

SKRIPSI

**PERANCANGAN ROBOT PEMADAM API
MENGUNAKAN KONTROL PID**



**Oleh :
Anto Oktavianto
G1D 007 006**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BENGKULU
2014**

SKRIPSI

**PERANCANGAN ROBOT PEMADAM API
MENGUNAKAN KONTROL PID**

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan
Pendidikan Tingkat Sarjana (S1)**



Oleh :

Anto Oktavianto

G1D 007 006

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BENGKULU

2014

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan
judul :

**PERANCANGAN ROBOT PEMADAM API MENGGUNAKAN
KONTROL PID**

Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan hasil duplikasi dari skripsi
dan/atau karya ilmiah lainnya yang pernah dipublikasikan dan/atau pernah
dipergunakan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi atau
instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan
sebagaimana mestinya.

Bengkulu, Juni 2014



Anto Oktavianto

GID 007 006

ABSTRAK

Musibah kebakaran yang sering terjadi telah menimbulkan banyak korban jiwa dan kerugian harta benda. Terdapat resiko yang ditanggung oleh tim kebakaran saat memadamkan api didalam suatu ruangan seperti tertimpa benda yang jatuh dari atap. Resiko tadi dapat dikurangi dengan robot pemadam api.

Robot pemadam api dirancang menggunakan empat roda dan terdiri dari beberapa sensor, seperti *Flame Detector* untuk mendeteksi adanya api, sensor ultrasonik sebagai navigasi dan deteksi jarak dan kipas untuk memadamkan api. Sistem kontrol otomatis robot menggunakan metode PID dan sebagai navigasi dalam menyusuri ruangan untuk mencapai keberadaan titik api.

Hal yang ingin diperoleh dari perancangan robot pemadam api menggunakan kontrol PID adalah mendapatkan mobilitas yang baik dari robot pemadam api dalam hal menyusuri ruangan dan dalam usaha menemukan titik api dan memadamkannya.

Kata kunci : *Flame Detector*, PID kontroler, Robot api, Sensor Ultrasonik.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat, taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Perancangan Robot Pemadam Api Menggunakan Kontrol PID”. Selama proses penyelesaian skripsi, penulis menyadari banyak ilmu dan pengalaman serta dorongan dan doa yang diberikan kepada penulis. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Ridwan Nurazi, S.E., M.Sc selaku Rektor Universitas Bengkulu
2. Bapak Khairul Amri, ST., MT selaku Dekan Fakultas Teknik
3. Bapak Irnanda Priyadi, ST., MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bengkulu.
4. Ibu Anizar Indriani, ST., MT selaku Pembimbing Akademik Teknik Elektro
5. Bapak Faisal Hadi, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I
6. Bapak Alex Surapati, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II
7. Bapak Indra Agustian, ST., Meng selaku Dosen Penguji I
8. Bapak Khairul Amri Rosa, ST., MT selaku Dosen Penguji II
9. Kedua orang tua penulis, terima kasih atas doa, perhatian, dukungan, kasih sayang dan cintanya sehingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga kebaikan hati bapak/ibu kiranya mendapatkan balasan yg setimpal dari Allah SWT, Amin.

Bengkulu, Juni 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	3
2.2 Dasar Teori.....	4
2.2.1 Pengertian Sistem Kontrol.....	4
2.2.2 <i>Open-loop Control System</i>	5
2.2.3 <i>Close-loop Control System</i>	5
2.2.4 Aksi Kontrol Dasar.....	7
2.2.4.1 Aksi Kontrol Proportional.....	7
2.2.4.2 Aksi Kontrol Integral.....	7
2.2.4.3 Aksi Kontrol Proportional + Integral.....	8
2.2.4.4 Aksi Kontrol Proportional + Derivative.....	8
2.2.4.5 Aksi Kontrol Proportional + Integral + Derivative....	9

2.2.5	Mikrokontroler.....	10
2.2.5.1	Mikrokontroler AVR Atmega16.....	10
2.2.6	Sistem Gerak Robot.....	13
2.2.7	Arsitektur Robot.....	16
2.2.8	Motor DC.....	17
2.2.9	Sensor Ultrasonik.....	19
2.2.10	Sensor Pendeteksi Api (<i>Flame Detector</i>).....	20
2.2.11	LCD 16 x 2.....	20
2.2.12	Bascom (Basic Compiler) AVR.....	22

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1	Metode Penelitian.....	23
3.1.1	Tempat dan waktu penelitian.....	23
3.1.2	Metode Pembuatan.....	23
3.1.3	Analisis Kinerja Robot Pemadam Api.....	23
3.1.4	Alat dan Bahan Penelitian.....	23
3.1.5	Peralatan Pengujian.....	24
3.1.6	Tahapan Penelitian.....	24
3.2	Rancangan Sistem.....	24
3.2.1	Rancangan Bentuk Fisik Robot.....	24
3.2.2	Rancangan Mekanik Robot.....	25
3.2.3	Rancangan Elektronik Robot.....	26
3.2.3.1	Rancangan Sistem Minimum Atmega16.....	26
3.2.3.2	Rangkaian Driver Motor.....	27
3.2.3.3	Rangkaian LCD.....	28
3.2.4	Rancangan Perangkat Lunak.....	28
3.2.5	Baterai.....	29
3.2.6	Motor DC.....	29

3.2.7 Sensor <i>Flame Detector</i>	30
3.2.8 Kipas.....	31
3.2.9 Sensor Ultrasonic Hc-SRO 04.....	31
3.3 <i>Flowchart</i>	32

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Rangkaian <i>Flame Sensor</i>	35
4.2 Pengujian Rangkaian ADC.....	36
4.3 Pengujian Sensor <i>Ultrasonic Hc-SRO 04</i>	38
4.4 Pengujian PWM Terhadap Nilai Tegangan.....	41
4.5 Pengujian Nilai PID Terhadap Nilai PWM.....	42
4.6 Pengujian Kinerja Robot.....	45

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	46

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Sistem Kontrol PID.....	6
Gambar 2.2 Jenis Respon Keluaran.....	9
Gambar 2.3 Arsitektur Mikrokontroler AVR.....	11
Gambar 2.4 Konfigurasi Pin Mikrokontroler Atmega16.....	12
Gambar 2.5 Mobile Robot Yang Bergerak Menggunakan Roda.....	13
Gambar 2.6 Sistem Gerak Differential Drive.....	14
Gambar 2.7 Sistem Gerak Trycyle Drive.....	14
Gambar 2.8 Sistem Gerak Synchronous Drive.....	15
Gambar 2.9 Sistem Gerak Halonimic Drive.....	15
Gambar 2.10 Konfigurasi H-Bridge Mosfet.....	18
Gambar 2.11 Prinsip Kerja Sensor Ultrasonic.....	19
Gambar 2.12 Blok Diagram Pemancar.....	19
Gambar 2.13 Blok Diagram Penerima.....	20
Gambar 2.14 Flame Detector.....	20
Gambar 2.15 Bentuk Fisik LCD 16x2.....	21
Gambar 3.1 Robot Pemadam Api.....	25
Gambar 3.2 Diagram Robot Pemadam Api.....	25
Gambar 3.3 Sistem Minimum Atmega16.....	27
Gambar 3.4 Rangkaian Driver Motor.....	28
Gambar 3.5 Skematik LCD.....	28
Gambar 3.6 Baterai.....	29
Gambar 3.7 Rangkaian Regulator.....	29
Gambar 3.8 Motor DC.....	30
Gambar 3.9 Rangkaian Flame Detector.....	31

Gambar 3.10 Motor DC Kipas.....	31
Gambar 3.11 Sensor Ultrasonic Hc-SRO 04.....	31
Gambar 3.12 Flowchart Robot Pemadam Api.....	32
Gambar 4.1 Hasil Akhir Pembuatan Robot Pemadam Api.....	34
Gambar 4.2 Pengujian Flame Sensor.....	35
Gambar 4.3 Grafik Karakteristik Rangkaian Flame Sensor.....	36
Gambar 4.4 Program Penguji Rangkaian ADC.....	37
Gambar 4.5 Grafik Data Flame Sensor Dengan Jarak Lilin.....	38
Gambar 4.6 Program Penguji Sensor Ultrasonik.....	39
Gambar 4.7 Pengujian Sensor Ultrasonic Hc-SRO 04.....	39
Gambar 4.8 Hubungan Jarak Terhadap Tegangan.....	40
Gambar 4.9 Rangkaian Pengujian PWM Terhadap Nilai Tegangan.....	41
Gambar 4.10 Hubungan Nilai PID Terhadap Nilai PWM.....	44
Gambar 4.11 Arena Pengujian Robot Pemadam Api.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konfigurasi Pengujian H-Bridge Mosfet.....	18
Tabel 2.2 Operasi Dasar LCD.....	21
Tabel 4.1 Pengujian Rangkaian Flame Sensor.....	35
Tabel 4.2 Pengujian Rangkaian ADC.....	37
Tabel 4.3 Pengujian Sensor Ultrasonic Hc-SRO 04 Dengan Multitester.....	40
Tabel 4.4 Pengujian PWM Terhadap Nilai Tegangan.....	42
Tabel 4.5 Hubungan Nilai PID Terhadap Nilai PWM.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Foto

Lampiran 2. Analisa dan Perhitungan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini begitu pesat, demikian pula dengan perkembangan teknologi elektronika. Robotika merupakan bukti peradaban manusia yang semakin maju dari waktu ke waktu. Wujud robot bukan hanya sebuah bentuk yang menyerupai manusia atau binatang tertentu, melainkan bergerak menyerupai bentuk yang ditirunya.

