

## KONTROL PROPORTIONAL INTEGRAL (PI) PADA ROBOT LINE FOLLOWER

Santoso<sup>1</sup>, Saadilah Mursyid<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Tanah Laut  
Jl. A Yani Km 6 Pelaihari Tanah Laut Kalimantan Selatan  
Telp. (0512) 21537, Faks. (0512) 21537  
E-mail: santosoemail@gmail.com; mursid.politala@yahoo.com

### ABSTRAKS

Dalam penelitian ini dibahas tentang pengimplematisasian sistem kontrol PI (proportional Integral), pada sistem gerak robot line follower menggunakan motor DC berbasis mikrokontroler Atmega 328a, menggunakan 8 sensor garis dengan memanfaatkan LED dan Photodiode, kontrol PI mampu menghasilkan gerak robot mengikuti garis dengan gerak lebih presisi dibanding dengan hanya mempergunakan kontrol P saja, dengan menentukan konstanta  $K_p$  dan  $K_i$  kecepatan motor terjaga pada nilai yang diinginkan, gerakan robot mengikuti garis sesuai dengan kecepatan dan kestabilan posisi.

Kata Kunci: robot, line follower, kontrol proporsional, integral, mikrokontroler

### 1. PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah mengalami kemajuan, semakin lama kemajuan teknologi semakin pesat perkembangannya. Ditambah lagi dengan ide dan pemikiran kreatif dari penciptanya, tentunya ini akan menambah kreatifitas dan inovasi yang berpengaruh pada teknologi yang diciptakan tersebut. Lambat laun telah dapat diatasi dengan ditemukannya teknologi-teknologi baru, sehingga dapat terlihat fungsi robot yang dapat membantu pekerjaan manusia, yang memungkinkan manusia lebih mudah mengangkut barang atau memindahkan barang ke tempat lain dalam bidang industri serta dapat juga digunakan sebagai alat transportasi otomatis.

Untuk itu, robot *line follower* perlu dikembangkan. Karena robot ini merupakan ilmu dasar dari robot. Pada kontes robot yang berlangsung di dunia saat ini, hampir sebagian navigasi robot menggunakan sistem *line follower*. Diperlukan sebuah kontrol untuk mengatur robot itu sendiri. Berbagai macam jenis kontrol dari sebuah robot. Salah satu kontrol dari robot ialah kontrol proporsional (P) dan integral (I) yang digunakan pada robot *Line follower*.

### 2. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Robotika

Kata Robot berasal dari bahasa Czech "ROBOTA" yang artinya pekerja budak. Istilah robot dikenalkan oleh Karel Capek pada tahun 1921. Penggunaan kata ROBOT dikenalkan oleh Capek dengan menjadikannya kata itu nama perusahaannya, Rossum Universal Robot(RUR) pada bulan Januari 1921. Perbedaan mendasar dari Mekatronika dan Robotika adalah dari derajat kebebasan gerakannya. Derajat Kebebasan atau DOF (Degree of Freedom) dari peralatan/mesin yang didefinisikan sebagai mekatronika maksimal 2.

Sedangkan DOF untuk peralatan/mesin yang didefinisikan sebagai robot haruslah mempunyai lebih dari 2 DOF.

#### 2.2. Kontrol Proporsional

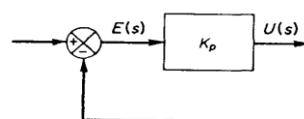
Untuk kontroler dengan aksi kontrol proporsional, hubungan antara masukan kontroler  $u(t)$  dan sinyal pembangkit kesalahan  $e(t)$  adalah

$$u(t) = K_p e(t) \dots\dots\dots(1)$$

atau dalam besaran transformasi Laplace

$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p \dots\dots\dots(2)$$

dengan  $K_p$  adalah suku penguatan proporsional.



.....(3)

Gambar 1. Diagram blok kontrol P

Peningkatan  $K$  akan menaikkan penguatan loop dari sistem dan dapat digunakan untuk menaikkan kecepatan respon sistem dan mengurangi magnitude kesalahan-kesalahan keadaan mantap (*error steady-state*). Jikalau kontrol proporsional berdiri sendiri biasanya kurang baik, sebab kenaikan  $K$  tidak hanya membuat sistem lebih sensitif tetapi juga cenderung tidak menstabilkan sistem. Konsekwensinya nilai  $K$  yang mana dapat dinaikkan adalah terbatas, dan keterbatasan ini boleh jadi tidak cukup tinggi untuk mencapai response yang diinginkan. Akibatnya pada saat dicoba untuk menset penguatan  $K$ , maka terdapat konflik kebutuhan/keinginan. Disatu sisi diinginkan untuk mengurangi kesalahan-kesalahan (*errors*) sebanyak mungkin, tetapi untuk melakukan ini menyebabkan response berisolasi, dengan cara demikian memperpanjang setting waktu. Sebaliknya perubahan respon dari input sebaiknya secepat mungkin. Respon yang cepat dapat dicapai dengan

menaikkan K, tetapi sekali lagi dapat menyebabkan ketidak stabilan sistem.

