

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Perencanaan dan realisasi dispenser pengisi gelas otomatis membutuhkan pemahaman tentang berbagai hal yang mendukung terciptanya sistem yang efektif, efisien, dan handal. Pemahaman dalam tinjauan pustaka ini digunakan agar dapat mendukung perencanaan pembuatan alat sesuai dengan metode yang sudah dirancang. Pada bagian ini akan dijelaskan teori tentang bagaimana merancang alat yang dapat mengetahui ada tidaknya gelas dibawah keran, membaca suhu air panas dalam tabung pemanas dan menampilkan pada LCD, mengukur volume air dalam gelas melalui timer menggunakan program di Atmega16, *setting* volume dengan *keypad*, serta dapat menutup keran ketika air dalam gelas sudah sesuai dengan volume yang di-*setting*. Berdasarkan hal tersebut tinjauan pustaka dalam skripsi ini meliputi kajian tentang sensor suhu DS18B20, *keypad*, mikrokontroler ATmega16, *solenoid valve*, *limit switch*, *relay*, regulator tegangan, transistor hubungan sebagai saklar, serta LCD untuk *display*.

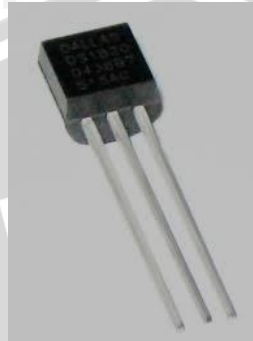
2.1 Sensor Suhu DS18B20

DS18B20/WPRF adalah sensor temperatur digital yang dapat dihubungkan dengan mikrokontroler lewat antarmuka 1-Wire. Sensor ini dikemas secara khusus sehingga kedap air, cocok digunakan sebagai sensor di luar ruangan / pada lingkungan dengan tingkat kelembaban tinggi. Sensor ini menggunakan IC DS18B20 dari Dallas Semiconductor (sekarang bagian dari Maxim Integrated sejak akuisisi tahun 2001), dengan fitur sebagai berikut:

- Antarmuka 1-Wire yang hanya membutuhkan 1 pin I/O untuk komunikasi (plus GND)
- Memiliki nomor identifikasi unik (64 bit), memudahkan aplikasi pendeteksi suhu multi yang terdistribusi
- Tidak membutuhkan komponen eksternal tambahan selain 1 buah pull-up resistor
- Catu daya dapat dipasok dari jalur data dengan tegangan antara 3 hingga 5,5 Volt DC.
- Tidak membutuhkan daya pada mode siaga

- f. Dapat mengukur suhu antara -55°C hingga 125°C dengan akurasi $0,5^{\circ}\text{C}$ pada -10°C s.d. $+85^{\circ}\text{C}$
- g. Resolusi termometer dapat diprogram dari 9 hingga 12 bit (resolusi $0,0625^{\circ}\text{C}$)
- h. Kecepatan pendeteksian suhu pada resolusi maksimum kurang dari 750 ms
- i. Memiliki memori non-volatile untuk penyetelan alarm.

Bentuk fisik dari sensor suhu DS18B20 dapat dilihat pada Gambar 2.1

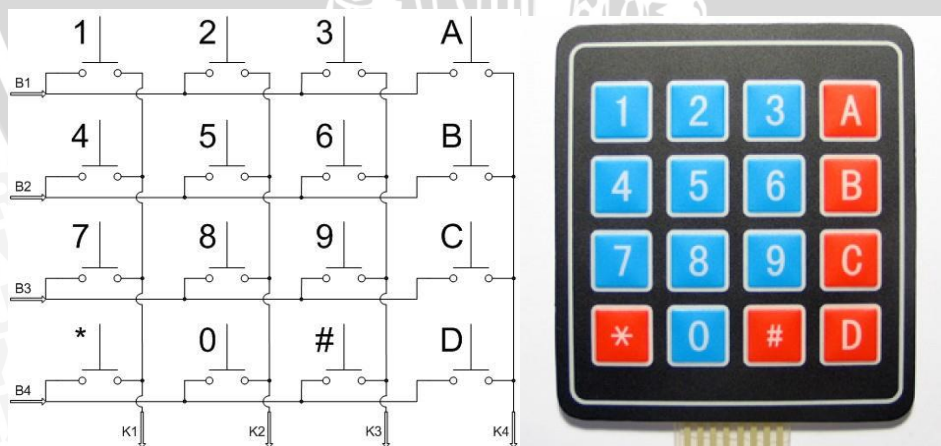


Gambar 2.1 Sensor suhu DS18B20.

Sumber : Dallas semiconductor (2012:7).

2.2 Keypad 4 X 4

Keypad berfungsi sebagai *interface* antara perangkat (mesin) elektronik dengan manusia atau dikenal dengan istilah HMI (*Human Machine Interface*). Matrix keypad 4×4 memiliki konstruksi atau susunan yang simple dan hemat dalam penggunaan port mikrokontroler. Keypad Matriks 4×4 cukup menggunakan 8 pin untuk 16 tombol. Hal tersebut dimungkinkan karena rangkaian tombol disusun secara horisontal membentuk baris dan secara vertikal membentuk kolom.