Kemampuan robot dalam menyelesaikan misinya sangat diperhitungkan, untuk itu diperlukan sistem navigasi yang handal sehingga dapat menunjang kinerja optimum robot. Pengontrolan robot tidak lepas dari suatu sistem kendali yang dapat mengolah sinyal yang diterima agar menjadi suatu perintah yang dapat menggerakkan robot dan melakukan tugas sesuai dengan yang diinginkan.

Sistem kontrol dibutuhkan untuk memperbaiki tanggapan sistem dinamik agar didapat sinyal keluaran seperti yang diinginkan. Sistem kontrol yang baik mempunyai tanggapan yang baik terhadap sinyal masukan yang beragam. Dalam perancangan sistem kontrol ini diperlukan gambaran tanggapan sistem dengan sinyal masukan dan aksi pengontrolan yang meliputi : (1) Tanggapan sistem terhadap masukan, (2) Kestabilan sistem yang dirancang, (3) Tanggapan sistem terhadap berbagai jenis aksi pengontrolan.

Robot diciptakan untuk memudahkan manusia dalam menyelesaikan masalah, contohnya dalam memadamkan api atau kebakaran. Resiko yang ditanggung oleh tim pemadam kebakaran sangat tinggi, untuk itulah diciptakanlah robot pemadam api untuk membantu manusia dalam pekerjaan ini.

Berdasarkan permasalahan tersebut, pada penelitian ini akan dikembangkan “Perancangan Robot Pemadam Api Menggunakan Kontrol PID” untuk menghasilkan navigasi yang efisien dalam mencapai target titik api yang akan dipadamkan.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana menerapkan algoritma PID pada robot otomatis sehingga dapat menghasilkan sistem navigasi yang baik?
2. Bagaimana proses robot mencari sumber api?
3. Bagaimana proses robot memadamkan api?

1.3 Batasan Masalah

1. Hanya merancang *prototype* robot beroda pemadam api.
2. Sensor ultrasonik sebagai alat navigasi pada robot pemadam api.
3. Algoritma yang digunakan untuk mengontrol robot otomatis adalah algoritma kendali menggunakan metode PID.
4. Proses navigasi robot menggunakan teknik *wall following*.
5. Api yang akan dipadamkan robot adalah api lilin.
6. *Flame detector* sebagai alat pendeteksi api.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Merancang sebuah *prototype* robot pemadam api yang dapat mencari dan memadamkan sumber api.
2. Merancang sebuah sistem kendali navigasi robot pemadam api.
3. Mengaplikasikan sistem pengontrolan PID.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

1. Pada hasil penelitiannya [1], robot bergerak maju dan mampu menghindari tabrakan dengan benda yang terdapat di depannya. Robot mampu mengitari ruangan dengan mengikuti dinding yang terdapat disebelah kirinya, tetapi robot bergerak secara zig-zag sehingga perpindahannya lambat. Robot belum mampu memadamkan lilin yang berhasil dideteksinya dengan baik karena masih terdapat kekurangan dari sisi perangkat keras dan perangkat lunak.
2. Pada hasil penelitian [2], kondisi area yang akan digunakan sudah ditentukan terlebih dahulu, hal ini disebabkan robot hanya dilengkapi satu buah sensor ultrasonik dan 2 buah LDR dengan kemampuan yang sangat terbatas. Secara teori, sensor ultrasonik menghasilkan pancaran dengan sudut lebih besar dari 30 °. Tetapi pada kenyataannya, ketika sudut yang dibentuk sensor dengan dinding memiliki deviasi lebih dari 15° (diukur dari sudut 90°), sensor ultrasonik sudah tidak dapat mendeteksi pantulan dari dinding tersebut.

Pengujian dilakukan di dalam ruangan dengan pencahayaan yang mendekati *homogen*, hal ini dilakukan karena pengujian di luar ruangan dengan sumber cahaya yang banyak akan menyebabkan proses pendeteksian dan pengukuran kekuatan cahaya menjadi tidak efektif karena mekanisme pencarian titik api hanya bergantung pada kedua LDR, mekanisme pengujian dengan cara mengamati data pada PWM pada layar PC kemudian mengubah-ubah posisi lilin secara acak sebanyak 8 buah kondisi yang mungkin akan muncul ketika robot dijalankan.

Pengujian dilakukan secara empiris dengan memberikan perlakuan dan penempatan posisi lilin yang berbeda sampai didapatkan hasil selisih yang mewakili tiap – tiap rentang data. Berdasarkan hasil pengujian, aturan – aturan yang telah dibuat sudah menghasilkan kinerja robot yang memuaskan,

akan tetapi kinerja robot juga sangat tergantung pada kondisi lingkungan dimana robot di jalankan, kondisi ruangan dengan pecahayaan yang kuat dan *heterogen* akan sangat mengganggu kinerja robot dalam pergerakannya menuju titik api. LDR yang dirangkai dengan konfigurasi pembagi tegangan menghasilkan keluaran tegangan yang tidak linier untuk setiap kenaikan intensitas cahaya yang mengenai permukaan LDR.

3. Pada hasil penelitian [3], telah berhasil menyelesaikan studi kasus *search-and-safe* pada lingkungan yang tertutup dan terbatas. Penerapan adopsi algoritma *searching tree* dengan metode heuristic dan *pruning* diharapkan dapat digunakan pada kehidupan yang sebenarnya. Akan tetapi, masih banyak hal yang harus dilakukan sebelum hal tersebut dapat direalisasikan.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang diharapkan dapat diselesaikan pada tahap pengembangan yang selanjutnya. Selain masalah keterbatasan perangkat keras, serta ukuran dan kondisi lingkungan yang digunakan, metode algoritma *searching tree* dengan heuristic dan *pruning* masih menggunakan asumsi bahwa kemungkinan konfigurasi lingkungan diketahui sebelumnya. Pada kenyataannya, dalam kehidupan yang sebenarnya kemungkinan konfigurasi lingkungan bersifat tidak terbatas dan beragam. Selain itu, pada penelitian ini konfigurasi lingkungan yang digunakan berbentuk lorong-lorong atau model labirin dengan dinding sebagai rintangannya. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan masalah persepsi robot otonom untuk mendapatkan informasi yang akan diperlukan selama proses pembangunan peta internal. Dalam kehidupan sehari-hari kenyataannya masih banyak terdapat rintangan lain yang dapat menghalangi pergerakan robot otonom.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Pengertian Sistem Kontrol

Kontrol otomatis telah memainkan peranan penting dalam sains dan rekayasa modern. Disamping untuk kepentingan khusus seperti *space-vehicle system*, *missile-guidance system*, *robotic system*, kontrol otomatis telah menjadi bagian integral yang penting dalam manufaktur modern dan proses industri. Sebagai contoh, kontrol otomatis merupakan esensi dalam *numerical* kontrol

mesin-mesin presisi pada industri manufaktur, desain sistem auto pilot pada industri penerbangan, desain mobil dalam industri otomotif. Juga dapat diterapkan pada operasi-operasi industri seperti mengontrol tekanan, temperatur, kelembaban, viskositas, aliran dalam proses industri [4].

Beberapa istilah yang banyak digunakan:

- a. *Controlled Variable*: kuantitas atau kondisi yang diukur dan dikontrol
- b. *Manipulated Variable*: Kuantitas atau kondisi yang divariasikan oleh pengontrol sehingga mempengaruhi variable yang dikontrol. Biasanya *variable* yang dikontrol adalah output dari sistem. Kontrol dapat berarti mengukur *controlled variable* dari sistem dan menerapkan *manipulated variable* pada sistem untuk mengoreksi dan membatasi deviasi harga terukur (output) dari harga yang diinginkan.
- c. *Plant*: Obyek yang akan dikontrol
- d. Proses: Operasi dan pengembangan kontinu yang ditandai oleh perubahan gradual dari variabelnya dengan cara tertentu sehingga sampai pada suatu hasil atau keadaan tertentu.
- e. Sistem: Kombinasi dari berbagai komponen yang beraksi bersama-sama dan menghasilkan suatu performansi tertentu.
- f. Gangguan: Sinyal yang mempengaruhi sistem sehingga mempengaruhi harga output dari harga yang diinginkan.

2.2.2 Open-loop Control System[5]

Sistem dimana outputnya tidak mempengaruhi aksi kontrol. Pada sistem ini tidak dilakukan perbandingan antara sinyal output dan input. Performansi dan akurasi dari aksi kontrol sistem ini tergantung dari kalibrasi sistem. Jika terdapat gangguan maka sistem tidak dapat mengantisipasinya sehingga harus dikalibrasikan ulang. Sebagai contoh, sistem kontrol yang berbasiskan setting waktu adalah sistem kontrol *open-loop*.

