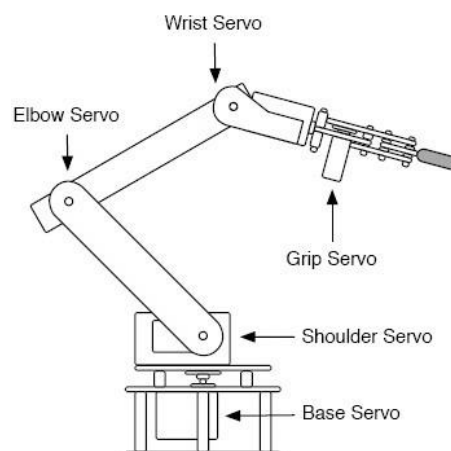


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Arm Robot*

Arm robot atau Lengan robot banyak digunakan pada industri yang memerlukan ketepatan dan bekerja secara berulang-ulang. *Arm robot* atau Lengan robot banyak digunakan pada industri yang memerlukan ketepatan dan bekerja secara berulang-ulang. *Arm robot* terdiri dari tiga bagian yaitu struktur mekanik (manipulator) Penggerak dan system kontrol. Manipulator adalah susunan benda-benda kaku (*rigid bodies*) dan lengan link yang satu sama lain terhubung oleh sendi (*joint*). Pangkal lengan dapat dipasang pada kerangka dasar. Sedangkan ujung lengan (*end-effector*) dapat dihubungkan dengan alat tertentu sesuai dengan fungsi lengan robot. Lengan robot dapat dikontrol dengan menggunakan sensor dan aktuator. Ada beberapa jenis aktuator listrik, hidrolik, pneumatik dan piezoelektrik. Masing-masing jenis aktuator memiliki tingkat kendali yang berbeda. Contohnya, aktuator listrik lebih mudah dikendalikan. Aktuator listrik memiliki beberapa kelebihan yaitu akurasi tinggi, torsi yang ideal untuk pergerakan dan tingkat efisiensi yang tinggi. Ada dua jenis *system* kontrol lengan robot, yaitu system kontrol *loop* terbuka dan system kontrol *loop* tertutup. Pada system kontrol *loop* terbuka output tidak diumpan balik ke input.



Gambar 2.1 *arm robot*

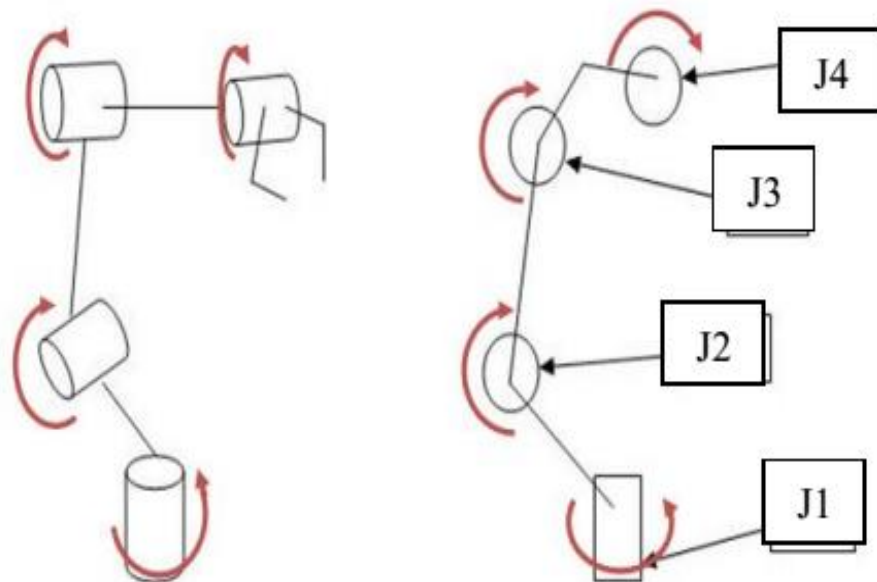
(sumber : www.robosavvy.com"arm robot".2009)



2.1.1 Degree Of Freedom

Derajat kebebasan (*degree of freedom*) adalah sambungan pada lengan, dapat dibengkokkan, diputar, maupun digeser. Derajat kebebasan digunakan untuk mengetahui cara robot bergerak, tingkat kerumitan algoritma kendali dan jumlah motor lengan robot yang digunakan. Penentuan jumlah DOF dilakukan berdasarkan jumlah gerakan yang dapat dilakukan oleh lengan robot atau jumlah aktuator lengan robot.

Ruang kerja robot atau ruang jangkauan robot adalah semua tempat yang dapat dijangkau oleh *end effector*. Hal ini tergantung pada sudut derajat kebebasan dan panjang jangkauan lengan. Ruang kerja ini juga bergantung pada konfigurasi yang dibuat. Kaidah Denavit-Hartenberg merupakan aturan yang digunakan dalam perancangan robot yang diperkenalkan oleh Jaques Denavit dan Ricard S Hartemberg. Aturan tersebut menyatakan hanya terdapat dua gerakan yang mungkin terjadi yaitu bergeser dan berputar serta hanya terdapat 3 sumbu yang dapat terjadi yaitu sumbu x, y dan z. Contoh dari penggambaran lengan robot 5 DOF dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.2 Lengan robot 5 DOF

(Sumber : <http://ptemutiah.blogspot.co.id/2012/12/pengantar-robotika.html>)



Pada *end-effector* dapat ditambahkan satu derajat kebebasan berupa *gripper*. Masing-masing sendi dapat berputar 180° atau 360° sesuai dengan fungsi dan aktuator yang diinginkan.

