

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Timbangan

Timbangan adalah alat ukur untuk menentukan berat atau massa benda. Timbangan biasa digunakan dalam dunia industri dan komersial.



Gambar 2. 1 Timbangan

(Sumber : <https://www.rajaloadcell.com>)

Sistem timbangan saat ini banyak menggunakan timbangan digital terutama pada bidang pertanian dan perkebunan karena timbangan digital ini dikenal lebih akurat serta lebih mudah untuk membaca hasil pengukuran seperti yang ditampilkan pada *Liquid Crystal Display* (LCD) dengan dilengkapi banyak fitur yang tidak hanya menampilkan hasil pengukuran tetapi juga mengeluarkan hasil pengukuran dalam bentuk suara bahkan beberapa timbangan digital diprogram untuk menampilkan indeks masa tubuh atau *bio mass indeks* (BMI) dan memiliki memori yang dapat menampilkan persentase lemak. Sebagian besar timbangan digital bekerja menggunakan baterai tetapi ada beberapa yang memerlukan tegangan ac.

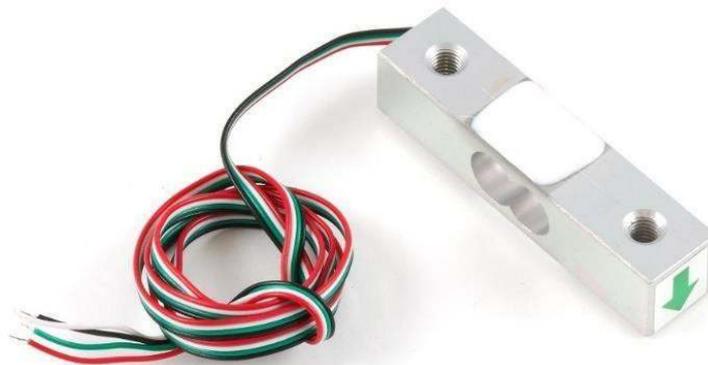
Pada penutup rangka timbangan digital, terdapat sensor-sensor *strain gauge*. Fungsi sensor-sensor *strain gauge* ini yakni mengkonversi besarnya regangan atau tegangan yang terjadi menjadi tegangan listrik yang menerangi layar LED atau tampil di LCD yang berupa hasil pengukuran berat.

2.2. Input Timbangan Digital

Timbangan digital memiliki sensor sebagai *input* atau masukannya yakni berupa sensor berat atau *load cell*.

2.3. Sensor Berat

Sensor berat atau *load cell* adalah sebuah logam padat (elemen pegas) yang biasanya terbuat dari aluminium, baja atau *stainless steel* sehingga sangat kokoh tetapi juga sedikit elastis. Terdapat beberapa jenis *load cell* yaitu *pneumatic load cell*, *hydraulic load cell* dan *strain gauge load cell*. Pada *strain gauge load cell* terdapat kumpulan *strain gauge* yang diletakkan pada bagian pegas dari *load cell* untuk mengubah gaya yang diberikan oleh beban menjadi sinyal listrik.



Gambar 2.2 *Load Cell*

(Sumber : https://testingindonesia.com/images/testing/load_cell3.jpg)

Pada gambar 2.2 terlihat *load cell* memiliki beberapa kabel terdiri dari kabel berwarna merah, hitam, hijau, dan putih. Kabel merah merupakan *input* tegangan sensor, kabel hitam merupakan *input ground* pada sensor, kabel warna hijau merupakan *output* positif dari sensor dan kabel putih adalah *output ground* dari sensor. Nilai tegangan output dari sensor ini sekitar 1,2 mV. *Strain gauge* adalah sebuah alat yang terdiri dari kawat yang sangat halus atau *foil* yang diatur dalam pola zigzag pada permukaan sebuah membran sehingga dapat mendeteksi perubahan resistansi ketika diberikan sebuah gaya.



Gambar 2. 3 Sensor *Strain Gauge*

(Sumber : <https://instrumentationtools.com/strain-gauge-load-cell/>)

Sensor berat atau *load cell* memiliki karakteristik meliputi bagian mekanik dan bagian elektrik sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Spesifikasi *Load Cell*

Mekanik	
Bahan Dasar	<i>Aluminium Alloy</i>
<i>Load Cell Type</i>	<i>Strain Gauge</i>
Kapasitas	2kg
Dimensi	55.25x12.7x12.7mm
Lubang Pemasangan	M5 (Ukuran Baut)
Panjang Kabel	550mm
Ukuran Kabel	30 AWG (0.2mm)
No. Urutan Kabel	4
Elektrik	
Presisi	0.05%
Rata-rata <i>output</i>	1.0±0.15mv/V
Non-linieritas	0.05% FS
<i>Hysteresis</i>	0.05% FS
Non-Pengulangan	0.05% FS
<i>Creep</i> (per 30 detik)	0.1% FS
Efek Temperatur Pada Nol (per 10°C)	0.05% FS
Efek Temperatur Pada Span (per 10°C)	0.05% FS
Keseimbangan Nol	±1.5% FS
<i>Input Impedansi</i>	1130±10 Ohm
<i>Output Impedansi</i>	1000±10 Ohm
Hambatan Isolasi	≥5000 Mohm
Kebutuhan Voltase	5 VDC
Toleransi Jarak Temperatur	-10 to ~ +40°C
Pengoperasian Jarak Temperatur	-20 to ~ +55°C
<i>Safe Overload</i>	120%
<i>Ultimate Overload</i>	150%

Load Cell banyak digunakan pada timbangan elektronik, dimana *Load Cell* menggunakan prinsip tekanan yang memanfaatkan sensor *Strain Gauge*. Konversi terjadi secara tidak langsung dalam dua tahap. Lewat pengaturan mekanis, gaya tekan dideteksi berdasarkan deformasi dari matriks pengukur regangan (*Strain Gauges*) dalam bentuk resistor planar. Regangan ini mengubah hambatan efektif (*Effective Resistance*) empat pengukur regangan yang disusun dalam konfigurasi jembatan *Wheatstone (Wheatstone Bridge)* yang kemudian dibaca berupa perbedaan potensial (tegangan). Karena perbedaan yang terukur sangat kecil dalam orde μV (mikro Volt, sepersepuluh juta Volt), maka dibutuhkan rangkaian pengubah sinyal analog menjadi digital yang sangat presisi.

