

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Conveyor*

*Conveyor* adalah jenis mesin pengangkut atau pemindah yang berfungsi untuk mengangkut atau memindahkan bahan-bahan industri yang berbentuk padat dari suatu tempat ke tempat lain dengan arah yang telah ditentukan. *Conveyor* bekerja secara horizontal atau vertical dan digerakkan oleh motor penggerak atau gravitasi. *Conveyor* dapat mempercepat proses transportasi material atau produk dan membuat jalannya proses produksi menjadi lebih efisien. Pengoperasian *conveyor* membutuhkan sumber daya, tenaga kerja, dan perawatan yang relatif rendah. Ada beberapa macam jenis konveyor antara lain : *belt conveyor*, *chain conveyor*, dan *screw conveyor*. Gambar 2.1 merupakan contoh jenis-jenis *conveyor* yang umum dipakai.



Gambar 2.1 Jenis-jenis *conveyor*  
( Agus Priyono, 2017 )

##### 2.1.1 *Belt Conveyor*

*Belt conveyor* itu sendiri dapat bergerak secara horizontal, memanjat, menurun maupun vertical berdasarkan jalur yang telah ditentukan. *Belt Conveyor* terdiri dari sabuk yang tahan terhadap pengangkutan benda padat. Sabuk pada *belt conveyor* biasanya terbuat dari karet, plastik, kulit ataupun logam yang tergantung dari jenis dan sifat bahan yang akan diangkut. Adapun beberapa karakteristik dari *belt conveyor*, yaitu

1. Dapat beroperasi secara mendatar ataupun miring dengan sudut maksimal 18 derajat
2. Banyaknya kapasitas yang diatur
3. Serba guna
4. Perawatan mudah
5. Dapat beroperasi secara kontinu

Komponen utama dari *belt conveyor* adalah *roller*, sabuk, rangka, motor DC, dan roda gigi. *Belt conveyor* menggunakan motor listrik sebagai penggerak yang dihubungkan ke *coupling* dan *gearbox*, yang kemudian memutar *head pulley*. Gambar 2.2 merupakan contoh *belt conveyor*



Gambar 2.2 *Belt Conveyor*

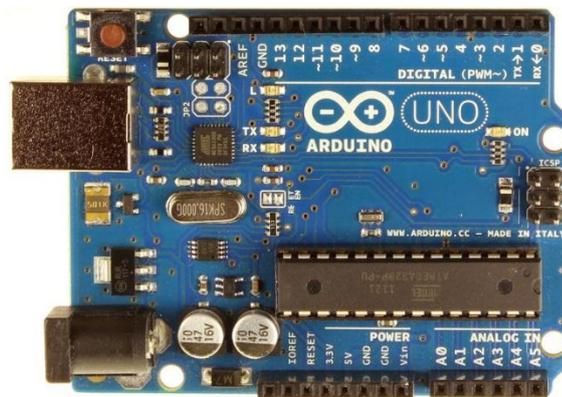
## 2.2 Pengenalan Arduino Uno

*Microcontroller* Arduino Uno mempunyai banyak jenis tipe salah satunya adalah arduino uno. Arduino Uno adalah board *microcontroller* berbasis ATmega328. Memiliki 14 pin input dan output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz *osilator* kristal, koneksi USB, *jack power*, *ICSP header*, dan tombol reset. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *Board* Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke *adaptor*-DC atau baterai untuk menjalankannya.

Arduino Uno berbeda dengan semua board sebelumnya dalam hal koneksi USB-to-serial yaitu menggunakan fitur ATmega8U2 yang diprogram sebagai

*converter* USB-to-serial berbeda dengan board sebelumnya yang menggunakan chip FTDI driver USB-to-serial.

Nama “Uno” berarti satu dalam bahasa Italia, untuk menandai peluncuran Arduino 1.0. Uno dan versi 1.0 akan menjadi versi referensi dari Arduino Uno adalah yang terbaru dalam serangkaian board USB Arduino, dan sebagai model referensi untuk platform Arduino, untuk perbandingan dengan versi sebelumnya.



Gambar 2.3 Board Arduino Uno  
( Muhammad Nursyeha, 2017 )

Berikut spesifikasi dari Arduino Uno;

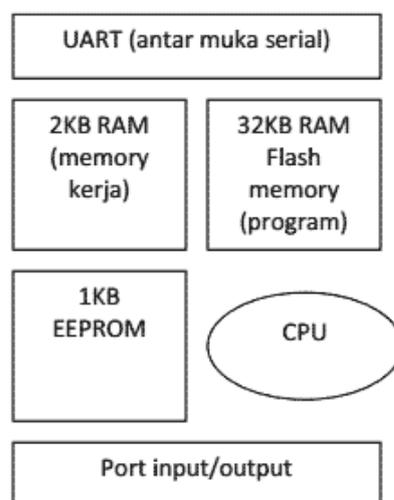
- *Microcontroller* ATmega328
- Operasi dengan daya 5V Voltage
- Input Tegangan (disarankan) 7-12V
- Input Tegangan (batas) 6-20V
- Digital I / O 14 Pin (dimana 6 memberikan output PWM)
- Analog Input 6 Pin
- arus per I / O Pin 40 mA DC
- Saat 3.3V Pin 50 mA DC
- Flash Memory 32 KB (ATmega328) yang 0,5 KB digunakan oleh *bootloader*
- SRAM 2 KB (ATmega328)
- EEPROM 1 KB (ATmega328)
- *Clock Speed* 16 MHz

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal (otomatis). Eksternal (non-USB) daya dapat berasal baik dari AC-ke *adaptor-DC* atau baterai. *Adaptor* ini dapat dihubungkan dengan menancapkan *plug jack* pusat-positif ukuran 2.1mm konektor *power*. Ujung kepala dari baterai dapat dimasukkan kedalam Gnd dan Vin pin header dari konektor POWER. Kisaran kebutuhan daya yang disarankan untuk board Uno adalah 7 sampai dengan 12 volt, jika diberi daya kurang dari 7 volt kemungkinan pin 5v Uno dapat beroperasi tetapi tidak stabil kemudian jika diberi daya lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan dapat merusak board Uno.

### 2.2.1 Bagian – bagian Arduino Uno

Komponen utama di dalam papan Arduino adalah sebuah *microcontroller* 8 bit dengan merk Atmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel *Corporation*. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan ATmega2560.

