

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Panel Distribusi Listrik**

Panel distribusi listrik adalah suatu panel listrik yang digunakan untuk membagi dan mengendalikan daya listrik, Selain itu panel distribusi listrik juga berfungsi untuk melindungi sirkuit dan alat listrik yang digunakan dari gangguan yang terjadi pada listrik, karena jika terjadi gangguan pada listrik alat proteksi yang ada dalam panel tersebut akan langsung memutus sumber listrik, sehingga ketika terjadi gangguan pada listrik tidak sampai menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik tersebut [7]. Bentuk panel distribusi listrik yang umum digunakan dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.

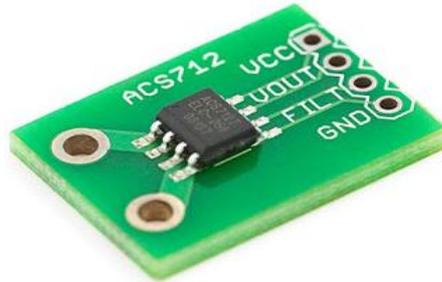


**Gambar 2.1.** Panel distribusi daya listrik

#### **2.2. Sensor Arus ACS 712**

ACS712 adalah *Hall Effect current sensor*. *Hall effect* allegro ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil dan sistem-sistem komunikasi. Pada umumnya aplikasi sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor,

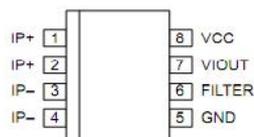
deteksi beban listrik, *switched-mode power supplies* dan proteksi beban berlebih, bentuk fisik dari sensor arus ACS712 dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini.



**Gambar 2.2.**Sensor arus ACS712

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian *low-offset linear Hall* dengan satu lintasan yang terbuat dari tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya yang menghasilkan medan magnet yang di tangkap oleh *integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan hall transducer secara berdekatan. Persisnya, tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan *Bi CMOS Hall IC* yang didalamnya yang telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik. Berikut *terminal list* dan gambar *pin out* ACS712.

#### Pin-out Diagram

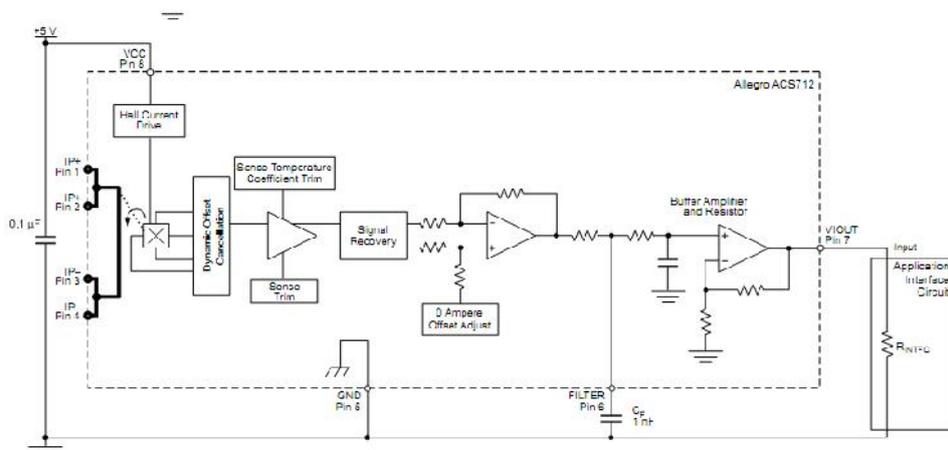


**Gambar 2.3.** *Pin out* ACS712

**Tabel 2.1.** Terminal list sensor arus ACS712.

Number	Name	Description
1 and 2	IP +	Terminals for current being sampled ; fused internally
3 and 4	IP -	Terminals for current being sampled ; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

Pada gambar 2.3 pin out dan tabel 2.1 terminal list diatas dapat kita lihat tata letak posisi I/O dari sensor arus dan kegunaan dari masing-masing pin dari sensor arus ACS712. Hambatan dalam penghantar sensor sebesar 1,2 mΩ dengan daya yang rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor leads/mengarah (pin 5 sampai pin 8). Hal ini menjadikan sensor arus ACS712 dapat digunakan pada aplikasi-aplikasi yang membutuhkan isolasi listrik tanpa menggunakan opto-isolator atau teknik isolasi lainnya yang mahal. Sensor ini telah dikalibrasi oleh pabrik. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.4 blok diagram sensor arus ACS712.