Gambar 2.2 Keypad.

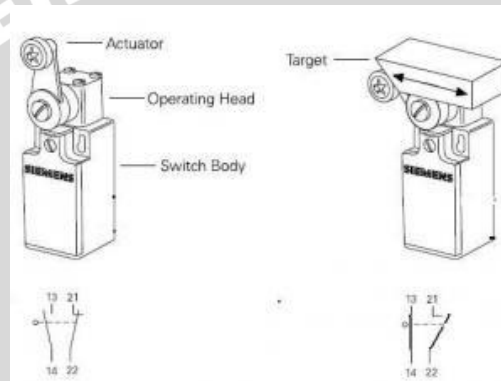
Sumber : Parallax (2011:4).

Proses pengecekan dari tombol yang dirangkai secara maktriks adalah dengan teknik scanning, yaitu proses pengecekan yang dilakukan dengan cara memberikan

umpan data pada satu bagian dan mengecek *feedback* (umpan-balik) pada bagian yang lain. Pemberian umpan data dilakukan pada bagian baris dan pengecekan *feedback* pada bagian kolom, pada saat pemberian umpan data pada satu baris, maka baris yang lain harus dalam kondisi inversi-nya. Tombol yang ditekan dapat diketahui dengan melihat asal data dan di kolom mana data tersebut terdeteksi, berikut adalah flowcart proses scanning *Keypad Matriks* 4×4 secara lengkap. (wordpress.com : 2014)

2.3 *Limit Switch*

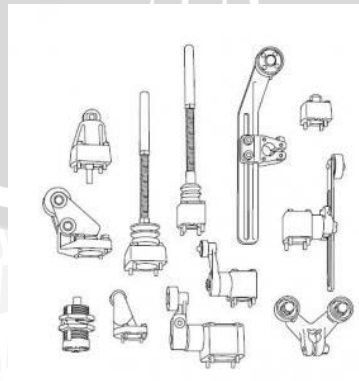
Limit switch adalah salah satu sensor yang akan bekerja jika pada bagian aktuaternya tertekan suatu benda, baik dari samping kiri ataupun kanan, mempunyai *micro switch* di bagian dalamnya yang berfungsi untuk mengontakkan atau sebagai pengontak.



Gambar 2.3 Bagian - bagian *limit switch*.

Sumber : Eaton (2015:13).

Gambar batang yang mempunyai roda itu namanya aktuator lalu diikat dengan sebuah baut, berfungsi untuk menerima tekanan dari luar, roda berfungsi agar pada saat *limit switch* menerima tekanan , bisa bergerak bebas, kemudian mempunyai tiga lubang pada bodinya berfungsi untuk tempat kedudukan baut pada saat pemasangan di mesin.



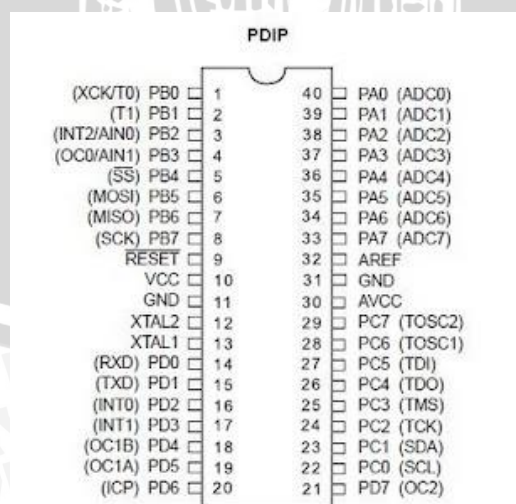
Gambar 2.4 Jenis aktuator *limit switch*.

Sumber : Eaton (2015:15).

Aktuator dari *Limit switch* tertekan suatu benda baik dari samping kiri ataupun kanan sebanyak 45 derajat atau 90 derajat (tergantung dari jenis dan tipe *limit switch*) maka, *aktuator* akan bergerak dan diteruskan ke bagian dalam dari *limit switch*, sehingga mengenai *micro switch* dan menghubungkan kontak-kontaknya, pada *micro switch* terdapat kontak jenis NO dan NC seperti juga sensor lainnya, kemudian kontaknya mempunyai beban kerja sekitar 5 A, untuk dihubungkan ke perangkat listrik lainnya, dan begitulah seterusnya, selain itu *limit switch* juga mempunyai *head* atau kepala tempat dudukan *aktuator* pada bagian atas dari *limit switch* dan posisinya bisa dirubah-rubah sesuai dengan kebutuhan.

2.4 Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap yang terdapat dalam satu *chip*. Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa port *input* maupun *output*, dan beberapa peripheral seperti timer, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi. Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard. Secara umum mikrokontroler AVR dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu keluarga AT90Sxx, ATmega dan ATtiny. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, *peripheral*, dan fiturnya. Konfigurasi pin mikrokontroler Atmega16 ditunjukkan dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.5 Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega16.