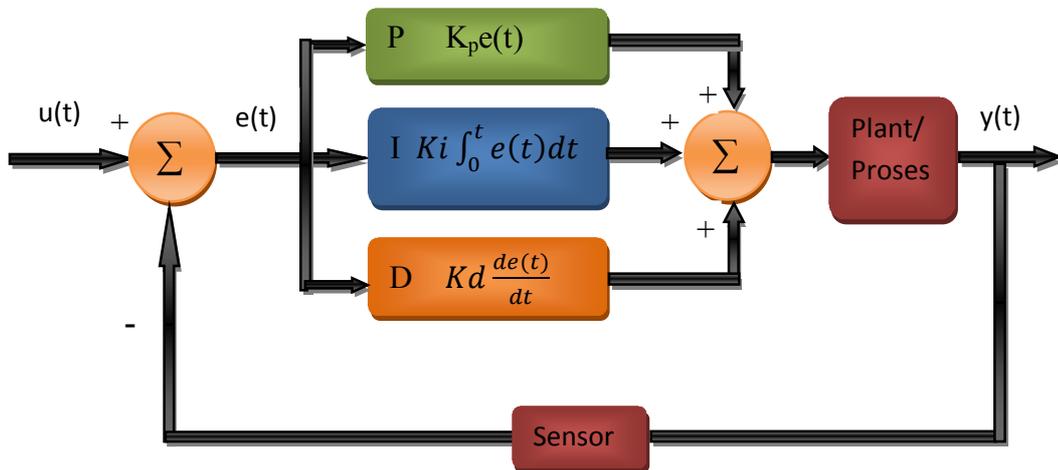
2.2.3 Closed-loop Control System

Sistem kontrol umpan balik merupakan sistem yang menggunakan hubungan antara output dan input yang diinginkan dengan cara membandingkannya. Hasil perbandingan ini merupakan deviasi yang digunakan

sebagai alat kontrol. *Actuating error signal* yang merupakan perbedaan antara input dan *feedback* (dapat berupa output itu sendiri atau fungsi dari output seperti turunan atau integralnya), akan diumpungkan ke pengontrol. Pengontrol akan mengurangi *error* dan membawa sistem pada keadaan yang diinginkan (output sesuai dengan input yang diinginkan). Jadi output akan mempengaruhi aksi kontrol.

Pengontrol otomatis akan mendeteksi sinyal *error* (deviasi antara output dan set point), *error* sinyal ini berupa *low level power* sehingga perlu dikuatkan dengan *amplifier*. Kontroler memproses sinyal *error* dan menghasilkan sinyal aktuasi yang merupakan aksi kontrol sebagai tanggapan dari *error*. Aksi kontrol menggerakkan aktuator dan diterapkan pada *plant* sehingga dihasilkan output. Elemen sensor akan melihat atau mengukur hasil output dan mengkonversikannya ke variabel yang sesuai dengan input referensi.

Kedua variabel ini dibandingkan dan menghasilkan sinyal *error*. Iterasi ini akan berlangsung terus sampai didapatkan kondisi bahwa error menjadi minimum atau dengan kata lain, output sudah sesuai dengan input referensi yang diinginkan. Gambar 2.1 adalah blok diagram sistem kontrol umpan balik.



Gambar 2.1 Diagram Sistem Kontrol PID [5]

2.2.4 Aksi Kontrol Dasar

Aksi kontrol dikenal juga dengan sinyal kontrol yang beraksi berdasarkan *error*. Aksi kontrol ini berusaha mereduksi *error* seperti yang dijelaskan sebelumnya.

2.2.4.1 Aksi Kontrol Proportional

Kontrol proportional tidak lain adalah amplifier dengan penguatan sebesar K_p . Kata proportional mempunyai arti bahwa besarnya aksi kontrol sesuai dengan besarnya *error* dengan faktor pengali tertentu.

Hubungan antara sinyal kontrol dan *error* adalah:

$$U(t) = K_p e(t) \quad (2.1)$$

Fungsi transfer dalam s:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \quad (2.2)$$

2.2.4.2 Aksi Kontrol Integral

Pada pengontrolan ini, Kecepatan perubahan sinyal kontrol sebanding dengan sinyal *error*.

$$\frac{du(t)}{dt} = K_i e(t), \quad u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \quad (2.3)$$

Fungsi transfer dalam domain s:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s} \quad (2.4)$$

Jika $e(t)$ diduakalikan, maka kecepatan perubahan $u(t)$ adalah dua kali semula. Selama sinyal *error* masih ada, maka sinyal kontrol akan beraksi terus. Ketika sinyal *error* nol, $u(t)$ tetap *stasioner*. Dengan demikian, aksi kontrol integral akan menghilangkan *steady state error*. Artinya output sistem akan selalu mengejar *set point* sedekat mungkin. Aksi kontrol integral sering disebut *automatic reset control*. Kerugian dari aksi control ini adalah terjadi osilasi sehingga mengurangi kestabilan sistem.

2.2.4.3 Aksi Kontrol Proportional + Integral

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt \quad (2.5)$$

Fungsi transfer dalam domain s:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) = K_p + \frac{K_i}{s} \quad (2.6)$$

dengan :

$$\frac{K_p}{T_i} = K_i \quad (2.7)$$

K_p adalah *gain proporsional*, T_i adalah *integral time*. *Integral time* mengatur aksi kontrol integral sedangkan K_p akan mempengaruhi baik bagian integral maupun *proporsional*. Kebalikan dari T_i disebut *reset rate* yang artinya jumlah waktu per menit dimana bagian *proportional* dari aksi kontrol diduplikasi.

2.2.4.4 Aksi Kontrol Proportional + Derivative

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.8)$$

Fungsi transfer domain s:

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p (1 + T_d s) = K_p + K_d s \quad (2.9)$$

dengan:

$$K_p T_d = K_d \quad (2.10)$$

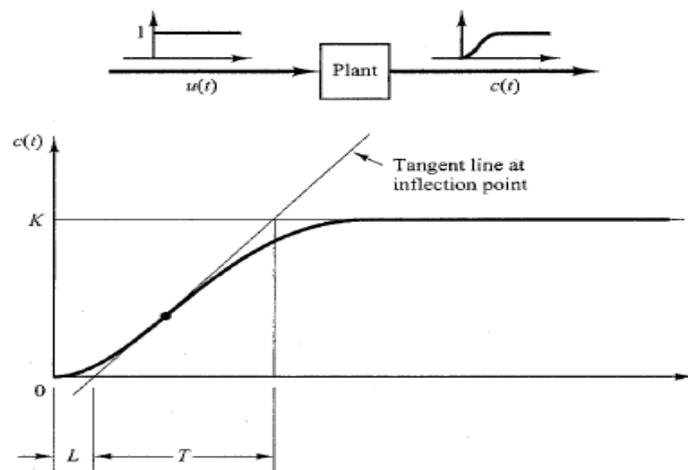
T_d adalah *derivative time*. Aksi kontrol *derivative* sering disebut *rate control* karena kecepatan perubahan *error* sebanding dengan sinyal kontrol. Artinya, apabila ada perubahan *error*, maka sinyal kontrol beraksi. Aksi sinyal kontrol ini memberikan respon terhadap perubahan sinyal *error* dan mampu mengoreksinya sebelum *error* bertambah besar. Aksi kontrol ini mampu mengantisipasi *error*, mempercepat respon sistem dan meningkatkan stabilitas sistem. Dengan demikian, apabila ada gangguan tiba-tiba, output akan berubah secara tiba-tiba menjauhi *set point*, menghasilkan perubahan *error*.

Perubahan *error* yang tiba-tiba akan menghasilkan sinyal kontrol antisipasi sebelum *error* bertambah besar dan berusaha mengembalikan ke keadaan *steady*. Kekurangan dari aksi ini adalah terdapat *steady state error* karena *error* yang konstan tidak akan menghasilkan sinyal kontrol (sistem yang sudah *steady* tidak menghasilkan aksi kontrol walaupun jauh dari *set point*).

2.2.4.5 Aksi Kontrol Proportional + Integral + Derivative

Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah cara pengaturan yaitu kontrol P (*Proportional*), D (*Derivative*) dan I (*Integral*), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan[6].

Aksi kontrol gabungan ini menghasilkan performansi serta keuntungan gabungan dari aksi kontrol sebelumnya. PID mempunyai karakteristik *reset control* dan *rate control* yaitu meningkatkan respon dan stabilitas sistem serta mengeliminasi *steady state error*. Untuk mengetahui bentuk respon keluaran yang akan menjadi target perubahan dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Jenis Respon Keluaran [7]

Kombinasi dari ketiga aksi kontrol:

$$V_o = K_p \cdot e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.11)$$

Dari persamaan 2.11 dapat dirumuskan menjadi *pen-digitalization* PID dengan berbagai metode, Sehingga diperoleh bentuk digital diskritnya menjadi persamaan 2.12.

$$u(k) = K_p e_k + K_I T \sum_0^k e_k + \frac{1}{T} K_D (e_k - e_{k-1}) \quad (2.12)$$

Jika kita terapkan dalam bahasa pemrograman menjadi persamaan 2.13.

$$V_o = K_p \times error + K_i \times (error + last_error) \times T_s + \frac{K_d}{T_s} \times (error - last_error) \quad (2.13)$$

dengan :

T_s = *time sampling*
 $error$ = nilai kesalahan
 $last_error$ = nilai *error* sebelumnya.

Deviasi atau simpangan antar variabel terukur (PV) dengan nilai acuan (SP) disebut *error* (galat) sehingga dirumuskan pada persamaan 2.14.

$$Error = SP - PV \quad (2.14)$$

Nilai *error* dari pembacaan sensor ini yang dijadikan aksi perhitungan kendali PID, lalu nilai perhitungan PID tersebut dijumlahkan dengan *set point* PWM untuk dijadikan sebagai nilai aktual PWM motor dari robot.

