

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sensor Garis

Sensor garis berfungsi untuk mendeteksi warna dari permukaan yang berada di bawah robot penjejak garis dengan maksud agar sensor garis ini dapat menghasilkan logika posisi dari robot. Logika posisi yang dihasilkan oleh sensor garis ini kemudian akan dijadikan input ke mikrokontroler pada robot. Pada sensor garis, komponen yang digunakan adalah photodiode sebagai penerima cahaya, dan LED sebagai pemancar cahaya.

2.1.1 Photodiode



Gambar 2.1 Photodiode

Photodiode atau diode cahaya adalah diode yang dapat bekerja seperti layaknya diode biasa namun membutuhkan suatu berkas cahaya yang mengenal salah satu penampang/ lapisan penyusunnya. Dalam kehidupan sehari-hari, photodiode sering digunakan sebagai komponen penyusun sensor optik selain phototransistor dan/atau *light dependent resistor* (LDR). Dalam dunia robotika, photodiode banyak digunakan untuk membuat sensor pendeteksi garis pada robot pengikut garis (*line follower robot*), untuk membuat sensor pendeteksi cahaya (*light follower robot*), atau untuk komponen sensor pendeteksi kecepatan putar motor pada *rotary encoder* (Taufiq Dwi Septian Suyadi, 2012).

Prinsip kerja dari photodiode ini yaitu apabila energi cahaya menghujani persambungan *pn*, ia juga dapat mengeluarkan elektron – elektron valensi. Dengan perkataan lain, jumlah cahaya yang menghujani persambungan dapat

mengendalikan arus balik di dalam dioda. Photodioda adalah satu alat yang dibuat untuk berfungsi paling baik berdasarkan kepekaannya terhadap cahaya. Pada dioda ini, sebuah jendela memungkinkan cahaya untuk masuk melalui pembungkus dan mengenai persambungan. Cahaya yang datang menghasilkan elektron bebas dan *hole* di kedua sisi, dimana elektron akan mengalir ke arah positif sumber tegangan sedangkan *hole* yang dihasilkan mengalir ke arah negatif sumber tegangan sehingga arus akan mengalir di dalam rangkaian. Makin kuat cahayanya, makin banyak jumlah electron dan *hole* yang dihasilkan dan makin besar arus baliknya (Marlvino Barmawi, 2005).

2.1.2 *Light Emitting Diode (LED)*



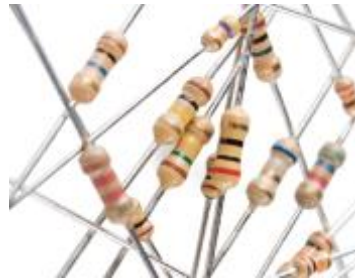
Gambar 2.2 *Light Emitting Diode (LED)*

LED adalah salah satu jenis dioda dengan fungsi khusus. LED digunakan sebagai lampu indicator pada beberapa aplikasi elektronika. LED memiliki konsumsi tegangan rendah, usia pemakaian panjang dan kecepatan penyaklaran cepat. LED hampir sama dengan dioda biasa. Bedanya, jika pada dioda biasa energi dikeluarkan dalam bentuk panas (disipasi daya) maka pada LED, energinya dikeluarkan dalam bentuk pancaran cahaya (Taufiq Dwi Septian Suyadhi, 2012).

Pada dioda berprategangan maju, elektron bebas melintasi persambungan dan jatuh ke dalam lubang (*hole*). Pada saat elektron ini jatuh dari tingkat energi yang lebih tinggi ke tingkat energi yang lebih rendah, ia memancarkan energi. Pada dioda – dioda biasa, energi ini keluar dalam bentuk panas. Tetapi pada dioda pemancar cahaya (*Light Emitting Diode*) energi memancar sebagai cahaya. LED telah menggantikan lampu – lampu pijar dalam beberapa pemakaian karena tegangannya yang rendah, umurnya yang panjang, dan switch mati-hidupnya yang cepat. Dioda – dioda biasa dibuat dari silikon, yaitu bahan buram yang menghalangi

pengeluaran cahaya. LED berbeda. Dengan menggunakan unsur – unsur seperti gallium, arsen, dan fosfor, pabrik dapat menghasilkan LED yang memancarkan cahaya merah, hijau, kuning, biru, jingga, atau infra merah (tak tampak). LED yang menghasilkan pemancaran di daerah cahaya tampak amat berguna dalam instrumentasi, dan sebagainya (Marlvino Barmawi, 2005).

2.1.3 Resistor



Gambar 2.3 Resistor

Resistor adalah komponen dasar elektronika yang digunakan untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam satu rangkaian elektronika. Maksudnya adalah bahwa sebuah resistor dengan nilai resistansi tertentu berfungsi untuk membatasi arus listrik yang akan dialirkan ke suatu (beberapa) komponen elektronika lain sehingga komponen tersebut dapat bekerja sesuai karakteristik masing – masing.