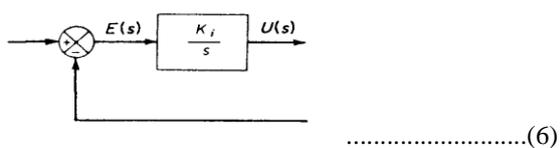
### 2.3. Kontrol Integral

Fungsi kontrol integral yaitu untuk menghilangkan error pada keadaan mantap (steady). Pada kontroler dengan aksi kontrol integral nilai masukan kontroler  $u(t)$  diubah pada laju proporsional dan sinyal pembangkit kesalahan  $e(t)$ . Sehingga

$$\frac{du(t)}{dt} = K_i e(t) \dots\dots\dots(4)$$

atau

$$u(t) = K_i \int_0^t e(t) dt \dots\dots\dots(5)$$

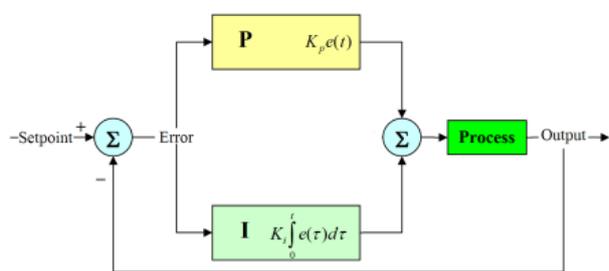


Gambar 2. Diagram blok kontroler integral

dengan  $K_i$  adalah konstanta yang dapat diubah. Fungsi alih dari kontroler integral adalah

$$\frac{U(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s} \dots\dots\dots(7)$$

Jika nilai  $e(t)$  ada dua (doubel), maka nilai  $u(t)$  bervariasi dua kali secara cepat. Untuk pembangkit kesalahan nol, nilai  $u(t)$  tetap konstan. Aksi kontrol integral biasanya disebut kontrol reset.



Gambar 3. Diagram blok kontroler Proportional Integral

### 2.4. Mikrokontroler

AVR merupakan seri microcontroller CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (Reduced Instruction Set Computer). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus clock. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode compare, interrupt internal dan eksternal, serial UART, programmable watchdog timer, dan mode power

saving, ADC (Analog to Digital Converter) dan PWM (Pulse With Modulation) internal.

AVR juga mempunyai In-system programmable flash on-chip yang mengijinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan SPI (Serial Peripheral Interface).

#### 2.4.1. Arsitektur ATmega 328

Dari gambar 2.1 dapat dilihat bahwa ATmega328 memiliki bagian sebagai berikut:

- Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu port A, Port B, Port C, dan Port D.
- ADC 10 bit sebanyak 8 saluran.
- Tiga buah Timer/Counter dengan kemampuan perbandingan.
- CPU yang terdiri atas 32 buah register.
- Watchdog Timer dengan Osilator Internal.
- SRAM sebanyak 512 byte.
- Memori Flash sebesar 8 kb dengan kemampuan Read While Write.
- Unit Interupsi internal dan eksternal.
- Port antarmuka SPI.
- EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi.
- Antarmuka komparator analog.
- Port USART untuk komunikasi serial.

#### 2.4.2. Konfigurasi Pin ATmega 328

Konfigurasi pin ATmega 328 bisa dilihat pada gambar 8. Dari gambar tersebut dapat dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATmega 328 sebagai berikut:

- VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
- GND merupakan pin ground.
- Port B adalah 8-bit dua arah I / O port dengan resistor pull-up internal yang (dipilih untuk setiap bit). Penampung keluaran Port B memiliki kontrol karakteristik simetris dengan dua penyerapan panas tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin port B secara eksternal ditarik ke sumber arus yang rendah jika resistor pull-up diaktifkan. Pin port B yang tristated ketika kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika jam tidak berjalan. Tergantung pada pengaturan pilihan jam sekering, PB6 dapat digunakan sebagai input untuk Oscillator penguat pembalik dan masukan ke rangkaian operasi jam internal. Tergantung pada pilihan pengaturan jam sekering, PB7 dapat digunakan sebagai output dari Oscillator penguat pembalik. Jika Internal dikalibrasi RC Oscillator digunakan sebagai sumber clock chip PB7 ... 6 digunakan sebagai TOSC2 ... 1 masukan untuk Asynchronous Timer / Counter2 jika bit AS2 di diatur ASSR.
- Port C (PC5: 0), Port C adalah 7-bit bi-directional I / O port yang dengan resistor pull-up internal yang (dipilih untuk setiap bit).

Penampung keluaran PC5 ... 0 memiliki karakteristik kontrol simetris dengan dua kemampuan penyerapan suhu tinggi dan kemampuan sumber. Sebagai input, pin Port C menarik sumber arus rendah jika resistor pull-up diaktifkan. Pin Port C memiliki tiga keadaan yaitu saat kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika jam tidak diaktifkan

- e. PC6 / RESET, Jika RSTDISBL Fuse diprogram, PC6 digunakan sebagai pin I / O. Karakteristik listrik dari PC6 berbeda dari pin lain dari Port C. Jika RSTDISBL Fuse adalah unprogrammed, PC6 digunakan sebagai masukan ulang. kondisi rendah pada pin ini selama lebih dari panjang pulsa minimum akan menimbulkan pemuatan ulang program, meskipun jam tidak berjalan.
- f. Port D (PD7: 0), Port D adalah 8-bit bi-directional I / O port dengan resistor pull-up internal yang (dipilih untuk setiap bit). Port D keluaran buffer memiliki karakteristik kontrol simetris dengan dua penyerapan tinggi dan sumber daya. Sebagai input, pin Port D secara eksternal ditarik ke arah sumber arus yang rendah, jika resistor pull-up diaktifkan. Pin Port D adalah tiga keadaan, saat kondisi reset menjadi aktif, bahkan jika jam tidak berjalan.
- g. AVCC adalah pin tegangan suplai untuk A / D Converter, PC3: 0, dan ADC7: 6. dibutuhkan eksternal VCC, bahkan jika ADC tidak digunakan. Jika ADC digunakan, harus dihubungkan ke VCC melalui low-pass filter. untuk diperhatikan bahwa PC6 ... 4 penggunaan tegangan suplai digital, VCC.
- h. AREF, AREF adalah referensi analog untuk pengubah analog ke digital (A/D Converter).
- i. ADC7: 6 (QFP dan QFN / hanya paket MLF) Dalam TQFP dan paket QFN / MLF, ADC7: 6 berfungsi sebagai input analog ke pengubah A / D . Pin ini diberi suplai daya analog dan berfungsi sebagai saluran ADC 10-bit