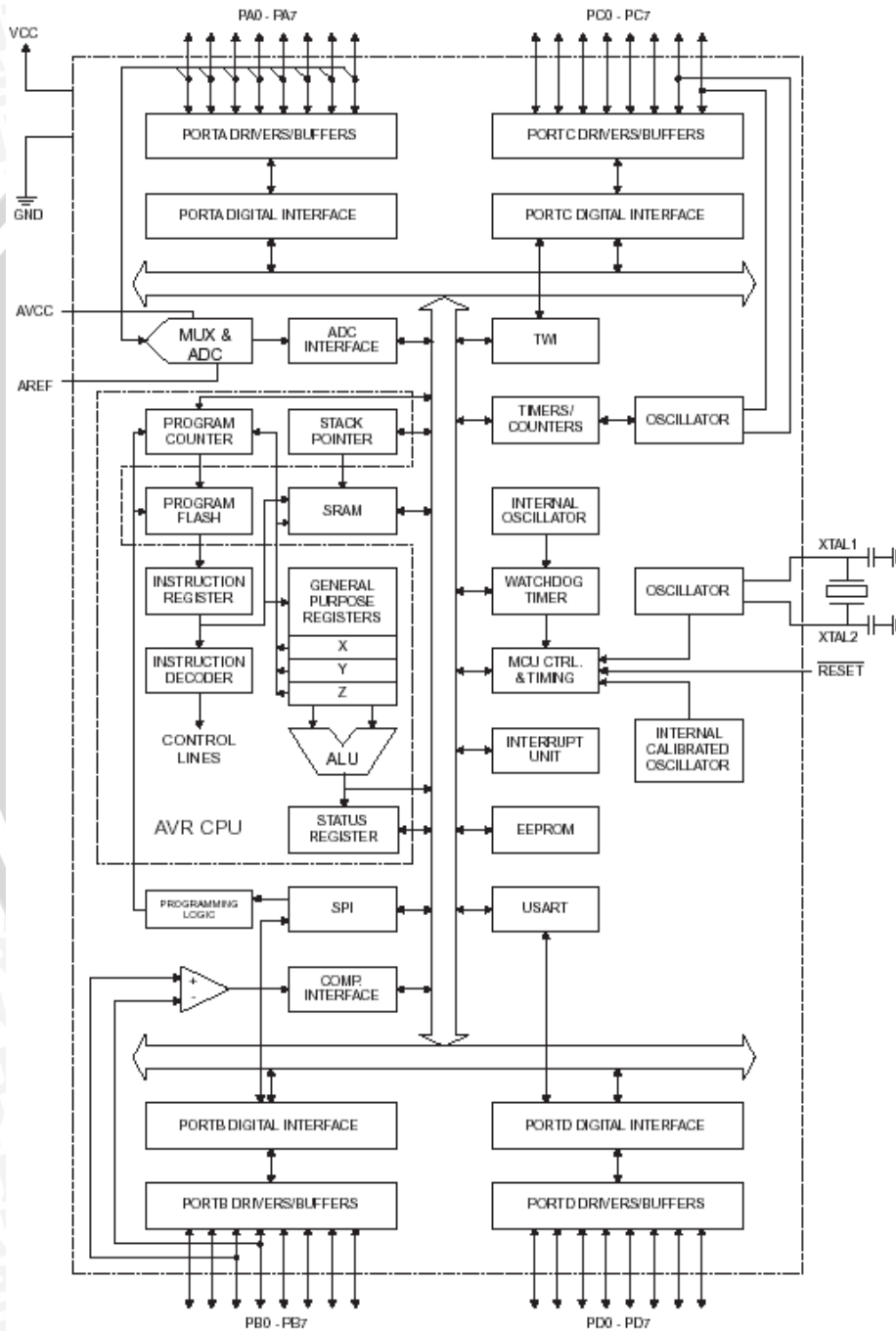
Sumber : Atmel (2014:134).

Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya *Arithmetic and Logical Unit (ALU)*, himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu beserta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam serpih yang sama dengan prosesornya (*in chip*). Fungsi kaki-kaki Atmega16 adalah:

- *Port A (Pin A0..7)*, merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port A* adalah sebagai ADC (*input ADC channel 0..7*)
- *Port B (PIN B0..7)*, merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus *Port B* adalah :
 - a) *PORT B0 (T0 (timer/counter 0 eksternal counter input))*.
 - b) *PORT B1 (T1 (timer/counter 1 eksternal counter input))*.
 - c) *PORT B2 (AIN 0 (Analog comparator positive input))* dan *INT 2 (eksternal interrupt 2 input)*.
 - d) *PORT B3 (AIN 1 (Analog comparator negative input))* dan (*OC 0 (Timer/counter 0 Output compare match Output)*).
 - e) *PORT B4 (SS (SPI slave select input))*.
 - f) *PORT B5 (MOSI (SPI Bus master Output/slave input))*.
 - g) *PORT B6 (MISO (SPI Bus master input/slave Output))*.
 - h) *PORT B7 (SCK (SPI bus serial clock))*.
- *PORT C (Pin C0..7)*, merupakan saluran masukan/keluaran 2 arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus dari *Port C* adalah sebagai berikut:
 - a) *PORT C0 (SCL (Two-Wire serial bus clock line))*.
 - b) *PORT C1 (SDA (Two-Wire serial bus data input/Output line))*.
 - c) *PORT C6 (TOSC 1 (Timer Osilator pin 1))*.
 - d) *PORT C7 (TOSC 2 (Timer Osilator pin2))*.
- *PORT D (Pin D0..7)*, merupakan pin *input/Output* dua arah dan juga memiliki fungsi khusus. Fungsi khusus dari *Port C* adalah sebagai berikut :
 - a) *PORT D7 (OC 2 (timer/counter 2 Output compare match Output))*.
 - b) *PORT D6 (JCP (timer/counter 1 input capture pin))*.
 - c) *PORT D5 (OC 1A (timer/counter 1 Output compare A match Output))*.

- d) PORT D4 (OC 1B (timer/counter 2 Output compare B match Output))
- e) PORT D3 (INT 1 (external interrupt 1 input)).
- f) PORT D2 (INT 0 (external interrupt 0 input)).
- g) PORT D1 (TXD (USART Output pin)).
- h) PORT D0 (RXD (USART input PIN)).

Blok diagram mikrokontroler Atmega16 ditunjukkan dalam gambar 2.5. (wahyu suwito, 2014: 16).



Gambar 2.6 Blok diagram mikrokontroler ATmega16.

Sumber : Atmel (2014:193).

- a. Setiap jalur I/O memiliki *buffer*, penahan (*latch*), *input* dan *output*
- b. Setiap jalur I/O terdapat register pengatur apakah dijadikan *input* atau dijadikan *output*
- c. Port A berfungsi sebagai *input* analog pada konverter A/D. Port A juga sebagai suatu Port I/O 8 bit dua arah, jika A/D konverter tidak digunakan. Pin - pin Port dapat menyediakan resistor internal *pull-up* (yang dipilih untuk masing-masing bit). Port A *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya tinggi dan kemampuan sumber. Ketika pin PA0 ke PA7 digunakan sebagai input dan secara eksternal ditarik rendah, pin-pin akan memungkinkan arus sumber jika resistor internal *pull-up* diaktifkan. Pin Port A adalah *tri stated* dimana suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis
- d. Port B adalah suatu port I/O 8 bit dua arah dengan resistor internal *pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Port B *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai *input*, Port B yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Port B adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis

Tabel 2.1 Fungsi tambahan Port B

<i>Pin</i>	<u>Fungsi Khusus</u>
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)
PB4	SS (SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer/Counter0 Output Compare Match Output)
PB2	AIN2 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/Counter1 External Counter Input)
PB0	T0 (Timer/Counter0 External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output)

Sumber : Atmel (2014:242)

- e. Port C adalah suatu Port I/O 8-bit dua arah dengan resistor internal *pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Port C *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai *input*, Port C yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Port C adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis

- f. Port D adalah suatu Port I/O 8-bit dua arah dengan resistor internal *pull-up* (yang dipilih untuk beberapa bit). Port D *output buffer* mempunyai karakteristik gerakan simetris dengan keduanya tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai *input*, Port D yang secara eksternal ditarik rendah akan arus sumber jika resistor *pull-up* diaktifkan. Port D adalah *tri-stated* manakala suatu kondisi reset menjadi aktif, sekalipun waktu habis

Tabel 2.2 Fungsi tambahan Port D

<i>Pin</i>	<u>Fungsi Khusus</u>
PD7	OC2 (<i>Timer/Counter2 Output Compare Match Output</i>)
PD6	ICP (<i>Timer/Counter1 Input Capture Pin</i>)
PD5	OC1A (<i>Timer/Counter1 Output Compare A Match Output</i>)
PD4	OC1B (<i>Timer/Counter1 Output Compare B Match Output</i>)
PD3	INT1 (<i>External Interrupt 1 Input</i>)
PDB2	INT0 (<i>External Interrupt 0 Input</i>)
PD1	TXD (<i>USART Output pin</i>)
PD0	RXD (<i>USART Input pin</i>)

Sumber : Atmel (2014:254)

2.4.1 Fasilitas Analog to Digital Converter (ADC)

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 amat fleksibel sehingga dapat dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan dari ADC itu sendiri. Fasilitas ADC dari mikrokontroler Atmega16 memiliki beberapa komponen sebagai berikut :