Untuk memberikan gambaran mengenai apa saja yang terdapat di dalam sebuah *microcontroller*, pada gambar berikut ini diperlihatkan contoh diagram blok sederhana dari *microcontroller* ATmega328 (dipakai pada Arduino Uno).

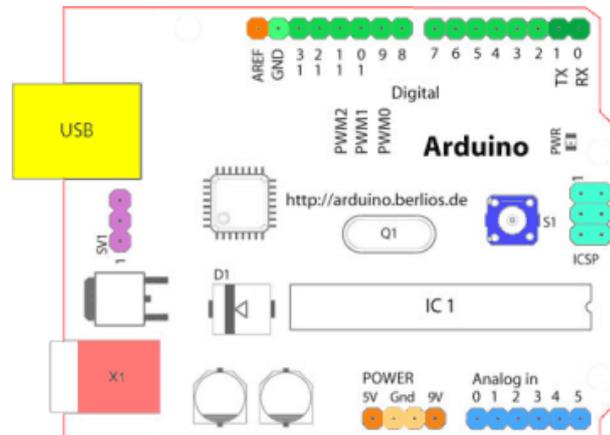


Gambar 2.4 Diagram Blok Arduino  
( Muhammad Nursyeha, 2017 )

Blok-blok di atas dijelaskan sebagai berikut:

- *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART)* adalah antar muka yang digunakan untuk komunikasi serial seperti pada RS-232, RS-422 dan RS-485.
- 2KB RAM pada memory kerja bersifat volatile (hilang saat daya dimatikan), digunakan oleh variable-variabel di dalam program.
- 32KB RAM flash memory bersifat non-volatile, digunakan untuk menyimpan program yang dimuat dari komputer. Selain program, flash memory juga menyimpan bootloader.
- *Bootloader* adalah program inisiasi yang ukurannya kecil, dijalankan oleh CPU saat daya dihidupkan. Setelah *bootloader* selesai dijalankan, berikutnya program di dalam RAM akan dieksekusi.
- 1KB EEPROM bersifat non-volatile, digunakan untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang saat daya dimatikan. Tidak digunakan pada papan Arduino (red: namun bisa diakses/diprogram oleh pemakai dan digunakan sesuai kebutuhan).
- *Central Processing Unit (CPU)*, bagian dari *microcontroller* untuk menjalankan setiap instruksi dari program.
- *Port input/output*, pin-pin untuk menerima data (input) digital atau analog, dan mengeluarkan data (output) digital atau analog.

Setelah mengenal bagian-bagian utama dari *microcontroller* ATmega sebagai komponen utama, selanjutnya kita akan mengenal bagian-bagian dari papan Arduino itu sendiri.



Gambar 2.5 Tata Letak Komponen Arduino  
( Muhammad Nursyeha, 2017 )

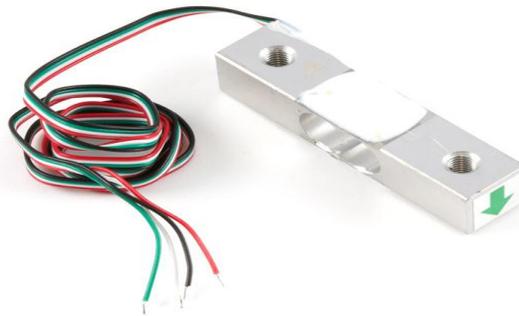
- **14 pin input/output digital** (0-13) Berfungsi sebagai *input* atau *output*, dapat diatur oleh program. Khusus untuk 6 buah pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, dapat juga berfungsi sebagai pin analog *output* dimana tegangan *output*-nya dapat diatur. Nilai sebuah pin *output* analog dapat diprogram antara 0 – 255, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.
- **USB**, berfungsi untuk:
  - o Memuat program dari komputer ke dalam papan
  - o Komunikasi serial antara papan dan komputer Memberi daya listrik kepada papan.
- **Sambungan SV1**; Sambungan atau jumper untuk memilih sumber daya papan, apakah dari sumber eksternal atau menggunakan USB. Sambungan ini tidak diperlukan lagi pada papan Arduino versi terakhir karena pemilihan sumber daya eksternal atau USB dilakukan secara otomatis.
- **Q1 – Kristal (*quartz crystal oscillator*)** Jika *microcontroller* dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantung-nya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada *microcontroller* agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detak-nya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).
- Tombol **Reset S1** Untuk me-reset papan sehingga program akan mulai lagi dari awal. Perhatikan bahwa tombol reset ini bukan untuk menghapus program atau mengosongkan *microcontroller*.

- ***In-Circuit Serial Programming (ICSP)***. Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram *microcontroller* secara langsung, tanpa melalui *bootloader*. Umumnya pengguna Arduino tidak melakukan ini sehingga ICSP tidak terlalu dipakai walaupun disediakan.
- **IC 1 – *Microcontroller Atmega*** Komponen utama dari papan Arduino, di dalamnya terdapat CPU, ROM dan RAM.
- **XI-Sumber daya** eksternal ini hendak disuplai dengan sumber daya eksternal, papan Arduino dapat diberikan tegangan DC antara 9-12V.
- **6 Pin Input Analog (0 – 5)** Pin ini sangat berguna untuk membaca tegangan yang dihasilkan oleh sensor analog, seperti sensor suhu. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

### 2.3 *Load Cell*

*Load cell* adalah sebuah *transducer* yang mengkonversi berat atau gaya kedalam sinyal-sinyal elektrik. Untuk proses pengkonversian tersebut sebuah *load cell* menggunakan *strain gauge* yaitu resistansi yang bervariasi terhadap muatan atau gaya yang dilakukan pada *load cell*. *Strain gauge* terbentuk dari rangkaian jembatan *wheatstone*. Jembatan *wheatstone* tersebut berada dalam kondisi seimbang ketika tidak ada muatan pada *load cell*. Pada saat diberi muatan, maka resistansi dari *strain gauge* akan segera mengubah ketidakseimbangan dari rangkaian jembatan *wheatstone* tersebut. Untuk mensensing perubahan tersebut, tegangan atau biasanya disebut tegangan eksitasi dimasukkan ke input dari *load cell*. Biasanya besar tegangan eksitasi ini adalah 10 VDC, yang dalam keadaan sebenarnya terbentuk dari +5 dan -5 VDC. Ketika rangkaian jembatan *wheatstone* tersebut diseimbangkan maka output dari *load cell* akan menjadi nol milivolt. Dengan diberi muatan, maka dapat diukur sinyal keluaran dalam milivolt yang proporsional terhadap berat muatan.