### 2.4.3. I/O Port

Port I/O mikrokontroler ATmega 328 dapat difungsikan sebagai input ataupun output dengan keluaran high atau low. Untuk mengatur fungsi port I/O sebagai input ataupun output perlu dilakukan setting pada DDR dan port. Tabel 1 merupakan tabel pengaturan port I/O:

Tabel 1 Konfigurasi Setting Port I/O

	DDR bit=1	DDR bit=0
Port bit=1	Output High	Input pull up
Port bit=0	Output Low	Input Floating Point

Dari tabel diatas, menyetting input/output adalah:

- a. Input; DDR bit 0 dan port bit 1
- b. Output High; DDR bit 1 dan Port bit 1
- c. Output Low; DDR bit 1 dan Port bit 0

Logika Port I/O dapat diubah-ubah dalam program secara byte atau hanya bit tertentu. Mengubah sebuah keluaran bit I/O dapat dilakukan menggunakan perintah cbi (clear bit I/O) untuk menghasilkan output low atau perintah sbi (set bit I/O) untuk menghasilkan output high. Perubahan secara byte dilakukan dengan perintah in atau out yang menggunakan register Bantu. Port I/O sebagai output hanya memberikan arus sourcing sebesar 20 mA.

### 2.4.4. ADC (Analog to Digital Converter)

Dalam mikrokontroler ATmega 328 terdapat fitur ADC (Analog Digital Converter), fitur ini berfungsi untuk mengubah besaran/sinyal analog (biasanya keluaran dari sensor) ke besaran digital untuk kemudian diolah oleh mikrokontroler. Hal ini dikarenakan mikrokontroler hanya mengenal logika 1 atau 0. Fitur dari ADC ATmega 328 adalah sebagai berikut:

- Resolusi 10 Bit
- Waktu konversi 65-260µs
- 8 chanel input
- 0-Vcc input ADC
- 3 mode pemilihan tegangan referensi

### 2.4.5. Inisialisasi ADC

Untuk menggunakan/mengaktifkan ADC diperlukan pengaturan register register ADC. Inisialisasi register ADC ini dilakukan untuk menentukan clock, tegangan referensi, format data output dan mode pembacaan. Berikut ini adalah format konfigurasi dari register-register ADC.

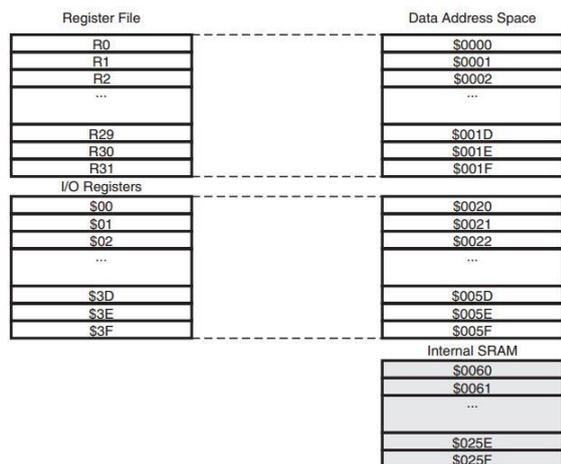
### 2.4.6. Peta Memory

ATmega 328 memiliki ruang pengalaman memori data dan memori program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 buah register umum, 64 buah register I/O, dan 512 byte SRAM Internal.

- 4/8/16/32KBytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
- 256/512/1KBytes EEPROM
- 512/1K/1K/2KBytes Internal SRAM

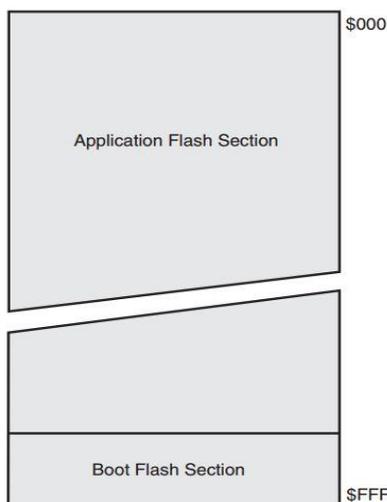
Register dengan fungsi umum menempati space data pada alamat terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F, register khusus untuk menangani I/O dan kontrol mikrokontroler menempati 64 alamat \$20 hingga \$5F, sedangkan SRAM 512 byte

pada alamat \$60 sampai dengan \$25F. Konfigurasi memori data ditunjukkan Gambar 6.



Gambar 4. Peta memory atmega 328

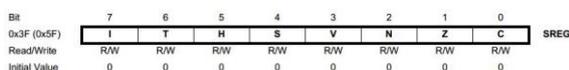
Memori program yang terletak dalam Flash PEROM tersusun dalam *word* karena setiap instruksi memiliki lebar 16-bit atau 32-bit. AVR ATmega 328 memiliki 4 Kbyte x 16-bit Flash PEROM dengan alamat mulai dari \$000 sampai \$FFF. AVR memiliki 12-bit Program Counter (PC) sehingga mampu mengamati isi Flash.



Gambar 5. Memori Program ATmega 328

ATmega 328 juga memiliki memori data berupa EEPROM 8-bit sebanyak 512 byte. Alamat EEPROM dimulai dari \$000 sampai \$1FF. 2.3.4. Status Register (SREG)

Status Register merupakan register berisi status yang dihasilkan pada setiap operasi yang dilakukan ketika suatu instruksi dieksekusi. SREG merupakan bagian dari inti CPU mikrokontroler.



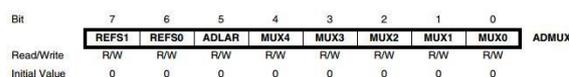
Gambar 6. Status Register ATmega 328

- a. Bit 7 - I : Global Interrupt Enable Bit yang harus diset untuk meng-enable interupsi.