Strain Gauge merupakan bagian yang sangat penting pada *Load Cell*, biasanya digunakan untuk mengukur tekanan, torsi, presisi gaya, berat, peregangan dan sifat mekanis lainnya. *Load Cell* atau sel beban terdiri dari sebuah *Strain Gauge* atau lebih yang ditempelkan pada batang berbahan logam yang berbentuk cincin. *Strain Gauge* yang ada pada *Load Cell* terbuat dari bahan *Foil Grid*. *Foil Grid* sendiri merupakan kawat tipis berukuran panjang yang disusun secara zig-zag. Sehingga pada saat membran mengalami peregangan, maka secara otomatis nilai resistansinya akan berubah.

2.3.1 Jenis-Jenis Sensor *Load Cell*

Terdapat 5 jenis sensor *Load Cell*, antara lain :

1. *Load Cell Single Point*



Gambar 2.4 Sensor *Load Cell Single Point*

(Sumber : <https://instrumentationtools.com/strain-gauge-load-cell/>)

Jenis *Load Cell Single Point* banyak digunakan pada timbangan *Bench Scale*. *Load Cell* ini dipasang pada bagian tengah *platform* timbangan dan mampu menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi.

2. Load Cell Shear Beam

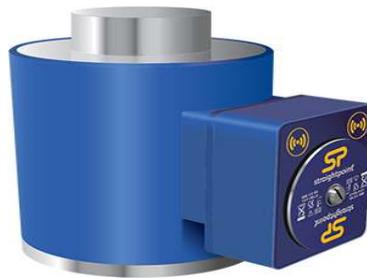
Load Cell ini dipakai untuk *Floor Scale*.



Gambar 2.5 Sensor Load Cell Shear Beam

(Sumber : <https://instrumentationtools.com/strain-gauge-load-cell/>)

3. Load Cell Compress (Weight Bridge)



Gambar 2.6 Sensor Load Cell Compress (Weight Bridge)

(Sumber : <https://instrumentationtools.com/strain-gauge-load-cell/>)

Cara penggunaan Load Cell ini adalah dengan menekan bagian atasnya. Biasanya Load Cell jenis ini di pakai untuk timbangan *truck*.

4. Load Cell Model S



Gambar 2.7 Sensor Load Cell Model S

(Sumber : <https://instrumentationtools.com/strain-gauge-load-cell/>)

Dinamakan *Load Cell S* karena bentuknya menyerupai huruf "S". cara kerja dari *Load Cell* ini tidak di tekan, melainkan ditarik sisi atas dan bawahnya. Sisi atas dikaitkan dengan gantungan sedangkan bagian bawahnya dikaitkan dengan barang yang akan ditimbang.

5. *Load Cell Double Ended*



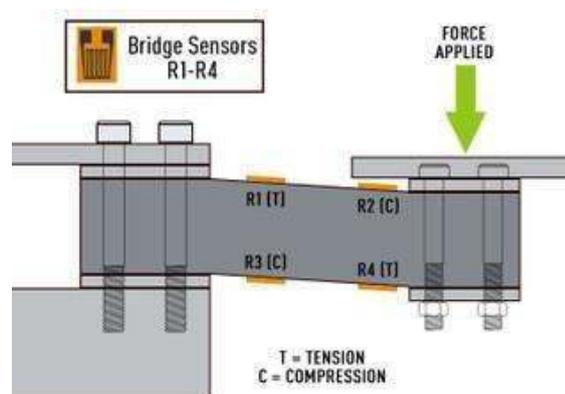
Gambar 2.8 Sensor *Load Cell Double Ended*

(Sumber : <https://instrumentationtools.com/strain-gauge-load-cell/>)

Load Cell ini bekerja dengan menekan sisi tengahnya. Loadcell ini dipakai untuk timbangan *truck*.

2.3.2 Prinsip Kerja *Load Cell*

Prinsip kerja *load cell* adalah menghitung perubahan resistansi yang terjadi akibat timbulnya sebuah regangan pada foil metal *strain gauge*. Perubahan resistansi diakibatkan oleh pemberian sebuah beban pada *load cell* sehingga mengalami perubahan tekanan sesuai dengan yang dihasilkan oleh *strain gauge*.