2.1.2 Pemodelan Robot Manipulator

Ada dua tahapan dalam memodelkan sebuah robot manipulator, yaitu: model kinematika dan model dinamika. Kinematika robot adalah studi analitis pergerakan lengan robot terhadap sistem kerangka koordinat acuan yang diam/bergerak tanpa memperhatikan gaya yang menyebabkan pergerakan tersebut. Model kinematika merepresentasikan hubungan *endeffector* dalam ruang tiga dimensi dengan variabel sendi dalam ruang sendi. Persamaan kinematika maju mendeskripsikan posisi dan orientasi *end-effector* yang dinyatakan dalam posisi sendi. Sedangkan persamaan kinematika balik mendeskripsikan konfigurasi posisisendi untuk menghasilkan posisi dan orientasi *end-effector* tertentu. kinematika dalam robotik adalah suatu bentuk pernyataan yang berisi tentang deskripsi matematik geometri dari suatu struktur robot. Dari persamaan kinematika dapat diperoleh hubungan antara konsep geometri ruang sendi pada robot dengan konsep koordinat yang biasa dipakai untuk menentukan kedudukan dari suatu obyek. Dengan model kinematika, *programmer* dapat menentukan konfigiurasi masukan acuan yang harus diumpanbalikan ke tiap aktuator agar robot dapat melakukan gerakan simultan (seluruh sendi) untuk mencapai posisi yang diinginkan. Sebaliknya, informasi kedudukan (sudut) yang dinyatakan oleh tiap sendi ketika robot sedang melakukan suatu pergerakan, dengan menggunakan analisis kinematika, *programmer* dapat menentukan dimana posisi ujung *link* atau bagian robot yang bergerak itu dalam koordinat ruang

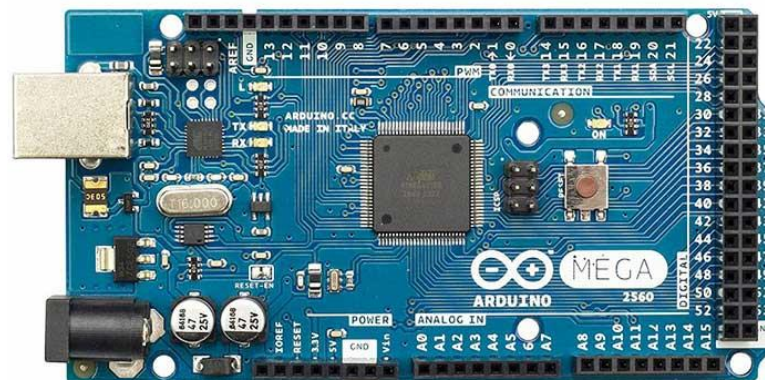
Dinamika robot adalah formulasi matematis yang menggambarkan tingkah laku dinamis dari manipulator dengan memperhatikan gaya yang menyebabkan pergerakan tersebut. Persamaan dinamika maju digunakan untuk menghitung nilai posisi, kecepatan dan percepatan dari setiap sendi apabila diberikan gaya/torsi pada setiap sendi. Sedangkan persamaan dinamika mundur digunakan untuk menghitung nilai gaya/torsi setiap sendi apabila diberikan posisi, kecepatan dan percepatan dari setiap sendi. Dinamika robot ini digunakan untuk simulasi



pergerakan lengan robot, perancangan strategi dan algoritma kendali agar lengan robot memenuhi tanggapan serta kinerja yang diinginkan, dan mengevaluasi perancangan kinematika dan struktur dari lengan robot. Sistem robot secara garis besar terdiri dari sistem pengendali, elektronik dan mekanik.

2.2 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan *chip* ATmega2560. *Board* ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin *analog input*, 4 pin UART (*serial port hardware*). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah port USB, *power jack* DC, ICSP *header*, dan tombol *reset*. *Board* ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, anda tinggal menghubungkan *power* dari USB ke PC anda atau melalui adaptor AC/DC ke *jack* DC



Gambar 2.3 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

(sumber : <http://www.ecadio.com> “Arduino Mega 2560”.2017)

2.2.1 Spesifikaasi Arduino Mega

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega

Chip Mikrokontroler	Atmega 2560
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan input yang	7-12V



disarankan	
Batas tegangan input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	54 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM output
Jumlah pin input analog	16 Buah
Arus DC tiap pin I/O	20 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	8 KB (Atmega 2560)
EEPROM	4 KB (Atmega 2560)
Clock Speed	16 MHz
Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
Berat	37 g

2.2.2 Power Suplay

Board Arduino Mega 2560 dapat ditenagai dengan power yang diperoleh dari koneksi kabel USB, atau via *power supply* eksternal. Pilihan power yang digunakan akan dilakukan secara otomatis. *External power supply* dapat diperoleh dari adaptor AC-DC atau bahkan baterai, melalui jack DC yang tersedia, atau menghubungkan langsung GND dan pin *Vin* yang ada di *board*. *Board* dapat beroperasi dengan *power* dari *external power supply* yang memiliki tegangan antara 6V hingga 20V. Namun ada beberapa hal yang harus anda perhatikan dalam rentang tegangan ini. Jika diberi tegangan kurang dari 7V, pin 5V tidak akan memberikan nilai murni 5V, yang mungkin akan membuat rangkaian bekerja dengan tidak sempurna. Jika diberi tegangan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa *over heat* yang pada akhirnya bisa merusak pcb. Dengan demikian, tegangan yang di rekomendasikan adalah 7V hingga 12V. Penjelasan pada pin *power* pada Arduino Mega adalah sebagai berikut :

1. **GND (Ground atau Negatif)**
2. **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.