- b. Bit 6 - T : Bit Copy Storage Instruksi BLD dan BST menggunakan bit-T sebagai sumber atau tujuan dalam operasi bit. Suatu bit dalam sebuah register GPR dapat disalin ke bit T menggunakan instruksi BST, dan sebaliknya bit-T dapat disalin kembali ke suatu bit dalam register GPR menggunakan instruksi BLD.
- c. Bit 5 - H : Half Carry Flag
- d. Bit 4 - S : Sign Bit Bit-S merupakan hasil operasi EOR antara flag-N (negative) dan flag-V (two's complement overflow).
- e. Bit 3 - V : Two's Complement Overflow Flag Bit yang berguna untuk mendukung operasi aritmatika.
- f. Bit 2 - N : Negative Flag Bit akan diset bila suatu operasi menghasilkan bilangan negatif.
- g. Bit 1 - Z : Zero Flag Bit akan diset bila hasil operasi yang diperoleh adalah nol.
- h. Bit 0 - C : Carry Flag Bit akan diset bila suatu operasi menghasilkan carry.

#### 2.4.7. ADC Multiplexer Selection Register (ADMUX)

Register ini digunakan untuk mengatur tegangan referensi yang akan dipakai oleh ADC, format data output ADC dan saluran ADC.



Gambar 7. Register ADMUX

Keterangan :

- a. Bit 7:6-REFS1 : Reference Selection Bit, Bit REFS1 dan REFS2 digunakan untuk menentukan tegangan referensi dari ADC. Bit ini tidak dapat diubah pada saat konversi sedang berlangsung.
- b. Bit 5-ADLAR : ADC Left Adjust Result. Bit ADLAR digunakan untuk mengatur format penyimpanan data ADC pada register ADCL dan ADCH
- c. Bit 4:0-MUX4-0 : Analog Chanel and Gain Selection Bit

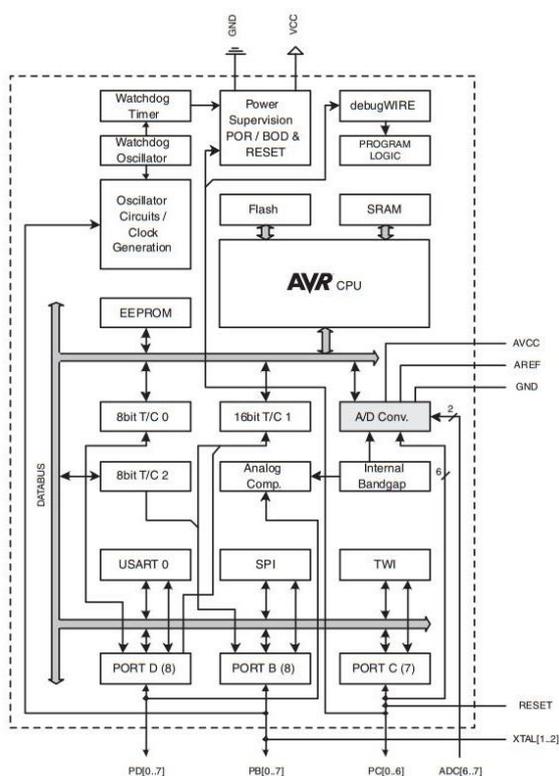
Digunakan untuk menentukan pin masukan analog ADC pada mode konversi tunggal atau untuk menentukan pin-pin masukan analog dan nilai penguatnya (gain) pada mode penguat beda. [1]

Tabel 2 Tegangan Referensi ADC [1]

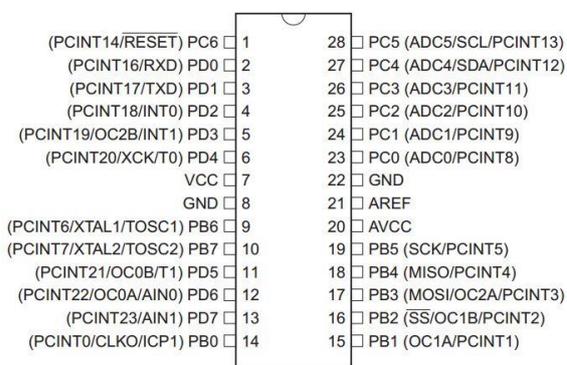
Ref 1	Ref 2	Tegangan Referensi
0	0	Pin AREF
0	1	Pin AVCC, pin AREF diberi kapasitor
1	0	Tidak digunakan
1	1	Internal 2.56 v dengan pin AREF diberi kapasitor

Table 2 menjelaskan data yang dikirim ke pin REFS1 dan REFS2 pada register ADMUX dan hubungannya dengan tegangan referensi yang akan digunakan oleh ADC.

AVR juga mempunyai *In-system programmable flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan SPI (*Serial Peripheral Interface*).