Bahan pembuat resistor adalah komposisi karbon. Dalam SI (standard internasional), satuan resistansi dari suatu resistor disebut Ohm, dilambangkan dengan simbol Ω (Omega). Satuan ini diambil dari nama penemunya, yaitu Simon Georg Ohm. Resistor yang ada di pasaran memiliki beberapa ukuran yang mana ukuran itu tergantung nilai daya resistor tersebut. Semakin besar ukuran fisik suatu resistor akan menunjukkan semakin besar ukuran kemungkinan terjadinya disipasi daya resistor tersebut. Ukuran daya resistor yang umum ada di pasaran adalah $\frac{1}{4}$ watt, $\frac{1}{2}$ watt, 1 watt, 2 watt, 5 watt, 10 watt, dan 20 watt. Kita dapat menggunakannya sesuai kebutuhan (Taufiq Dwi Septian Suyadhi, 2012). Terdapat jenis – jenis resistor, yaitu resistor tetap dan resistor variabel.

1. Resistor Tetap (Fixed Resistor)

a. Resistor Komposisi Karbon (Carbon Composition Resistor)

Jenis Resistor komposisi karbon dibuat dari campuran karbon atau grafit dengan bahan isolasi yang berfungsi untuk membungkusnya. Jenis Resistor komposisi karbon merupakan resistor jenis rendah yang memiliki induktansi yang rendah sehingga sangat ideal dipergunakan dalam frekuensi tinggi tetapi umumnya resistor jenis ini cukup mengganggu karena menimbulkan noise dan kurang stabil ketika panas. Jenis Resistor komposisi karbon merupakan jenis resistor yang tergolong murah dipasaran dan umumnya dipergunakan dalam suatu rangkaian listrik.

b. Resistor Film

Jenis Resistor film dibedakan berdasarkan bahan pembuatannya yaitu resistor film metal, resistor film karbon, resistor film oxide. Jenis resistor film umumnya dibuat dengan memasukkan logam murni, seperti nikel atau sebuah film oxide seperti tin-oxide yang dimasukkan kedalam keramik batang.

- Resistor Film Karbon

Film tipis karbon yang diendapkan atau dibungkus isolator yang dipotong berbentuk spiral. Nilai resistansinya tergantung pada proporsi antara karbon dan isolator. Pada prinsipnya semakin besar campuran bahan karbonnya yang terdapat pada resistor maka semakin kecil nilai resistansi yang didapatkan.

Nilai resistansi resistor film karbon yang umumnya terdapat di pasaran berkisar diantara 1Ω hingga $10M\Omega$ dengan nilai daya berkisar $1/6W$ sampai $5W$.

- Resistor Film Metal

Jenis Resistor jenis film metal memiliki kestabilan suhu yang lebih baik dibanding film karbon, tidak mudah noise serta memiliki frekuensi yang lebih baik atau diaplikasikan dalam frekuensi radio. Metal Film Resistor adalah jenis Resistor yang dilapisi dengan Film logam yang tipis ke Subtrat Keramik dan dipotong berbentuk spiral. Nilai Resistansinya dipengaruhi oleh panjang, lebar dan ketebalan spiral logam. Resistor film oxide merupakan yang terbaik dalam mengalirkan arus gelombang dengan suhu yang lebih tinggi dibanding resistor film metal.

c. Resistor Kawat (Wirewound Resistor)

Satu lagi tipe jenis resistor tetap yaitu resistor kawat, resistor ini dibuat dengan cara melilitkan kawat kedalam keramik lalu membungkusnya dengan bahan isolator. Bentuk fisik dari resistor ini cukup bervariasi dan memiliki ukuran yang relatif besar. Karena jenis resistor kawat umumnya memiliki besaran resistansi yang tergolong tinggi dan tahan terhadap temperatur tinggi, resistor ini hanya digunakan pada rangkaian power. Resistor kawat umumnya ditulis dengan awalan "WH" atau "W" contohnya (WH10 Ω) dan tersedia dalam kemasan WH aluminium ($\pm 1\%$, $\pm 2\%$, $\pm 5\%$ & $\pm 10\%$ toleransi) atau W yang ditutupi enamel (seperti kaca) memiliki ($\pm 1\%$, $\pm 2\%$ & $\pm 5\%$ toleransi) dengan daya dari 1W to 300W atau lebih.

2. Resistor Variabel

Jenis Resistor variabel atau disebut resistor tidak tetap merupakan jenis resistor yang nilai resistansinya tau tahanannya dapat berubah dan diatur sesuai denganyang diinginkan. Pada dasarnya variabel resistor terbagi menjadi Potensiometer, Rheostat dan Trimpot.

a. Potensiometer

Potensiometer merupakan jenis variable resistor yang paling sering digunakan. Potensiometer merupakan jenis Variable Resistor yang nilai resistansinya dapat berubah-ubah dengan cara memutar porosnya melalui sebuah Tuas yang terdapat pada Potensiometer. Nilai Resistansi Potensiometer biasanya tertulis di badan Potensiometer dalam bentuk kode angka.

Pada umumnya, perubahan resistansi pada potensiometer terbagi menjadi 2, yakni linier dan logaritmik. Yang dimaksud dengan perubahan secara linier adalah perubahan nilai resistansinya berbanding lurus dengan arah putaran pengaturnya. Sedangkan, yang dimaksud dengan perubahan secara logaritmik adalah perubahan nilai resistansinya yang didasarkan pada perhitungan logaritmik.