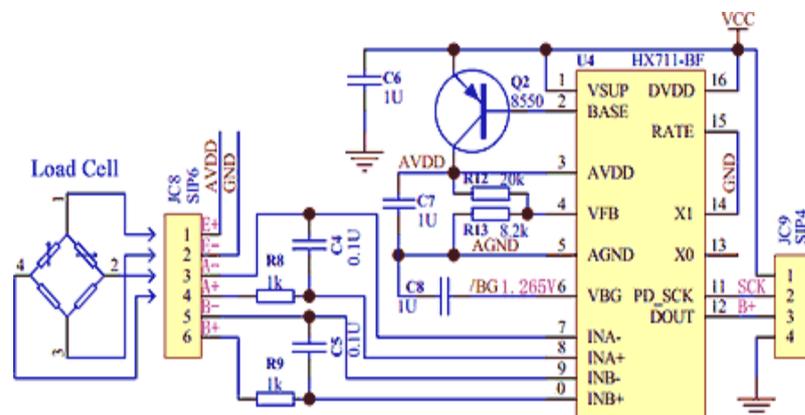


Gambar 2.9 Mekanisme Kerja *Load Cell*

(Sumber : <https://www.quora.com/what-is-a-strain-gauge-load-cell/>)

Pada keadaan setimbang atau belum terdapat beban yang diberikan pada *load cell*, maka nilai resistansi setiap *strain gauge* sama. Pada saat *load cell* diberikan beban, maka bagian yang sedikit elastis (pegas) dari *load cell* akan terjadi deformasi atau perubahan bentuk pada tubuh *load cell* seperti yang terlihat pada gambar 2.4. Perubahan bentuk pada tubuh *load cell* mengakibatkan *strain gauge* juga ikut terdeformasi sesuai dengan perubahan pada tubuh *load cell* yaitu dua *strain gauge* akan memanjang (*tension*) dan dua *strain gauge* lainnya akan memendek (*compression*). Semakin panjang *strain gauge* maka resistansinya akan semakin besar, sebaliknya pada *strain gauge* yang lebih pendek memiliki nilai resistansi yang lebih kecil.

Perubahan resistansi akibat memanjang (*tension*) atau memendek (*compression*) *strain gauge* dapat diukur sebagai perubahan tegangan menggunakan rangkaian jembatan *wheatstone*. Karena perubahan tegangan yang terjadi sebanding dengan jumlah beban yang diberikan, maka berat benda dapat ditentukan dari perubahan tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian jembatan *wheatstone* tersebut.



Gambar 2.10 Rangkaian IC HX711 (Penguat *Output Load Cell*)

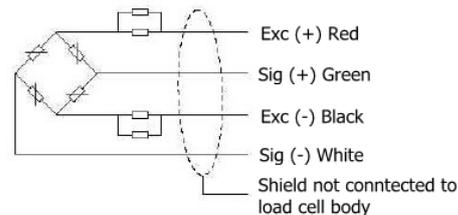
(Sumber : <https://www.800loadcel.com/load-cell-and-strain-gauge-basics.html>)

Prinsip kerja *Load Cell* adalah ketika mendapat tekanan beban. Ketika bagian lain yang lebih elastis mendapat tekanan, maka pada sisi lain akan mengalami perubahan regangan yang sesuai dengan yang dihasilkan oleh *Strain Gauge*, hal ini terjadi karena ada gaya yang seakan melawan pada sisi lainnya. Perubahan nilai resistansi yang diakibatkan oleh perubahan gaya diubah menjadi nilai tegangan oleh rangkaian IC HX711. Berat dari objek dapat diketahui dengan cara mengukur besarnya nilai tegangan yang timbul.

2.3.3 Prinsip Kerja *Load Cell Single Point*

Cara kerja *Load Cell* mirip dengan sensor tekanan yaitu untuk mengukur tekanan suatu zat. beban yang diberikan mengakibatkan reaksi terhadap elemen logam pada *Load Cell* yang mengakibatkan perubahan bentuk secara elastis. Gaya yang ditimbulkan oleh regangan ini (positif dan negatif) di konversikan kedalam sinyal listrik oleh *Strain Gauge*.

Selama proses penimbangan akan mengakibatkan reaksi terhadap elemen logam pada *Load Cell* yang mengakibatkan gaya secara elastis. Gaya yang ditimbulkan oleh regangan ini dikonversi ke dalam sinyal elektrik oleh *Strain Gauge* (pengukur regangan) yang terpasang pada *Load Cell*. Prinsip kerja *Load Cell* berdasarkan rangkaian Jembatan *Wheatstone* dapat dilihat pada Gambar 2.11 berikut ini.



Gambar 2.11 Prinsip Kerja *Load Cell* Berdasarkan Teori Jembatan *Wheatstone*

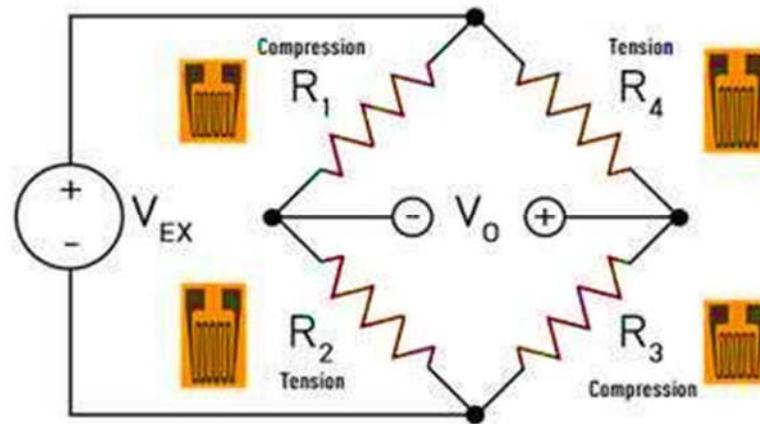
(Sumber : <https://www.quora.com/what-is-a-strain-gauge-load-cell/>)

Strain Gauge adalah sebuah konduktor yang diatur sedemikian rupa dengan pola zig-zag dan terdapat di permukaan membran. Ketika terjadi peregangan membran, otomatis resistansinya meningkat. *Strain Gauge* berfungsi sebagai sensor untuk mengukur berat benda atau barang dalam ukuran besar. Umumnya sensor *Strain Gauge* ini terdapat pada jembatan timbang.