Gambar 8. Blok diagram Mikrokontroler 328

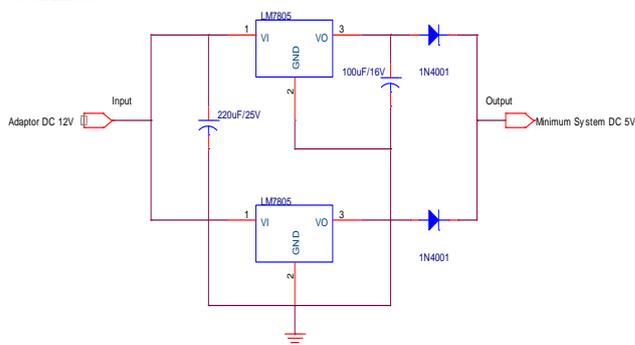


Gambar 9. Pin Out Mikrokontroler 328

### 2.5. Perancangan Regulator

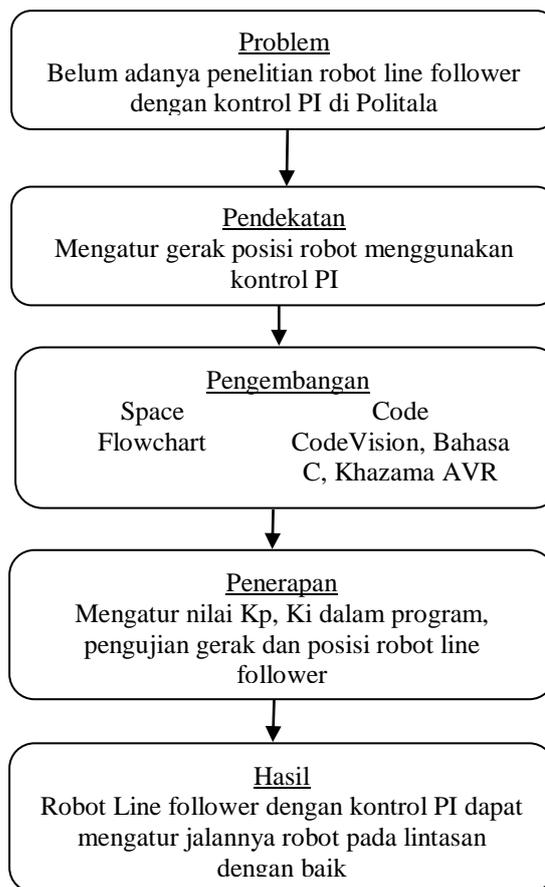
Catu daya merupakan pendukung utama bekerjanya suatu sistem. Catu daya yang biasa digunakan untuk menyuplai tegangan sebesar 5 Volt adalah catu daya DC yang

memiliki keluaran +5 volt. Catu daya ini digunakan untuk mensuplay tegangan sebesar 5 volt. IC 7805 (IC regulator) digunakan untuk menstabilkan tegangan searah. Kapasitor digunakan untuk mengurangi tegangan kejut saat pertama kali saklar catu daya dihidupkan. Dioda dipergunakan untuk memastikan polaritas tegangan. Sehingga keluaran IC regulator 7805 stabil sebesar 5 volt DC. Rangkaian regulator terlihat pada Gambar 4. berikut:

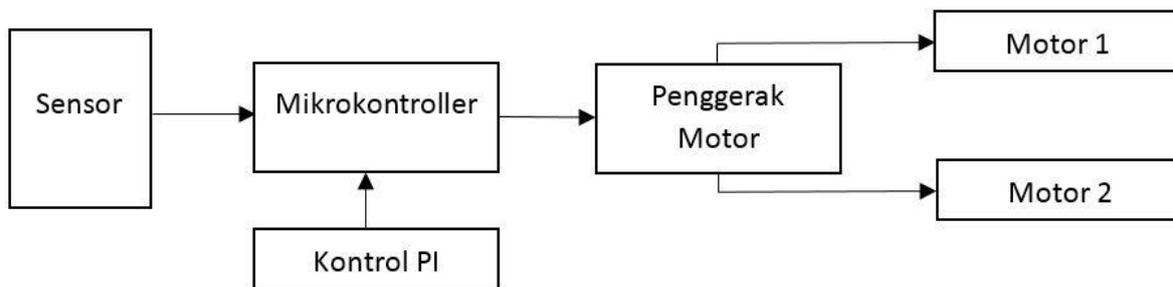


Gambar 10. Rangkaian regulator

### 3. METODELOGI



Gambar 11. Kerangka Penelitian



Gambar 5. Blok Diagram Sistem

### 3.1 Problem

Merupakan identifikasi masalah yang ada untuk melakukan penelitian. Sehingga penulis menemukan bahwa belum adanya proses penelitian *line follower* dengan kontrol di Politeknik Tanah Laut.

### 3.2 Pendekatan

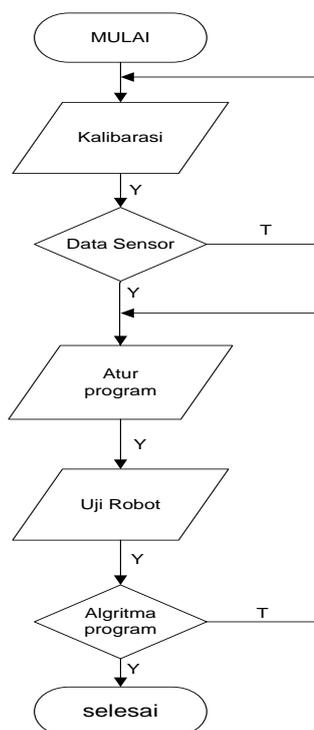
Merupakan satu pendekatan yang digunakan dalam penelitian dengan menitikberatkan pada penggunaan metode ilmiah (Maman, 2013). Dimana dalam penelitian ini adalah untuk mengatur gerak posisi robot menggunakan sistem kontrol proporsional dan integral (PI).

### 3.3 Pengembangan

Pengembangan diawali dengan membangun sistem sesuai blok diagram pada gambar 5.

### 3.4 Penerapan

Penerapan *line follower* dengan kontrol PI ini ditunjukkan flowchart seperti pada gambar 6.



Gambar 12. Flowchart sistim

### 3.5 Hasil

Penelitian menghasilkan robot *line follower* dengan kontrol PI, didapatkan jalan dan gerak robot lebih baik dibandingkan tanpa kontrol.

## 4. PERANCANGAN

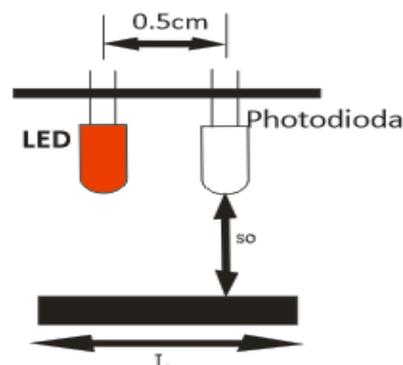
Robot *line follower* terdiri dari beberapa rangkaian diantaranya sensor garis, mikrokontroller, penggerak motor, motor dc.