*Load cell* memiliki bermacam-macam karakteristik yang bisa diukur, tergantung pada jenis logam yang dipakai, bentuk *load cell*, dan ketahanan dari lingkungan sekitar.



Gambar 2.6 *Loadcell* 5 Kg  
(<http://www.depoinovasi.com>, 2017)

Berikut spesifikasi *Loadcell*;

- $V_{suplai}$  : max DC 10V
- Beban : max 5000 gr (5 Kg)
- Output : 0,1 mV ~ 1,0 mV / V (skala 1:1000 terhadap tegangan masukan, margin error  $\leq 1,5\%$ )
- Suhu operasional : -20 ~ +65°C
- Bahan : Aluminium alloy
- Dimensi : 8 cm x 1,25 cm x 1,25 cm
- Berat : 30 gr

### 2.3.1 Ketentuan atau Aturan Dasar *Loadcell*

Dalam penentuan suatu *loadcell* sebaiknya diketahui dahulu type, kapasitas serta support atau dudukan *loadcell* di lapangan. Berikut ini dapat dijadikan acuan dasar dan tambahan dalam memposisikan suatu *loadcell* dilapangan.

#### 2.3.1.1 Sambungan atau Pengawatan

Pada umumnya, kabel pada *Load Cell* berjumlah empat atau enam kabel. Untuk enam kabel *Load Cell*, disamping mempunyai – dan + Signal maupun – dan + *Excitation* juga memiliki jalur - dan + sense. Jalur sense ini tersambung pada jalur sense Indikator yang berfungsi memonitor tegangan actual pada *Load Cell*, dan mengirim balik ke Indikator untuk dianalisa apakah perlu menambah atau menguatkan signal yang dikirim balik sebagai kompensasi daya pada *load cell*. Untuk membantu agar pemasangannya tepat, kabel *Load Cell* memiliki kode warna

tertentu. *Data sheet* kalibrasi setiap *Load Cell* akan menyertakan juga kode warna untuk penyambungan *Load Cell*.

### **2.3.1.2 Data Kalibrasi**

Setiap *Load Cell* dilengkapi dengan data kalibrasi atau sertifikat kalibrasi sebagai informasi tentang *Load Cell* yang bersangkutan. Setiap *data sheet* harus cocok dengan nomor seri, nomor model dan kapasitas. Informasi yang lain berupa karakteristik dalam mV/V, tegangan Excitasi, *non-linearity*, *hysteresis*, *zero balance*, *input resistance*, *output resistance*, efek temperature pada output dan *zero balance*, *insulation resistance* dan *cable length*. Kode warna untuk penyambungan juga disertakan.

### **2.3.1.3 Output**

Hasil pengukuran *load Cell* selain ditentukan oleh besarnya beban, juga ditentukan oleh besarnya tegangan Eksitasi, dan karakteristik (mV/V) *Load Cell* itu sendiri. Salahsatu karakteristik *load cell* yaitu 3mV/V. Yang berarti setiap satu volt tegangan *Excitation*, pada saat *Load Cell* dibebani maksimal akan mengeluarkan signal sebesar 3mV. Jika beban 100Kg diberikan pada *Load Cell* kapasitas 100Kg dengan tegangan *Excitation* 10V, maka signal yang terkirim dari *Load Cell* tersebut adalah sebesar 30mV. Demikian juga apabila dibebani 50Kg dengan tegangan *Excitation* tetap 10V, karena 50 Kg adalah setengah dari 100Kg maka keluaran *Load Cell* menjadi 15mV.

### **2.3.2 Istilah didalam *Load cell***

*Load cell* merupakan peralatan elektro-mekanik yang bisa disebut *Transduser*, dengan kemampuannya merubah gaya mekanik menjadi signal elektrik. *Load cell* memiliki bermacam-macam karakteristik yang bisa diukur, tergantung pada jenis logam yang dipakai, bentuk *load cell*, dan ketahanan dari lingkungan sekitar. Untuk memilih *load cell* yang sesuai dengan kebutuhan Anda, berikut beberapa Terminologi / daftar istilah tentang *load cell*.

1. *Calibration* : Membandingkan output/signal *load cell* dengan beban standar.
2. *Combined Error* : Penyimpangan maksimum jika ditarik garis lurus diukur pada saat tanpa beban sampai ketika diberikan beban maksimal dan sebaliknya saat beban maksimal sampai pada keadaan tanpa beban. pengukuran

dinyatakan dalam persen terhadap kapasitas maksimal. Biasa disebut juga *nonlinearity* dan *hysteresis*.

3. *Creep* : Perubahan signal keluaran *load cell* selama pembebanan tidak berubah, dan tidak ada perubahan lingkungan sekitar.
4. *Creep Recovery* : Perubahan pengukuran kondisi tanpa beban, setelah beberapa waktu diberikan beban dan kemudian beban dihilangkan.
5. *Drift* : Perubahan nilai pengukuran saat diberikan beban konsatan
6. *Eccentric Load* : Pembebanan pada area timbangan tapi tidak tepat di titik antar *load cell*.
7. *Error* : Perbedaan pengukuran dengan beban yang sesungguhnya.
8. *Excitation* : Tegangan input yang diberikan agar *load cell* bekerja. Pada umumnya *load cell* membutuhkan tegangan *load cell* 10VDC, tetapi ada juga yang memerlukan 15, 20 dan 25VDC dan ada yang bisa bekerja pada arus AC dan DC.
9. *Hysteresis* : Penyimpangan maksimum hasil pengukuran dengan beban yang sama. Satu pengukuran dari nol sampai maksimum, pengukuran yang lain dari maksimum sampai nol. Pengukuran Histerisis dinyatakan dalam persen terhadap kapasitas maksimum (%FS). Biasanya Histeresis selalu bernilai 0.02%, 0.03%FS dan 0.05%FS
10. *Input Bridge Resistance* : Resistansi Input daripada *load cell*. Diukur dengan Ohmmeter antara dua titik Input atau *Excitation*. Biasanya selalu lebih besar dari resistansi Output/Signal karena adanya resistor kompensasi pada jalur *Excitation*.
11. *Insulation Resistance* : Pengukuran resistan antara sirkuit *load cell* dengan strukturnya. Pengukuran dilakukan dengan tegangan DC.
12. *Non Linearity* : Penyimpangan maksimum pada grafik hasil kalibrasi terhadap garis lurus (ideal) antara tanpa beban dan beban penuh. Dinyatakan dengan persentase terhadap pengukuran pada kapasitas maksimum, hanya diukur dari nol sampai maksimum. Umumnya *Non-linearity* sebesar 0.02%FS dan 0.03%FS.]