2.2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler AVR Merupakan pengontrol utama standar industri dan riset saat ini. Hal ini dikarenakan berbagai kelebihan yang dimilikinya dibandingkan mikroprosesor, antara lain murah, dukungan *software* dan dokumentasi yang memadai, dan memerlukan komponen pendukung yang sangat sedikit. Salah satu tipe mikrokontroler AVR untuk aplikasi standar yang memiliki fitur memuaskan ialah Atmega8535/16 atau ATtiny13 [8].

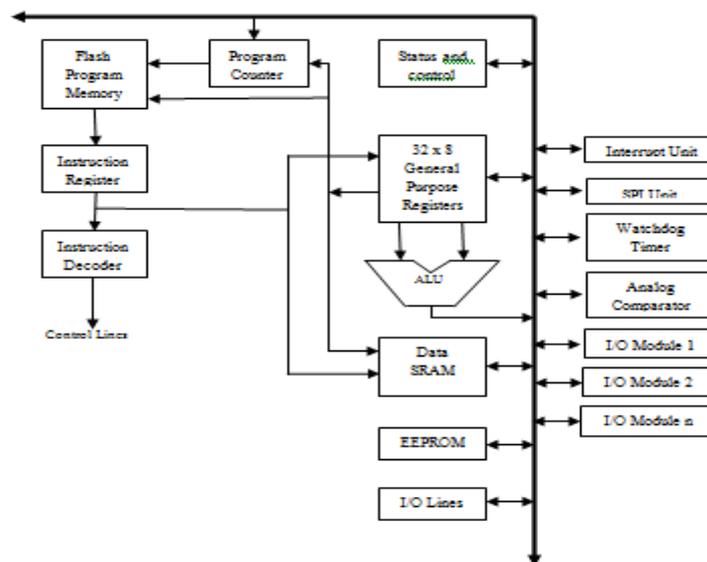
Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fiturnya Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara internal mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsionalnya *Arithmetic and Logical Unit* (ALU), himpunan register kerja, register dan dekoder instruksi, dan pewaktu serta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam chip yang sama dengan prosesornya.

2.2.5.1 Mikrokontroler AVR Atmega16 [8]

Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16 bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR berteknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*), sedangkan seri MCS51 berteknologi CISC (*Complex Instruction Set Computing*). Di dalam Mikrokontroler Atmega16, sudah terdiri dari:

1. Memiliki kapasitas Flash memori 16 KB, EEPROM 512 byte, dan SRAM 1 KB.
2. Saluran I/O 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
3. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
4. User interupsi internal dan eksternal
5. Port antarmuka SPI dan Port USART sebagai komunikasi serial
6. Fitur Peripheral
 - a. Dua buah 8-bit timer/counter dengan prescaler terpisah dan mode Compare
 - b. Satu buah 16-bit timer/counter dengan prescaler terpisah, mode compare, dan mode capture
 - c. Real time counter dengan osilator tersendiri
 - d. Empat kanal PWM dan Antarmuka komparator analog
 - e. 8 kanal, 10 bit ADC
 - f. Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - g. Watchdog timer dengan osilator internal

Jika dilihat lebih detail, pada bagian pemrosesan mikrokontroler ini terdapat unit CPU utama untuk memastikan eksekusi program. Konsep ini memungkinkan instruksi-instruksi dieksekusi pada setiap siklus *clock* terlihat seperti Gambar 2.3.

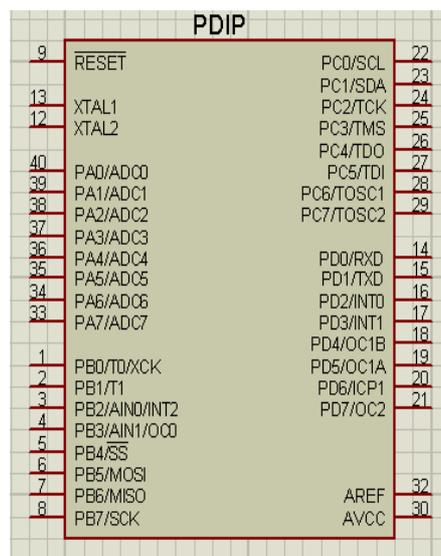


Gambar 2.3 Arsitektur Mikrokontroler AVR

Fast access Register File berisi 32x8 bit register keperluan umum dengan waktu akses hanya membutuhkan sebuah siklus detak. Teknik ini membuat operasi ALU hanya membutuhkan 1 siklus. Lebih dasyat lagi, 6 dari 32 register dapat digunakan sebagai 3 buah 16 bit *indirect address register pointer* untuk pengalamatan ruang data. Satu address pointer dapat digunakan sebagai address pointer untuk *look up table* pada memori flash program. Setiap alamat memori program berisi instruksi sebesar 16 atau 32 bit.

Pada mikrokontroler AVR ATmega 16, pin PD0 dan PD1 digunakan untuk komunikasi serial USART (*Universal Synchronous and Asynchronous Serial Receiver and Transmitter*) yang mendukung komunikasi *Full duplex* (Komunikasi 2 arah).

Konfigurasi pin mikrokontroler Atmega16 dengan kemasan 40. Dari Gambar 2.4 dapat terlihat ATMega16 memiliki 8 Pin untuk masing-masing Port A, Port B, Port C, dan Port D.



Gambar 2.4 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATMega 16

Deskripsi Mikrokontroler ATMega16

- VCC merupakan pin masukan positif catu daya dan biasanya selalu ada ic regulator 7805.
- GND sebagai pin Ground
- Port A (PA7..PA0) merupakan pin I/O dua arah dan dapat diprogram sebagai pin masukan ADC.

- d. Port B (PB7..PB0) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu Timer/Counter, komparator analog dan SPI.
- e. Port C (PC7..PC0) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus yaitu TWI, komparator analog, dan Timer Osilator.
- f. Port D (PD7..PD0) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
- g. Reset merupakan pin yang digunakan untuk mereset mikrokontroler.
- h. XTAL1 dan XTAL2 sebagai pin masukan clock eksternal.
- i. AVCC adalah pin penyedia tegangan untuk Port A dan Konverter A/D.
- j. AREF adalah pin referensi analog untuk konverter A/D.

2.2.6 Sistem Gerak Robot

Robot berdasarkan mobilitasnya terbagi dua kelompok. Kelompok yang pertama merupakan robot yang dioperasikan pada lingkungan yang tetap dengan pergerakan yang cenderung tetap dan tertentu (*stationary robot*). Pada kelompok yang kedua, robot dapat bergerak secara otonomi, memiliki navigasi dan pergerakannya tidak tetap, tergantung dari medan jelajah (dikenal dengan *mobile robot*).

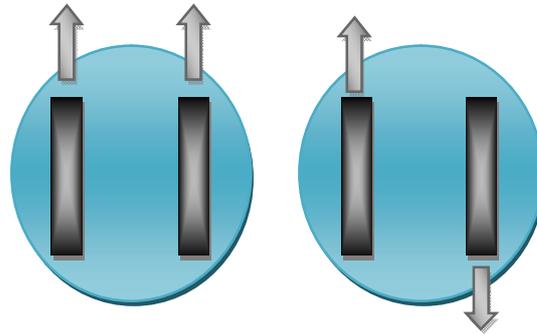
Robot beroda (*wheel robot*) dapat dibagi menurut sistem penggerakannya, yaitu sistem gerak *differential drive*, *tricycle drive*, *synchronous drive* dan *holonomic drive* [9]. Pada Gambar 2.5 merupakan contoh *mobile robot* yang bergerak menggunakan roda (*wheel robot*).



Gambar 2.5 *Mobile robot* yang bergerak menggunakan roda (*wheel robot*)

1. *Differential Drive*

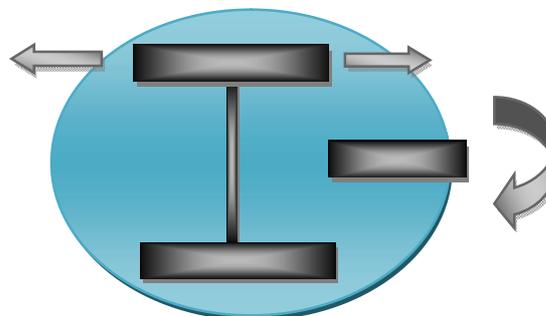
Sistem gerak *differential drive* terdiri dari dua buah roda yang terpasang pada kiri dan kanan robot, sistem ini memungkinkan robot berputar di tempat dengan cara memutar motor dengan arah berlawanan dapat dilihat pada Gambar 2.6. Contoh sistem gerak ini pada kehidupan sehari-hari adalah pada gardan belakang mobil dan mainan mobil radio kontrol (RC).