### 4.1 Sensor garis

Sensor garis dipergunakan untuk mengambil besaran data lintasan, alat, bahan dan beberapa pengaturan yang diperlukan.

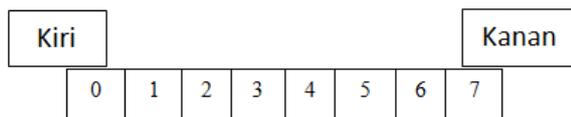
1. Sumber daya tegangan 5 VDC.
2. Led dan *photodiode* masing-masing 8 buah
3. Jarak optimal sensor ke obyek/jalur sekitar 4 – 10 mm.
4. Tegangan *output* masing-masing sensor antara 0 VDC sampai 4,9 VDC.
5. Jarak sensor antara *photodiode* dengan LED 5mm.
6. Jarak antar sensor ke sensor yang lainnya sekitar 13 – 18mm.
7. Dilengkapi dengan variabel resistor untuk kalibrasi masing-masing sensor.
8. *Output* dihubungkan ke *Analog to Digital Converter* (ADC) atau rangkaian IC komparator.

Pengamatan jarak sensor terhadap lintasan, pengamatan ini dilakukan dengan mengubah variabel jarak sensor ke lantai (so) seperti berikut:



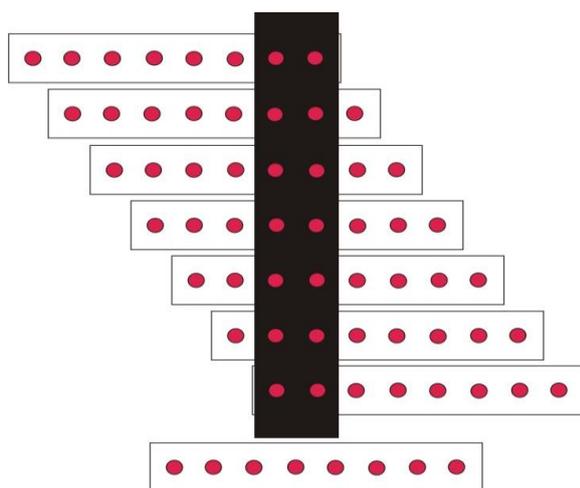
Gambar 13. Desain pemasangan sensor garis

Konfigurasi pemasangan sensor adalah sebagai berikut :



Gambar 14. Konfigurasi Posisi Sensor

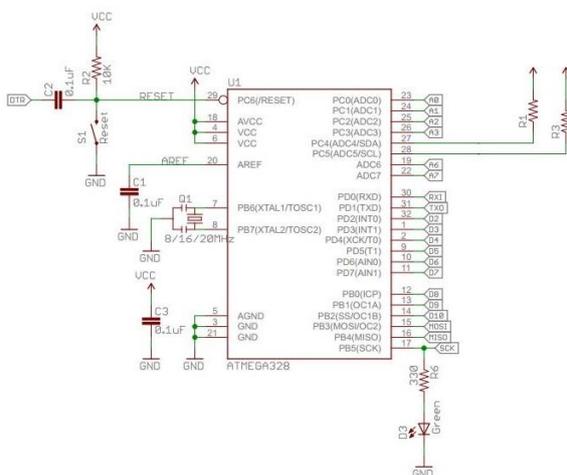
Mulai dari kiri ke kanan, sensor diberi nama 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. pemakaian sensor photodiode pada robot *line follower* ini diasumsikan bahwa, jika sensor berada pada garis, dalam hal ini adalah garis hitam, maka keluaran dari sensor berlogika 0 dan jika sensor tidak berada pada garis, dalam hal ini latar warna putih, maka keluaran sensor berlogika 1, maka kemungkinan posisi sensor adalah



Gambar 15. Kemungkinan Posisi Sensor Pada Lintasan

#### 4.2 Mikrokontroler Atmega 328A

Mikrokontroler menggunakan AVR Atmega 328 dengan skematik diperlihatkan pada gambar 10.

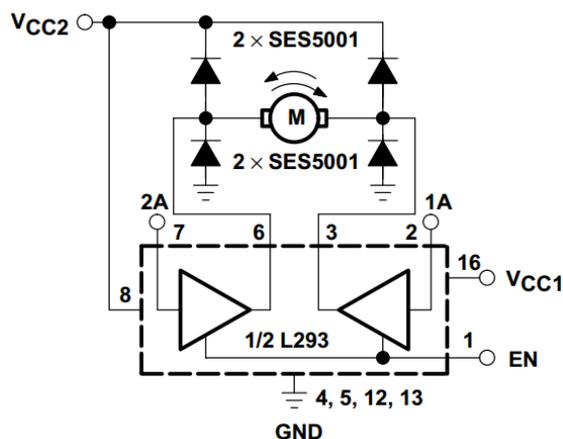


Gambar 16. Skematik Mikrokontroler Atmega 328

#### 4.3 Penggerak Motor DC

Penggerak motor (*motor driver*) adalah rangkaian yang digunakan sebagai switching sehingga nantinya motor dapat berputar searah jarum jam (Clockwise ) dan berlawanan arah jarum jam (Counterclockwise ). Dan motor driver yang dipakai penulis adalah *Embedded Module Series (EMS) 1 A Dual H-Bridge* merupakan *driver H-Bridge* yang didisain untuk menghasilkan *drive 1* arah maupun 2 arah dengan arus kontinyu sampai dengan 1 A pada tegangan 4,5 Volt sampai 36 Volt.

Penggerak motor mempergunakan IC L293D desain rangkaian diperlihatkan pada gambar 10.