13. *Output* : Signal hasil pengukuran *load cell* yang secara langsung proporsional terhadap tegangan eksitasi dan beban yang diterima. Signal ini harus sesuai terminology/ketentuan umum misalnya dalam milivolt per volt(mV/V) atau volt ampere (V/A).
14. *Output Bridge Resistance* : Resistansi output *load cell*, diukur pada titik output atau signal, umumnya sebesar 350 $\Omega$ , 480  $\Omega$ , 700  $\Omega$ , 750  $\Omega$  dan 1000  $\Omega$ .
15. *Rated Output* : interval pengukuran dari nol sampai kapasitas maksimum.
16. *Repeatability* : Selisih pengukuran maksimum saat *load cell* dibebani dengan beban yang sama secara berulang-ulang dengan kondisi lingkungan tetap.
17. *Resolution* : Perubahan pengukuran terkecil yang terdeteksi karena perubahan secara mekanik akibat pembebanan.
18. *Safe Overload Rating* : Pembebanan maksimum dalam persen terhadap kapasitas maksimal yang bisa diterapkan tanpa merubah performa dan karakteristik yang telah ditetapkan sebelumnya. Biasanya sebesar 150%FS.
19. *Sensitivity* : perbandingan perubahan pengukuran terhadap perubahan mekanik karena pembebanan.
20. *Shock Load* : Pembebanan yang diterima secara tiba-tiba yang bisa merusak *load cell*.
21. *Side Load* : Pembebanan dari sisi samping yang seharusnya dari atas atau dari bawah *load cell*.
22. *Temperature Effect of Rated Output* : Perubahan *output* maksimum karena perubahan temperatur sekitar. Umumnya dinyatakan sebagai persentase output maksimum karena perubahan suhu setiap 100°F.
23. *Temperature Effect of Zero Balance* : perubahan nilai nol/zero karena perubahan suhu sekitar setiap 100 °F. Dinyatakan sebagai persentase *Zero balance* terhadap output maksimum.
24. *Compensated Temperature Range* : Temperatur maksimum yang diperbolehkan dimana *load cell* masih bisa meng-kompensasi terhadap zero dan output maksimal dalam batas tertentu.
25. *Tolerance* : Kesalahan maksimum yang masih diperbolehkan pada pengukuran *load cell*.

26. *Ultimate Overload Rating* : pembebanan maksimum yang diperbolehkan, dalam persen terhadap kapasitas maksimal tanpa menyebabkan kerusakan struktur *load cell*.
27. *Zero Balance* : Signal output *load cell* pada exitasi maksimal dengan kondisi tanpa beban, dinyatakan dalam persentase terhadap output maksimum.

### 2.3.3 *Load Cell Trouble Shooting*

Kerusakan *load cell* terjadi dalam berbagai kondisi dan berbagai penyebab, seperti mekanikal, electrical, atau lingkungan sekitar. Pembahasan kita kali ini tentang penyebab, pengecekan fisik dan kelistrikan *load cell*. Kebanyakan *load cell* rusak karena kesalahan pemakaian dan hal yang sejenisnya.

#### 2.3.3.1 Permasalahan Mekanik

Kerusakan *load cell* bisa secara fisik atau mekanik. Jika pemilihan *load cell* pada timbangan terlalu kecil, beban yang berlebihan membuat *load cell* melewati batas elastisnya dan tidak kembali ke kondisi awalnya, sehingga strain gauge seolah terkunci pada kondisi *tension* atau *compression*. Perlu diperhatikan, total berat struktur timbangan (*platform, hopper, vessel*) dan material yang akan ditimbang. Demikian juga jumlah support mempunyai peran penting dalam distribusi beban. Umumnya, total berat struktur timbangan terbagi merata melalui tiap supportnya.

Beban kejut juga merupakan penyebab kerusakan *load cell*. Beban kejut ialah sewaktu beban dengan tiba-tiba menimpa timbangan, sehingga menyebabkan *load cell* terdistorsi secara permanen. Amatilah saat operator memuati timbangan. Jika ugul-ugalan sehingga terjadi beban kejut, operator membutuhkan training operasi timbangan yang benar, atau kapasitas timbangan perlu diperbesar. Tetapi perlu diperhatikan, pemilihan kapasitas *load cell* yang terlalu besar juga berpengaruh pada kepekaannya, dan bisa jadi dibawah nilai minimum pembacaan indikator. Selain itu, pembebanan sisi/samping juga berpengaruh pada keakuratan timbangan disamping bisa merusak timbangan itu sendiri.

#### 2.3.3.2 Kondisi Lingkungan

Pada umumnya *load cell* memiliki kemampuan kompensasi untuk bekerja pada temperatur tertentu, biasanya 0° sampai 150°F. Walaupun *load cell* masih

bisa bekerja diluar batasan ini, tetapi sertifikat kalibrasi yang dimiliki *load cell* menjadi tidak valid.

Musuh utama *load cell* adalah kelembaban. Bisa mengakibatkan *load cell* mati, terlihat overload bahkan drifting terus-menerus sehingga timbangan error. Kelembaban masuk ke *load cell* bisa melalui tekanan ekstrim atau kabel yang terkelupas. Jika *load cell* berisolasi kurang bagus dipakai pada lingkungan basah, air bisa masuk kedalam *load cell*.

*Load cell* bisa mengalami korosi/karat jika terkena bahan kimia. Korosi bisa merusak strain gauge jika material pelindungnya kurang baik. *Load cell* stain less steel bisa menghindari korosi, tapi tidak menjamin kelembaban tidak masuk kedalam. Tetapi beberapa bahan kimia semacam klorin tetap bisa membuat stainless steel korosi.