Gambar 2.6 Sistem gerak *differential drive*

2. *Tricycle Drive*

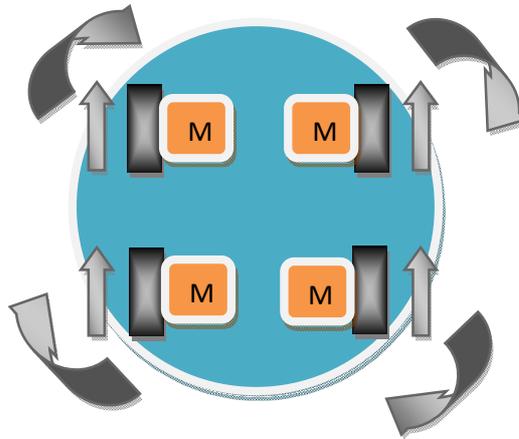
Tricycle drive merupakan sistem gerak dengan tiga buah roda. Dua buah roda dengan satu poros dihubungkan pada sebuah motor penggerak, sedangkan sebuah roda diberlakukan sebagai kemudi yang dapat berputar (setir kemudi), ketika berbelok akan didapatkan radius sepanjang titik pertemuan antara roda depan dengan roda belakang dapat dilihat pada Gambar 2.7. Contoh sistem gerak ini pada kehidupan sehari-hari adalah alat transportasi becak dan bajaj.



Gambar 2.7 Sistem gerak *Tricycle drive*

3. *Synchronous Drive*

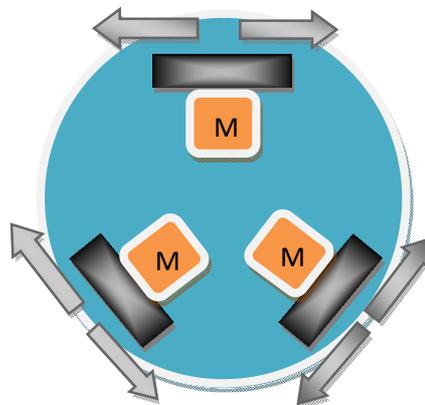
Synchronous Drive adalah sistem yang menggunakan semua roda yang terdapat pada robot untuk dapat bergerak. Pada saat robot berjalan pada permukaan yang tidak rata, maka roda yang terpengaruh pada permukaan yang tidak rata akan didukung oleh roda yang tidak terpengaruh, sehingga robot bergerak dengan arah yang tetap dapat dilihat pada Gambar 2.8. Contoh sistem gerak ini pada kehidupan sehari-hari adalah pada trolley pasar swalayan.



Gambar 2.8 Sistem gerak *Synchronous drive*

4. *Holonomic Drive*

Holonomic drive adalah sistem gerak yang memungkinkan robot bergerak ke segala arah (dengan penggunaan roda *omni-directional*), pada gambar 2.9 konfigurasi ini memungkinkan gerakan rotasi dan translasi pada mobile robot.



Gambar 2.9 Roda sistem gerak *Holonimic drive*

2.2.7 Arsitektur Robot [10]

Robot sederhana biasanya umumnya memiliki empat blok utama, yaitu:

1. Kontroler

Kontroler merupakan pengendali sistem secara keseluruhan dimana masukan berupa analog diolah menjadi proses digital, kontroler mengatur semua kinerja sistem hingga menjadi kesatuan yang saling bekerja sama. Kontroler terdiri atas input, proses data dan output.

2. Blok Sensor dan Pengkondisian Sinyal

Sensor adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi dan sering berfungsi untuk mengukur nilai sesuatu. Sensor termasuk jenis transduser yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik

Blok ini berfungsi mendeteksi objek atau sinar yang dideteksi oleh sensor, lalu dikirim ke pengkondisi sinyal sehingga outputnya yang dapat diolah oleh rangkaian driver motor, atau diolah terlebih dahulu menggunakan mikroprosesor atau mikrokontroler untuk robot yang lebih kompleks.

3. Blok Driver Motor

Blok ini merupakan bagian pengontrol motor yang mengatur putaran motor, arah putaran motor dan kecepatan motor. Blok ini akan mengaktifkan motor dc jika menerima input berlogika tinggi dan pengkondisian sinyal. Biasanya menggunakan IC atau transistor.

4. Aktuator

Merupakan alat yang digunakan untuk sistem pergerakan robot. Biasanya motor merupakan penggerak yang paling sering ditemukan pada sebuah robot, motor yang banyak digunakan adalah motor servo, stepper dan motor dc.

5. Catu Daya

Merupakan rangkaian penyedia daya bagi semua blok yang membutuhkan catu daya. Catu daya untuk mikrokontroler adalah tegangan searah (DC).

2.2.8 Motor DC

Motor DC adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik arus searah menjadi gerak atau energi mekanik. Konstruksi dasar motor dc terdiri dari 2 bagian utama, yaitu rotor dan stator. Rotor adalah bagian yang berputar atau *armature*, berupa koil dimana arus listrik dapat mengalir. Stator adalah bagian yang tetap dan menghasilkan medan magnet dari koilnya [11].

Prinsip kerja motor dc adalah jika ada kumparan dilalui arus maka pada kedua sisi kumparan akan bekerja gaya *Lorentz* [12]. Aturan tangan kiri dapat digunakan untuk menentukan arah gaya *Lorentz*, dimana gaya jatuh pada telapak tangan, jari-jari yang direntangkan menunjukkan arah arus, ibu jari yang direntangkan menunjukkan arah gaya. Kedua gaya yang timbul merupakan sebuah kopel. Kopel yang dibangkitkan pada kumparan sangat tidak teratur karena kopel itu berayun antara nilai maksimum dan nol.

Dengan mengacu pada hukum kekekalan energi, energi listrik dapat diperoleh dari hasil penjumlahan energi mekanik, energi panas, dan energi didalam medan magnet. Didalam medan magnet akan dihasilkan kumparan medan dengan kerapatan fluks sebesar B dengan arus I serta panjang konduktor sama dengan L sehingga diperoleh Persamaan 2.15.

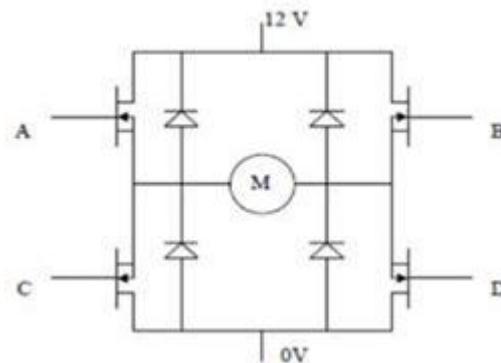
$$F = B \cdot I \cdot L \quad (2.15)$$

Untuk motor DC yang mempunyai jari-jari sepanjang r maka hubungan persamaan diperoleh pada Persamaan 2.16.

$$F = B \cdot I \cdot L \cdot r \quad (2.16)$$

a. *H-Bridge* MOSFET:

H-bridge adalah sebuah perangkat keras berupa rangkaian yang berfungsi untuk menggerakkan motor. Rangkaian ini diberi nama *H-bridge* karena bentuk rangkaiannya yang menyerupai huruf H. Rangkaian *H-Brigde* ini sendiri terlihat seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Konfigurasi *H-Bridge* MOSFET

Rangkaian ini terdiri dari dua buah MOSFET kanal P dan dua buah MOSFET kanal N. Prinsip kerja rangkaian ini adalah dengan mengatur mati-hidupnya ke empat MOSFET tersebut. Huruf M pada gambar adalah motor DC yang akan dikendalikan. Bagian atas rangkaian akan dihubungkan dengan sumber daya kutub positif, sedangkan bagian bawah rangkaian akan dihubungkan dengan sumber daya kutub negatif. Pada saat MOSFET A dan MOSFET D *on* sedangkan MOSFET B dan MOSFET C *off*, maka sisi kiri dari gambar motor akan terhubung dengan kutub positif dari catu daya, sedangkan sisi sebelah kanan motor akan terhubung dengan kutub negatif dari catu daya sehingga motor akan bergerak searah jarum jam. Sebaliknya, jika MOSFET B dan MOSFET C *on* sedangkan MOSFET A dan MOSFET D *off*, maka sisi kanan motor akan terhubung dengan kutub positif dari catu daya sedangkan sisi kiri motor akan terhubung dengan kutub negatif dari catu daya. Maka motor akan bergerak berlawanan arah jarum jam.

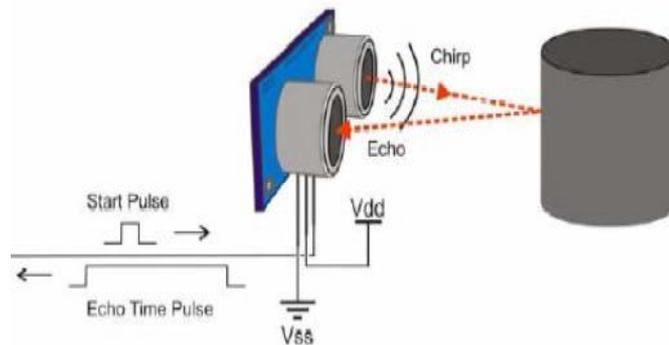
b. Konfigurasi Pengujian *H-bridge* MOSFET

Tabel 2.1 Konfigurasi Pengujian *H-Bridge* MOSFET

A	B	C	D	Aksi
1	0	0	1	Motor berputar searah jarum jam
0	1	1	0	Motor berputar berlawanan arah jarum jam
0	0	0	0	Bebas
0	0	1	1	Pengereman
1	1	0	0	Pengereman

2.2.9 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik banyak digunakan sebagai sensor jarak karena jarak dideteksi yang lebih jauh dibandingkan IR. Kelebihan dari sensor ini dibandingkan sensor lain seperti SRF 04 adalah hanya membutuhkan 1 jalur data dan adanya led indikator untuk memudahkan mendeteksi apakah sensor bekerja atau tidak [11]. Terlihat pada Gambar 2.11 cara kerja sensor ultrasonik yang bekerja pada frekuensi 40 kHz.