3. 5V

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

4. 3V3

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

5. IO REF

Ini adalah pin yang menyediakan referensi tegangan mikrokontroller. Biasanya digunakan pada board shield untuk memperoleh tegangan yang sesuai, apakah 5V atau 3.3V

2.2.3 Memori

Chip ATmega2560 pada Arduino Mega 2560 Revisi 3 memiliki memori 256 KB, dengan 8 KB dari memori tersebut telah digunakan untuk *bootloader*. Jumlah SRAM 8 KB, dan EEPROM 4 KB, yang dapat di baca-tulis dengan menggunakan EEPROM library saat melakukan pemrograman

2.2.4 Input dan Output

Arduino Mega 2560 memiliki jumlah pin terbanyak dari semua papan pengembangan Arduino. Mega 2560 memiliki 54 buah digital pin yang dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, dengan menggunakan fungsi *pinMode()*, *digital write()*, dan *digital(Read)*. Pin-pin tersebut bekerja pada tegangan 5V, dan setiap pin dapat menyediakan atau menerima arus sebesar 20mA, dan memiliki tahanan *pull-up* sekitar 20-50k ohm (secara *default* dalam posisi *disconnect*). Nilai *maximum* adalah 40mA, yang sebisa mungkin dihindari untuk menghindari kerusakan chip mikrokontroller. Beberapa pin memiliki fungsi sebagai berikut :

1. **Serial**, memiliki 4 serial yang masing-masing terdiri dari 2 pin. Serial 0 : pin 0 (RX) dan pin 1 (TX). Serial 1 : pin 19 (RX) dan pin 18 (TX). Serial 2



: pin 17 (RX) dan pin 16 (TX). Serial 3 : pin 15 (RX) dan pin 14 (TX). RX digunakan untuk menerima dan TX untuk transmit data serial TTL. Pin 0 dan pin 1 adalah pin yang digunakan oleh chip USB-to-TTL ATmega16U2

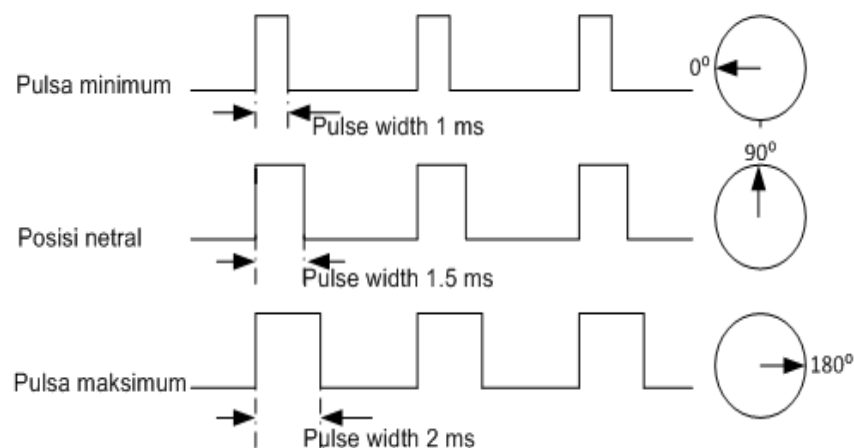
2. **External Interrupts**, yaitu pin 2 (untuk *interrupt* 0), pin 3 (*interrupt* 1), pin 18 (*interrupt* 5), pin 19 (*interrupt* 4), pin 20 (*interrupt* 3), dan pin 21 (*interrupt* 2). Dengan demikian Arduino Mega 2560 memiliki jumlah *interrupt* yang cukup melimpah : 6 buah. Gunakan fungsi *attach Interrupt()* untuk mengatur *interrupt* tersebut.
3. **PWM**, Pin 2 hingga 13 dan 44 hingga 46, yang menyediakan output PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi *analogwrite()*
4. **SPI**, Pin 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), dan 53 (SS) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan *SPI Library*
5. **LED** : Pin 13. Pada pin 13 terhubung *built-in led* yang dikendalikan oleh digital pin no 13. *Set HIGH* untuk menyalakan *led*, *LOW* untuk memadamkannya.
6. **TWI** : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL) yang mendukung komunikasi TWI dengan menggunakan *Wire Library*

2.3 Motor Servo

Motor servo pada dasarnya adalah motor dc dengan kualifikasi khusus yang sesuai dengan aplikasi “servo” didalam teknik *control*. Dalam kamus Oxford istilah “servo” diartikan sebagai “ a *mechanism that control a large mechanism* “.tidak ada sepisi baku yang disepakati untuk menyatakan bahwa suatu motor dc adalah motor servo. Namun secara umum dapat didefinisikan bahwa motor harus memiliki kemampuan yang baik dalam mengatasi perubahan yang cepat dalam posisi dan kecepatan. Motor servo juga dikehendaki handal dalam beroperasi dalam lingkup torsi yang berubah - berubah. Berapa tipe motor yang dijual dengan paket rangkaian drivernya telah memiliki rangkaian control kecepatan yang menyatu didalamnya. Putaran motor tidak lagi berdasarkan tegangan *supply* ke motor, namun berdasarkan tegangan input khusus yang



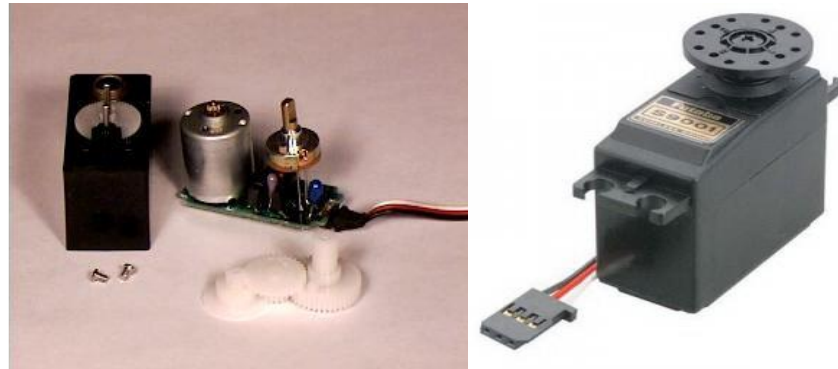
berfungsi sebagai referensi kecepatan output. Motor servo merupakan motor yang diatur dan dikontrol menggunakan pulsa. Motor standard ini memiliki tiga posisi yaitu posisi 0 derajat, posisi 90 derajat, dan posisi 180 derajat. Poros motor servo biasanya dihubungkan dengan suatu mekanisme sehingga dapat membuat / mengontrol pergerakan roda depan pada sebuah mobil mainan. Pada saat poros pada posisi 0 derajat, maka roda mobil mainan akan bergerak kekiri, jika posisi poros pada 90 derajat, maka roda depan mobil maianan akan lurus, sedangkan jika posisi 180 derajat, maka roda depan mobil akan berbelok kekanan.