Secara fisik *Strain Gauge* berupa *Grid Metal Foil* cukup tipis yang melekat pada permukaan *Load Cell*. Akibat adanya beban di *Load Cell* maka terjadi *strain* lalu ditransmisikan ke *Foil Grid*. Tahanan dari *foil grid* ini mengalami perubahan dengan nilai sebanding *strain* induksi beban. Umumnya *Strain Gauge* memiliki sensor tipe *Metal Foil* dimana proses *Photoetching* kemudian membentuk konfigurasi *grid*. Prosesnya sendiri sangat sederhana sehingga bisa dibuat beragam ukuran *gauge* maupun bentuk *grid*. *Gauge* memiliki ukuran panjang 0.20 mm – 102 mm dengan tahanan standar 350 Ω namun ada juga *gauge* dengan tahanan 500 Ω - 10.000 Ω untuk kepentingan khusus.

2.3.4 Rangkaian Jembatan Wheatstone

Strain gauge load cell bekerja berdasarkan prinsip jembatan *wheatstone* yang merupakan rangkaian terdiri atas susunan dari 4 buah hambatan seperti yang terlihat pada gambar 2.12.



Gambar 2.12 Rangkaian Jembatan *Wheatstone*

(Sumber : <https://www.800loadcel.com/load-cell-and-strain-gauge-basics.html>)

Pada saat *load cell* belum diberikan beban, maka resistansi setiap *strain gauge* (R_1 , R_2 , R_3 dan R_4) bernilai sama sehingga tegangan keluaran (V_0) pada *load cell* adalah nol. Jika *load cell* diberi beban, maka nilai resistansi pada rangkaian jembatan *wheatstone* akan berubah dikarenakan *strain gauge* yang terdeformasi memanjang (*tension*) dan memendek (*compression*) dari keadaan semula sehingga *load cell* tidak dalam kondisi yang seimbang dan ketika bagian logam tempat pengukur regangan dipasang, ditekan oleh penerapan gaya, regangan yang dihasilkan mengarah dengan perubahan resistansi sehingga tegangan keluaran (V_0) dapat dihitung.

Pada *load cell* output data (+) dipengaruhi oleh perubahan resistansi pada R_1 , sedangkan output (-) dipengaruhi oleh perubahan resistansi R_4 . Hasil berat benda yang ditimbang didapat dari tegangan keluaran (V_0) yang telah dihitung. Perubahan total pada tegangan keluaran awal ini bernilai 0,02 Volt atau 20 mVolt dan tegangan beban bernilai $\pm 3,9$ Volt dapat diukur menggunakan multimeter.



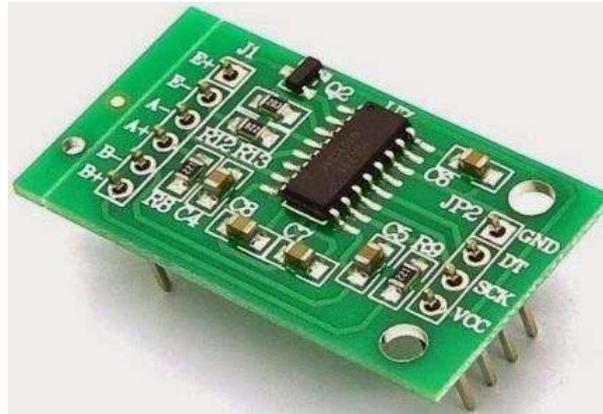
1.3.5 Istilah-istilah yang Digunakan dalam *Load Cell*

1. Kalibrasi : Perbandingan Proses *output Load Cell* terhadap beban uji standar pada timbangan (*Test Weigh*).
2. *Combined Error* : Simpangan maksimum berdasarkan pengujian garis lurus yang ditarik pada saat tidak ada beban dan *output* beban yang dihasilkan dapat dinyatakan sebagai persentase dari *output* beban dan Timbangan pada saat beban di diturunkan dan dinaikkan yang mempengaruhi pada tingkat *volume* beban (*Nonlinieritas dan Hysteresis*).
3. *Creep* : Perubahan pada *output Load Cell* yang terjadi berdasarkan perhitungan dari waktu ke waktu, untuk menyelaraskan beban sementara, dan dalam segala kondisi lingkungan dan variabel lainnya agar tetap konstan.
4. *Creep Recovery* : Perubahan pada saat beban tidak ada dengan waktu tertentu dan setelah itu dilakukan penghapusan pemindaian beban yang telah diterapkan berdasarkan jangka waktu yang ditentukan.
5. Drift : proses perubahan yang terjadi secara tidak beraturan atau acak dalam *output* pada kondisi beban konstan.
6. *Eccentric Load* : Setiap beban yang diterapkan secara paralel, tetapi tidak terpaku pada satu pusat yang sama dengan sumbu utama.
7. *Error* : Perbedaan dan perbandingan aljabar antara nilai Beban yang dihasilkan, keakuratan, kebenaran daya ukur.
8. *Excitation* : Merupakan tegangan yang diterapkan pada terminal masukan dari pada *Load Cell*. Ketersediaan *Load Cell* biasanya dibedakan dari modelnya.
9. *Hysteresis* : Perbedaan antara hasil pemindaian data *output* maksimum dengan beban *Load Cell* yang diterima. Dapat diperoleh dengan meningkatkan beban dari nol, dan bacaan lainnya diperoleh dengan mengurangi beban dari beban pengenalan.