Gambar 2.11 Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik

Sensor ini dapat dihubungkan dengan berbagai mikrokontroler dengan catuan tegangan 5 V. Mikrokontroler harus mengirimkan pulsa (*chip*) dengan fungsi PULSOUT ke sensor ini terlebih dahulu untuk memulai pengukuran, lalu akan ada sinyal *echo* yang dikirim balik dari hasil pantulan ke sensor penerima. Sinyal PULSIN dari mikrokontroler mengukur waktu antara perubahan logika high dan low dan menyimpannya pada sebuah variabel.

Ada dua bagian dari sensor ultrasonik, yaitu:

1. Pemancar (TX)

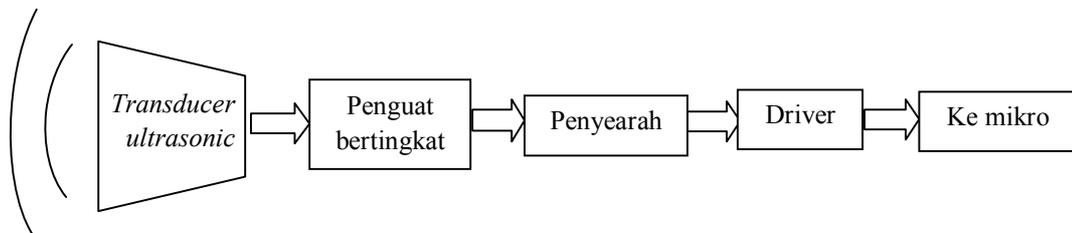
Pemancar berfungsi untuk memancarkan sinyal yang keluar dari mikro.



Gambar 2.12 Blok Diagram Pemancar

2. Penerima (RK)

Penerima berfungsi untuk menguatkan sinyal pantulan dan mendeteksi keberadaan sinyal pantulan itu dengan menyatakan pada kondisi logika '1' atau '0'. Sebelum masuk sebagai input mikro, sinyal terlebih dahulu dikuatkan.



Gambar 2.13 Blok Diagram Penerima

2.2.10 Sensor Pendeteksi Api (*Flame Detector*)

Flame Detector merupakan sebuah sistem sensor cerdas yang mampu mendeteksi posisi nyala api dengan ketelitian tinggi (hingga nyala api sekecil cahaya lilin). Sistem ini terdiri dari sebuah sensor photodiode yang didesain untuk mendeteksi api dan sebuah modul berbasis mikrokontroler yang digunakan untuk mengatur kerja motor dc, mengambil *sampling* data sensor, dan mengatur antarmuka dengan sistem lain terlihat pada Gambar 2.14. Salah satu aplikasi *Flame detector* adalah robot pemadam api.



Gambar 2.14 *Flame Detector*

2.2.11 LCD 16x2

LCD merupakan salah satu perangkat penampil yang sekarang ini mulai banyak digunakan. Penampil LCD mulai dirasakan menggantikan fungsi dari penampil CRT (*Cathode Ray Tube*), yang sudah berpuluh-puluh tahun digunakan manusia sebagai penampil gambar/*text* baik monokrom (hitam dan putih), maupun yang berwarna. Teknologi LCD memberikan lebih keuntungan dibandingkan

dengan teknologi CRT, karena pada dasarnya CRT adalah tabung triode yang digunakan sebelum transistor ditemukan [13]. Beberapa keuntungan LCD dibandingkan dengan CRT adalah konsumsi daya yang relatif kecil, lebih ringan, dan tampilan yang bagus, terlihat pada Gambar 2.15.

LCD memanfaatkan silikon atau galium dalam bentuk kristal cair sebagai pemendar cahaya. Keunggulan lcd adalah hanya menarik arus yang kecil (beberapa mikro ampere), sehingga alat atau sistem menjadi portable karena dapat menggunakan catu daya yang kecil. Keunggulan lainnya adalah tampilan yang diperlihatkan dapat dibaca dengan mudah dibawah terang sinar matahari. Dibawah sinar cahaya yang remang-remang atau dalam kondisi gelap, sebuah lampu (berupa led) harus dipasang dibelakang layar tampilan.



Gambar 2.15 Bentuk Fisik LCD 16x2

Operasi dasar pada LCD terdiri dari empat, yaitu instruksi mengakses proses internal, instruksi menulis data, instruksi membaca kondisi sibuk, dan instruksi membaca data.

Tabel 2.2 Operasi Dasar LCD

RS	R/W	Operasi
0	0	Input Interuksi ke LCD
0	1	Membaca status <i>flag</i> (DB7) dan alamat <i>counter</i> (DB0 ke DB6)
1	0	Menulis Data
1	1	Membaca Data

2.2.12 BASCOM (*Basic Compiler*) AVR

BASCOM-AVR adalah program *basic compiler* berbasis windows untuk mikrokontroler keluarga AVR merupakan pemrograman dengan bahasa tingkat tinggi ” *BASIC* ” yang dikembangkan dan dikeluarkan oleh MCS elektronika sehingga dapat dengan mudah dimengerti atau diterjemahkan [14]. Dalam program BASCOM-AVR terdapat beberapa kemudahan untuk membuat program software, seperti program simulasi yang sangat berguna untuk melihat, simulasi hasil program yang telah kita buat, sebelum program tersebut kita *download* ke IC atau ke mikrokontroler.

Setiap bahasa pemrograman mempunyai standar penulisan program. Konstruksi dari program bahasa BASIC harus mengikuti aturan sebagai berikut:

```
$regfile = "header"  
$Crystal = "      "  
'inisialisasi variabel  
'deklarasi variabel  
'deklarasi konstanta  
Do  
'pernyataan-pernyataan  
End if  
Loop  
End  
Defiinisi fungsi
```

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

3.1.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di lingkungan Gedung Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Desember 2013.

3.1.2. Metode Pembuatan

Pembuatan robot pemadam api dilakukan dengan cara membuat rangkaian penghubung antara modul dan komponen dengan mikrokontroler dan sistem pengendaliannya menggunakan pemrograman bascom AVR. Sensor yang digunakan adalah *flame detector* yang dapat memberikan *input* ke mikrokontroler berupa sinyal yang sudah dikonversikan ke bentuk data. Untuk proses pembuatan dilakukan dengan cara mengeset satu persatu semua tata letak komponen.

3.1.3. Analisis Kinerja Robot Pemadam Api

Analisa kinerja dari robot pemadam api yang dirancang ini akan dilakukan setelah diperoleh hasil pengujian. Analisa yang dilakukan meliputi analisa kecepatan robot dalam mencapai sumber api, serta analisa performa dari sistem pergerakan robot tersebut.

3.1.4. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan robot pemadam api ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem minimum ATmega16
2. Sensor *Flame Detector*
3. Motor gear box (motor DC)
4. Baterai
5. Kabel dan konektor rangkaian.
6. Achrylic
7. Downloader
8. Sensor *ultrasonic* Hc-SRO 04

3.1.5. Peralatan Pengujian

Dalam melakukan pengujian ini, digunakan peralatan-peralatan yang tersedia di Laboratorium Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Multimeter Analog dan Digital
2. Alat ukur jarak
3. *Stopwacth*
4. *Power supply*

3.1.6. Tahapan Penelitian

Penelitian dimulai dengan tahapan merancang *prototype* robot pemadam api yang meliputi perancangan bentuk kerangka, penempatan motor dc, penempatan baterai, penempatan sensor dan penempatan perangkat elektronik. Mengkonfigurasi sensor, mikrokontroler, dan motor. Membuat *software* untuk pengontrolan robot, respon sensor dan pergerakan putaran motor, serta penentuan arah gerak robot terhadap sumber api.

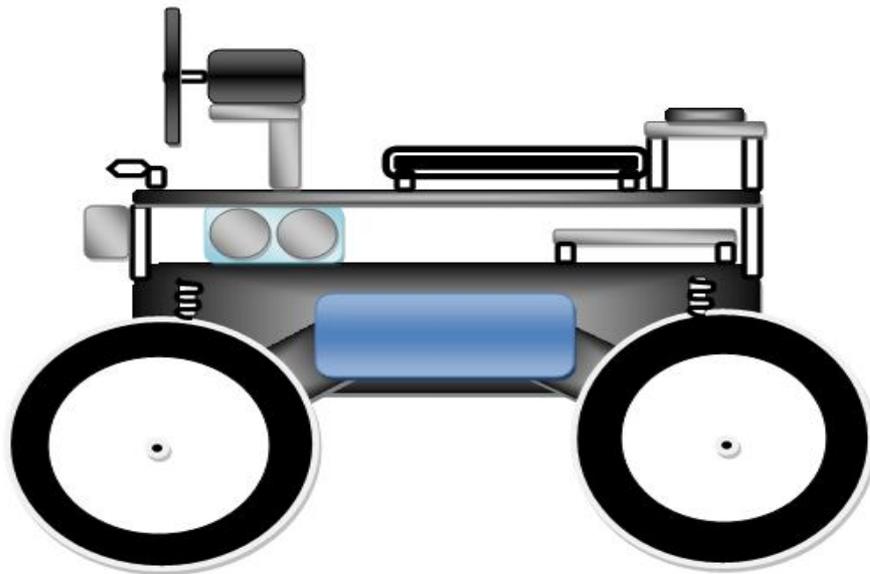
Melakukan analisa dan pembahasan yang akan disesuaikan dengan hasil pengujian yang diperoleh. Hasil akhir dari penelitian ini adalah perancangan robot pemadam api dengan kendali otomatis yang dapat mendeteksi dan memadamkan sumber api.