- Resolusi 8 atau 10 bit
- Integral non linieritas 0,5 *Less Significant Bit (LSB)*
- Akurasi absolut ± 2 LSB
- Waktu konversi 13 μ s – 260 μ s
- Kecepatan sampling hingga 15 kBPS pada resolusi maksimum
- Jalur *input single ended multiplexed* 8
- Jangkauan tegangan masukan ADC 0 hingga VCC
- Mode *free running* atau konversi tunggal
- Mulai konversi ADC dengan pemicuan otomatis dengan sumber interupsi
- Interupsi setelah konversi selesai

Penggunaan ADC dilakukan dengan menghubungkan masukan analog ke salah satu dari 8 jalur ADC yang terdapat di port A, pin A Vcc yang merupakan suplai tegangan analog ADC yang terpisah juga harus dihubungkan ke sumber tegangan yang nilainya $\pm 0,3$ V dari Vcc. Tegangan referensi nominal sebesar 2,56 atau A Vcc juga disediakan *on-chip*, dapat juga digunakan tegangan eksternal yang dihubungkan ke pin A R_{EF} lewat kopling kapasitor untuk mengurangi *noise*.

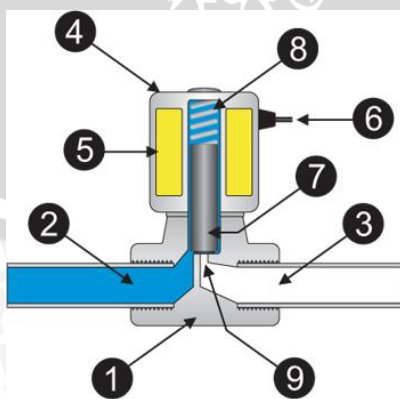
2.4.2 Fasilitas Counter atau Timer

Timer/counter adalah fasilitas dari ATMega16 yang digunakan untuk perhitungan pewaktuan. Beberapa fasilitas kanal dari timer counter antara lain: counter kanal tunggal, pengosongan data timer

sesuai dengan data pembanding, bebas -glitch, tahap yang tepat *Pulse Width Modulation* (PWM), pembangkit frekuensi, event counter eksternal

2.5 Solenoid valve

Solenoid adalah suatu alat dasar yang mengkonversi suatu sinyal listrik ke dalam gerakan mekanis, pada umumnya seperti garis. *Solenoid* terdiri dari suatu kumparan dan alat pengisap. Pengisap tersebut mungkin adalah *freestanding* atau dimuati pegas. Jika terdapat batang besi dan ditempatkan sebagian panjangnya di dalam *solenoid*, batang tersebut akan bergerak masuk ke dalam *solenoid* saat arus dialirkan. Hal ini dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan tuas. Tuas inilah yang nantinya untuk menggerakkan katup. Kumparan mempunyai beberapa rating tegangan atau arus dan tipenya mungkin DC atau AC. Spesifikasi *solenoid* meliputi rating listrik dan gaya pengisap menarik atau mendorong ketika yang diberi tegangan tertentu. Gaya ini mungkin dinyatakan dalam newton atau kilogram di dalam sistem SI, dan dalam pound atau ons dalam Sistem Inggris.



Gambar 2.7 Skema *solenoid valve*.

Sumber : Parker (2011:2).

Keterangan gambar *solenoid valve*:

1. Blok katup
2. Masukan
3. Keluaran
4. Solenoid
5. Blok kumparan kawat
6. Terminal catu daya
7. Piston
8. Pegas
9. Lubang

Beberapa *solenoid* terbatas hanya untuk tugas sebentar-sebentar oleh karena batasan yang berkenaan dengan panas, dalam hal ini, *duty cycle* maksimum (persentase total waktu) akan ditetapkan. *Solenoid* digunakan ketika suatu gaya mendadak yang besar harus dipakai untuk melaksanakan beberapa pekerjaan.

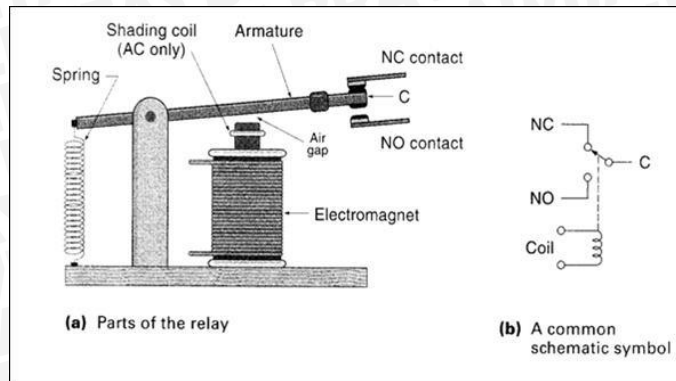
2.6 Relay

Relay adalah suatu rangkaian *switching* magnetik yang bekerja bila mendapat catu dari rangkaian *trigger*. *Relay* memiliki tegangan dan arus nominal yang harus dipenuhi *output* rangkaian *driver*-nya. Arus yang digunakan pada rangkaian adalah arus DC. Konstruksi dalam suatu *relay* terdiri dari lilitan kawat (*coil*) yang dililitkan pada inti besi lunak. Jika lilitan kawat mendapatkan arus, inti besi lunak menghasilkan medan magnet dan menarik *switch* kontak. *Switch* kontak mengalami gaya tarik magnet sehingga berpindah posisi ke kutub lain atau terlepas dari kutub asalnya. Keadaan ini akan bertahan selama arus mengalir pada kumparan *relay* dan akan kembali ke posisi semula yaitu *normally-off*, bila tidak ada lagi arus yang mengalir padanya. Posisi normal *relay* tergantung pada jenis *relay* yang digunakan. Pemakaian jenis *relay* tergantung pada keadaan yang diinginkan dalam suatu rangkaian/sistem, menurut kerjanya *relay* dapat dibedakan menjadi:

- a. *Normally Open* (NO); saklar akan tertutup bila dialiri arus.
- b. *Normally Close* (NC); saklar akan terbuka bila dialiri arus.
- c. *Change Over* (CO); relay ini mempunyai saklar tunggal yang normalnya tertutup

yang mana bila kumparan 1 dialiri arus maka saklar akan terhubung ke terminal A, sebaliknya bila kumparan 2 dialiri arus maka saklar akan terhubung ke terminal B.

Analogi rangkaian *relay* yang digunakan adalah saat basis transistor ini dialiri arus maka transistor dalam keadaan tertutup yang dapat menghubungkan arus dari 28 kolektor ke *emiter* yang mengakibatkan *relay* terhubung. Fungsi dioda adalah untuk melindungi transistor dari tegangan induksi yang bisa mencapai 100 sampai 150 volt dimana tegangan ini dapat merusak transistor.

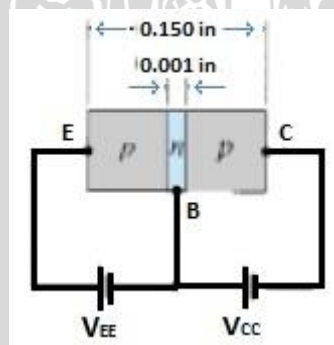


Gambar 2.8 Bagian - bagian relay dan simbol relay.

Sumber : Omron (2009:23).

2.7 Transistor Hubungan Sebagai Saklar

Transistor hubungan atau *Bipolar Junction Transistor (BJT)* merupakan *divais* semikonduktor tiga lapis yang terdiri dari dua lapis material tipe p dan satu lapis material tipe n (transistor pnp) atau dua lapis material tipe n dan satu lapis tipe p (transistor npn). Struktur lapisan kedua transistor ini ditunjukkan pada gambar 1 dengan diberi tegangan biasnya secara benar. Tegangan DC bias diperlukan agar transistor dapat bekerja sesuai dengan apa yang kita inginkan misalkan transistor digunakan sebagai penguat sinyal AC. Lapisan emitor mendapat pengotor (*doping*) paling banyak dibandingkan lapisan kolektor dan basis, biasanya rasio atau perbandingan antara lebar total lapisan transistor tersebut dengan lapisan tengahnya, yaitu basis, memiliki perbandingan 150 : 1. (elkaasik.com: 2014).

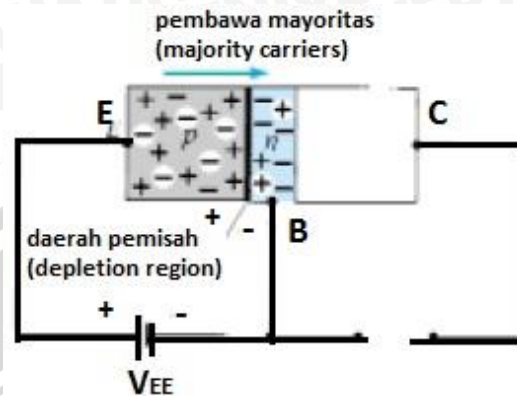


Gambar 2.9 Tegangan bias pada transistor BJT jenis PNP.

Sumber : Motorola (1996:26).

Prinsip kerja dasar dari transistor ini akan dijelaskan dengan menggunakan transistor pnp seperti ditunjukkan pada gambar 2.9. Prinsip kerja dasar dari npn sama persis dengan pnp, hanya saja peran dari elektron pada pnp sama dengan peran *hole* pada npn. Peran *hole* pada pnp sama dengan peran elektron pada npn. Karakteristik sambungan PN (*PN junction*) pada transistor mirip dengan yang ada di dioda.

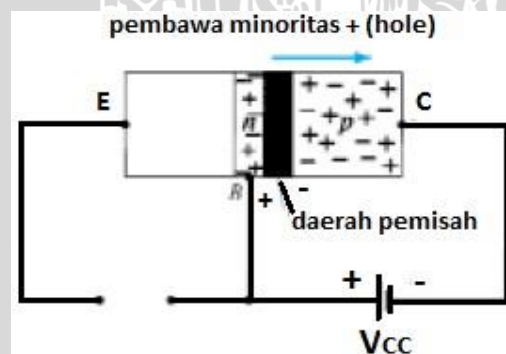
Contohnya pada gambar 2.9 sambungan PN antara emitor dan basis diberi tegangan maju (*forward bias*) sehingga daerah pemisahannya (*depletion region*) semakin menipis, dan terjadi aliran pembawa mayoritas (*majority carriers*) dari material tipe P (emitor) menuju ke material tipe N (basis).