**Gambar 2.4.** Gambar blok diagram ACS712

### 2.2.1. Fitur ACS712

Fitur yang di miliki ACS712 sebagai berikut:

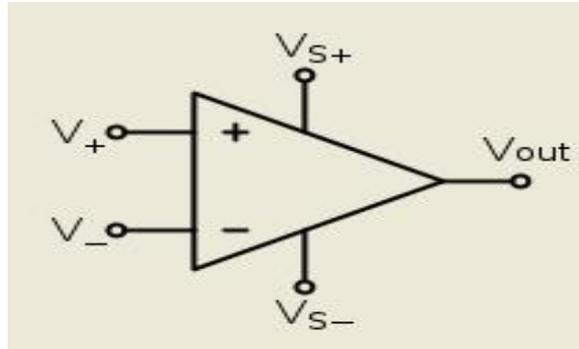
1. *Rise time* output = 5  $\mu$ s.
2. *Bandwidth* sampai dengan 80 kHz.
3. Total kesalahan output 1,5% pada suhu kerja  $T_A = 25^\circ\text{C}$ .
4. Tahanan konduktor internal 1,2 m $\Omega$ .
5. Tegangan isolasi minimum 2,1 kV<sub>RMS</sub> antara pin 1-4 dan pin 5-8.
6. Sensitivitas output 185 mV/A.
7. Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 5 A.
8. Tegangan output proporsional terhadap input arus AC atau DC.
9. Tegangan kerja 5 VDC.

Rumus tegangan pada *pin Out* =  $2,5 \pm (0,185 \times I)$  Volt, dimana I = arus yang terdeteksi dalam satuan Ampere [2].

### 2.3. Operasional Amplifier (*Op Amp*)

Operasional amplifier adalah suatu rangkaian terintegrasi yang berfungsi untuk memperkuat sinyal yang merupakan selisih dari kedua masukannya, dalam suatu rangkaian operasional amplifier terdapat beberapa tingkat dan konfigurasi penguat diferensial.

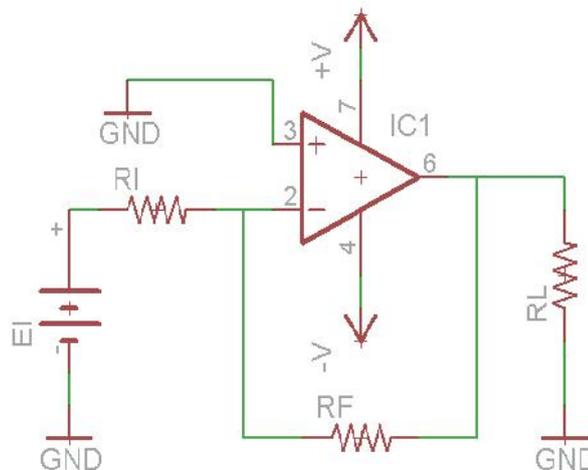
Pada gambar 2.5 dapat dilihat bahwa penguat operasional amplifier mempunyai lima terminal dasar dua untuk mensuplai daya ( $V_{cc}$ ), dua untuk isyarat masukan (*Input*) dan satu untuk keluaran (*Output*), [6].



**Gambar 2.5.** Penguat operasional amplifier

### 2.3.1. Operasional Amplifier Pembalik (*Inverting Amplifier*)

Operasional amplifier pembalik (*Inverting*) adalah salah satu dari jenis operasional amplifier yang paling sering digunakan. Operasional amplifier pembalik (*Inverting*) merupakan sebuah penguat pembalik yang menggunakan umpan balik negatif untuk membalik dan menguatkan sinyal, resistor  $R_f$  melewati sebagian tegangan keluaran ( $V_o$ ) kembali ke tegangan masukan ( $E_i$ ). Lihat gambar 2.6 dibawah ini.