#### **2.3.3.3 Pengecekan Fisik**

Langkah awal dalam *trouble shooting load cell* adalah pemeriksaan *body load cell* terhadap kemungkinan distorsi, retak atau bergelombang. Hasil pengelasan harus bebas dari pecah, atau bercelah. Amati kabel *Load cell* pada kemungkinan lecet, terkelupas atau terjepit. Kelembaban amat rawan pada kabel yang terkelupas dan bisa membuat pembacaan *load cell* tidak stabil.

#### **2.3.3.4 Zero Balance**

Seperti kita ketahui, *zero balance* adalah kondisi output *load cell* pada eksitasi maximum *load cell* tanpa beban, yang dinyatakan dalam persentase terhadap output maksimum. Perubahan *Zero balance* terjadi jika *load cell* pernah mengalami overload.

Pada *load cell* tanpa beban dan terhubung ke indikator, gunakan milivoltmeter untuk mengukur tegangan output *load cell*. Dengan 10V eksitasi, *load cell* berkarakteristik 3mV/V akan mengeluarkan signal output sebesar 30mV pada kapasitas maksimum. Tanpa dibebani, dengan toleransi 1% *load cell* akan mengeluarkan tegangan 0.3mV atau 300 $\mu$ V ( $0.01 \times 3 \text{ mV} = 0.3 \text{ mV}$ ). *Load cell* menjadi afkir jika *zero* toleran sudah melewati batas 1%.

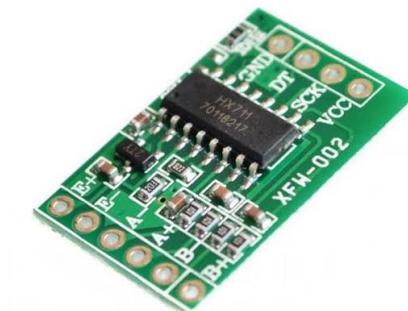
### 2.3.3.5 Resistance to Ground

Tahanan tubuh atau kebocoran listrik selalu disebabkan *load cell* atau kabelnya terkontaminasi air. Ciri-ciri termudah yaitu pembacaan yang tidak stabil. Pembacaan resistansi antara semua ujung kabel yang disatukan dengan body/badan *load cell* minimum 1000 megaohm atau lebih dan hanya bisa diukur menggunakan megaohmmeter atau *megger*. Agar *load cell* tidak rusak saat diukur, tegangan dari *megger* tidak boleh lebih dari 50Volt. Jika pengetesan ini tidak berhasil, lepaskan kabel ground dari kabel *load cell* yang disatukan. Jika hal ini menunjukkan hasil bagus, maka ada permasalahan pada isolasi terhadap bodi *load cell*.

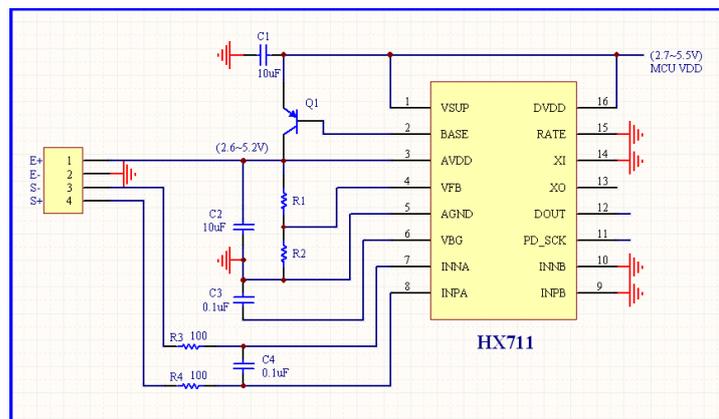
Konfigurasi Jembatan *Wheatstone* pada *load cell* mampu merasakan kebocoran antara ujung signal ke *ground*. Kebocoran sebesar satu megaohm saja bisa mengakibatkan gangguan pada nilai zero. Kebocoran tahanan bodi ini tidak mempengaruhi kalibrasi indikator, hanya saja pembacaan indikator menjadi tidak stabil karena kebocoran tahanan bodi selalu berubah-ubah.

## 2.4 Modul HX711

HX711 adalah sebuah komponen terintegrasi dari “AVIA SEMI CONDUCTOR”, HX711 presisi 24-bit analog to *digital converter* (ADC) yang didesain untuk sensor timbangan digital. Berikut skematik sirkuit rangkaian elektronika dari modul sensor berat HX711 ini:



Gambar 2.7 Bentuk Fisik Modul HX711



Gambar 2.8 Skematik Rangkaian Modul HX711  
(*Datasheet HX711, 2017*)

Tabel 2.1 PIN HX 711 (datasheet HX 711, 2017)

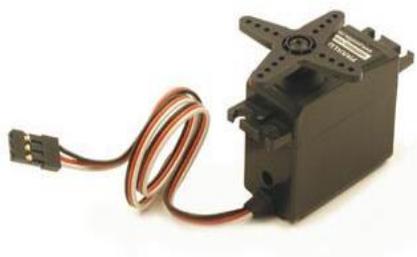
Pin	Nama	Fungsi	Deskripsi
1	VSUP	Power	Regulator supply: 2.7 ~ 5.5V
2	BASE	Analog Output	Regulator control output(NC when not used)
3	AVDD	Power	Analog supply: 2.6 ~ 5.5V
4	VFB	Analog Input	Regulator control input(connect to AGND when not used)
5	AGND	Ground	Analog Ground
6	VBG	Analog Output	Reference bypass output
7	INA-	Analog Input	Channel A negative input
8	INA+	Analog Input	Channel A positive input
9	INB-	Analog Input	Channel B negative input
10	INB+	Analog Input	Channel B positive input
11	PD_SCK	Digital Input	Power down control (high active) and serial clock input
12	DOUT	Digital Output	Serial data output
13	XO	Digital I/O	Crystal I/O (NC when not used)
14	XI	Digital Input	Crystal I/O or external clock input, 0: use on-chip oscillator
15	RATE	Digital Input	Output data rate control, 0: 10Hz; 1: 80Hz
16	DVDD	Power	Digital supply: 2.6 ~ 5.5V

## 2.5 *Motor Servo*

*Motor servo* adalah sebuah motor dengan sistem *closed feedback* di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam *motor servo*. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian gear, *potensiometer* dan rangkaian kontrol.