2.3.3 ADC Modul HX711

Modul HX711 merupakan modul *amplifier* yang biasa digunakan dalam rangkaian timbangan digital sebagai modul konversi sinyal *analog* ke *digital* pada *load cell*. Modul HX711 ini digunakan dalam rangkaian timbangan sebagai modul konversi sinyal *analog load cell* ke *digital*.

Memiliki presisi tinggi 24 *Analog to Digital Converter* (ADC) *high gain input* yang didesain untuk berbagai sensor berjenis *Bridge* seperti yang terlihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 ADC Modul HX711

(Sumber: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf)

Modul melakukan komunikasi dengan mikrokontroler melalui TTL232. Struktur yang sederhana, mudah dalam penggunaan, hasil yang stabil dan *reliable*, memiliki sensitivitas tinggi, dan mampu mengukur perubahan dengan cepat.

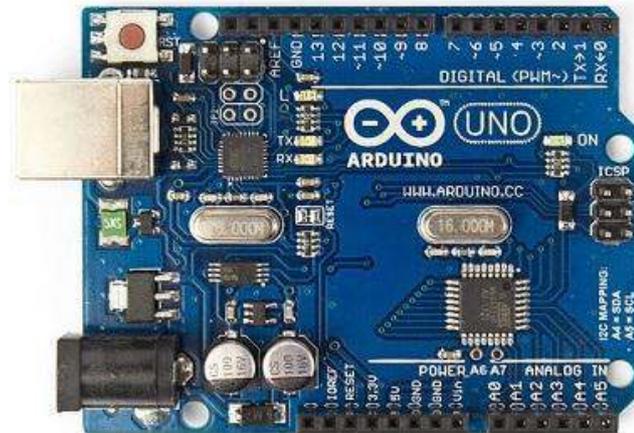
Tabel 2. 2 Spesifikasi dari ADC Modul HX711

Spesifikasi dari ADC Modul HX711	
Differential input	$\pm 40\text{mV}$ (<i>Full-scale differential input voltage $\pm 40\text{mV}$</i>)
Data Accuracy	24 bit (<i>24 bit A / D converter chip</i>)
Refresh Frequency	80 Hz
Operating Voltage	5 Volt
DC Operating Current	<10 mA
Ukuran	38mmx21mmx10mm

2.4 Mikrokontroler Atmega328

Mikrokontroler Atmega328 merupakan keluaran dari atmel yang memiliki arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang mana setiap proses eksekusi data lebih cepat dari pada arsitektur CISC (*Completed Instruction Set Computer*). Atmega328 ini memiliki sejumlah konfigurasi fungsional yang kompleks.

Pada alat ini ATmega328 digunakan sebagai interface dari sensor berat ke motor servo. Dari data yang diterima ATmega328 inilah yang menentukan operasi pergerakan alat menggunakan 2 buah motor servo sebagai aktuator untuk membuka tutup katup. Bentuk fisik Atmega328 dapat dilihat pada gambar 2.14 berikut.



Gambar 2.14 Mikrokontroler Atmega328

Sumber : <http://eprints.polsri.ac.id/164/3/BAB%20II.pdf>

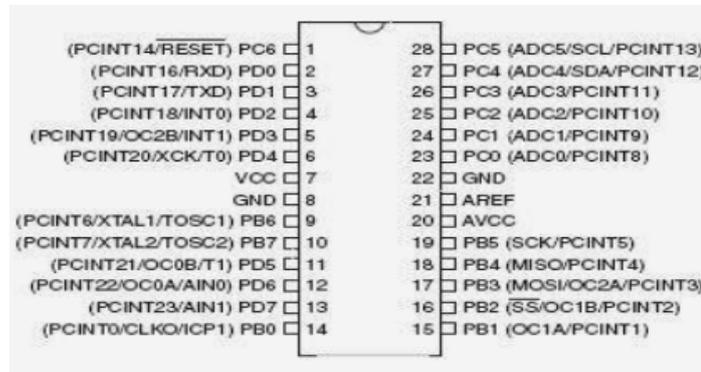
2.4.1 Spesifikasi Atmega328

Atmega328 memiliki beberapa spesifikasi fungsional, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus clock.
2. 32x 8-bit register serba guna.
3. Memiliki kecepatan mencapai 16 MIPS dengan clock 16 MHz.
4. Memiliki kapasitas 32 KB Flash memory dan pada arduino memiliki bootloader yang menggunakan 2 KB dari flash memori sebagai bootloader.
5. Memiliki EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 1 KB sebagai tempat penyimpanan data semi permanent karena EEPROM tetap dapat menyimpan data meskipun catu daya dimatikan.
6. Memiliki SRAM (*Static Random Access Memory*) sebesar 2 KB.
7. Memiliki pin I/O digital sebanyak 14 pin 6 diantaranya PWM (*Pulse Width Modulation*) output.
8. Master / Slave SPI Serial.