**Gambar 2.6.** Rangkaian operasional amplifier pembalik (*Inverting*).

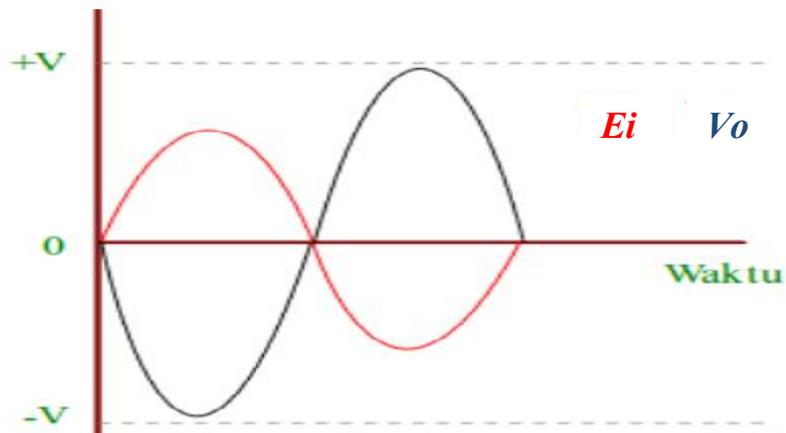
Operasional amplifier pembalik (*Inverting*) merupakan sebuah penguat yang tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) dan penguatannya ditentukan oleh  $R_f$  dan  $R_i$ , penguat ini dapat menguatkan sinyal *AC* atau *DC*. Sebagaimana terlihat pada gambar 3.6, satu ujung  $R_f$  dan satu ujung  $R_L$  beban telah dihubungkan. Tegangan dari hubungan ini ke ground adalah  $V_o$ . Ujung  $R_f$  dan  $R_L$  yang lain berada pada potensial ground. Karenanya,  $V_o$  menyamai  $V_{Rf}$  ( tegangan melalui  $R_f$ ). Untuk memperoleh polaritas  $V_o$ , ingatlah bahwa ujung kiri  $R_f$  memaksa ujung kanan  $R_f$  menjadi negatif. Karenanya,  $V_o$  negatif bila  $E_i$  positif. Sekarang, dengan menyamakan  $V_o$  dengan  $V_{Rf}$  dan menambah sebuah tanda minus untuk menandakan bahwa  $V_o$  menjadi negatif bila  $E_i$  positif.

$$V_o = -E_i \cdot \frac{R_f}{R_i} \dots\dots\dots(2-1)$$

Dengan memasukkan definisi bahwa gain untai tertutup dari penguat tersebut sebagai *ACL*, kita tulis kembali persamaan (2-1) sebagai

$$A_{cl} = \frac{V_o}{E_i} = - \frac{R_f}{R_i} \dots\dots\dots(2-2)$$

Tanda minus pada persamaan (2-2) memperlihatkan bahwa tegangan keluaran ( $V_o$ ) dari penguat jenis ini beda fase  $180^\circ$  dari tegangan masukan ( $E_i$ ) atau polaritas keluaran  $V_o$  terbalik terhadap  $E_i$ . Untuk alasan ini rangkaian pada gambar 2.6 disebut penguat pembalik. Untuk grafik  $E_i$  terhadap  $V_o$  dapat dilihat pada gambar 2.7 dibawah ini [6].



**Gambar 2.7.** Sinyal tegangan input ( $E_i$ ) dan tegangan output ( $V_o$ )

#### 2.4. Mikrokontroler ATmega 32

Mikrokontroler ATmega 32 merupakan salah satu keluarga mikrokontroler AVR. Mikrokontroler AVR adalah mikrokontroler *RISC (Reduce instruction set compute)* 8 bit keluaran Atmel, yang merupakan salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini.

AVR memiliki keunggulan dibanding mikrokontroler lain, keunggulan mikrokontroler AVR yaitu memiliki kecepatan eksekusi program yang lebih cepat karena sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus *clock*. Selain itu mikrokontroler AVR memiliki fitur yang lengkap (ADC internal, *EEPROM internal*, *Timer/Counter*, *Watchdog Timer*, PWM, Port I/O, Komunikasi serial, I2C dll).

Secara umum mikrokontroler AVR dapat di kelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan Attiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan mereka sama.

Pemrograman mikrokontroler AVR dapat menggunakan *low level language (assembly)* dan *high level language (C, Basic, Pascal, JAVA, dll)* tergantung *compiler* yang digunakan [1].

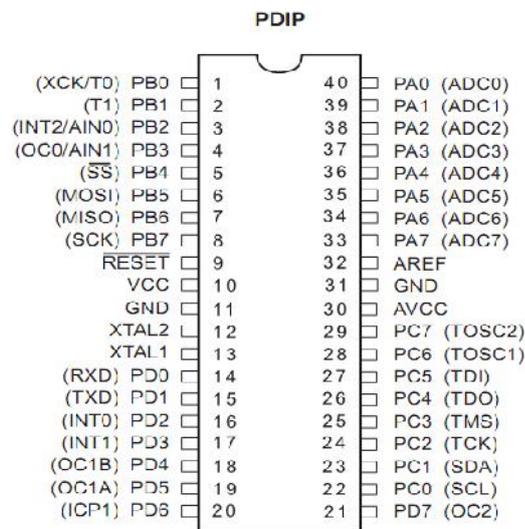
#### **2.4.1. Fitur ATmega 32**

Fitur yang dimiliki ATmega 32 sebagai berikut:

1. Mikrokontroler AVR 8 bit yang memiliki kemampuan tinggi, dengan daya rendah.
2. Arsitektur RISC (*Reduce instruction set compute*) dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16 MHz.
3. 130 macam instruksi, yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
4. Memiliki kapasitas *flash* memori 16 KByte, EEPROM 512 byte, dan SRAM 1 KByte.
5. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *Port A, Port B, Port C* dan *Port D*.
6. CPU yang terdiri atas 32 buah *register*.
7. Unit interupsi internal dan eksternal.
8. *Port* USART untuk komunikasi serial.
9. Fitur *peripheral*.
  - Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan perbandingan.
    - 2 buah *Timer/Counter 8 bit* dengan *Prescaler* terpisah dan *Mode compare*.

- 1 buah *Timer/Counter* 16 bit dengan *Prescaler* terpisah, *Mode Compare* dan *Mode Capture*.
  - *Real Time Counter* dengan *Oscillator* tersendiri.
  - 4 *channel* PWM.
  - 8 *channel* 10-bit ADC.
  - *Byte-oriented Two-wire serial interface*.
  - *Programmable* serial USART.
  - Antarmuka SPI.
  - *Watchdog Timer* dengan *oscillator internal*.
  - *On chip Analog Comparator*.
10. *Programing lock*, fasilitas untuk mengamankan kode program.
11. Serial TWI atau I2C [1][8].

#### 2.4.2. Konfigurasi *pin* AVR ATmega 32



**Gambar 2.8.** Konfigurasi kaki (*pin*) ATmega 32

Konfigurasi *pin* ATmega 32 dengan kemasan 40 *pin* DIP (*Dual Inline Package*) dapat di lihat pada gambar 2.8. Dari gambar di atas dapat di jelaskan fungsi dari masing-masing *pin* ATmega 32 sebagai berikut:

1. VCC merupakan *pin* yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
2. GND merupakan *pin* *Ground*.
3. *Port A* (*Port A0- Port A7*) merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* masukan ADC.
4. *Port B* (*Port B0- Port B7*) merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2.2.** Fungsi khusus *port B*

PB7	SCK ( <i>SPI Bus Serial Clock</i> )
PB6	MISO ( <i>SPI Bus Master Input/Slave Output</i> )
PB5	MOSI ( <i>SPI Bus Master Output/Slave input</i> )
PB4	SS ( <i>SPI Slave Select Input</i> )
PB3	AIN1 ( <i>Analog Comparator Negatif Input</i> ) OC0 ( <i>Timer/Counter 0 Output Compare Match Output</i> )
PB2	AIN0 ( <i>Analog Comparator Positive Input</i> ) INT2 ( <i>External Interrupt 2 Input</i> )
PB1	T1( <i>Timer/Counter 1 External Counter Input</i> )
PB0	T0 ( <i>Timer/Counter 0 External Counter Input</i> ) XCK ( <i>USART External Clock Input/Output</i> )

5. *Port C* (*Port C0-Port C7*) merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2.3.** Fungsi khusus *port C*

PC7	TOSC2 ( <i>Timer Oscilator Pin2</i> )
PC6	TOSC1 ( <i>Timer Oscilator Pin1</i> )
PC5	TDI ( <i>JTAG Test Data In</i> )
PC4	TDO ( <i>JTAG Test Data Out</i> )
PC3	TMS ( <i>JTAG Test Mode Select</i> )
PC2	TCK ( <i>JTAG Test Clock</i> )
PC1	SDA( <i>Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line</i> )
PC0	SCL ( <i>Two-wire Serial Bus Clock Line</i> )

6. *Port D (Port D0-Port D7)* merupakan *pin input/output* dua arah dan *pin* fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

**Tabel 2.4.** Fungsi khusus *port D*

PD7	OC2 ( <i>Timer/Counter 2 Output Compare Match Output</i> )
PD6	ICP ( <i>Timer/Counter 1 Input Capture Pin</i> )
PD5	OC1A ( <i>Timer/Counter 1 Output Compare A Match Output</i> )
PD4	OC1B ( <i>Timer/Counter 1 Output Compare B Match Output</i> )
PD3	INT1 ( <i>External interrupt 1 Input</i> )
PD2	INT0 ( <i>External interrupt 0 Input</i> )
PD1	TXD ( <i>USART Output Pin</i> )
PD0	RXD ( <i>USART Input Pin</i> )

7. *RESET* merupakan *pin* yang digunakan untuk me-*reset* mikrokontroler.
8. X'TAL1 dan X'TAL2 merupakan *pin* masukan *clock* eksternal
9. AVCC merupakan *pin* masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF merupakan *pin* masukan tegangan referensi ADC [1].

