sebuah aplikasi dan setidaknya minimal tersedia 11 pin I/O (3 pin untuk kontrol, 8 pin untuk data). Sedangkan mode 4 bit minimal hanya membutuhkan 7-bit (3 pin untuk kontrol, 4 pin untuk data). Bit RS digunakan untuk memilih apakah data atau instruksi yang akan ditransfer antara mikrokontroller dan LCD. Jika bit ini di set ($RS = 1$), maka byte pada posisi kursor LCD saat itu dapat dibaca atau ditulis. Jika bit ini di reset ($RS = 0$), merupakan instruksi yang dikirim ke LCD atau status eksekusi dari instruksi terakhir yang dibaca.

2.7 Modul GSM (*Global System Mobile*)

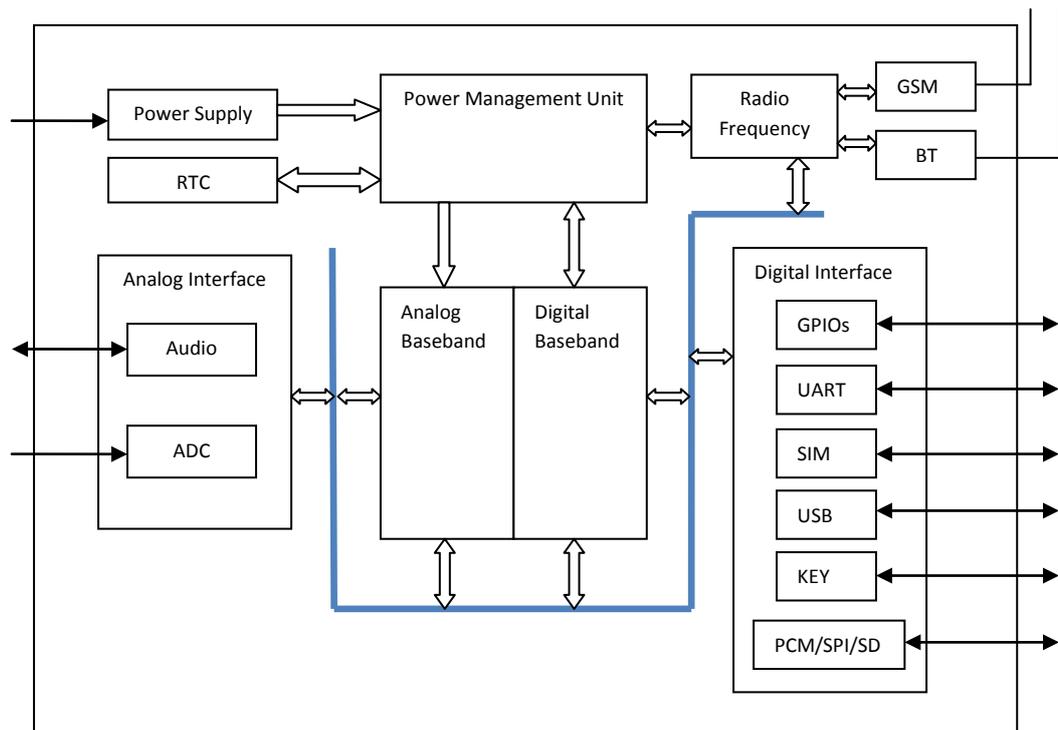
Modul GSM adalah peralatan yang didesain supaya dapat digunakan untuk aplikasi komunikasi dari mesin ke mesin atau dari manusia ke mesin. Modul GSM merupakan peralatan yang digunakan sebagai mesin dalam suatu aplikasi. Dalam aplikasi yang dibuat harus terdapat mikrokontroler yang akan mengirimkan perintah kepada modul GSM berupa AT command.



Gambar 2.10 Modul GSM SIM800L⁹

Modul GSM merupakan bagian dari pusat kendali yang berfungsi sebagai transceiver. Modul GSM mempunyai fungsi yang sama dengan sebuah telepon seluler yaitu mampu melakukan fungsi pengiriman dan penerimaan SMS. Dengan adanya sebuah modul GSM maka aplikasi yang dirancang dapat dikendalikan dari jarak jauh dengan menggunakan jaringan GSM sebagai media akses. Diagram blok rangkaian Modul GSM ditunjukkan pada Gambar 2.11

⁹ Nettigo.eu/product/sim800l-gsm-grps-module (diakses 7/3/17)



Gambar 2.11 Diagram Blok Rangkaian Modul GSM¹⁰

Tabel 2.4 Pin Module GSM

No	Nama	Detail
1	GND	<i>Ground</i>
2	tx	<i>Transmitter</i>
3	rx	<i>Receiver</i>
4	DTR	Data terminal ready
5	CTS	Clear to send
6	RTS	Reques to send