2.4.2 Konfigurasi Pin Atmega328

Pin Atmega328 memiliki konfigurasi pin yang jumlahnya 28 pin, berikut ini penjelasan dari tiap-tiap pin :



Gambar 2.15 Konfigurasi tiap pin Atmega328

Sumber : <https://www.caratekno.com/pengertian-arduino-uno-mikrokontroler>

Atmega328 memiliki 3 buah PORT utama yaitu PORT B, PORT C, dan PORT D dengan total pin input/output sebanyak 23 pin. PORT tersebut dapat difungsikan sebagai input/output digital. Fungsi dari konfigurasi tiap pin ATmega328 sebagai berikut :

1. Port B, port B merupakan jalur data 8 bit yang dapat difungsikan sebagai input/output. Port B juga memiliki fungsi alternatif seperti :
 - a. ICP1 (PB0), berfungsi sebagai Timer Counter 1 input capture pin.
 - b. OC1A (PB1), OC1B (PB2) dan OC2 (PB3) dapat difungsikan sebagai keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*).
 - c. MOSI (PB3), MISO (PB4), SCK (PB5), SS (PB2) merupakan jalur komunikasi SPI.
 - d. Selain itu pin ini juga berfungsi sebagai jalur pemrograman serial (ISP).
 - e. TOSC1 (PB6) dan TOSC2 (PB7) dapat difungsikan sebagai sumber clock external untuk timer.
 - f. XTAL1 (PB6) dan XTAL2 (PB7) merupakan sumber clock utama mikrokontroler.
2. Port C, port C merupakan jalur data 7 bit yang dapat difungsikan sebagai input/output digital. Fungsi lain port C antara lain sebagai berikut.
 - a. ADC6 channel (PC0, PC1, PC2, PC3, PC4, PC5) dengan resolusi sebesar 10 bit. ADC dapat kita gunakan untuk mengubah input yang berupa tegangan analog menjadi data digital.



- b. I2C (SDA dan SDL) merupakan salah satu fitur yang terdapat pada PORTC. I2C digunakan untuk komunikasi dengan sensor.
3. Port D, Port D merupakan jalur data 8 bit yang tiap pinnya juga dapat difungsikan sebagai input/output. Port D memiliki fungsi lain seperti :
 - a. USART (TXD dan RXD) merupakan jalur data komunikasi serial dengan level sinyal TTL. Pin TXD berfungsi untuk mengirimkan data serial, sedangkan RXD kebalikannya yaitu sebagai pin yang berfungsi untuk menerima data serial.
 - b. Interrupt (INT0 dan INT1) merupakan pin dengan fungsi khusus sebagai interupsi hardware. Interupsi biasanya digunakan saat program berjalan kemudian terjadi interupsi hardware/software maka program utama akan berhenti dan akan menjalankan program interupsi.
 - c. XCK dapat difungsikan sebagai sumber clock external untuk USART, namun kita juga dapat memanfaatkan clock dari CPU, sehingga tidak perlu membutuhkan external clock.
 - d. T0 dan T1 berfungsi sebagai masukan counter external untuk timer 1 dan timer 0.
 - e. AIN0 dan AIN1 keduanya merupakan masukan input untuk analog comparator.

Sumber:

(<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/66836/Chapter%20II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>)

2.4.3 Power Atmega328

Mikrokontroler Atmega328 dapat diberikan *power* melalui koneksi USB atau *power supply*. *Power* nya diseleksi secara otomatis. *Power supply* dapat menggunakan adaptor DC atau baterai. Adaptor dapat dikoneksikan dengan mencolok *jack* adaptor pada koneksi port input *supply*. *Board* arduino dapat dioperasikan menggunakan *supply* dari luar sebesar 6 - 20 volt. Jika *supply* kurang dari 7V, kadangkala pin 5V akan menyuplai kurang dari 5 volt dan *board* bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12 V, tegangan di regulator bisa menjadi sangat panas dan menyebabkan kerusakan pada *board*. Rekomendasi tegangan ada pada 7 sampai 12 volt.



Penjelasan pada pin power adalah sebagai berikut :

a. Vin

Tegangan input ke board arduino ketika menggunakan tegangan dari luar (seperti yang disebutkan 5 volt dari koneksi USB atau tegangan yang diregulasikan). Pengguna dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika tegangan suplai menggunakan *power jack*, aksesnya menggunakan pin ini.

b. 5V

Regulasi power *supply* digunakan untuk power mikrocontroller dan komponen lainnya pada board. 5V dapat melalui Vin menggunakan regulator pada board, atau supply oleh USB atau *supply* regulasi 5V lainnya.

c. 3V3

Suplai 3.3 volt didapat oleh FTDI chip yang ada di board. Arus maximumnya adalah 50mA.

d. Pin Ground

2.4.4 Input & Output Atmega328

Setiap 14 pin digital pada arduino dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Input/output dioperasikan pada 5 volt. Setiap pin dapat menghasilkan atau menerima maximum 40 mA dan memiliki internal pull-up resistor (disconnected oleh default) 20-50K Ohm. Beberapa pin memiliki fungsi sebagai berikut :

a. Serial : 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) TTL data serial. Pin ini terhubung pada pin yang koresponding dari USB ke TTL chip serial.

b. Interrupt eksternal : 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk trigger sebuah interap pada low value, rising atau falling edge, atau perubahan nilai.

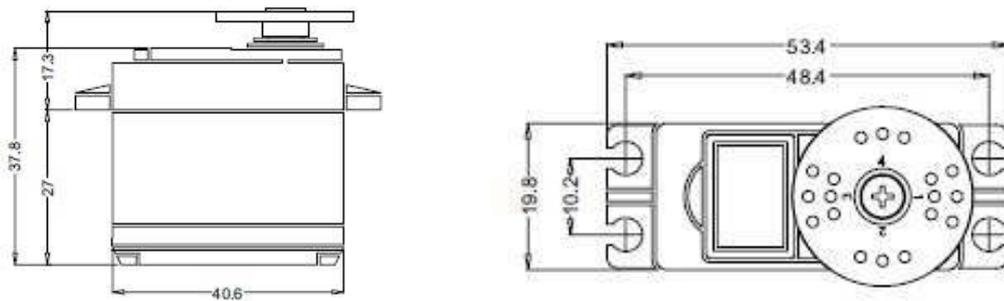
c. PWM : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Mendukung 8-bit output PWM dengan fungsi `analogWrite()`.

d. SPI : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mensupport komunikasi SPI, yang mana masih mendukung hardware, yang tidak termasuk pada bahasa arduino.

e. LED : 13. Ini adalah dibuat untuk koneksi LED ke digital pin 13. Ketika pin bernilai HIGH, LED hidup, ketika pin LOW, LED mati.