Untuk membedakan potensiometer linier dan logaritmik cukup melihat kode huruf yang mana huruf A menandakan potensiometer linier sedangkan huruf B menandakan potensiometer logaritmik.

b. Rheostat

Rheostat merupakan jenis jenis Variabel Resistor yang dapat beroperasi pada Tegangan dan Arus yang tinggi. Rheostat terbuat dari lilitan kawat resistif dan

pengaturan Nilai Resistansi dilakukan dengan penyapu yang bergerak pada bagian atas Toroid.

c. Preset Resistor (Trimpot)

Preset Resistor atau sering juga disebut dengan Trimpot (Trimmer Potensiometer) adalah jenis Variable Resistor yang berfungsi seperti Potensiometer tetapi memiliki ukuran yang lebih kecil dan tidak memiliki Tuas. Untuk mengatur nilai resistansinya, dibutuhkan alat bantu seperti Obeng kecil untuk dapat memutar porosnya.

Sifat dan fisik trimpot sebenarnya sama dengan potensiometer yang membedakan ukuran trimpot jauh lebih kecil. Perubahan nilai resistansinya juga dibagi menjadi 2, yakni linier dan logaritmik yang mana huruf A trimpot linier dan huruf B trimpot logaritmik.

d. Thermistor (Thermal Resistor)

Thermistor adalah jenis resistor yang nilai resistansinya dapat berubah karena dipengaruhi oleh suhu (Temperature). Thermistor merupakan Singkatan dari “Thermal Resistor”. Terdapat dua jenis Thermistor yaitu Thermistor NTC (Negative Temperature Coefficient) dan Thermistor PTC (Positive Temperature Coefficient).

e. LDR (*Light Dependent Resistor*)

LDR atau *Light Dependent Resistor* adalah jenis Resistor yang nilai Resistansinya dapat berubah karena dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang diterimanya.

2.2 Arduino Mega 2560



Gambar 2.4 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah *board* arduino yang menggunakan IC mikrokontroler ATmega 2560. *Board* ini memiliki 54 digital *input/output* (15 buah di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 16 buah analog input, 4 UARTs (universal *asynchronous receiver/transmitter*), osilator Kristal 16MHz, koneksi USB, *jack power* socket ICSP (*In-Circuit System Programming*), dan tombol reset. Spesifikasi *board* arduino mega 2560 dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Tabel Spesifikasi Arduino Mega 2560

Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroler	ATmega 2560
Tegangan Operasional	5V
Tegangan Input (rekomendasi)	7 – 12V
Tegangan Input (limit)	6 – 20V
Pin Digital I/O	54 (15 buah diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM)
Pin Analog Input	16 (A0 s.d A15)
Arus DC per Pin I/O	40 mA
Arus DC untuk Pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256 KB, 8 KB digunakan untuk bootloader
SRAM	8 KB

EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Semua pin digital yang terdapat pada arduino mega 2560 dapat digunakan baik sebagai input maupun output dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Tegangan output setiap pin adalah 5 Volt. Arus maksimum yang dapat diberikan dan diterima sebesar 40 mA. Pada pin digital ini jug terdapat internal *pull up* resistor sebesar 20-50 KOhm. Beberapa pin memiliki fungsi khusus seperti berikut.

Arduino Mega 2560 memiliki kemampuan untuk berkomunikasi dengan computer, *board* arduino lain, dan mikrokontroler lainnya. ATmega 2560 memiliki 4 buah UART untuk komunikasi serial TTL. Pin 0 dan 1 terhubung langsung dengan IC ATmega16U2 USB to TTL Serial chip. IC tersebut merupakan IC konverter USB ke serial. TTL LED RX dan TX pada *board* akan menyala saat ada data yang dikirim melalui ATmega16U2 dan koneksi ke komputer melalui USB. Berikut ini port serial yang ada pada arduino mega 2560, yaitu:

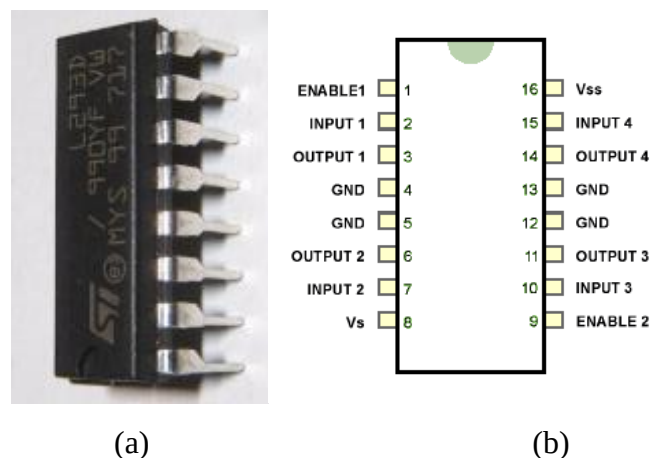
1. Port Serial: pin 0 (RX) dan pin 1 (TX); Port Serial 1: pin 19 (RX) dan pin 18 (TX); Port Serial 2: pin 17 (RX) dan pin 16 (TX); Port Serial 3: pin 15 (RX) dan pin 14 (TX). Pin RX digunakan untuk menerima data serial TTL dan Pin TX untuk mengirim data serial TTL.
2. External Interrupts: pin 2 (interrupt 0), pin 3 (interrupt 1), pin 18 (interrupt 5), pin 19 (interrupt 4), pin 20 (interrupt 3), dan pin 21 (interrupt 2).
3. PWM: pin 2 s.d pin 13 dan pin 44 s.d pin 46. Pin – pin tersebut dapat digunakan sebagai output PWM 8 bit.
4. SPI: pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI), pin 52 (SCK), pin 53 (SS). Digunakan untuk komunikasi SPI.
5. LED: pin 13. Terdapat LED yang terhubung dengan Pin 13.
6. TWI: pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL). Pin – pin tersebut dapat digunakan untuk komunikasi TWI. ATmega 2560 juga mendukung komunikasi TWI dan SPI. Software arduino memiliki *wire library* dan *SPI library* untuk mempermudah penggunaan fitur komunikasi TWI dan SPI.