Gambar 17. Kontrol Motor DC dua arah

#### 4.4 Motor DC

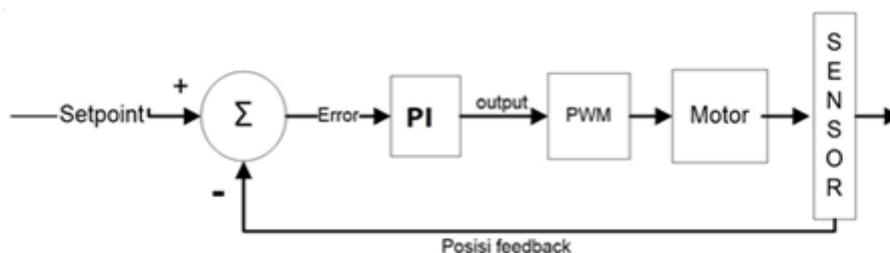
merupakan motor penggerak untuk Robot Line Follower yang dilengkapi dengan komponen penunjangnya.

Spesifikasi motor dan roda:

1. Tegangan kerja : 5 VDC.
2. Arus tanpa beban : 200 mA.
3. Kecepatan tanpa beban : 200 rpm.
4. Torsi : 2 Kg.cm.
5. Diameter roda+ban : 4.5 cm.
6. Ketebalan roda+ban : 4 mm.



Gambar 18. Motor DC



Gambar 13. Logika kontrol PI

#### 4.5 Alur Pengendali PI

*setpoint* dapat dilihat dari bahwa keluaran dari pengendali *error* (kesalahan) yang terjadi di kp, keluaran ini mengarahkan motor dalam arah yang dapat mengurangi *error*. Pada keadaan dimana posisi sensor robot mendekati posisi *setpoint* atau dikembalikan lagi yaitu posisi *feedback* sensor robot, *error* semakin berkurang, yang juga menyebabkan arus listrik yang diberikan kepada motor semakin mengecil, hingga akhirnya tidak ada arus listrik lagi pada saat motor mencapai posisi *setpoint* yang diinginkan.

Dalam program robot *line follower* ini kontrol ditulis secara sederhana seperti berikut:

```

If Sensor= &B11111111 Then
If Pv<0Then : Pv= -30
End If
If Pv>0 Then : = 30
End If
End If

```

Perhitungan kendali proporsional

```

Sp_sensor= 0 'setpoint sensor
Error = Sp_sensor - Pv 'nilai error
P = Kp*Error 'propotional kontrol+Ki*Error I
Aplikasi kontrol propotional pada PWM ialah
sebagai berikut:
Pwm = Sp_kecepatan + P 'motor kiri
Pwm = Sp_kecepatan - P 'motor kanan

```

### 5. PEMBAHASAN

Rancangan robot *line follower* hasil akhir adalah seperti pada gambar diatas, robot *line follower* dengan kontrol P ini menggunakan 8 buah sensor Led dan photodioda. Robot ini juga menggunakan 2 buah motor DC yang dikendalikan dengan driver motor yaitu L293D yang terhubung dengan mikrokontroler, atmega 328 adalah mikrokontroler yang digunakan pada robot ini.

Robot ini juga dilengkapi dengan led indikator terhubung dengan 3 buah tombol switch untuk pemilihan program yang digunakan pada robot. Tombol pada robot *line follower* dimaksud adalah untuk mengatur mana yang dipakai untuk dijalankan

nantinya. Cara kerja tombol settingan program pada robot *line follower* adalah diatur dengan empat tombol yaitu tombol A, B, C, D. Tombol A berfungsi sebagai tombol switch on/off, tombol B berfungsi sebagai Oke, tombol C dan D sebagai tombol UP dan Down.

#### 5.1 Pengujian Sensor Garis

Pengujian sensor garis dilakukan guna mengetahui nilai tegangan dan jarak sensor dengan objek. Hasil pengukuran diperlihatkan pada tabel 1.

#### 5.2 Pengujian Kontrol Motor

Kontrol motor yang menggunakan motor DC digunakan untuk memutar roda yang searah jarum jam (CW) maupun berlawanan arah jarum jam (CCW).

Untuk memutar roda ada dua cara yaitu:

1. Motor dihubungkan langsung dengan roda
2. Motor dan roda menggunakan *gear*

Tabel 1. Data pengukuran sensor

No.	Jarak sensor (cm)	Tegangan Keluaran Photodioda (volt)	
		Garis Hitam	Latar Putih
1	1,0	2.50	0.15
2	1,5	2.76	0.14
3	2,0	4.29	0.18
4	2,5	4.28	0.35
5	3,0	4.32	0.40

Tujuan penggunaan gear pada robot yaitu menghasilkan kecepatan dan *power* (torsi yang besar).berdasarkan tujuan tersebut maka ada dua konfigurasi pemasangan gear.

- a. Kecepatan (motor gear besar; roda gear kecil)

Motor menggunakan gear yang lebih besar daripada gear yang digunakan pada roda, sehingga satu kali putaran gear motor akan menghasilkan beberapa kali putaran gear roda, sehingga menghasilkan kecepatan tinggi.

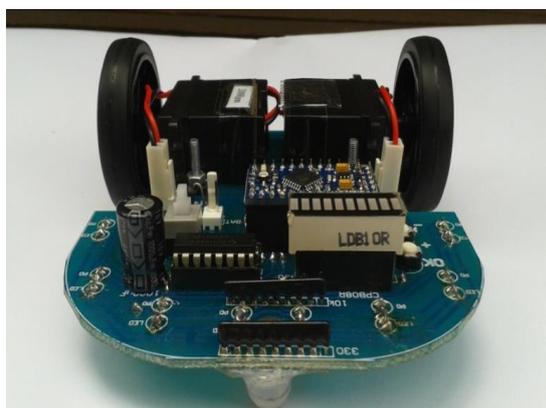
b. Power (kecil ke besar)

Motor menggunakan gear yang lebih kecil dari pada gear yang digunakan pada roda, sehingga menghasilkan putaran roda yang memiliki kecepatan yang rendah, namun memiliki power (torsi) yang besar.