Gambar 2.4 Pemberian pulsa untuk perputaran motor servo

(sumber : elektronka-dasar.web.id “pulsa motor servo”.2017)

Karena ada tiga posisi utama seperti yang dijelaskan diatas maka dibuatlah secara khusus mengatur motor srvo tersebut, dengan cara memberikan pulsa digital dengan lebar yang berbeda – beda. Jika diberikan pulsa dengan lebar 1.5ms maka motor servo akan berputar 90 derajat, pulsa dengan 1.75 ms akan membuat motor servo menuju 180 derajat, sedangkan pulsa dengan lebar 1.25ms akan membuat motor servo bergerak menuju 0 derajat, motor servo tersebut disebut Motor servo standard yang memiliki batas, hal ini menyebabkan poros servo tidak berputar 360 derajat, sedangkan motor servo *continous* jika diberi puls 1.25ms akan berputar CW dan sedangkan jika diberi 1.75ms maka akan berputar CCW dan juga bila diberi 1,5ms motor servo kan diam tidak bergerak. Pada dasarnya motor servo *continous* akan berputar 360 derajat.



Gambar 2.5 Motor Servo

(sumber : elektronka-dasar.web.id “motor servo”.2017)

2.3.1 Jenis Motor Servo

2.3.1.1 Motor Servo Standar 180°

Motor servo *standart* merupakan motor *servo* yang mampu bergerak CW dan CCW dengan sudut operasi tertentu, misal 60°, 90° atau 180°. sudut maksimal yang diperbolehkan untuk motor *servo standart* adalah 180°. Motor *servo* ini sering dipakai pada sistem robotika yang menggunakan lengan atau kaki.

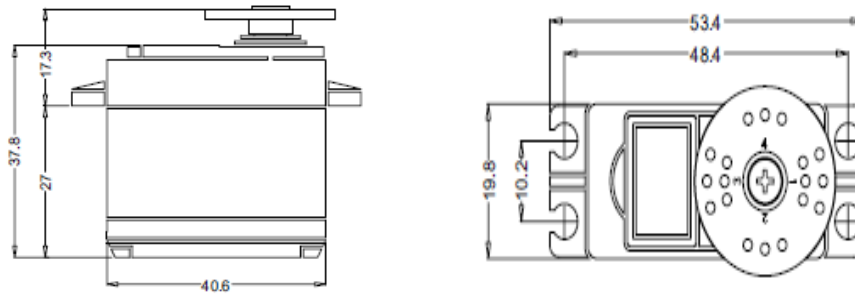
2.3.1.2 Motor Servo Continuous

Motor *servo continous* adalah motor *servo* yang mampu bergerak CW dan CCW tanpa batasan sudut operasi (berputar secara kontinyu). Motor *servo* ini sering digunakan sebagai aktuator pada *mobile robot*. Motor *servo* beroperasi pada tegangan *supply* 4,8 volt hingga 7,2 volt. Bentuk fisik motor *servo* ditunjukkan pada Gambar 2.4. (Averroes, 2009). Gambar 2.4 dibawah merupakan gambar motor servo yang digunakan dan Gambar 2.5 merupakan skematik motor servo.



Gambar 2.6 Motor Servo Standart

(Sumber : Datasheet Motor Servo.pdf)



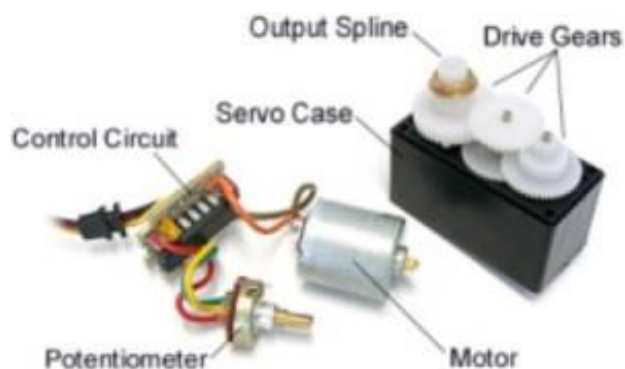
Gambar 2.7 Skematik Motor Servo
(Sumber : Datasheet Motor Servo.pdf)

2.3.2 Keunggulan dan Kelebihan Motor Servo

- Tidak bergetar dan tidak ber-resonansi saat beroperasi.
- Daya yang dihasilkan sebanding dengan ukuran dan berat motor.
- Penggunaan arus listrik sebanding dengan beban yang diberikan.
- Resolusi dan akurasi dapat diubah dengan hanya mengganti *encoder* yang dipakai.
- Tidak berisik saat beroperasi dengan kecepatan tinggi.

2.3.3 Komponen Penyusun Motor Servo

Motor servo pada dasarnya dibuat menggunakan motor DC yang dilengkapi dengan *controller* dan sensor posisi sehingga dapat memiliki gerakan 0° , 90° , 180° atau 360° . Berikut adalah komponen internal sebuah motor servo 180° .



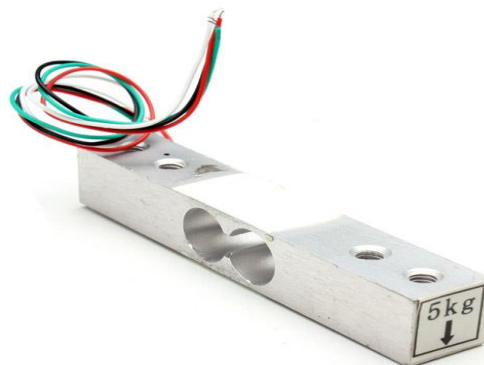
Gambar 2.8 Komponen Penyusun Motor Servo
(Sumber : <http://zoniaelektro.net/motor-servo/>)



Tiap komponen pada motor servo diatas masing-masing memiliki fungsi sebagai *controler*, driver, sensor, *gearbox* 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.