Gambar 2.10 Transistor *forward bias*.

Sumber : Motorola (1996:34).

Semikonduktor tipe P mendapat tegangan negatif dan tipe-N mendapat tegangan positif, maka sambungan PN antara kolektor dan basis pada gambar 2.10 mengalami bias terbalik (*reverse bias*). Bias terbalik pada transistor BJT sama seperti bias terbalik yang terjadi pada dioda PN pada kondisi ini, arus pembawa mayoritas (*majority carriers*) sama dengan nol, tetapi pada kondisi bias terbalik ini ada arus pembawa minoritas yang mengalir dari P ke N seperti ditunjukkan arah panah pada gambar 2.10, namun nilainya sangat kecil sekali hanya sekitar beberapa mikro ampere.

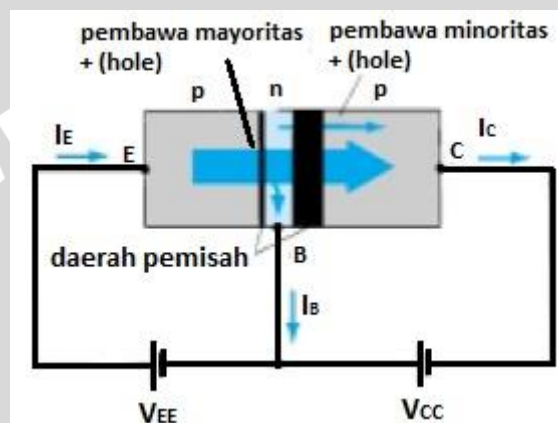


Gambar 2.11 Sambungan PN antara basis-kolektor *reverse bias*.

Sumber : Motorola (1996:38).

Gambar tersebut terlihat bahwa sambungan pn antara emitor dan basis mengalami bias maju (*forward bias*) dan sambungan pn antara basis kolektor mengalami bias terbalik (*reverse bias*). Gambar tersebut dapat dilihat bahwa arus pembawa mayoritas akan mengalami difusi melewati daerah pemisah dari daerah tipe p (emitor) menuju ke tipe n (basis). *Hole* mengalir dari emitor ke basis, tetapi, begitu *hole*

sampai di basis (semikonduktor tipe N), sekarang *hole* tidak lagi berkedudukan sebagai pembawa mayoritas, melainkan sebagai pembawa minoritas. Tetapi karena bagian PN antara basis dengan kolektor mengalami bias terbalik, maka pembawa minoritaslah yang mengalir dari basis menuju kolektor. Pembawa minoritas pada basis, tidak lain adalah *hole* yang merupakan kiriman dari kolektor. *Hole* inilah yang akan diteruskan dari basis ke kolektor, sehingga arus bisa mengalir dari emitor menuju kolektor seperti ditunjukkan anak panah yang besar pada gambar tersebut. Arus dapat mengalir dari kolektor menuju emitor pada transistor pnp apabila emitor dengan basis mengalami bias maju dan basis dengan kolektor mengalami bias terbalik.



Gambar 2.12 Aliran arus pembawa mayoritas dan pembawa minoritas transistor PNP.

Sumber : Motorola (1996:47).

Dengan menerapkan hukum arus Kirchoff pada rangkaian bias transistor pada gambar 2.12, didapatkan persamaan

$$I_E = I_C + I_B$$

dimana arus emitor adalah hasil penjumlahan dari arus basis dengan arus kolektor, namun untuk arus kolektor, terdiri dari dua komponen yaitu arus pembawa mayoritas dan pembawa minoritas seperti ditunjukkan pada gambar tersebut. Komponen pembawa minoritas disebut dengan arus bocor dan diberi simbol I_{C0} (arus kolektor I_C dengan terminal emitor open), sehingga arus pada kolektor dapat dihitung

$$I_C = I_{C \text{ mayoritas}} + I_{C0 \text{ minoritas}}$$

Penggunaan yang umum, arus I_C diukur dalam satuan miliampere, sedangkan I_{C0} diukur dalam satuan mikroampere atau nanoampere, karena I_{C0} adalah arus bocor, yaitu arus yang mengalir pada kondisi bias terbalik, bersifat sensitif terhadap suhu dan harus diperhatikan apabila transistor digunakan dalam *range* suhu yang bervariasi. Apabila tidak dipertimbangkan dengan benar, maka arus bocor ini bisa mengganggu

kestabilan sistem pada suhu tinggi. Teknik konstruksi pada transistor sudah membuat arus Ico ini sekecil mungkin hingga nilainya bisa diabaikan. (*elkaasik.com* : 2014)