### 2.4.3. *Analog to Digital Converter (ADC)*

Microkontroler ATMega 32 memiliki fasilitas *Analog to Digital Converter* (ADC) yang sudah *built-in* dalam *chip*. Fitur *Analog to Digital Converter* (ADC) digunakan untuk memproses sinyal dari analog ke digital, sehingga tidak memerlukan IC ADC eksternal.

ATMega 32 memiliki resolusi *Analog to Digital Converter* (ADC) 10-bit dengan 8 *channel* input. ADC ini bekerja dengan teknik *successive approximation*. Rangkaian internal ADC ini memiliki catu daya tersendiri yaitu pin AVCC. Tegangan AVCC harus sama dengan VCC  $\pm$  0.3V. Data hasil konversi ADC di rumuskan sebagai berikut:

- Untuk konfersi tunggal:  $ADC = \frac{V_{in} \times 1024}{V_{ref}}$

Dimana  $V_{in}$  : tegangan masukan pada *pin* yang di pilih.

$V_{ref}$  : tegangan referensi yang di pilih [1][4].

### 2.4.4. *Code Vision AVR*

*Code Vision AVR* adalah suatu alat bantu pemrograman (*Programming tools*) yang bekerja dalam lingkungan pengembangan perangkat lunak yang terintegrasi. *CodeVision AVR* merupakan software bahasa pemrograman bahasa C yang digunakan dalam menghasilkan program bahasa *assembly* untuk dimasukkan kedalam mikrokontroler keluarga AVR dari ATMEL Corp.

*CodeVision AVR* dibuat oleh Pavel Haiduc, HP InfoTech 1998-2003. Dengan kemudahan-kemudahan yang diperoleh dari *software* ini, sehingga bahasa yang dahulu dipakai untuk memprogram mikrokontroler adalah bahasa

*assembly* menjadi semakin ditinggal oleh pecinta mikrokontroler. Baik yang pemula maupun yang sudah mahir dalam mikrokontroler sangat terbantu dengan software ini.

*Software* ini dapat bekerja pada sistem operasi 32 *bit*, baik Windows 95, 98, NT, 2000 dan XP. Banyak keuntungan yang diperoleh dalam menggunakan software ini, disamping kemudahan dalam program, juga menyediakan fitur-fitur pada setiap jenis mikrokontroler, sehingga membuat si pengguna menjadi lebih diuntungkan.

*CodeVisionAVR* pada dasarnya merupakan perangkat lunak pemrograman mikrokontroler keluarga AVR berbasis bahasa C. Ada tiga komponen penting yang telah diintegrasikan dalam *software* ini adalah Compiler C, IDE (*Intregrated Development Enviroment*) dan program generator.

Berdasarkan spesifikasi yang dikeluarkan oleh perusahaan pengembangnya, *Compiler C* yang digunakan hampir mengimplementasikan semua komponen standar yang ada pada bahasa C standar ANSI (seperti struktur program, jenis tipe data, jenis operator, dan *library* fungsi standar-berikut penamaannya). Tetapi walaupun demikian, dibandingkan bahasa C untuk aplikasi komputer, *compiler C* untuk mikrokontroller ini memiliki sedikit perbedaan yang disesuaikan dengan arsitektur AVR tempat program C tersebut ditanamkan (*embedded*).

Khusus untuk *library* fungsi, disamping *library* standar (seperti fungsi-fungsi matematik, manipulasi *string*, pengaksesan memori dan sebagainya), *CodeVisionAVR* juga menyediakan fungsi-fungsi tambahan yang sangat

bermanfaat dalam pemrograman antarmuka AVR dengan perangkat luar yang umum digunakan dalam aplikasi kontrol. Beberapa fungsi library yang penting diantaranya adalah fungsi-fungsi untuk pengaksesan LCD, komunikasi I2C, IC RTC (*Real time Clock*), sensor suhu LM75, SPI (*Serial Peripheral Interface*) dan lain sebagainya.