7. Arduino Mega 2560 juga memiliki 16 buah input analog (ADC), yaitu pin A0 s.d A15. Setiap input memiliki resolusi sebesar 10 bit.

2.3 Motor Driver L293

Pengendalian motor DC bertujuan untuk mengendalikan arah putaran dan kecepatan putaran motor. Pengendalian arah putaran dapat dilakukan dengan membalik polaritas tegangan yang mencatu motor. Pengendalian kecepatan putaran dapat dilakukan dengan mengatur besar kecilnya arus yang mencatu motor. Pada rangka pengendalian motor perlu ada rangkaian yang menjembatani antara rangkaian control yang umumnya memiliki sinyal lemah, dengan kebutuhan arus yang besar untuk motor. Rangkaian tersebut dinamakan rangkaian *driver* motor.

Untuk pengendalian motor DC dapat digunakan sebuah IC L293. IC L293 merupakan IC yang memang dibuat khusus untuk tujuan pengendalian motor. Adanya IC ini membuat rangkaian *driver* pengendali motor menjadi lebih sederhana. Bentuk dan diagram pin-out IC L293 seperti gambar berikut ini.

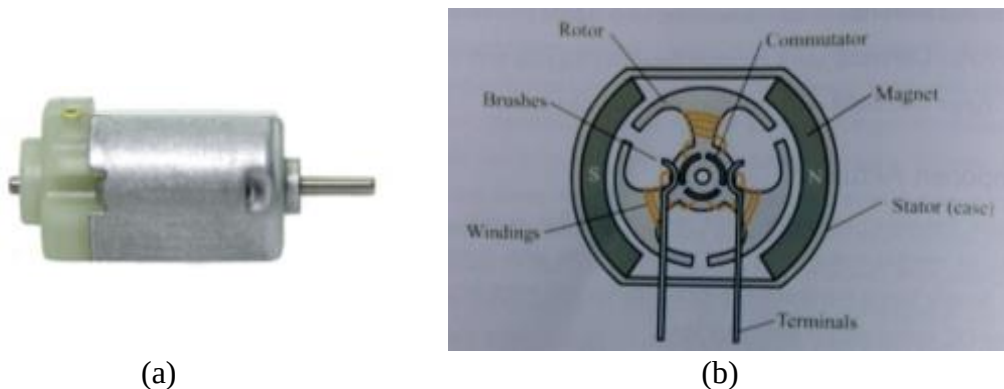


Gambar 2.5 (a) IC L293; (b) Diagram pin IC L293

IC aktif ketika input EN diberi tegangan positif (logika *high*). Motor akan berputar jika IC aktif dan kondisi kedua input A dan input B tidak sama. Motor akan berputar ke kanan jika input A diberi *high* dan input B diberi *low*. Sebaliknya, motor akan berputar ke kiri jika input A diberi *low* dan input B diberi *high*. Untuk menghentikan putaran motor dapat dilakukan dengan member *high* atau *low* pada kedua input atau dengan memberi *low* pada input EN (Edy Noviyanto, 2015).

2.4 Motor DC

Motor DC merupakan motor yang diaktifkan dengan sumber tegangan searah. Motor jenis ini merupakan motor yang paling murah dan sederhana. Konstruksi motor DC terdiri dari stator dan rotor. Stator merupakan bagian yang tetap dan menghasilkan medan magnet sedangkan rotor adalah bagian yang berputar. Wujud dan konstruksi motor DC seperti gambar di bawah.