2.4 Sensor Load cell

Load Cell adalah alat elektromekanik yang biasa disebut *Transducer*, yaitu gaya yang bekerja berdasarkan prinsip deformasi sebuah material akibat adanya tegangan mekanis yang bekerja, kemudian merubah gaya mekanik menjadi sinyal listrik. Untuk menentukan tegangan mekanis didasarkan pada hasil penemuan Robert Hooke, bahwa hubungan antara tegangan mekanis dan deformasi yang diakibatkan disebut regangan. Regangan ini terjadi pada lapisan kulit dari material sehingga memungkinkan untuk diukur menggunakan sensor regangan atau Strain Gauge. *Load cell* yang dipakai dalam Tugas Akhir ini memiliki kapasitas berat maksimum 8 kg. Tetapi dalam perancangan tugas akhir dibuat beban pengukuran maksimal 5 kg. Pada saat *load cell* digunakan dengan diberi alas di bawahnya dan tempat di atasnya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 Pada saat dalam kondisi tidak ada beban tegangan keluaran dari *load cell* tersebut adalah 0 V.



Gambar 2. 9 Bentuk Fisik Sensor *Load cell*

(Sumber : www.lapantech.com “ Load cell YZC-133”. 2013)



Keterangan gambar :

- Kabel merah adalah input tegangan sensor
- Kabel hitam adalah input ground sensor
- Kabel hijau adalah output positif sensor
- Kabel putih adalah output ground sensor

Sensor *Load cell* memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Kapasitas 5 Kg.
2. Bekerja pada tegangan rendah 5-10 VDC atau 5-10 VAC.
3. Ukuran sensor yang kecil dan praktis.
4. *Input* atau *output resistance* rendah $350 \pm 50\Omega$.
5. *Zero balance* 0.024 mV/V.
6. *Nonlineritas* 0.05%.
7. *Range temperature* kerja $-10^{\circ}\text{C} - +50^{\circ}\text{C}$

2.4.1 Karakteristik Sensor *Load Cell*

Tabel 2.2 Karakteristik Sensor *Load Cell*

Mechanical	
Housing Material	Aluminium Alloy
Load Cell Type	Strain Gauge
Capacity	5Kg
Dimensions	55.25x12.7x12.7 mm
Mounting Holes	M5 (Screw Size)
Cable Length	550 mm
Cable Size	30 AWG (0.2mm)
Cable – no. Of leads	4
Electrical	
Precision	0.05%
Rated Output	1.0 ± 0.15 mv/V
Non-Linearity	0.05% FS
Hysteresis	0.05% FS
Non-Repeatability	0.05% FS
Creep (per 30 minutes)	0.1% FS
Temperature Effect on Zero (per 10 °C)	0.05% FS
Temperature Effect on Span (per 10 °C)	0.05% FS
Zero Balance	$\pm 1.5\%$ FS
Input Impedance	1130 ± 10 Ohm
Output Impedance	1000 ± 10 Ohm
Insulation Resistance (under 50 VDC)	≤ 5000 Mohm

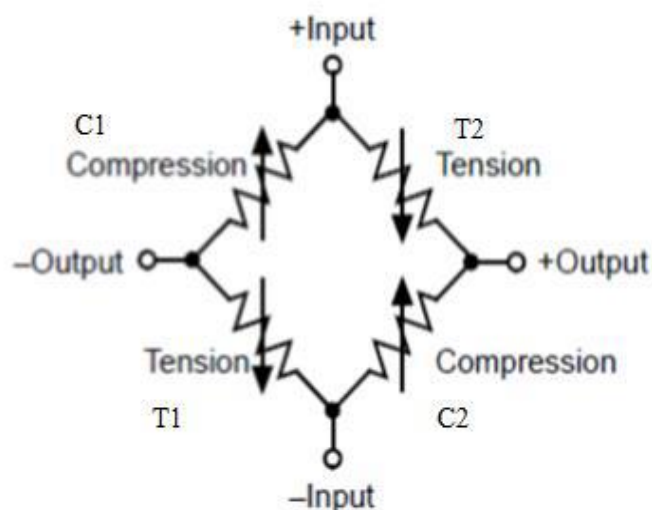
Skripsi



Excitation Voltage	5 VDC
Compensated Temperature Range	-10 to ~+40 °C
Operating Temperature Range	-20 to ~+55 °C
Safe Overload	120 % Capacity
Ultimate Overload	150 % Capacity

2.4.2 Prinsip Kerja Sensor *Load Cell*

Pada saat kondisi awal nilai resistansi pada sensor *load cell* masih normal karena *load cell* belum mendeteksi berat beban, pada saat kondisi sensor *load cell* mendeteksi beban pada inti besi, maka nilai resistansi di *strain gauge* nya akan berubah, sehingga berat beban yang terdeteksi akan menghasilkan tegangan keluaran melalui 2 buah kabel hijau dan putih yang berfungsi sebagai pendeteksi (sensing) yang akan memberikan nilai V_{out} dari *load cell*.



Gambar 2.10 *Wheatstone Bridge*

(Sumber : Elektronka-dasar.web.id"Jembatan wheatstone". 2017)

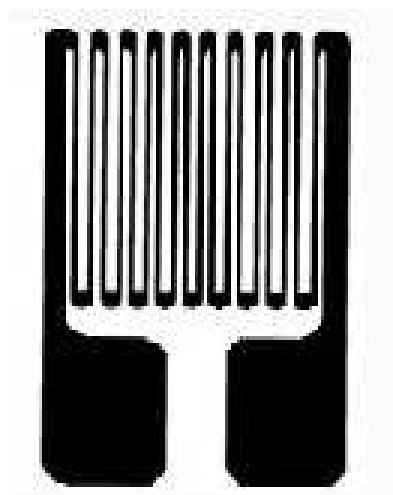
Jembatan *wheatstone* pada gambar 2.5 merupakan diagram sederhana dari sensor *load cell*. Nilai resistansi pada gambar *wheatstone bridge* T1 dan T2 akan berubah ketika sensor *load cell* mendeteksi berat beban, kemudian akan menghasilkan tegangan keluaran melalui *output* (+sig) dan (-sig). Masukan positif (+) dan masukan negatif (-) mengarahkan ke positif (+) eksitasi dan negatif (-) eksitasi. Tenaga atau daya diterapkan ke *load cell* dari indikator berat melalui kontak tersebut. Tegangan *eksetasi* umumnya 10 vdc, dan 15 vdc dan tergantung pada



indikator dan *load cell* yang digunakan. Keluaran positif (+) dan keluaran negatif (-) mengarahkan ke *signal* positif (+) dan *signal* negatif (-). *Signal* yang diperoleh dari *load cell* lalu dikirim ke signal input indikator berat untuk diproses dan menggambarkan nilai berat pada *indikator display* digital.