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. Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak *continue* seperti motor DC maupun motor stepper. Walaupun demikian, untuk beberapa keperluan tertentu, motor servo dapat dimodifikasi agar bergerak kontinyu. Pada robot, motor ini sering digunakan untuk bagian kaki, lengan atau bagian-bagian lain yang mempunyai gerakan terbatas dan membutuhkan torsi cukup besar.

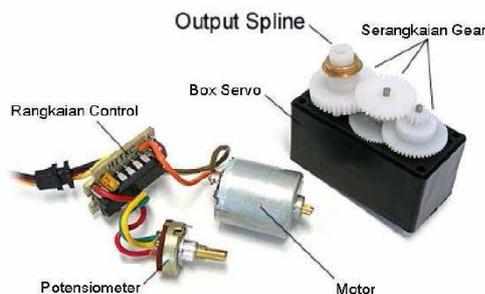


Gambar 2.16 Motor Servo

(Sumber : *Datasheet Motor Servo.pdf*)

Motor servo mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.

Sumber : (<http://eprints.polsri.ac.id/4/>)



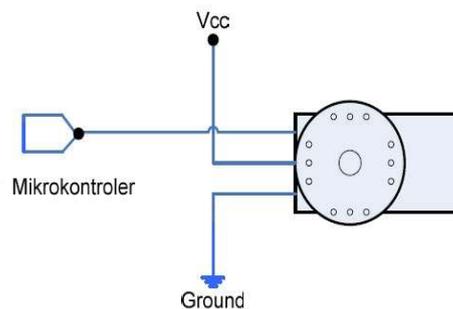
Gambar 2.17 Struktur Motor Servo

(Sumber : *Datasheet Motor Servo.pdf*)

Motor servo memiliki :

- 3 jalur kabel : *power*, *ground*, dan *control*.
- Sinyal control mengendalikan posisi.
- Konstruksi di dalamnya meliputi *internal gear*, *potensiometer*, dan *feedback control*.

2.5.1 Prinsip Kerja Motor Servo



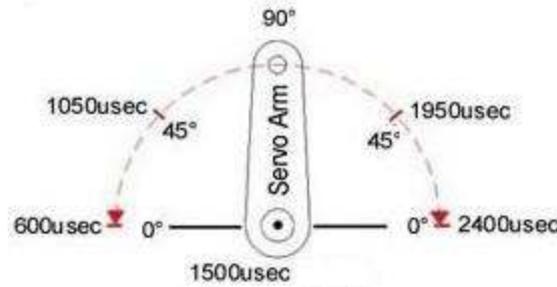
Gambar 2.18 Pengkabelan Pada Motor Servo

(Sumber : *Datasheet Motor Servo.pdf*)

Motor servo pada dasarnya dibuat menggunakan motor DC yang dilengkapi dengan controler dan sensor posisi sehingga dapat memiliki Gerakan 0° , 90° , 180° atau 360° . Berikut adalah komponen internal sebuah motor servo 180° . Tiap komponen pada motor servo diatas masing-masing memiliki fungsi sebagai *controler*, *driver*, *sensor*, *girbox* dan aktuator. Pada gambar diatas terlihat beberapa bagian komponen motor servo. Motor pada sebuah motor servo adalah motor DC yang dikendalikan oleh bagian *controler*, kemudian komponen yang berfungsi sebagai sensor adalah potensiometer yang terhubung pada sistem *gearbox* pada motor servo.

2.5.2 *Pulse Width Modulation (PWM)*

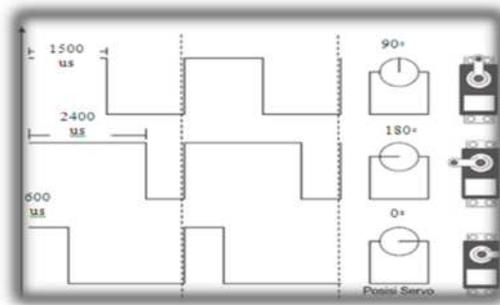
Pulse Width Modulation (PWM) merupakan suatu cara proses pengaturan kecepatan secara digital yang digunakan pada motor servo dengan memberikan pulsa-pulsa untuk waktu *on* dan *off* atau sebuah cara pengalihan daya dengan menggunakan sistem lebar pulsa untuk mengemudikan kecepatan putaran motor DC yang ada di dalam motor servo, jadi sebenarnya yang diatur adalah rasio waktu pemberian tegangan kepada motor servo.



Gambar 2.19 Ilustrasi Pergerakan Sudut Pada Motor Servo

(Sumber : <http://eprints.polsri.ac.id/4/>)

Perbandingan panjang waktu *on* (*high*) yang lebih lama dari pada waktu *off* (*low*) akan membuat motor servo berputar lebih cepat. Metode PWM dikerjakan oleh mikrokontroler. Metode PWM ini akan mengatur lebar atau sempitnya periode pulsa aktif yang dikirimkan oleh mikrokontroler ke driver motor yang ada di dalam motor servo.