*CodeVision* AVR juga berisi *Code Wizard* AVR yang membuat program secara otomatis dengan mengisi fungsi-fungsi yang disediakan antara lain :

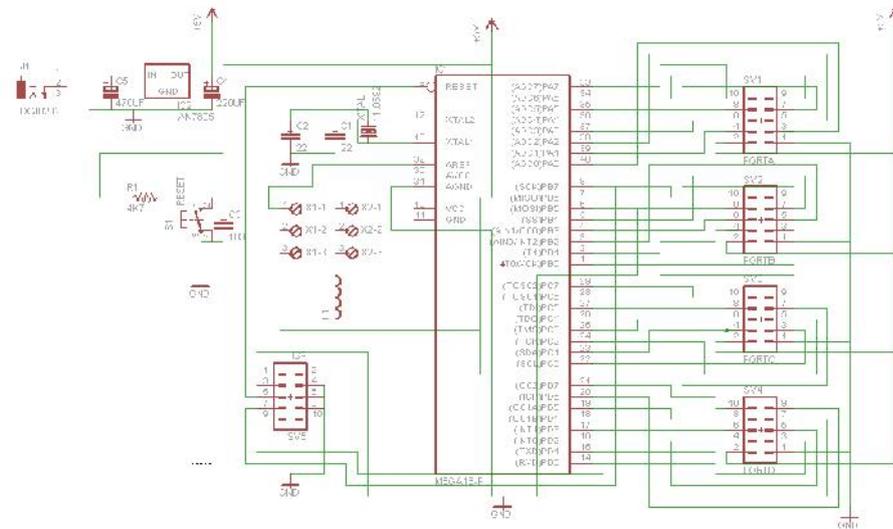
- Menyetting akses memori luar (*External memory access setup*).
- Identifikasi *chip* (*Chip reset source identification*).
- Inisialisasi I/O (*Input/Output Port initialization*).
- Inisialisasi Intrupsi Luar (*External Interrupts initialization*).
- Inisialisasi *Timer/Counter* (*Timers/Counters initialization*).
- Inisialisasi Pewaktu (*Watchdog Timer initialization*).
- Inisialisasi Serial Komunikasi (*UART initialization and interrupt driven buffered serial communication*).
- Inisialisasi Konversi Analog ke Digital (*ADC initialization*).
- Inisialisasi SPI (*SPI Interface initialization*).
- Inisialisasi I2C Bus (*I2C Bus, LM75 Temperature Sensor, DS1621 Thermometer/Thermostat and PCF8563, PCF8583, DS1302, DS1307 Real Time Clocks initialization*).
- Inisialisasi 1 wire bus (*1 Wire Bus and DS1820/DS18S20 Temperature Sensors initialization*).
- Inisialisasi LCD display (*LCD module initialization*).

Selain itu, *CodeVisionAVR* juga menyediakan sebuah *tool* yang dinamakan dengan *Code Generator* atau *CodeWizardAVR*. Secara praktis, tool ini sangat bermanfaat membentuk sebuah kerangka program (*template*), dan juga memberi kemudahan bagi programmer dalam peng-inisialisasian register-register yang terdapat pada mikrokontroler AVR yang sedang diprogram. Dinamakan *code generator*, karena perangkat lunak *codevision* ini akan membangkitkan kode-kode program secara otomatis setelah fase inisialisasi pada jendela *CodeWizardAVR* selesai dilakukan. Secara teknis, penggunaan tool ini pada dasarnya hampir sama dengan *application wizard* pada bahasa-bahasa pemrograman visual untuk komputer (seperti Visual C, Borland Delphi, dan sebagainya).

Proses *download* program ke IC mikrokontroler AVR dapat menggunakan sistem *download* secara ISP (*In-System Programming*). *In-System Programming Flash on-chip* mengizinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI [1][4].

#### **2.4.5. Sistem Minimum ATmega 32**

Sistem minimum adalah rangkaian minimal dimana *chip* mikrokontroler dapat bekerja (*running*) lihat gambar 3.9. Sebetulnya sebuah IC ATmega 32 saja sudah dapat di katakan sebuah sistem minimum, karena satu keping IC ATmega 32 sudah mencakup prosesor, RAM, ROM dan I/O, sehingga cukup dengan menambahkan osilator (sumber *clock*) dan catu daya saja bisa membuat sistem ini bekerja [1].



**Gambar 2.9.** Skematik sistem minimum ATmega 32

## 2.5. LCD (*Liquid Cristal Display*) 2X16 character

LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah suatu *display* dari bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menggunakan sistem *dot* matriks. LCD banyak digunakan sebagai *display* dari alat-alat elektronika seperti kalkulator, *multitester digital*, Jam digital dan sebagainya.