2.4.3 Strain Gauge

Strain Gauge terdiri dari kawat panjang yang sangat halus yang ditunen bolak-balik didalam suatu dalam kotak dan diletakkan diatas selembar kertas atau plastik yang disebut basis. Sebuah kawat yang umum digunakan adalah paduan tembaga-nikel, dengan diameter sekitar satu seperseribu inci (001 "). Kawat dibentuk zig-zag untuk membentuk suatu *grid* sehingga akan meningkatkan panjang efektif dari kawat yang berada di bawah pengaruh gaya yang diterapkan untuk itu kawat tersebut. Diletakkan diatas dan melekat ke ujung pengukur. *Strain gauges* dapat dibuat sangat kecil, kadang-kadang lebih kecil dari 1 / 64 ". Ini adalah sebuah ukuran yang disemen atau dicetak ke benda logam yang kuat, biasanya disebut sebagai beban penerima elemen, untuk membuat sebuah *load cell*. Alat pengukur dikonfigurasi ke dalam rangkaian yang disebut Jembatan *Wheatstone Bridge*.

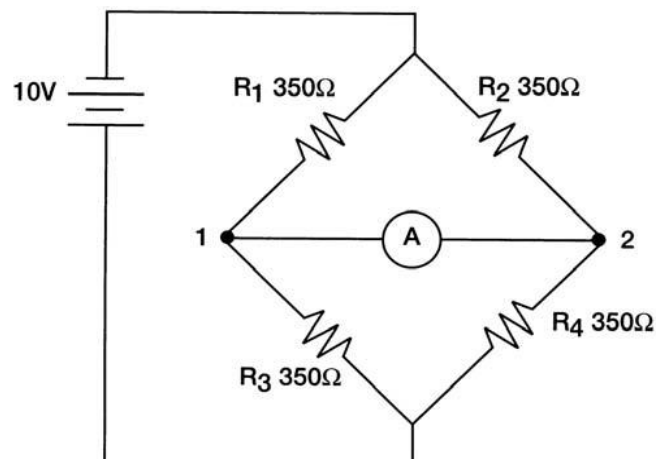


Gambar 2.11 *Strain Gauge*

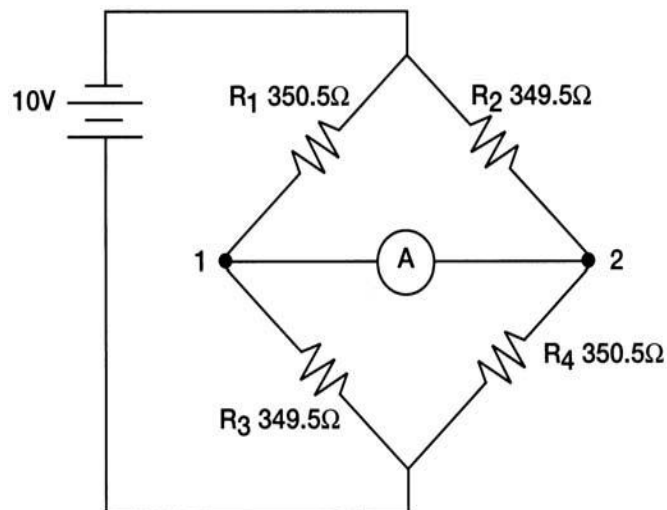
(Sumber : Jurnal *Strain Gauge.pdf*)

2.4.4 *Wheatstone Bridge*

Jembatan *wheatstone* digunakan sebagai pengkondisi sinyal yang di hasilkanoleh sensor *load cell*. Berikut gambar jembatan *wheatstone* :

Gambar 2.12 Keseimbangan jembatan *wheatstone*(sumber : <https://loadcellteori.wordpress.com>)

Bila daya digunakan untuk menjembatani ini, arus yang mengalir dicabang R1/R3 sama dengan arus yang mengalir di R2/R4 cabang. Hal ini benar karena semua resistor adalah sama. Karena tidak ada perbedaan tegangan antara titik 1 dan 2 pada aliran arus melalui ammeter tersebut. Jembatan ini berada dalam kondisi seimbang.

Gambar 2.13 Ketidakseimbangan jembatan *wheatstone*(sumber : <https://loadcellteori.wordpress.com>)

Seperti pada gambar diatas, jembatan menjadi tidak seimbang. Sebenarnya ada tiga jalur untuk aliran arus dalam rangkaian ini.

- A. Jalur 1 terminal baterai negatif melalui R2 dan R4 kembali keterminal baterai Positif



- B. Jalur 2 terminal baterai negatif melalui R1 dan R3 kembali ke terminal baterai positif.
- C. Jalur 3 terminal baterai negatif melalui R2, amperemeter, R3 dan kembali ke positif terminal baterai.

Perhatikan saat ini terdapat aliran arus melalui amperemeter tersebut. Aliran arus ini adalah hasil dari perbedaan potensial antara poin 1 dan 2. Semakin besar beda potensial, aliran arus semakin besar yang melalui amperemeter tersebut. Dengan teori tentang *strain gauge* dan teori-teori jembatan *Wheatstone*, prinsip kerja *Load Cell* ini terbangun. Seperti berat ditempatkan di atas garis, panjang garis akan menurun. garis ini juga akan menjadi "besar," atau menonjol keluar. Dua *strain* pengukur ditempatkan berlawanan satu sama lain untuk menanggapi secara proporsional terhadap perubahan panjang tersebut. Dua alat pengukur lainnya ditempatkan pada sisi berlawanan dari garis dan merespon perubahan tonjolan garis itu. Sejak sepasang alat ukur regangan dipasang mereka kawat menjadi lebih pendek diameter kawat menjadi lebih besar dan mengurangi resistensi mereka. Yang lainnya sepasang pengukur regangan diposisikan yang akan memperpanjang kabel tersebut, sehingga akan menurunkan diameter dan meningkatkan Resistansi kawat tersebut. Jika menggantungkan berat yang sama dari bagian bawah garis, bukan menekan garis. Alat pengukur garis dan regangan akan bertindak dalam arah yang berlawanan tapi masih dalam peregangan dan penekanan.