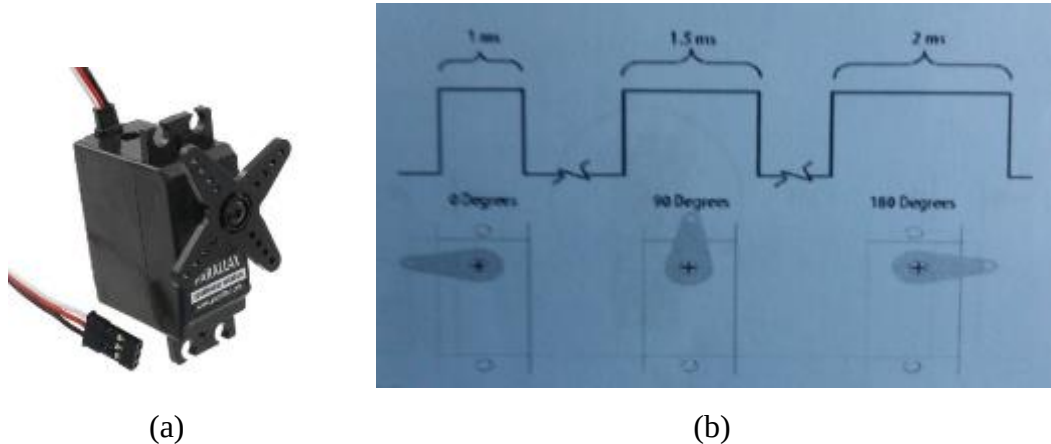


Gambar 2.6 (a) Motor DC; (b) Konstruksi motor DC

Hal yang perlu diperhatikan terkait dengan spesifikasi dari motor DC, yaitu besar tegangan dan arus. Tegangan dan arus mempengaruhi kecepatan dan torsi yang dihasilkan. Semakin besar tegangan yang diberikan ke motor maka motor akan memiliki torsi yang lebih besar. Tegangan standar untuk keperluan motor robot biasanya 6V, 12V, dan 24V. Dengan mengubah – ubah besarnya tegangan tersebut kita akan memperoleh besar torsi yang diinginkan. Namun demikian sebaiknya dalam memberikan supply ke motor tidak melebihi tegangan maksimum dan arus maksimum yang diijinkan. Pemberian tegangan dan arus yang melebihi batas maksimum akan menyebabkan kumparan dalam motor panas dan memungkinkan terbakar (Edy Noviyanto, 2015).

2.5 Motor Servo

Terdapat 2 tipe motor servo yaitu servo standar dan servo *continuous*. Dimana biasanya untuk tipe standar hanya dapat melakukan pergerakan sebesar 180° sedangkan untuk tipe *continuous* dapat melakukan rotasi atau 360° .



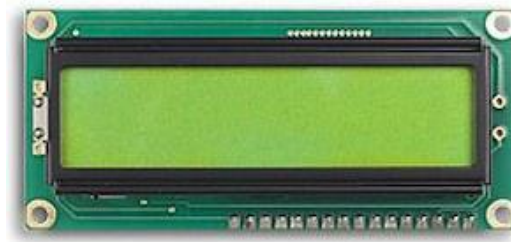
Gambar 2.7 (a) Motor servo; (b) Perubahan sudut putar yang diatur lebar pulsa

Secara umum sebagaimana diperlihatkan pada gambar, untuk mengakses motor servo tipe standar adalah dengan cara memberikan pulsa *high* selama 1,5 ms dan mengulangnya setiap 20 ms, maka posisi servo akan berada ditengah atau netral 90° . Untuk 1 ms maka akan bergerak berkebalikan arah jarum jam dengan sudut 0° . Dan pulsa *high* selama 2 ms akan bergerak searah jarum jam sebesar 180° (Mada Sanjaya WS, 2016).

2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

Fungsi *display* dalam suatu aplikasi mikrokontroler sangat penting sekali, diantaranya untuk:

1. Memastikan data yang kita input valid
2. Mengetahui hasil suatu proses
3. Memonitoring suatu proses
4. Mendebug program
5. Menampilkan pesan



Gambar 2.8 Modul LCD 2x16

Modul LCD *Character* dapat dengan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler. LCD mempunyai lebar *display* 2 baris 16 kolom atau biasa disebut sebagai LCD *Character* 2x16, dengan 16 pin konektor (Mada Sanjaya WS, 2016). Secara umum pin-pin LCD diterangkan sebagai berikut:

Pin 1 dan 2

Merupakan sambungan catu daya, Vss dan Vdd. Pin Vdd dihubungkan dengan tegangan positif catu daya, dan Vss pada 0V atau ground. Meskipun data menentukan catu 5 Vdc (hanya pada beberapa mA), menyediakan 6V dan 4.5V yang keduanya bekerja dengan baik, bahkan 3V cukup untuk beberapa modul.

Pin 3

Pin 3 merupakan pin kontrol Vee, yang digunakan untuk mengatur kontras display. Idealnya pin ini dihubungkan dengan tegangan yang bisa dirubah untuk memungkinkan pengaturan terhadap tingkatan kontras display sesuai dengan kebutuhan, pin ini dapat dihubungkan dengan variable resistor sebagai pengatur kontras.

Pin 4

Pin 4 merupakan Register Select (RS), masukan yang pertama dari tiga command control input. Dengan membuat RS menjadi high, data karakter dapat ditransfer dari dan menuju modulnya.

Pin 5

Read/Write (R/W), untuk memfungsikan sebagai perintah write maka R/W low atau menulis karakter ke modul. R/W high untuk membaca data karakter atau informasi status dari register-nya.

Pin 6

Enable (E), input ini digunakan untuk transfer aktual dari perintah-perintah atau karakter antara modul dengan hubungan data. Ketika menulis ke display, data ditransfer hanya pada perpindahan high atau low. Tetapi ketika membaca dari display, data akan menjadi lebih cepat tersedia setelah perpindahan dari low ke high dan tetap tersedia hingga sinyal low lagi.

Pin 7-14

Pin 7 sampai 14 adalah delapan jalur data/data bus (D0 sampai D7) dimana data dapat ditransfer ke dan dari display.

Pin 16

Pin 16 dihubungkan kedalam tegangan 5 Volt untuk memberi tegangan dan menghidupkan lampu latar/Back Light LCD.