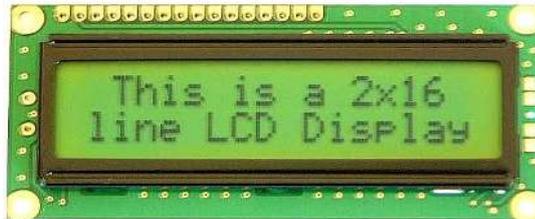


Gambar 2.20 Timing Diagram Pemberian Pulsa pada Motor Servo

(Sumber : <http://eprints.polsri.ac.id/4/>)

2.6 *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. *Display* LCD 16x2 berfungsi sebagai penampil karakter. LCD mempunyai kemampuan untuk menampilkan tidak hanya angka, huruf abjad, kata-kata tapi juga simbol-simbol. Jenis dan ukuran LCD bermacam-macam, antara lain 2x16, 2x20, 2x40. LCD mempunyai dua bagian penting yaitu backlight yang berguna jika digunakan pada malam hari dan kontras yang berfungsi untuk mempertajam tampilan.



Gambar 2.21 LCD (*Liquid Crystal Display*)

(Sumber: <https://www.elprocus.com/ever-wondered-lcd-works/>)

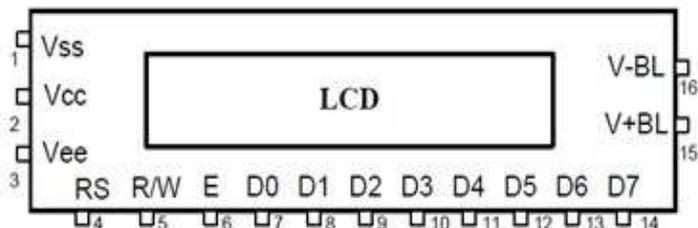
Konfigurasi pin dari LCD ditunjukkan pada Gambar memiliki karakteristik sebagai berikut :

Tabel 2.3 Konfigurasi Pin dari LCD

Karakteristik LCD	
Karakter Huruf	16 x 2
Setiap Huruf	5x7 dot-matrix cursor
Karakter	192 macam
RAM	80 x 8 bit display (maks. 80 macam)
Kemampuan Penulisan	8 bit maupun dengan 4 bit
Dibangun	Osilator local
Sumber Tegangan	5 volt
Reset	Tegangan dihidupkan
Suhu	0 ⁰ C sampai 55 ⁰ C

2.6.1 Prinsip Kerja LCD

LCD yang digunakan pada alat ini mempunyai lebar display 2 baris 16 kolom atau biasa disebut sebagai LCD *Character* 16x2, dengan 16 pin konektor, yang didefinisikan sebagai berikut :



Gambar 2.22 Konfigurasi Pin LCD

(Sumber : *Datasheet LCD.pdf*)

Fungsi dari masing-masing pin pada LCD adalah pin pertama dan kedua merupakan pin untuk tegangan *supply* sebesar 5 volt, untuk pin ketiga harus

ditambahkan resistor variabel 4K7 atau 5K ke pin ini sebagai pengatur kontras tampilan yang diinginkan.

Pin keempat berfungsi untuk memasukkan input *command* atau input data, jika ingin memasukkan input *command* maka pin 4 diberikan *logic low* (0), dan jika ingin memasukkan input data maka pin 4 diberikan *logic high* (1).

Fungsi pin ke lima untuk *read* atau *write*, jika diinginkan untuk membaca karakter data atau status informasi dari register (*read*) maka harus diberi masukan *high* (1), begitu pula sebaliknya untuk menuliskan karakter data (*write*) maka harus diberi masukan *low* (0). Pada pin ini dapat dihubungkan ke *ground* bila tidak diinginkan pembacaan dari LCD dan hanya dapat digunakan untuk mentransfer data ke LCD.

Pin keenam berfungsi sebagai *enable*, yaitu sebagai pengatur *transfer command* atau karakter data ke dalam LCD. Untuk menulis ke dalam LCD data ditransfer waktu terjadi perubahan dari *high* ke *low*, untuk membaca dari LCD dapat dilakukan ketika terjadi transisi perubahan dari *low* ke *high*.

Pin-pin dari nomor 7 sampai 14 merupakan data 8 bit yang dapat ditransfer dalam 2 waktu yaitu 1 kali 8 bit atau 2 kali 4 bit, pin-pin ini akan langsung terhubung ke pin mikrokontroler sebagai input/output. Untuk pin nomor 15-16 berfungsi sebagai *backlight*.

2.6.2 Modul I2C LCD

I2C/TWI LCD 1602, merupakan modul yang dipakai untuk mengurangi penggunaan kaki di LCD 1602.



Gambar 2.23 Modul I2C LCD

(Sumber : *I2C LCD.pdf*)



Modul ini memiliki 4 Pin yang akan dihubungkan ke Arduino. Berikut Spesifikasi modul I2C:

1. Tegangan kerja : +5V
2. Mendukung protokol I2C, coding lebih singkat.
3. Dilengkapi trimpot pengatur lampu dan kontras layer.
4. Hanya 4 pin utk pengendalian (SDA, SCL, VCC dan GND), yaitu:
 - a. GND : dihubungkan ke GND mikrokontroler.
 - b. VCC : dihubungkan ke 5V mikrokontroler.
 - c. SDA : Merupakan I2C data dan dihubungkan ke pin analog A4 pada mikrokontroler.
 - d. SCL : Merupakan I2C clock dan dihubungkan ke pin analog A5 pada mikrokontroler.