Spesifikasi umum SIM800L :

- Quad band 850/900/1800/1900 MHz
- GPRS multi-slot class 12/10
- GPRS kelas mobile stasion b
- Rentang tegangan power supply 3,4 V-4,4 V

¹⁰ Sim800L_hardware_design_v1.pdf halaman 14

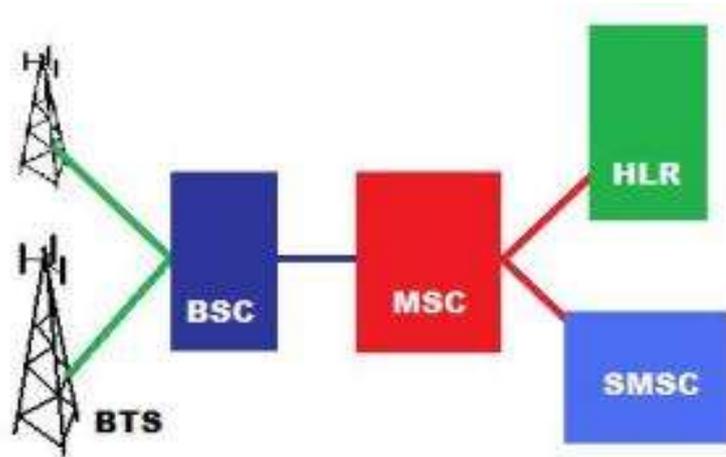
2.7.1 Cara kerja SMS pada GSM¹¹

Short Message Service (SMS) adalah layanan dasar telekomunikasi seluler, yang tersedia baik di jaringan GSM maupun CDMA. Sebagai layanan dasar, *service sms* dapat digunakan pada semua jenis handphone (HP) ataupun perangkat yang menggunakan teknologi ini didalamnya. Setiap SIM card dari sebuah operator yang diaktifkan hampir dipastikan dapat langsung digunakan untuk sms, karena SIM card akan otomatis menyediakan *setting service center* di HP tersebut.

Untuk mengetahui bagaimana proses pengiriman sms berlangsung, harus mengetahui arsitektur jaringan yang dipakai. Di Indonesia ada 2 macam teknologi jaringan seluler yang cukup populer, yaitu GSM dan CDMA. Teknologi jaringan ini selalu mengalami perkembangan dan tentunya menawarkan berbagai kelebihan, diantaranya teknologi WCDMA, UMTS (3G), CDMA 2000 dan yang terbaru sekarang adalah teknologi LTE (*Long Term Evolution*) yang tentunya menyediakan segala jenis kelebihan layanan dari sebelumnya. Namun topik pokok pembahasan artikel kita kali ini akan lebih fokus pada arsitektur jaringan GSMnya. atau teknologi 2G.

¹¹ <http://qiaramint.blogspot.co.id/2012/11/cara-kerja-sms-pada-gsm.html> (diakses 10/6/17)

2.7.2 Arsitektur Jaringan GSM



Gambar 2.12 Arsitektur jaringan GSM

Dalam jaringan GSM umumnya ada beberapa perangkat pokok vital yang harus ada, diantaranya BTS, BSC, MSC/VLR, HLR dan SMSC. Berikut ini penjelasan masing-masing perangkat.

2.7.2.1 Base Transceiver Station (BTS)

BTS berfungsi sebagai perangkat *tranceiver* untuk melakukan komunikasi dengan semua *handset/Mobile Station* (MS) yang aktif dan berada dalam area cakupannya (cell). BTS melaksanakan proses modulasi/demodulasi sinyal, *equalisasi* sinyal dan pengkodean error (*error coding*). Beberapa BTS dapat terhubung dengan sebuah BSC (Base stasion Controller), sementara itu radius cakupan dari suatu cell berkisar antara 10 sampai 200 m untuk cell terkecil hingga beberapa kilometer untuk cell terbesar. Sebuah BTS biasanya dapat melayani 20–40 komunikasi panggilan secara bersamaan.

2.7.2.2 Base Station Controller (BSC)

BSC menyediakan fungsi pengaturan pada beberapa BTS yang dikendalikannya. Diantaranya fungsi handover, konfigurasi cell site, pengaturan sumber daya radio, serta tuning power dan frekuensi pada suatu BTS. BSC

merupakan simpul (konmsentrator) untuk menghubungkan dengan core *network*. Dalam jaringan GSM umumnya sebuah BSc dapat mengatur 70 buah BTS.