Cara kerja LCD yaitu pada aplikasi umumnya RW diberi logika rendah “0”. Bus data terdiri dari 4-bit atau 8-bit. Jika jalur data 4-bit maka yang digunakan ialah DB4 sampai dengan DB7. Sebagaimana terlihat pada table diskripsi, interface LCD merupakan sebuah parallel bus, dimana hal ini sangat memudahkan dan sangat cepat dalam pembacaan dan penulisan data dari atau ke LCD. Kode ASCII yang ditampilkan sepanjang 8-bit dikirim ke LCD secara 4-bit atau 8 bit pada satu waktu. Jika mode 4-bit yang digunakan, maka 2 nibble data dikirim untuk membuat sepenuhnya 8-bit (pertama dikirim 4-bit MSB lalu 4-bit LSB dengan pulsa clock EN setiap nibblenya). Jalur kontrol EN digunakan untuk memberitahu LCD bahwa mikrokontroller mengirimkan data ke LCD. Untuk mengirim data ke LCD program harus menset EN ke kondisi high “1” dan kemudian menset dua jalur kontrol lainnya (RS dan R/W) atau juga mengirimkan data ke jalur data bus.

Saat jalur lainnya sudah siap, EN harus diset ke “0” dan tunggu beberapa saat (tergantung pada datasheet LCD), dan set EN kembali ke high “1”. Ketika jalur RS berada dalam kondisi low “0”, data yang dikirimkan ke LCD dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti bersihkan layar, posisi kursor dll). Ketika RS dalam kondisi high atau “1”, data yang dikirimkan adalah data ASCII yang akan ditampilkan di layar. Misal, untuk menampilkan huruf “A” pada layar maka RS harus diset ke “1”. Jalur kontrol R/W harus berada dalam kondisi low (0) saat informasi pada data bus akan dituliskan ke LCD. Apabila R/W berada dalam kondisi high “1”, maka program akan melakukan query (pembacaan) data dari LCD. Instruksi pembacaan hanya satu, yaitu Get LCD status (membaca status LCD), lainnya merupakan instruksi penulisan. Jadi hampir setiap aplikasi yang menggunakan LCD, R/W selalu diset ke “0”. Jalur data dapat terdiri 4 atau 8 jalur (tergantung mode yang dipilih pengguna), DB0, DB1, DB2, DB3, DB4, DB5, DB6 dan DB7. Mengirim data secara parallel baik 4-bit atau 8-bit merupakan 2 mode operasi primer. Untuk membuat sebuah aplikasi interface LCD, menentukan mode operasi merupakan hal yang paling penting.

Mode 8-bit sangat baik digunakan ketika kecepatan menjadi keutamaan dalam sebuah aplikasi dan setidaknya minimal tersedia 11 pin I/O (3 pin untuk kontrol, 8 pin untuk data). Sedangkan mode 4 bit minimal hanya membutuhkan 7-bit (3 pin untuk kontrol, 4 pin untuk data). Bit RS digunakan untuk memilih apakah data atau instruksi yang akan ditransfer antara mikrokontroller dan LCD. Jika bit ini di set ($RS = 1$), maka byte pada posisi kursor LCD saat itu dapat dibaca atau ditulis. Jika bit ini di reset ($RS = 0$), merupakan instruksi yang dikirim ke LCD atau status eksekusi dari instruksi terakhir yang dibaca.

2.7 Kontrol PID

2.7.1 Mode Proporsional (P)

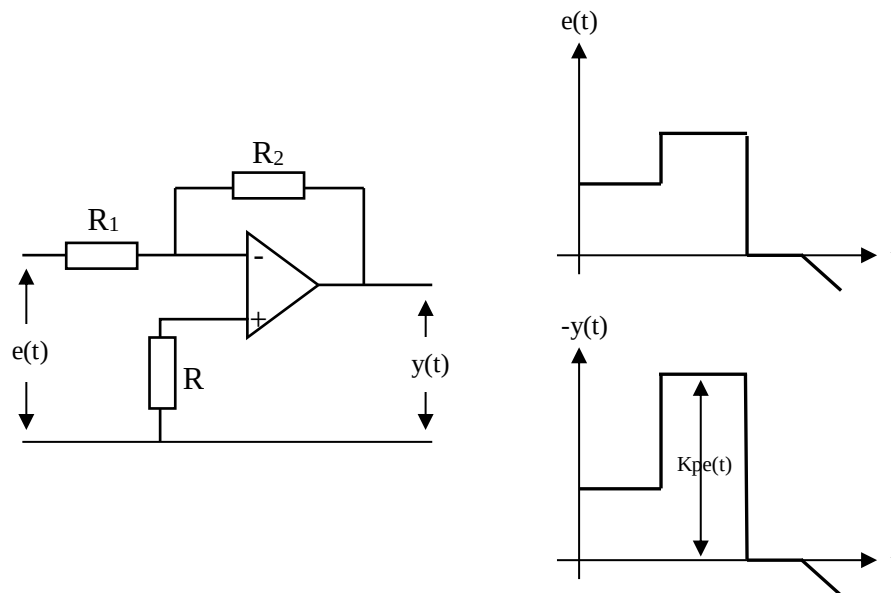
Metode pengontrol proposional adalah pengontrol yang menghasilkan keluaran berbanding langsung dengan variable masukannya. Hubungan antara keluaran pengontrol $y(t)$ dan sinyal galat $e(t)$ adalah,

$$y(t) = K_p e(t) + y(o)$$

yang bisa direalisasikan dari sebuah penguat,

$$y(t) = \frac{R_2}{R_1}e(t) + y(0)$$

dengan $K_p = \frac{R_2}{R_1}$ adalah kepekaan proporsional atau penguatan seperti diperlihatkan pada Gambar 2.9.