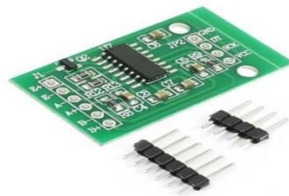
2.5 Modul Amplifier HX711

Load Cell adalah transduser (*transducer*, komponen elektronika yang dapat mengukur besaran fisik menjadi sinyal elektrik) yang dapat mengubah tekanan oleh beban menjadi *signal* elektrik. 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, sepersejuta Volt), dibutuhkan rangkaian pengubah sinyal analog menjadi digital yang sangat presisi, untuk itulah disertakan modul HX711 yang beresolusi 24 bit (16,7+ juta undakan pada tangga ADC).

Modul HX711 merupakan modul *amplifier* yang biasa digunakan dalam rangkaian timbangan sebagai modul konversi sinyal analog *load cell* ke digital. Memiliki presisi tinggi 24 ADC *high gain input* yang didesain untuk berbagai sensor berjenis *Bridge*. Dengan dua channel A dan B (fix *gain* 32) yang berkomunikasi secara multiplex, modul ini dapat di program untuk *gain* 128 atau 64 (20mV atau 40mV).



Gambar 2.14 HX711

(sumber : Vcc2GND.com “skematik HX711”.2017)

Spesifikasi Teknis modul HX711 *Weight Scale ADC Module* :

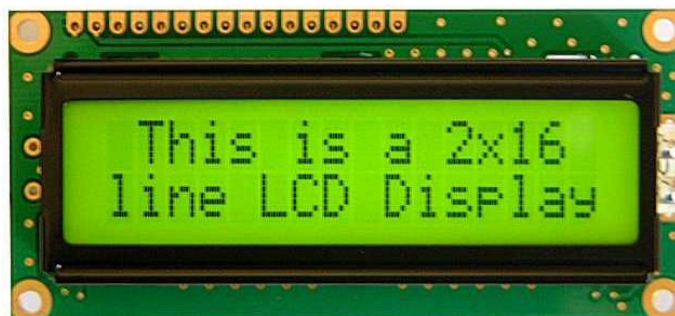
- Dua kanal ADC (dapat digunakan untuk 2 *load cell*) dengan keluaran TTL (serial tersinkronisasi, DI dan SCK).
- Tegangan operasional 5 Volt DC
- Tegangan masukan diferensial ± 40 mV pada skala penuh
- Akurasi data 24 bit (24-bit ADC)
- Frekuensi pembacaan (*refresh rate*) 80 Hz
- Konsumsi arus kurang dari 10 mA
- Ukuran: 38 x 21 mm dengan berat 20 gram

2.6 LCD (*Liquid Cristal Display*)

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. 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.



Gambar 2.15 *Liquid Cristal Display*

(sumber : Elektronka-dasar.web.id “LCD 16x2”, 2012)

Spesifikasi pada LCD 16x2 adalah sebagai berikut :

- Terdiri dari 16 kolom dan 2 baris
- Mempunyai 192 karakter yang tersimpan
- Tegangan kerja 5V
- Memiliki ukuran yang praktis

2.6.1 Pengendali LCD (*Liquid Cristal Display*)

Dalam modul LCD (*Liquid Cristal Display*) terdapat microcontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (*Liquid Cristal Display*). Microntroller pada suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) dilengkapi



dengan memori dan *register*. Memori yang digunakan microcontroler 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.

2.6.2 Prinsip Kerja LCD 16x2

Prinsip kerja LCD 16x2 adalah dengan menggunakan lapisan film yang berisi kristal cair dan diletakkan di antara dua lempeng kaca yang telah dipasang elektroda logam transparan. Saat tegangan dicatukan pada beberapa pasang elektroda, molekul-molekul kristal cair akan menyusun agar cahaya yang mengenainya akan diserap. Dari hasil penyerapan cahaya tersebut akan terbentuk 18 huruf, angka, atau gambar sesuai bagian yang diaktifkan. Untuk membentuk karakter atau gambar pada kolom dan baris secara bersamaan digunakan metode *screening*. Metode *screening* adalah mengaktifkan daerah perpotongan suatu kolom dan baris secara bergantian dan cepat sehingga seolah-olah aktif semua (Setiawan, “*Mikrokontroler ATMEGA 8535 Bascom-AVR*”, 2010 : 27)

2.6.3 Deskripsi Pin LCD 16x2

Berikut ini tabel deskripsi pin pada LCD 16x2

Tabel 2.3 Deskripsi pin pada LCD

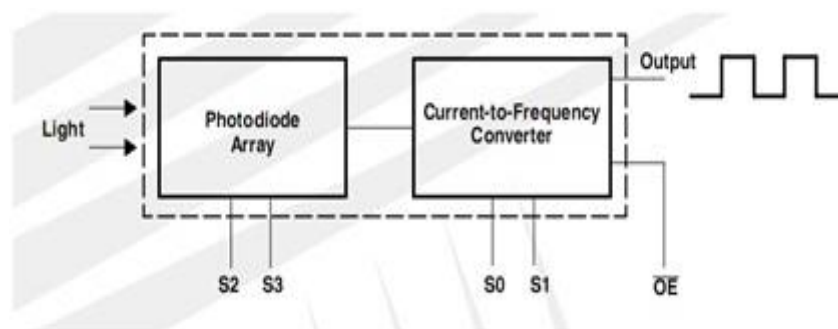
NO	Simbol	I / O	Diskripsi
1	VSS	--	Ground
2	VCC	--	+5 V power suplay