*Potensiometer* berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran *servo*. Sedangkan sudut dari sumbu *motor servo* diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. *Motor servo* biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinu seperti *motor DC* maupun *motor stepper*. Walau demikian, untuk beberapa keperluan tertentu, *motor servo* dapat dimodifikasi agar bergerak kontinu.

*Motor servo* biasa digunakan dalam aplikasi-aplikasi di industri, selain itu juga digunakan dalam berbagai aplikasi lain seperti pada mobil mainan radio kontrol, robot, pesawat, dan lain sebagainya.



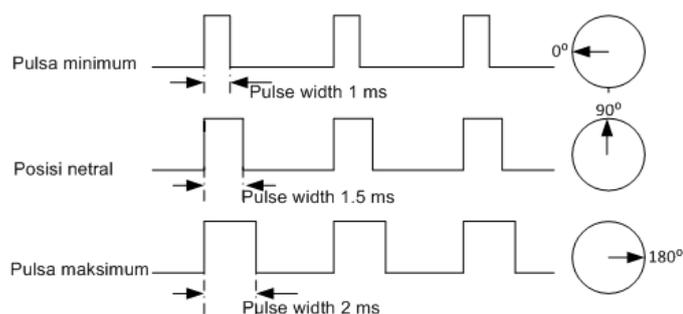
Gambar 2.9 Bentuk Fisik *Motor Servo*  
(Lioty Utama, 2017)

*Motor servo* memiliki tiga kabel terhubung seperti Gambar 5. Kabel merah untuk *power supply* dengan besar tegangan berkisar 5 sampai 7 volt. Kabel putih merupakan kabel pengendali yang dapat langsung dihubungkan ke *microcontroller*. Ada dua jenis motor servo, yaitu *motor servo AC* dan *DC*. *Motor servo AC* lebih dapat menangani arus yang tinggi atau beban berat, sehingga sering diaplikasikan pada mesin-mesin industri. Sedangkan *motor servo DC* biasanya lebih cocok untuk digunakan pada aplikasi-aplikasi yang lebih kecil. Dan bila dibedakan menurut rotasinya, umumnya terdapat dua jenis *motor servo* yang terdapat di pasaran, yaitu *motor servo rotation 180<sup>0</sup>* dan *servo rotation continuous*.

*Motor servo standard (servo rotation 180<sup>0</sup>)* adalah jenis yang paling umum dari *motor servo*, dimana putaran poros outputnya terbatas hanya 90<sup>0</sup> kearah kanan dan 90<sup>0</sup> kearah kiri. Dengan kata lain total putarannya hanya setengah lingkaran atau 180<sup>0</sup>. *Motor servo rotation continuous* merupakan jenis *motor servo* yang sebenarnya sama dengan jenis *servo standard*, hanya saja perputaran porosnya tanpa batasan atau dengan kata lain dapat berputar terus, baik ke arah kanan maupun kiri.

### 2.5.1 Prinsip Kerja Motor Servo

*Motor servo* dikendalikan dengan memberikan sinyal modulasi lebar pulsa (*Pulse Wide Modulation / PWM*) melalui kabel kontrol. Lebar pulsa sinyal kontrol yang diberikan akan menentukan posisi sudut putaran dari poros *motor servo*. Sebagai contoh, lebar pulsa dengan waktu 1,5 ms (mili detik) akan memutar poros *motor servo* ke posisi sudut 90<sup>0</sup>. Bila pulsa lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0<sup>0</sup> atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila pulsa yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros *motor servo* akan berputar ke arah posisi 180<sup>0</sup> atau ke kanan (searah jarum jam). Lebih jelasnya perhatikan gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.10 Karakteristik Sinyal Input Motor Servo

Ketika lebar pulsa kendali telah diberikan, maka poros *motor servo* akan bergerak atau berputar ke posisi yang telah diperintahkan, dan berhenti pada posisi tersebut dan akan tetap bertahan pada posisi tersebut. Jika ada kekuatan eksternal yang mencoba memutar atau mengubah posisi tersebut, maka *motor servo* akan mencoba menahan atau melawan dengan besarnya kekuatan torsi yang dimilikinya

(*rating torsi servo*). Namun *motor servo* tidak akan mempertahankan posisinya untuk selamanya, sinyal lebar pulsa kendali harus diulang setiap 20 ms (mili detik) untuk menginstruksikan agar posisi poros *motor servo* tetap bertahan pada posisinya.

## 2.6 *Motor DC*

*Motor DC* adalah jenis motor listrik yang bekerja menggunakan sumber tegangan DC. *Motor DC* atau motor arus searah sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung dan tidak langsung/*direct-unidirectional*. *Motor DC* digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalaan torque yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.



Gambar 2.11 *Motor DC + Gear Box*

Keuntungan utama *motor DC* adalah dalam hal pengendalian kecepatan *motor DC* tersebut, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. *Motor* ini dapat dikendalikan dengan mengatur :

- Tegangan kumparan *motor DC* – meningkatkan tegangan kumparan motor DC akan meningkatkan kecepatan
- Arus medan – menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

*Motor DC* tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan rolling mills, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya.

### 2.6.1 Komponen Utama *Motor DC*

Gambar diatas memperlihatkan sebuah *motor DC* yang memiliki tiga komponen utama :

- **Kutub Medan Magnet**

Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada *motor DC*. *Motor DC* memiliki kutub medan yang *stasioner* dan kumparan *motor DC* yang menggerakkan bearing pada ruang diantara kutub medan. *Motor DC* sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub-kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.

- **Kumparan *Motor DC***

Bila arus masuk menuju kumparan *motor DC*, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. kumparan motor DC yang berbentuk silinder, dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban. Untuk kasus *motor DC* yang kecil, kumparan *motor DC* berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik untuk merubah kutub-kutub utara dan selatan kumparan *motor DC*.

- ***Commutator Motor DC***

Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikan arah arus listrik dalam kumparan motor DC. *Commutator* juga membantu dalam transmisi arus antara kumparan motor DC dan sumber daya.