LCD dapat dengan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler AVR Atmega32. Pada tugas akhir ini LCD yang digunakan adalah LCD 2x16, lebar display 2 baris 16 kolom. Bentuk LCD 2x16 dapat dilihat pada gambar 3.10.



**Gambar 2.10.** *Liquid Cristal Display* (LCD) 2x16

LCD (*Liquid Cristal Display*) sudah dilengkapi perangkat pengontrol sendiri yang menyatu dengan LCD sehingga memudahkan dalam penggunaannya tinggal menyesuaikan data *pin* LCD tersebut dengan mikrokontroler. Lihat tabel 2.4 *pin* LCD dan fungsinya [1].

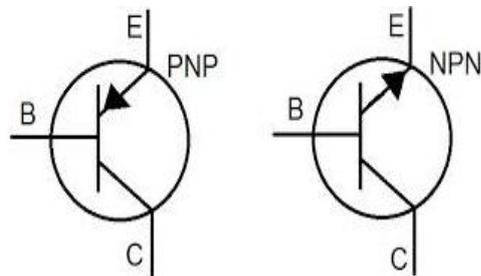
**Tabel 2.5.** *Pin* LCD dan fungsinya

<i>Pin</i>	Nama <i>pin</i>	Fungsi
1	VSS	Ground
2	VCC	Power suplay (+5V)
3	VEE	<i>Contras adjust</i>
4	RS	<i>Register Select</i> 0 = <i>Instruction Register</i> 1 = <i>Data Register</i>
5	R/W	<i>Read/Write, to choose write or read mode</i> 0 = <i>write mode</i> 1 = <i>read mode</i>
6	E	<i>Enable</i> 0 = <i>start to lacht data to LCD character</i> 1 = <i>disable</i>
7	DB0	Data <i>bit</i> ke-0 (LSB)
8	DB1	Data <i>bit</i> ke-1
9	DB2	Data <i>bit</i> ke-2
10	DB3	Data <i>bit</i> ke-3
11	DB4	Data <i>bit</i> ke-4
12	DB5	Data <i>bit</i> ke-5
13	DB6	Data <i>bit</i> ke-6
14	DB7	Data <i>bit</i> ke-7 (MSB)
15	BPL	<i>Back Plane Light</i>
16	GND	<i>Ground</i>

## 2.6. Transistor.

Transistor adalah suatu komponen elektronika yang di buat dari bahan semi konduktor yang berfungsi sebagai penguat arus dan tegangan selain itu transistor juga bisa di gunakan sebagai saklar elektronik, transistor mempunyai tiga buah elektroda yaitu basis, kolektor dan emitor. Setiap transistor mempunyai batas – batas arus kolektor dan arus emitor, sehingga arus sumber yang masuk tidak boleh lebih besar dari batasan arus kolektor dan batasan arus emitor tersebut.

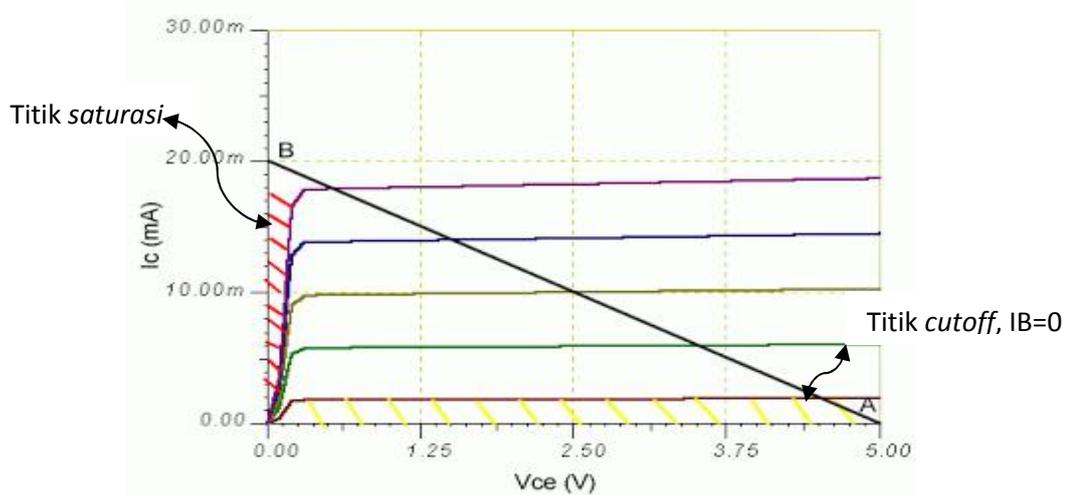
Keistimewaan transistor yaitu kita bisa mengontrol arus yang besar (Arus Kolektor) dengan menggunakan arus kecil (Arus Basis). Transistor mempunyai dua jenis yaitu : jenis PNP dan jenis NPN. Lihat gambar 2.1 simbol transistor [5].