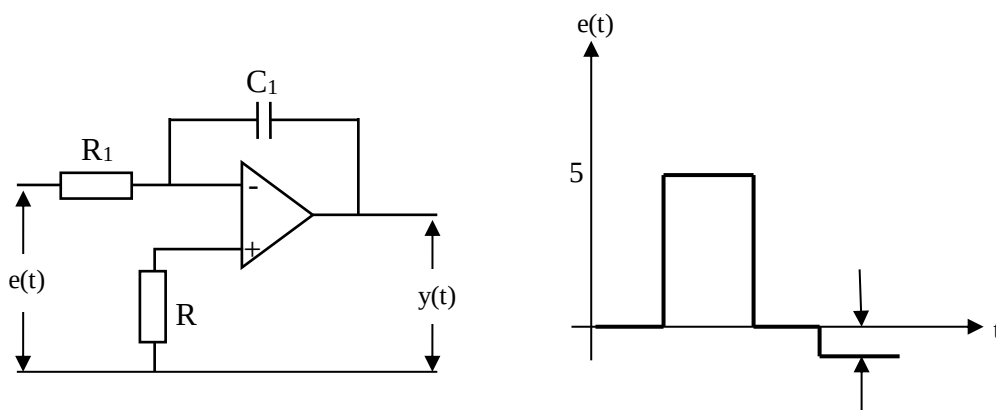
Gambar 2.9 Rangkaian dan respon tangga pengontrol-P

$$\frac{Y(s)}{E(s)} = K_p$$

Proporsional atau pengontrol-P merupakan pengontrol yang sangat cepat merson setiap perubahan sinyal galat. Tentunya jika tidak ada sinyal masukan, maka keluaran pengontrol juna nol. Hal ini umumnya tidak dikehendaki. Contohnya, suatu motor DC dengan pengaturan arus armature oleh pengontrol-P. Variabel komando (tegangan angker) dan variabel terkontrol (arus angker) dibandingkan untuk menghasilkan masukan pengontrol. Tegangan keluaran pengontrol menghasilkan variabel yang menentukan besarnya tegangan angker. Bilamana arus angker yang diinginkan sudah dicapai, maka sinyal galat (masukan) menjadi nol, yang tentunya hal ini tidak diinginkan, karena menyebabkan tegangan angker juga nol. Agar pada kondisi mantap masih tetap ada arus yang mengalir, maka harus tetap ada tegangan angker. Jadi, tegangan keluaran pengontrol tetap ada, dan oleh karenanya sinyal galat tidak boleh nol. Besarnya galat yang diperlukan ini disebut *offset error* galat kondisi mantap (Ir. Tarmukan, 1995).

2.7.2 Mode Integral (I)

Kegunaan utama pengontrol jenis ini adalah untuk menghilangkan *offset* galat. Laju perubahan keluaran dari elemen integrasi sebanding dengan besaran masukan (sinyal galat) dan konstanta waktu integrasi T_i (lihat Gambar 2.10). Mode ini sering dinyaakan sebagai aksi reset. Pengontrol integral merupakan pengontrol yang mempunyai reaksi elatif lambat, yakni laj perubahan keluaran tergantung pada konstanta waktu integrasinya, sehingga besaran masukan (sinyal galat) sama dengan nol.



Gambar 2.10 Pengontrol-I dan respon tangga

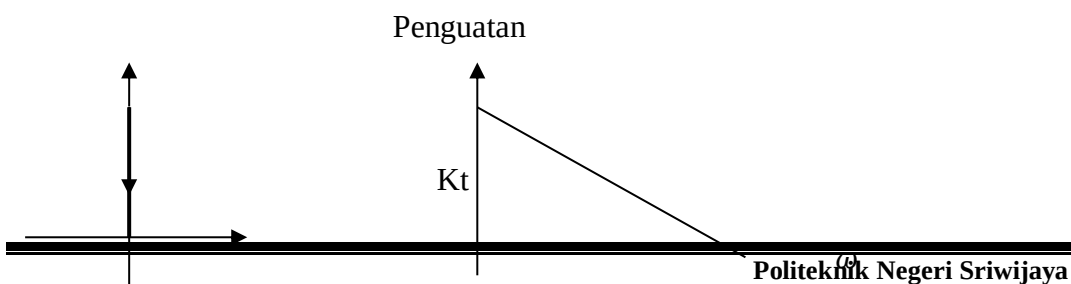
Rangkaian integrator bias dimanfaatkan untuk memperoleh tujuan di atas.