3	VEE	--	Power supply source to control contrast
4	RS	I	Register select: RS = 0 to select instruksi. Command register; RS =1 to select data reg.
5	R /W	I	Read/Write: R/W =0 for write, R/W= 1 for read
6	E	I	Enable
7	DB0	I/O	The 8-bit data bus
8	DB1	I/O	The 8-bit data bus
9	DB2	I/O	The 8-bit data bus
10	DB3	I/O	The 8-bit data bus
11	DB4	I/O	The 8-bit data bus
12	DB5	I/O	The 8-bit data bus
13	DB6	I/O	The 8-bit data bus
14	DB7	I/O	The 8-bit data bus

2.7 Sensor Warna TCS 3200

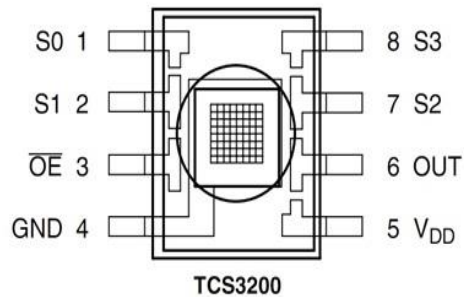
TCS3200 adalah IC pengkonversi warna cahaya ke nilai frekuensi. Ada dua komponen utama pembentuk IC ini, yaitu photodiode dan pengkonversi arus ke frekuensi. Keluaran dari sensor ini sendiri berupa output digital yang berbentuk pulsa pulsa hasil pembacaan warna RGB. Berikut block diagram dari TCS 3200 :



Gambar 2.16 Block Diagram TCS3200

(sumber : www.ams.com "datasheet TCS3200" .2011)

Hubungan Antar muka sensor ini dengan arduino cukup mudah, yaitu dengan menghubungkan pin-pin dalam sensor ini kedalam pin I/O digital arduino dan pin catu daya



Gambar 2.17 Pin TCS3200

(sumber : .www. circuitdigest.com” TCS3200”.2010)

Tabel 2.4 Fungsi dari pin-pin diatas dijelaskan dalam tabel dibawah ini :

Nama	No	I/O	Discription
GND	4		Ground
OE	3	I	Enable for active low
OUT	6	O	Output frekuensi
S0,S1	1,2	I	Output Frekuensi scaling selection input
S2,S3	7,8	I	Photodiode type selection input
VDD	5		Supply voltage

Pada prinsipnya pembacaan warna pada TCS 3200 dilakukan secara bertahap yaitu membaca frekuensi warna dasar secara simultan dengan cara memfilter pada tiap tiap warna dasar. Untuk itu diperlukan sebuah pengaturan atau pemrograman untuk memfilter tiap-tiap warna tersebut. Berikut tabel pengaturan pemfilteran warna yang terdapat pada TCS3200 :

Tabel 2.5 Pengukuran pemfilteran warna pada TCS3200

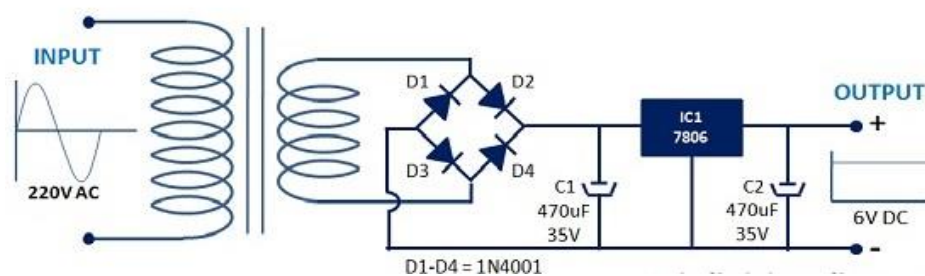
S2	S3	Photodiode type
L	L	Red
L	H	Blue
H	L	Clear (no filter)
H	H	Green
S2	S3	Photodiode type
L	L	Red



2.8 Rangkaian Catu Daya

Rangkaian catu daya atau *power supply* merupakan rangkaian yang berfungsi memberikan catu daya pada rangkaian pengendali yang dibuat. Catu daya yang dihasilkan dari rangkaian ini digunakan sebagai *supply* daya ke Arduino dimana tegangan telah diturunkan sesuai dengan daya yang dibutuhkan. Tegangan yang masuk sebesar 220 VAC akan diturunkan menjadi 12 VAC, kemudian arus AC disearahkan dengan rangkaian *diode bridge* menjadi arus DC. Kemudian diturunkan menjadi 5 VDC (Nasrullah, 2011) yang didapat dari regulasi trafo oleh IC penstabil 7805 (LM7805). Secara jenis atau macam-macam adaptor meliputi :

1. Adaptor DC *Converter*, Merupakan jenis adaptor yang bekerja dengan merubah tegangan DC yang besar menjadi tegangan DC yang kecil. Contohnya tegangan 12 Volt menjadi 6 Volt
2. Adaptor *step up* dan *step down* . merupakan jenis adaptor yang bekerja dengan merubah tegangan AC yang kecil menjadi tegangan AC yang besar. Contohnya tegangan 110 Volt menjadi 220 Volt
3. Adaptor *step down* merupakan jenis adaptor yang bekerja dengan merubah tegangan AC yang besar menjadi tegangan AC yang kecil
4. Adaptor *inverter* , merupakan jenis adaptor yang bekerja dengan merubah tegangan DC yang kecil menjadi tegangan AC yang besar
5. Adaptor *power supply*, merupakan jenis adaptor yang bekerja dengan merubah tegangan AC yang besar menjadi tegangan DC yang kecil. Contohnya tegangan 220 Volt AC menjadi tegangan 6 Volt, 9 Volt atau 12 Volt DC



Gambar 2.18 Rangkaian Sederhana *Power Supply*

(sumber : <http://teknikelektronika.com>” Adaptor 5 Volt”.2017)