### 5.3 Pengujian robot

Sebelum mendapatkan hasil kontrol proposional pada robot *line follower* maka dilakukan langkah-langkah pengujian terlebih dahulu. Dimana langkah-langkah pengujian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menyalakan robot dengan memberikan tegangan sebesar 6-10volt.
2. Melakukan fungsi tuning PI dengan mengatur Kp dan Ki.
3. Mengatur PWM dengan memberikan kecepatan standart.
4. Mencatat dan menggambarkan hasil nilai pembacaan sensor robot line follower pada garis lintasan yang sebelumnya robot telah diatur untuk membaca garis hitam.
5. Mematikan dan memperbaiki semua peralatan setelah selesai.



Gambar 19. Robot keseluruhan (iseerobot,2015)

## 6. KESIMPULAN

Robot bergerak pada garis hitam dengan latar belakang putih, sistem kendali robot berdasarkan sensor dan Algoritma program yang telah dimasukkan di robot line follower, robot mampu berjalan stabil.

## 7. SARAN

Pengembangan lebih lanjut dapat diterapkan kombinasi kontrol yaitu PD, PID dan kontrol lain guna menghasilkan performa robot lebih baik lagi.

## 8. DAFTAR PUSTAKA

- Datasheet Atmega 328, diakses 14 Juni 2015. URL : [www.atmel.com/images/doc816.pdf](http://www.atmel.com/images/doc816.pdf).
- Mursyid Saadilah, Santoso. 2015. "Robot Line Follower Dengan Kontrol P (Propotional) Berbasis mikrokontroller". Media Akademik, Halaman 19-26: Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Dinamika Bangsa.
- Alvin Amilul. 2013. *Tugas Akhir. Robot Line Follower menggunakan Mikrokontroler ATMEGA 89C51AC3*. Pelahari: Program Studi Teknik Informatika Politeknik Negeri Tanah Laut.
- Andrianto, Heri. 2008. *Buku Panduan Pelatihan Mikrokontroller AVR Atmega16 Menggunakan Bahasa C*. Bandung: Informatika Bandung.
- Abadi, Setya., 2008. "Sensor ultrasonik sebagai alat navigasi robot pada robot pemadam api berbasis mikrokontroller 8535". Semarang, Universitas Diponegoro.
- Amri, Sholichul., 2010. "Sensor uvtron sebagai pendeteksi api pada robot pemadam api berbasis mikrokontroller atmega 8535". Suarakarta. Universitas Sebelas Maret.
- Artileri, putra., 2014. "Mobile Robot Line Tracer Analog". Tugas akhir smk mahardika. Jakarta.
- Darmawan, Aditya., 2013. "Perkembangan teknologi robotik". Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.
- Dezzikri, jumat 28 Desember 2014 (<http://upload. Ugm.ac.id/398PANDUAN.pdf>) diakses pada tanggal 25 february 2015, pukul 19.30 WITA.
- Dr. Riza Muhida. 2008."Pemograman Praktis Mikrokontroler Menggunakan PIC untuk Aplikasi Robot".Malaysia : Universitas Malaysia.
- Firmansyah, Sigit., 2010. "Elektronika Digital dan Mikroprosesor". Yogyakarta.
- Hermawan, deny., 2010."Rancang bangun mobil robot deteksi api dan line follower berbasis mikrocontroller PIC16F84". Semarang, Universitas Diponegoro.
- Hamdani, Mohammad. "Pengendalian Kecepatan Putaran Motor DC Terhadap Perubahan Temperatur dengan Sistem Modulasi Pulsa. Skripsi". Teknik Elektro. Universitas Indonesia.
- Maman, Suherman, "Scientific Approach (Pedekatan Ilmiah)" URL: <https://suhermanmaman.wordpress.com/2013/11/03/scientific-approach-pedekatan-ilmiah-dalam-pendidikan/> diakses pada tanggal 16 february 2015, pukul 16.00 WITA.
- Malik, Ibnu. 2005. "Pengantar Membuat Robot". Yogyakarta : Gava Media.

- Nugraha, Gusti., 2011. "Robot dan pengaruhnya dalam kehidupan sosial". Universitas Gunadarma. Tangerang.
- Prayogo, Rudito. 2012. "Laporan penelitian. Pengaturan PWM (Pulse Width Modulation) dengan PLC". Malang : Program Studi Otomasi Universitas Brawijaya.
- Putra, Bayu K. 2008. Syarat Kelulusan. Line Follower Robot. Malang : Teknik Elektro. Departemen Pendidikan Nasional Joint Program BA.
- Suchan. 2012. "Akar Kuadrat Ensemble Kalman Filter (AK-EnkF) pada Estimasi Posisi Robot Mobil". Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Susanto, Heri. 2013. "Perancangan Sistem Telemetri Wireless Untuk Mengukur Suhu dan Kelembaban Berbasis Arduino Uno R3 ATmega328P DAN XBee pro. Skripsi". Fakultas Teknik Elektro. Universitas Maritim Raja Ali Haji. Tanjung Pinang.
- Setiawan, Afrie. 2010. "20 Aplikasi Mikrokontroler Atmega 8535 dan Atmega 16", Yogyakarta : Andi.
- Simanjuntak, T. Raymond. 2008. "Perancangan Robot Pemadam Api Berbasis Mikrokontroler AT89C51". Tugas Akhir. Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Supriyanto, Raden., 2010 "Robotika". Universitas gunadarma. Tangerang.
- Tambunan, Dedi. 2012. Line Follower menggunakan PID. Bekasi : Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer. Universitas Gunadarma.
- Widodo Budiharto. 2010. Robotika Teori Implementasi. Yogyakarta: Andi.S.