Kelebihan Motor DC.

## 2.7 *Relay*

*Relay* adalah suatu rangkaian switch magnetik yang bekerja bila mendapat catu dari suatu rangkaian trigger. *Relay* memiliki tegangan dan arus nominal yang harus dipenuhi output rangkaian pendriver atau pengemudinya. 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 aliran arus, inti besi lunak kontak menghasilkan medan magnet dan menarik switch kontak. Switch kontak mengalami gaya listrik magnet sehingga berpindah posisi ke kutub lain atau terlepas dari kutub asalnya. Keadaan ini akan bertahan selama arus mengalir pada kumparan relay. Dan relay akan kembali keposisi semula yaitu *normaly ON* atau *Normaly OFF*, bila tidak ada lagi arus yang mengalir padanya, posisi normal relay tergantung pada jenis relay yang digunakan. Dan pemakaian jenis relay tergantung pada keadaan yang diinginkan dalam suatu rangkaian.

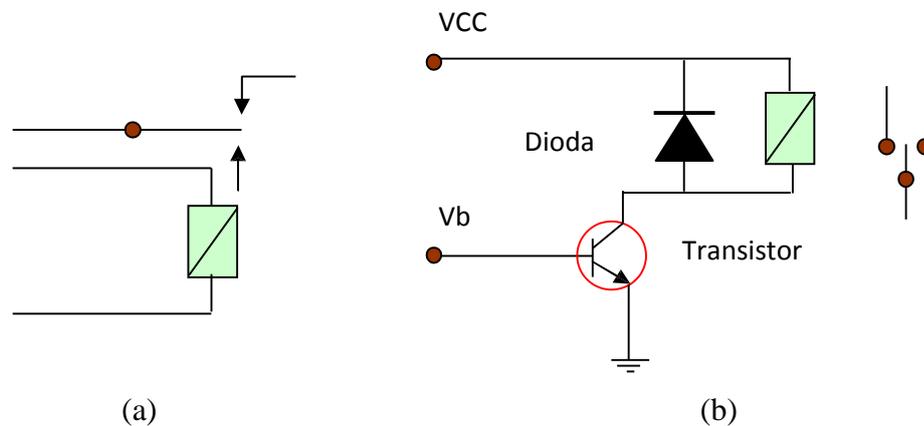
Menurut kerjanya relay dapat dibedakan menjadi :

- a. *Normaly Open* (NO), saklar akan tertutup bila dialiri arus
- b. *Normaly Close* (OFF), saklar akan terbuka bila dialiri arus
- c. *Change Over* (CO), relay ini mempunyai saklar tunggal yang normalnya tertutup yang lama, bila kumparan 1 dialiri arus maka saklar akan terhubung ke terminal A, sebaliknya pula kumparan 2 dialiri arus maka saklar akan terhubung ke terminal B.

Analogi rangkaian *relay* yang digunakan pada tugas akhir ini adalah saat basis transistor ini dialiri arus, maka transistor dalam keadaan tertutup yang dapat menghubungkan arus dari kolektor ke emiter yang mengakibatkan relay terhubung. Sedangkan fungsi dioda disini adalah untuk melindungi transistor dari tegangan induksi berlebih, dimana tegangan ini dapat merusak transistor.

Jika transistor pada basis tidak ada arus maju, transistor terbuka sehingga arus tidak mengalir dari kolektor ke emiter, relay tidak bekerja karena tidak ada arus yang mengalir pada gulungan kawat.

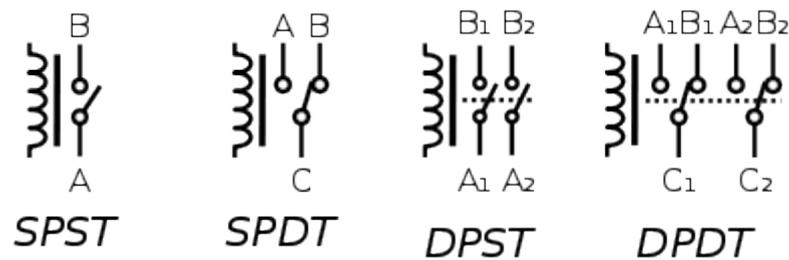
Bentuk relay yang digunakan adalah bentuk relay dengan rangkaian driver dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2.12 a. Simbol Relay dan b. Rangkaian Driver Relay

### 2.7.1 Jenis-jenis Relay

Ada 4 jenis relay yang saat ini telah berkembang dan digunakan didunia industri yaitu;



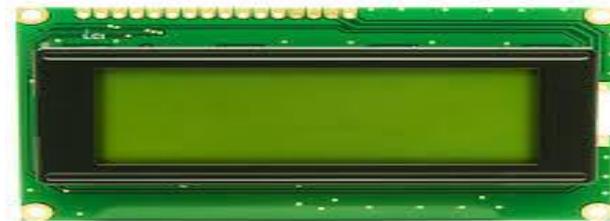
Gambar 2.13 Jenis-jenis Relay

- SPST (*Single Pole Single Throw*) : Relay ini memiliki empat terminal. Dua terminal kumparan (*coil*) dan dua terminal saklar (A dan B) yang dapat terhubung dan terputus.
- SPDT (*Single Pole Double Pole*) : Relay ini memiliki lima terminal. Dua terminal kumparan (*coil*) dan tiga terminal saklar (A,B, dan C) yang dapat terhubung dan terputus dengan satu terminal pusat. Jika suatu saat terminal A terputus dengan terminal pusat (C) maka terminal lain (B) terhubung dengan terminal C, demikian juga sebaliknya.

- DPST (*Double Pole Single Throw*) : *Relay* ini mempunyai enam terminal. Dua terminal kumparan (*coil*), dan empat terminal merupakan dua pasang saklar yang dapat terhubung dan terputus (A1 dan B1 - A2 dan B2).
- DPDT (*Double pole Double Throw*) : *Relay* ini mempunyai delapan terminal. Dua terminal kumparan (*coil*), enam terminal merupakan dua set saklar yang dapat terputus dan terhubung (A1,B1,C1 dan A2, B2, C2)

## 2.8 *Liquid Cristal Display (LCD)*

*Display* elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Cristal Display*) adalah salah satu jenis *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD (*Liquid Cristal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.