3.2. Rancangan Sistem

3.2.1. Rancangan Bentuk Fisik Robot

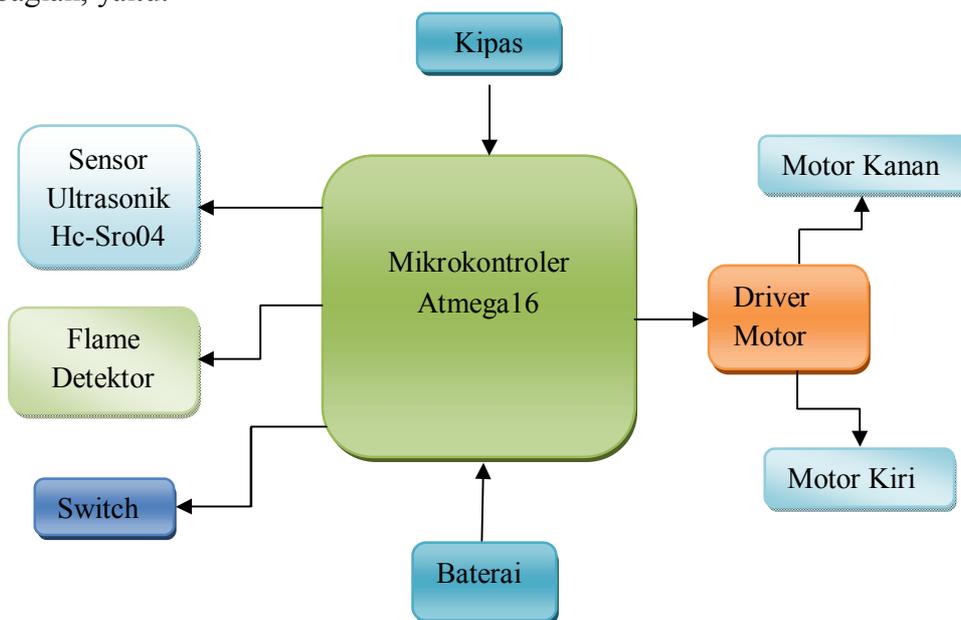
Robot dirancang dengan menggunakan *achrylic* yang memiliki dimensi yang tidak terlalu besar dan ringan. Tujuan menggunakan *achrylic* ini karena bahan ini memiliki struktur yang ringan dan kuat. Komponen mekanik, elektronik dan power ditempatkan pada rangka dengan penempatan yang sesuai. Dudukan menggunakan sasis RJC 4 x 4 dengan ukuran panjang 22.5 cm dan lebar 13.5 cm dan rangka bagian atas dirancang menggunakan *achrylic*.

Susunan dari perancangan robot pemadam api yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Robot Pemadam Api

Secara keseluruhan, robot pemadam api ini terbagi dalam beberapa blok bagian, yaitu:



Gambar 3.2 Diagram Robot Pemadam Api

3.2.2. Rancangan Mekanik Robot

Hal mendasar yang perlu diperhatikan dalam desain mekanik robot adalah perhitungan kebutuhan torsi untuk menggerakkan sendi atau roda. Motor sebagai penggerak utama (*prime-mover*) yang paling sering dipakai, umumnya akan bekerja optimal (torsi dan kecepatan putar paling ideal) pada putaran yang relatif

tinggi dalam hal ini tidak sesuai bila porosnya dihubungkan langsung ke sendi gerak atau roda, sebab kebanyakan gerakan yang diperlukan pada sisi anggota badan robot adalah relatif pelan namun bertenaga.

Salah satu metode yang paling umum adalah menggunakan sistem gear dimana robot digerakkan menggunakan motor *gearbox* atau disebut motor dc. Membuat dan menggunakan dudukan tempat meletakkan perangkat hardware berupa mikrokontroler yang ditempatkan di atas dudukan yang terbuat dari bahan *achrylic*.

Penempatan motor, roda dan peralatan elektronik, serta sensor diatur sedemikian rupa hingga untuk menunjang kinerja dari robot pemadam api yang akan dibuat.

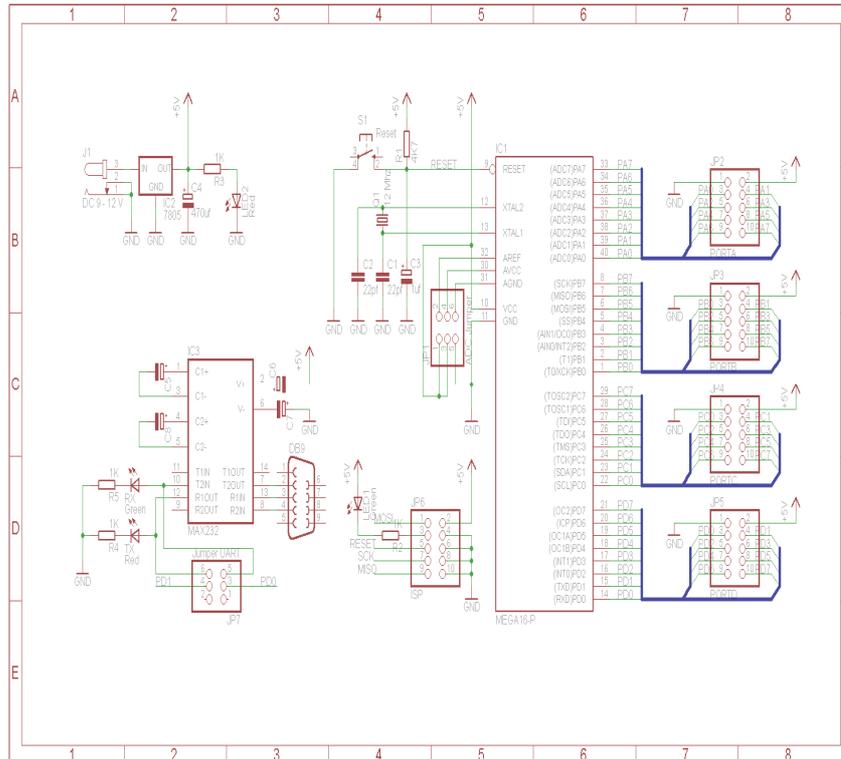
3.2.3 Rancangan Elektronik Robot

Dalam pengontrolan robot digunakan rancangan elektronik yang menggunakan mikrokontroler sebagai otak. *Flame detector* yang digunakan sebagai sensor pendeteksi api. *Flame detector* dihubungkan dengan perangkat mikrokontroler sebagai input. Sensor ultrasonik digunakan sebagai sensor pendeteksi jarak yang dihubungkan dengan perangkat mikrokontroler sebagai input. Sebagai output, mikrokontroler akan memberi perintah kepada motor *gearbox* atau motor dc untuk berputar mendekati sumber api dan memadamkan sumber api .

3.2.3.1 Rancangan Sistem Minimum ATmega16

Pada sistem minimum kita dapat melihat fungsi dari port-port yang ada pada mikrokontroler. Untuk mengontrol sistem keseluruhan digunakan mikrokontroler ATmega16 yang diprogram untuk memproses kerja dari robot pendeteksi sumber api.

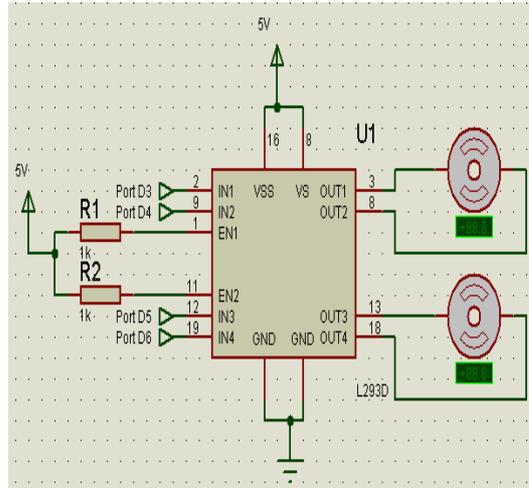
ATmega16 memiliki pin ADC sehingga tidak memerlukan ADC eksternal. Terlihat pada Gambar 3.3 Sistem Minimum Atmega16.



Gambar 3.3 Sistem Minimum Atmega16

3.2.3.2 Rangkaian Driver Motor

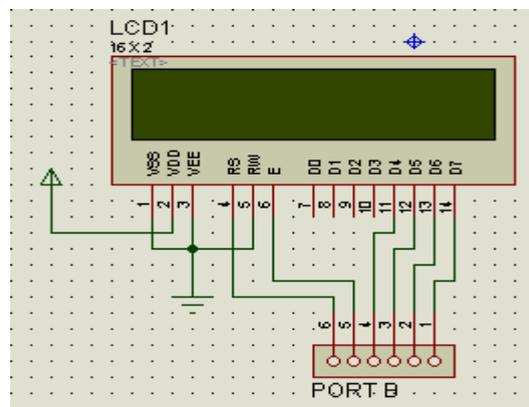
Pada penelitian kali ini digunakan driver mosfet yang berhubungan dengan kaki mikrokontroler yaitu keempat port pada mikro yaitu kaki PD3-PD6. Fungsi dari hubungan antara mikrokontroler dan driver adalah mikrokontroler memberi pulsa PWM kepada driver yang kemudian akan mengatur kecepatan motor dc. Digunakan *driver* motor karena arus yang keluar dari mikrokontroler tidak mampu memenuhi kebutuhan kebutuhan dari motor dc. Untuk gambar rangkaian dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Rangkaian *Driver* Motor

3.2.3.3 Rangkaian LCD

Rangkaian lcd berfungsi untuk menampilkan data pada mikrokontroler, lcd yang digunakan adalah lcd 16 x 2. Untuk gambar skematik lcd dapat dilihat pada Gambar 3.5.