**Gambar 2.11.** Gambar simbol transistor

### 2.6.1. Transistor Sebagai Sakelar

Satu sakelar adalah suatu alat dengan dua sambungan dan memiliki dua , yaitu keadaan *on* dan keadaan *off*. Pada saat Transistor digunakan sebagai sakelar, maka daerah yang digunakan pada kurva karakteristik ialah daerah "*cut-off*" dan daerah "*saturasi*", untuk lebih jelasnya lihat kurva karakteristik transistor sebagai sakelar pada gambar 2.12.



**Gambar 2.12.** Kurva karakteristik transistor sebagai sakelar.

Daerah yang diarsir kuning adalah daerah "*cut-off*" berarti transistor tersebut dalam keadaan putus atau sakelar terbuka. Pada saat "*cut-off*" kondisi dari transistor adalah arus basis sama dengan nol ( $I_B = 0$ ), arus output pada kolektor sama dengan nol dan tegangan pada kolektor maksimum atau sama dengan tegangan supply ( $V_{ce} = V_{cc}$ ).

Daerah yang diarsir merah adalah daerah "*saturasi*". Pada saat "*saturasi*" kondisi dari transistor adalah arus basis maksimal ( $I_B = Max$ ) sehingga menghasilkan arus kolektor bertambah besar ( $I_C = Max$ ) sampai garis beban memotong garis output ( $I_c$  terhadap  $V_{ce}$ ) terakhir. Pada titik itu arus kolektor tidak bisa bertambah lagi walaupun arus basis terus naik. Titik itu disebut titik kejenuhan atau titik jenuh (*saturation point*) dan tegangan Kolektor Emitor minimum ( $V_{ce} = 0.2- 0.3V$ ). Itu berarti transistor dalam keadaan atau mendekati sakelar tertutup.

Agar transistor dalam keadaan saturasi, arus basis harus minimal sebesar arus kolektor maksimal dibagi dengan penguatan arus  $h_{fe}$  dari transistor.

$$I_B \geq \frac{I_{C_{max}}}{H_{fe}} \dots\dots\dots(2-3)$$

Arus colector maksimal terdapat dari voltase supply dibagi dengan resistivitas dari resistor kolektor, berarti arus kolektor maksimal adalah arus yang paling besar yang bisa mengalir ketika voltase kolektor – emitor nol.

$$I_{C_{max}} = \frac{I_b}{h_{fe}} \dots\dots\dots(2-4)$$

Satu contoh dimana transistor digunakan sebagai sakelar adalah dalam rangkaian elektronika digital. Dalam elektronika digital biasanya hanya terdapat dua keadaan, yaitu keadan *on* dan keadaan *off* [5].

## 2.7. Relay

*Relay* adalah suatu alat yang menggunakan elektromagnet untuk mengoperasikan seperangkat kontak sakelar. Susunan paling sederhana terdiri dari kumparan kawat penghantar yang dililit pada inti besi. Bila kumparan ini dienergikan, medan magnet yang terbentuk menarik armatur berporos yang digunakan sebagai pengungkit mekanisme sakelar. Bentuk *relay* dapat di lihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13. Relay.

Berdasarkan cara kerja relai dibagi menjadi tiga:

1. Normal terbuka (*NO*) sakelar akan tertutup jika *relay* diberi tegangan.
2. Normal tertutup (*NC*) sakelar akan terbuka jika *relay* diberi tegangan.
3. Tukar – sambung saklar akan berpindah dari satu kutub ke kutub yang lain jika *relay* diberi tegangan [7].

### **2.8. Sekering (*Fuse*)**

Sekering adalah suatu alat yang digunakan sebagai pengaman dalam suatu rangkaian listrik apabila terjadi kelebihan muatan listrik atau suatu hubungan arus pendek. Cara kerjanya apabila kelebihan muatan listrik atau suatu hubungan arus pendek, maka secara otomatis sekering tersebut akan memutuskan aliran listrik sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada komponen yang lain [7].



**Gambar 2.14** Sekering