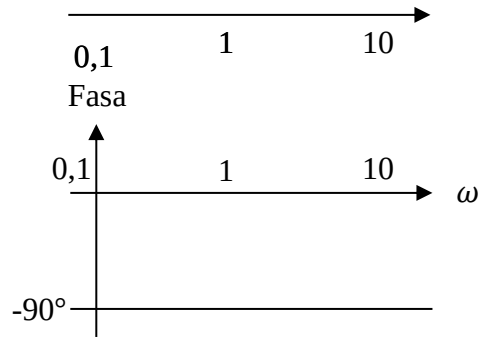
$$\frac{dy(t)}{dt} = \frac{1}{R_1 C_1} e(t)$$

$$\frac{dy(t)}{dt} = \text{laju perubahan keluaran pengontrol}$$

$$R_1 C_1 = T_i = 1/K_i$$

Jika persamaan di atas diintegrasikan, akan diperoleh keluaran pengontrol pada suatu waktu.





Gambar 2.11 Root locus dan diagram Bode pengontrol-I

$$y(t) = Ki \int_0^t e(t) dt + y(0)$$

$y(0)$ adalah keluaran pengontrol ketika $t=0$. Fungsi alih pengontrol integral adalah,

$$\frac{Y(s)}{E(s)} = \frac{Ki}{s}$$

Dari gambar di atas, tampaklah bahwa untuk memperoleh laju perubahan keluaran yang lebih cepat bias dihasilkan dari nilai T_i yang lebih kecil, dengan konstanta waktu integrasi sering dinyatakan dengan faktor K_i yakni $T_i = 1/K_i$.

Jika pengontrol yang mempunyai karakteristik integrasi ini digunakan untuk mengatur arus angker mesin DC yang mempunyai kebutuhan arus sebesar 1000A, selama arus angker kurang dari harga tersebut, tegangan akan terus naik sampai sinyal galat sama dengan nol (yaitu arus sudah mencapai harga 1000A). Setelah itu tegangan angker akan tetap pada harga yang diperoleh terakhir ini (Ir. Tarmukan, 1995).

2.7.3 Mode Derivatif (D)

Mode derivative adalah mode pengontrol yang mempunyai keluaran berbanding langsung dengan perubahan variabel galat. Dengan demikian mode ini juga dikenal sebagai *rate control* atau *anticipatory control*. Mode ini tidak bias digunakan tersendiri karena ketika galat sama dengan nol atau konstan, pengontrol tidak mempunyai keluaran atau keluaran nominal untuk masukan nol. Dengan kata lain pengontrol ini hanya efektif selama perioda transien. Aksi pengaturan derivative ini didefinisikan

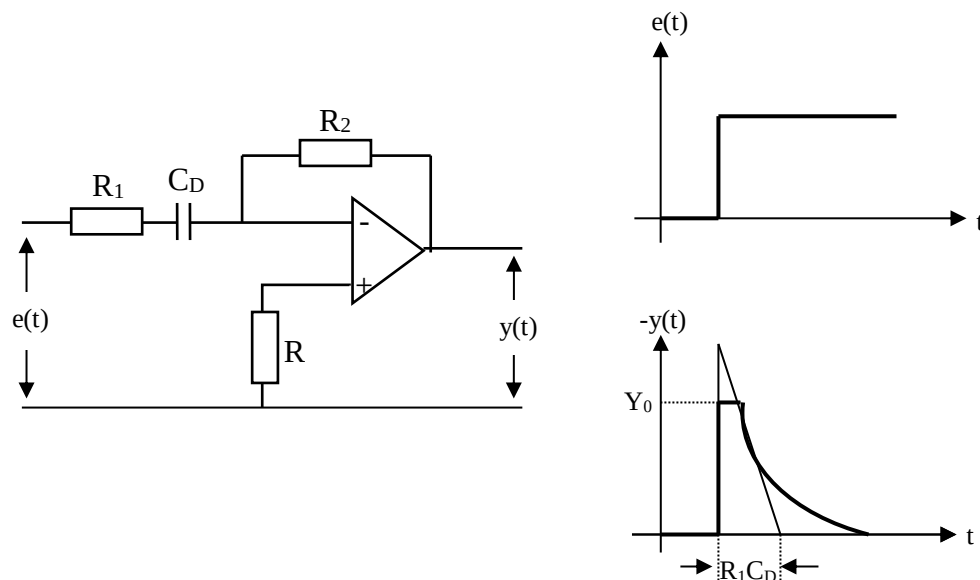
$$y(t) = R_2 C_D \frac{de(t)}{dt} + y(0)$$

$$y(t) = T_D \frac{de(t)}{dt} + y(0)$$

dengan:

$\frac{de(t)}{dt}$ adalah laju perubahan sinyal galat, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.12

T_D adalah waktu derivatif yang disebut juga konstanta penguatan derivatif K_D yang besarnya dapat diatur.



Gambar 2.12 Respon tangga dari pengontrol-D

Fungsi alihnya adalah,

$$\frac{dy(t)}{dt} = T_D S = K_D S$$

Jadi dengan laju perubahan galat $e(t)$ lebih besar, maka keluaran pengontrol ini akan lebih tinggi pula. Untuk perubahan galat seperti fungsi tangga, maka diperoleh keluaran yang besar sekali, atau pada kondisi ideal besarnya tak terhingga.

Di samping mempunyai keunggulan dalam mendahului, aksi pengaturan derivatif juga mempunyai kelemahan dalam hal memperkuat sinyal desing (noise) yang dapat menimbulkan pengaruh saturasi pada aktuator (Ir. Tarmukan, 1995).