Gambar 2.14 Bentuk Fisik LCD 2x16  
(Firman Eka Saputra, 2017)

LCD yang paling banyak digunakan saat ini ialah LCD M1632 karena harganya cukup murah. LCD M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 2x16 (2 baris x 16 kolom) dengan konsumsi daya rendah. Modul tersebut dilengkapi dengan *microcontroler* yang didesain khusus untuk mengendalikan LCD. Pada tabel 2. Berikut merupakan susunan pin yang ada pada lcd 2x16 M1632.

Tabel 2.2 Susunan Kaki LCD (*Liquid Cristal Display*) M1632

No	Nama	Deskripsi	Port
1	VCC	+5V	VCC
2	GND	0V	GND
3	VEE	Tegangan kontras LCD	
4	RS	Register Select, 0=Input instruksi, 1=Input	PD0
5	R/W	1=Read; 0=Write	PD1
6	E	Enable Clock	PD2
7	D4	Data Bus 4	PD4
8	D5	Data Bus 5	PD5
9	D6	Data Bus 6	PD6
10	D7	Data Bus 7	PD7
11	Anode	Tegangan positif backlight	
12	Katode	Tegangan negatif backlight	

- **Material LCD (*Liquid Cristal Display*)**

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan *seven-segment* dan lapisan *elektroda* pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan *sandwich* memiliki *polarizer* cahaya vertikal depan dan *polarizer* cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan *reflektor*. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.

- **Pengendali / Controller LCD (*Liquid Cristal Display*)**

Dalam modul LCD (*Liquid Cristal Display*) terdapat *microcontroller* yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (*Liquid Cristal Display*). *Microcontroller* 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 merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

*Register control* yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya 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 keDDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut keDDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) diantaranya 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.

## 2.9 Transistor

Transistor adalah komponen aktif terbuat dari bahan semikonduktor. Ada 2 macam transistor, yaitu transistor dwikutub (bipolar) dan transistor efek medan. Transistor digunakan di dalam rangkain untuk memperkuat isyarat, artinya: isyarat lemah pada masukan di ubah menjadi isyarat yang kuat pada keluasan. Transistor dwikutub di buat dengan menggunakan semikonduktor ekstrinsik jenis P dan jenis n. Pada transistor dwikutub sambungan P-n antara emitor dan basis di beri panjar maju sehingga arus mengalir dari emitor ke basis. Panjar atau bias adalah tegangan dan arus DC yang harus lebih dulu dipasang agar rangkain transistor bekerja.

Transistor adalah alat semikonduktor yang dipakai sebagai penguat, sebagai sirkuit pemutus dan penyambung (switching), stabilisasi tegangan, modulasi sinyal atau sebagai fungsi lainnya. Transistor dapat berfungsi semacam kran listrik, dimana berdasarkan arus inputnya (BJT) atau tegangan inputnya (FET), memungkinkan pengaliran listrik yang sangat akurat dari sirkuit sumber listriknya. Pada umumnya, transistor memiliki 3 terminal, yaitu Basis (B), Emitor (E) dan Kolektor (C). Tegangan yang di satu terminalnya misalnya Emitor dapat dipakai untuk mengatur arus dan tegangan yang lebih besar daripada arus input Basis, yaitu pada keluaran tegangan dan arus output Kolektor.

Pada tahun 1951, Shockley menemukan transistor junction yang pertama. Ini merupakan salah satu penemuan yang besar, yang akan merubah segalanya. Dampak transistor pada elektronika sangat besar. Disamping dimulainya industry semikonduktor yang berharga multi millar dollar, transistor pun telah merintis pada penemuan-penemuan seperti rangkaian terpadu (integrated circuit), peralatan optoelektronika dan mikroprosesor. Transistor bukan memperbaiki industry komputer, tetapi menciptakannya.

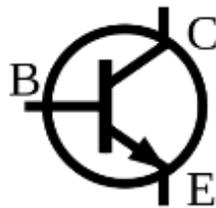
Transistor bipolar terdiri dari transistor NPN dan transistor PNP. Jika type N yang dipertemukan maka akan terbentuk transistor bipolar jenis PNP, dan

sebaliknya jika type P yang dipertemukan maka akan terbentuk transistor jenis NPN. Masing-masing lapisan diberi nama terminal yaitu Emitor, Base, dan Collector. Untuk membedakan antar jenis npn dan pnp, maka dalam simbol kapasitor diberikan tanda panah yang menunjukkan arah arus konvensional. Simbol transistor jenis NPN tanda panahnya akan keluar dari base, sementara untuk jenis PNP tanda panah akan masuk menuju base.

Ada dua jenis transistor, yaitu jenis PNP dan NPN yang digambarkan dalam simbol sebagai berikut

- Transistor NPN

NPN adalah satu dari dua tipe BJT, dimana huruf N dan P menunjukkan pembawa muatan mayoritas pada daerah yang berbeda dalam transistor. Hampir semua BJT yang digunakan saat ini adalah NPN karena pergerakan elektron dalam semikonduktor jauh lebih tinggi daripada pergerakan lubang, memungkinkan operasi arus besar dan kecepatan tinggi.

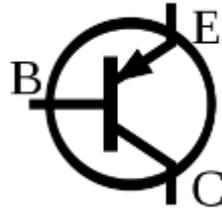


Gambar 2.15 simbol transistor NPN

Transistor NPN terdiri dari selapis semikonduktor tipe-p di antara dua lapisan tipe-n. Arus kecil yang memasuki basis pada tunggal emitor dikuatkan di keluaran kolektor. Dengan kata lain, transistor NPN hidup ketika tegangan basis lebih tinggi daripada emitor. Tanda panah dalam simbol diletakkan pada kaki emitor dan menunjuk keluar (arah aliran arus konvensional ketika peranti dipanjar maju).

- Transistor PNP

Transistor PNP terdiri dari selapis semikonduktor tipe-n di antara dua lapis semikonduktor tipe-p. Arus kecil yang meninggalkan basis pada moda tunggal emitor dikuatkan pada keluaran kolektor.



Gambar 2.16 simbol transistor PNP

Dengan kata lain, transistor PNP hidup ketika basis lebih rendah daripada emitor. Tanda panah pada simbol diletakkan pada emitor dan menunjuk kedalam.