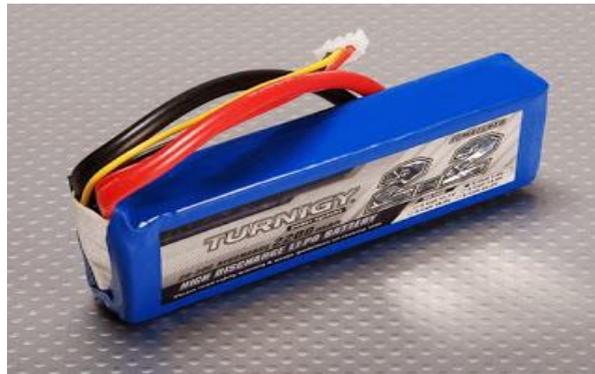
Gambar 3.5 Skematik LCD

3.2.4 Rancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak merupakan hal yang penting, untuk mengatur segala aktivitas robot pendeteksi sumber api yang dikendalikan oleh mikrokontroler yang telah diprogram sesuai dengan kinerjanya. Dalam penelitian ini digunakan pemrograman Bascom AVR sebagai bahasa program yang digunakan.

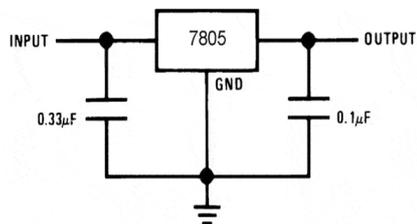
3.2.5 Baterai

Untuk menyeimbangkan penggunaan motor, sensor dan berat keseluruhan robot, digunakan jenis baterai Lipo yang memiliki bobot ringan dengan tegangan 11,1 V dan arus sebesar 2200mAh. Digunakan sebagai suplai untuk sensor, motor dan mikrokontroler. Bentuk fisik baterai dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Baterai Lipo

Untuk mensuplai tegangan mikrokontroler, sensor, dan motor digunakan regulator pembagi tegangan sesuai dengan *input* yang dibutuhkan. Rangkaian regulator dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Rangkaian Regulator

Tegangan *input* dari baterai adalah 11,1 volt, maka dengan menggunakan rangkaian regulator seperti pada Gambar 3.7. IC 7805 sesuai dengan spesifikasinya dapat menurunkan tegangan menjadi 5 volt yang digunakan untuk suplai ke rangkaian pengontrol, rangkaian sensor dan rangkaian penggerak.

3.2.6 Motor DC

Motor dc adalah motor yang digunakan sebagai penggerak robot dalam bernavigasi dan berpindah tempat. Motor yang digunakan sebagai penggerak roda adalah motor dc, motor dc memiliki kecepatan yang baik dan mudah dikendalikan. Spesifikasi Motor dc sendiri adalah :

Vsuplai : 12 vdc

Arus : 3 A

Speed : 400 rpm

Torsi : 6.5 Kg.cm

Ratio gear : 1: 21

Dimensi body : panjang 6 cm x diameter 2 cm

Dimensi shaft : panjang 1 cm x diameter 0, 1 cm

Berat : 0, 2 Kg



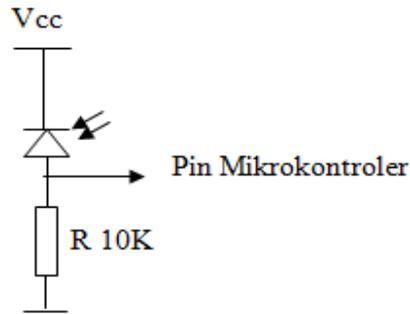
Gambar 3.8 Motor DC

Pada robot pemadam api menggunakan dua motor dc sebagai penggerak untuk roda, yaitu satu motor dc penggerak roda kanan dan satu motor dc penggerak roda kiri. Untuk membalikan arah putaran motor dc yaitu dengan cara membalikan sumber tegangan yang masuk ke motor dc untuk membalikan secara otomatis yang dikendalikan oleh mikrokontroler maka diperlukan driver sebagai pembalik putaran motor dc.

3.2.7 Sensor *Flame Detector*

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya *flame detector* merupakan sebuah sistem sensor cerdas yang mampu mendeteksi posisi nyala api dengan ketelitian tinggi (hingga nyala api sekecil cahaya lilin) menggunakan gabungan sensor mata api. Sistem ini terdiri dari sebuah sensor photodiode yang didesain untuk mendeteksi mata api dan sebuah modul berbasis mikrokontroler yang digunakan untuk mengatur kerja *flame detector*, mengambil *sampling* data sensor, dan mengatur antarmuka dengan sistem lain.

Rangkaian *flame detector* yang akan dibuat terlihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Rangkaian *flame detector*

3.2.8 Kipas

Untuk proses memadamkan api digunakan motor dc 5 volt sebagai kipas. Ukuran propeler yang digunakan dengan diameter 10 cm dan lebar 1 cm, terlihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Motor DC Kipas

3.2.9 Sensor *Ultrasonic* Hc-SRO 04

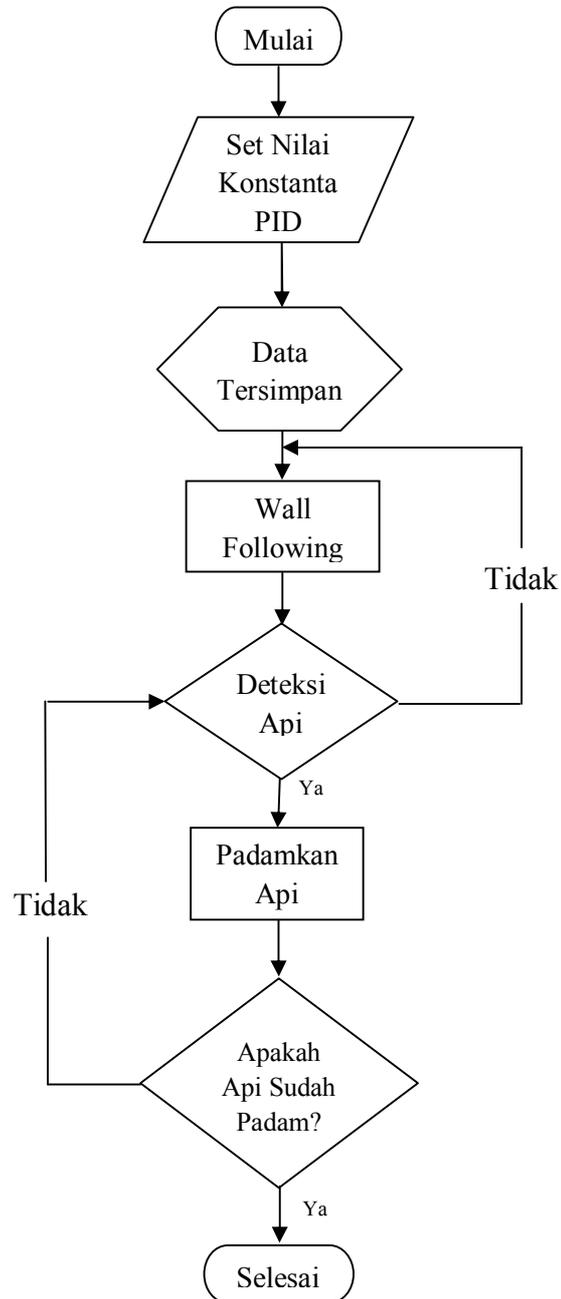
Sebagai sensor pendeteksi jarak digunakan sensor *ultrasonic* Hc-SRO 04. Sensor jarak ini sendiri digunakan untuk mengetahui jarak depan, samping kanan dan samping kiri robot, apakah ada halangan atau tidak. Sensor *ultrasonic* Hc-SRO 04 terlihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Sensor *Ultrasonic* Hc-SRO 04

3.3 Flowchart

Dalam pembuatan program, terlebih dahulu dibuat alur kerja robot sehingga lebih tertata dalam membuat program dan memahami program tersebut. Untuk lebih jelas dapat dilihat *flowchart* kerja robot pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 *Flowchart* Robot Pemadam Api

Dari *flowchart* pada Gambar 3.12 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Mulai dilakukan dengan cara menghidupkan tombol *switch* On/Off.
2. Robot akan mulai proses inisialisasi program yang akan dijalankan sebagai sumber perintah.
3. Setting nilai PID dengan menentukan nilai error yang sudah disimpan.
4. Robot akan bergerak menyusuri dinding.
5. Jika api terdeteksi, robot akan berhenti, dan mulai memadamkan api sampai api lilin benar-benar mati.
6. Setelah sumber api padam, proses selesai.