2.7.2.3 Mobile Switching Center (MSC) and Visitor Location Register (VLR)

MSC berfungsi melakukan fungsi *switching* dan bertanggung jawab untuk melakukan pengaturan panggilan, *call setup, release, dan routing*. MSC juga melakukan fungsi *billing* (terhubung ke *billing system*) dan sebagai *gateway* ke jaringan lain. VLR berisi informasi user yang bersifat dinamis yang sedang “attach” berada pada jaringan mobile, termasuk letak geografis. Biasanya VLR terintegrasi dengan MSC. Dari MSC sebuah jaringan seluler berkomunikasi dengan jaringan luar, misalnya : jaringan telepon rumah/*Public Switched Telephone Network* (PSTN), jaringan data *Integrated Services Digital Network* (ISDN), *Circuit Switched Public Data Network* (CSPDN) dan *Packet Switched Public Data Network* (PSPDN).

2.7.2.4 Home Location Register (HLR)

HLR adalah perangkat yang berisi data detail untuk tiap *subscriber*. Sebuah HLR umumnya mampu berisi ribuan sampai jutaan data pelanggan. Informasi yang ada di HLR antara lain *Mobile Station ISDN Number* (MSISDN), *International Mobile Subscriber Identity* (IMSI), profile service subscriber,dll. Untuk komunikasi dengan elemen jaringan lain, HLR menggunakan protokol MAP (*Mobile Application Part*)

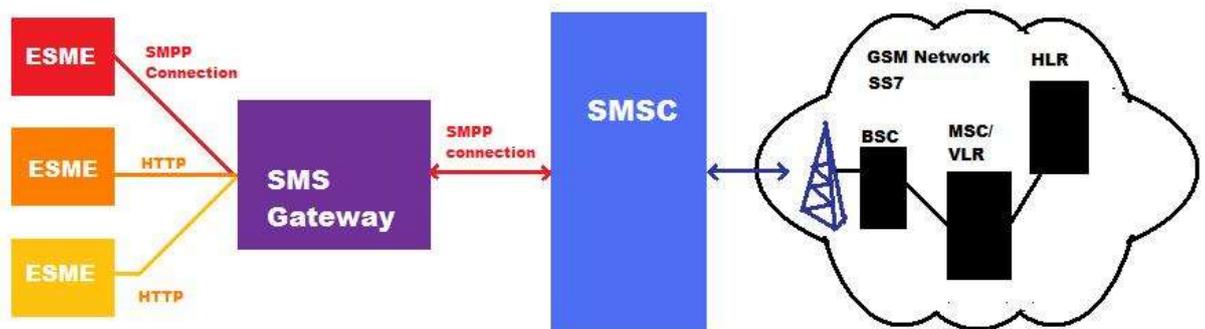
2.7.2.5 Short Message Service Center (SMSC)

SMSC mempunyai peran penting dalam arsitektur sms. SMSC berfungsi menyampaikan pesan sms antar *Mobile Station*(MS)/ HP, dan juga melakukan fungsi *store-and-forwarding* sms jika nomor penerima sedang tidak dapat menerima pesan. Didalam jaringanya sebuah operator dapat mempunyai lebih dari satu perangkat SMSC, sesuai besar trafik sms jaringan tersebut. SMSC dapat berkomunikasi dengan elemen lain seperti MSC, dan HLR dengan menggunakan protokol MAP. Seiring berkembangnya layanan, SMSC juga dapat berkomunikasi

dengan server aplikasi menggunakan sebuah protokol yang cukup populer yaitu, *Short Message Peer to Peer Protocol* (SMPP).

2.7.3 Kedudukan SMS Gateway dalam Network GSM.

Berikut ini adalah contoh kedudukan SMS Gateway di dalam jaringan milik operator beserta protokol komunikasi yang dipakai.



Gambar 2.13 kedudukan sms Gateway

Dari gambar diatas terlihat bahwa SMS Gateway berfungsi sebagai penghubung yang melakukan relay sms antara ESME (*External Short Message Entity*) dan SMSC dan sebaliknya. Komunikasi antara ESME dan SMS Gateway dapat menggunakan protokol SMPP atau dengan HTTP, sementara ke SMSC menggunakan SMPP. ESME adalah entitas luar yang dapat berupa server aplikasi penyedia layanan (*Application Service Provider*) yang dimiliki oleh *Content Provider*, aplikasi Perbankan, server polling, dan lain-lain yang dapat menerima pesan, memproses pesan dan mengirim respons atas pesan yang masuk, serta perangkat lain seperti email gateway, WAP proxy server, *Voice mail server*.