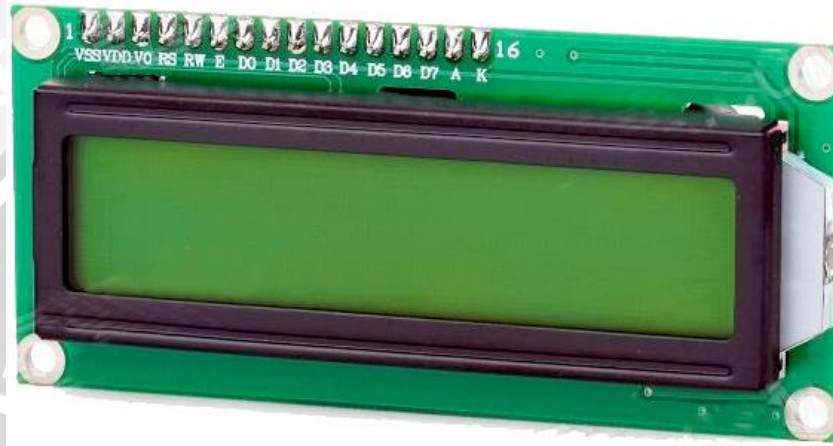
2.8 Modul *Liquid Cristal Display* (LCD)

LCD (*Liquid Crystall Display*) adalah modul penampil yang banyak digunakan karena tampilannya menarik. LCD yang paling banyak digunakan saat ini ialah tipe M1632 karena harganya cukup murah. LCD M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 2×16 (2 baris x 16 kolom) dengan konsumsi daya rendah. Modul tersebut dilengkapi dengan mikrokontroler yang didesain khusus untuk mengendalikan LCD, untuk rangkaian *interfacing*, LCD tidak banyak memerlukan komponen pendukung, hanya diperlukan satu variabel resistor untuk memberi tegangan kontras pada matriks LCD.

LCD dalam skripsi ini digunakan LMB162ABC sebagai alat penampil data. LMB162ABC adalah modul *Liquid Crystal Display* (LCD) yang memiliki 16 kolom dan 2 baris karakter. Modul LCD LMB162ABC secara keseluruhan diperlihatkan dalam gambar 2.13. Terdapat 16 buah *pin out* yang terdapat pada LCD ini. Secara mendalam akan dijelaskan sebagai berikut.

1. Kaki 1 (GND) : Kaki ini dihubungkan dengan tegangan 0 Volt (*Ground*).
2. Kaki 2 (VCC) : Kaki ini dihubungkan dengan tegangan +5 Volt yang merupakan tegangan untuk sumber daya.
3. Kaki 3 (VEE/VLCD) : Tegangan pengatur kontras LCD, kaki ini terhubung pada *cermet* (*potensiometer/variabel resistor*). Kontras mencapai nilai maksimum pada saat kondisi kaki ini pada tegangan 0 volt.
4. Kaki 4 (RS) : Register *Select*, kaki pemilih register yang akan diakses. Untuk akses ke Register Data, logika dari kaki ini adalah 1 dan untuk akses ke Register Perintah, logika dari kaki ini adalah 0.
5. Kaki 5 (R/W) : Logika 1 pada kaki ini menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode pembacaan dan logika 0 menunjukkan bahwa modul LCD sedang pada mode penulisan. Untuk aplikasi yang tidak memerlukan pembacaan data pada modul LCD, kaki ini dapat dihubungkan langsung ke *Ground*.
6. Kaki 6 (E) : Enable *Clock* LCD, kaki mengaktifkan *clock* LCD. Logika 1 pada kaki ini diberikan pada saat penulisan atau pembacaan data.

7. Kaki 7 – 14 (D0 – D7) : Data bus, kedelapan kaki LCD ini adalah tempat aliran data sebanyak 4 bit ataupun 8 bit mengalir saat proses penulisan maupun pembacaan data.
8. Kaki 15 (Anoda) : Berfungsi untuk tegangan positif dari *backlight* LCD sekitar 4,5 Volt (hanya terdapat untuk LCD yang memiliki *backlight*).
9. Kaki 16 (Katoda) : Tegangan negatif *backlight* LCD sebesar 0 Volt (hanya terdapat pada LCD yang memiliki *backlight*).



Gambar 2.13 *Liquid cristal display* (LCD).

Sumber : Sparkun (2008:5).

Modul LCD (*Liquid Cristal Display*) terdapat microcontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (*Liquid Cristal Display*). Mikrokontroler pada suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan microcontroller internal LCD adalah :

- DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada
- CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan
- CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (*Liquid Cristal Display*) tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat mengubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD di antaranya adalah.

- Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD (*Liquid Cristal Display*) pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dibaca pada saat pembacaan data
- Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) di antaranya adalah :

- Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
- Pin RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika low menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika high menunjukkan data.
- Pin R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika low tulis data, sedangkan high baca data.
- Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
- Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 kOhm, jika tidak digunakan dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt. (elektronikadasar.web.id : 2014).