2.7.3.1 Protokol SMPP (*Short Message Peer to Peer*)

SMPP adalah protokol yang cukup populer yang terbuka, protokol standar industri yang dirancang untuk menyediakan antarmuka komunikasi data yang fleksibel untuk transfer data pesan singkat antar entitas SMS, seperti ESME dan SMSC. SMPP yang banyak digunakan sekarang adalah SMPP v3.4. SMPP cukup populer dipakai karena memberikan kapasitas yang besar dan kecepatan transfer

sms yang cepat. Dalam komunikasi dengan menggunakan SMPP protokol, ada yang berfungsi sebagai SMPP server dan yang lain sebagai SMPP Client. Sebagaimana diagram diatas SMS Gateway selain berfungsi sebagai SMPP server juga dapat berfungsi sebagai SMPP Client.

Sebuah SMPP Client setidaknya memerlukan 4 buah parameter untuk dapat berkomunikasi dengan SMPP Server, seperti: IP Address SMPP Server, Nomor Port, User name dan Password.

2.7.3.2 Protokol HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*)

HTTP adalah sebuah protokol jaringan lapisan aplikasi yang digunakan untuk sistem informasi terdistribusi, kolaboratif, dan menggunakan hipermedia. Kita semua cukup familiar dengan protokol ini, protokol yang digunakan untuk aplikasi web. Sebagaimana SMPP, dalam komunikasinya bersifat client-server, misal : Web *Browser* sebagai client dan Web Server. Ada dua metode dalam protokol HTTP, yaitu metode GET dan POST. Dua metode tersebut dapat dipilih sesuai kebutuhan.

Contoh Alur SMS

Dari keterangan diatas kita dapat membayangkan bagaimana alur suatu layanan berbasis sms berjalan, misal: Sms premium.

- 1) Customer/Mobile Station(MS) melakukan pengiriman pesan.
- 2) SMS masuk ke SMSC melalui jaringan mobile.
- 3) Dari SMSC, pesan akan ditransfer ke Content Provider melewati SMS Gateway.
- 4) Pesan yang masuk ke Content Provider akan diproses oleh aplikasi, kemudian respons dikirim ke MS.

2.7.4 AT-Command

AT-Command merupakan perintah standar yang dapat diterima oleh modem. Perintah AT (Hayes AT-Command) digunakan untuk berkomunikasi dengan terminal (modem) melalui gerbang serial pada computer. AT-Command ini dipakai untuk memerintah telepon selular mengirim dan menerima pesan sms. Selain itu, AT-Command juga dapat dipakai untuk mengetahui atau membaca kondisi dari terminal seperti mengetahui kondisi sinyal, kondisi baterai, nama operator, lokasi, menambah item pada daftar telephone, mengetahui model telephone selular yang dipakai, nomor IMEI (Internasional Mobile Station Equipment Identity) dan informasi – informasi lainnya yang berhubungan dengan telephone selular tersebut. Perintah – perintah AT-Command dikirimkan ke telephone selular dalam bentuk string (teks). Komunikasi data antara telephone selular dengan peripheral lainnya seperti mikrokontroler dilakukan secara serial menggunakan perintah – perintah AT (Hayes AT Command) melalui komunikasi serial RS-232.

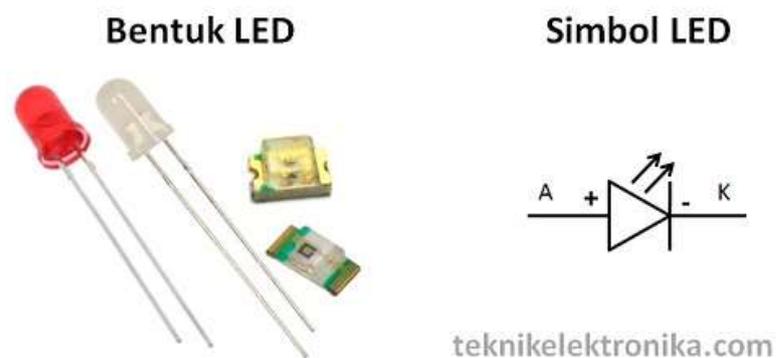
Tabel 2.5 Jenis perintah AT-Command

Perintah	Fungsi
AT+CPBF	Mencari nomor telp yang disimpan
AT+CPBR	Membaca buku telephone
AT+CPBW	Menulis nomor telephone di buku telephone
AT+CMGF	Menyetting mode SMS teks atau PDU
AT+CMGF=0	Menyetting mode PDU
AT+CMGF=1	Menyetting mode SMS teks
AT+CMGS	Mengirim sebuah perintah SMS
AT+CMGR	Membaca sebuah pesan
AT+CMGR=1	Membaca sebuah pesan di alamat 1
AT+CMG	Melihat semua daftar sms yang ada
AT+CMGD	Menghapus sebuah SMS
AT+CMNS	Menyetting sebuah lokasi penyimpanan SMS

AT+COPS?	Untuk mengetahui sebuah nama provider kartu GSM
AT+CSCA	Untuk mengetahui alamat SMS Center
AT+CGMI	Untuk mengetahui nama dan jenis ponsel
AT+CGMM	Untuk mengetahui jenis ponsel
AT+CBC	Untuk mengetahui level baterai

2.8 LED (*Light Emitting Diode*)¹²

LED adalah komponen elektronika yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan maju. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor. Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. LED juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak tampak oleh mata seperti pada *Remote Control* TV ataupun *Remote Control* perangkat elektronik lainnya.



Gambar 2.14 Bentuk dan simbol LED

2.8.1 Cara Kerja LED (*Light Emitting Diode*)

LED merupakan keluarga dari Dioda yang terbuat dari Semikonduktor. Cara kerjanya sama dengan Dioda yang memiliki dua kutub yaitu kutub Positif (P) dan Kutub Negatif (N). LED hanya akan memancarkan cahaya apabila dialiri

¹² <http://teknikelektronika.com/pengertian-led-light-emitting-diode-cara-kerja/> diakses 14/3/17

tegangan maju (*bias forward*) dari Anoda menuju ke Katoda. LED terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang di doping sehingga menciptakan junction P dan N. Yang dimaksud dengan proses doping dalam semikonduktor adalah proses untuk menambahkan ketidakmurnian (*impurity*) pada semikonduktor yang murni sehingga menghasilkan karakteristik kelistrikan yang diinginkan. Ketika LED dialiri tegangan maju atau *bias forward* yaitu dari Anoda (P) menuju ke Katoda (K), Kelebihan Elektron pada N-Type material akan berpindah ke wilayah yang kelebihan Hole (lubang) yaitu wilayah yang bermuatan positif (P-Type material). Saat Elektron berjumpa dengan Hole akan melepaskan photon dan memancarkan cahaya monokromatik (satu warna).

2.8.2 Tegangan Maju (Forward Bias) LED

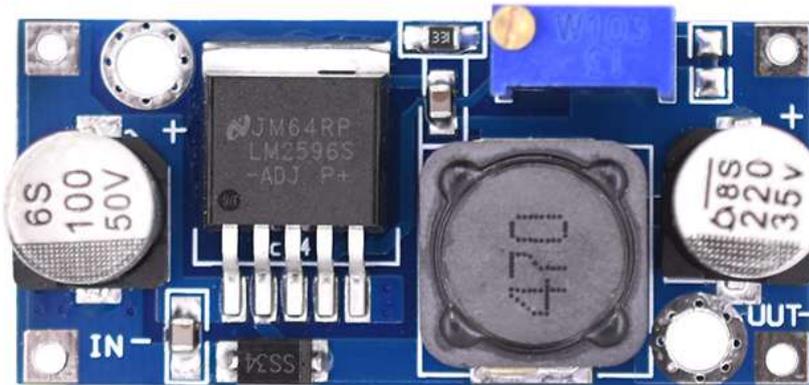
Masing-masing Warna LED (*Light Emitting Diode*) memerlukan tegangan maju (*Forward Bias*) untuk dapat menyalakannya. Tegangan Maju untuk LED tersebut tergolong rendah sehingga memerlukan sebuah Resistor untuk membatasi Arus dan Tegangannya agar tidak merusak LED yang bersangkutan. Tegangan Maju biasanya dilambangkan dengan tanda VF.

Tabel 2.6 Besarnya tegangan maju berdasarkan warna LED

Warna	Tegangan Maju
Merah	1,8 V
Jingga	2 V
Kuning	2,2 V
Hijau	3,5 V
Biru	3,6 V
Putih	4 V
Infra Merah	1,2 V

2.9 Converter step down DC to DC

Converter DC to DC merupakan sebuah rangkaian elektronik yang berfungsi untuk mengubah daya listrik searah (DC) ke bentuk daya listrik DC lainnya. Jenis converter DC DC antara lain Buck Converter untuk menurunkan tegangan dan Boost Converter untuk menaikkan tegangan.



Module LM2596

Gambar 2.14 Module LM2596

Converter step down ini digunakan untuk modul GSM SIM800L dimana modul mempunyai rentang tegangan antara 3,4 V- 4.4 V, sehingga input dari tegangan 5V di step down menggunakan LM2596 ini.