

Implementasi Sistem Kontrol PID Pada Robot “*Smart Trash*” Untuk Proses Distribusi Sampah

Wahyu Budi Kusuma Wardana, Herwandi, Subiyantoro

Abstrak – Dengan semakin majunya teknologi di masa sekarang, tentu akan mendorong terlahirnya inovasi baru. Salah satunya dalam bidang robotika. Robot *smart trash* ini berfungsi sebagai pengangkut sampah dari suatu tempat dan membuangnya ke TPA (Tempat Pembuangan Akhir) dengan mengikuti jalur yang telah disediakan. Dengan adanya robot ini diharapkan tidak adanya penumpukan sampah lagi. Sensor photodiode disini digunakan sebagai pendeteksi jalur, untuk mendeteksi orang disekitar digunakan sensor SRF05, untuk mengatur jadwal pembuangan sampah digunakan sensor RTC dan untuk kontroler menggunakan At-mega32. Metode yang digunakan adalah metode PID, dengan metode ini kecepatan putar motor dapat diatur supaya mendapatkan pergerakan yang stabil. Setelah melakukan percobaan dengan metode *trial and error* didapatkan nilai $K_p = 3$, $K_i = 1$, dan $K_d = 2.4$. dengan nilai konstanta PID yang telah diberikan pergerakan robot sudah sesuai dengan yang diinginkan.

Kata Kunci : Robot Smart Trash, SRF05, RTC, Atmega32, PID.

I. PENDAHULUAN

Sampah adalah material sisa yang sudah tidak dipakai atau sesuatu yang harus dibuang, yang umumnya berasal dari kegiatan masyarakat. Karena semakin banyaknya sampah yang dihasilkan dan kurangnya kedisiplinan dalam penjadwalan pembuangan sampah mengakibatkan terjadinya penumpukan sampah. Salah satunya di area perkantoran, dengan intensitas yang sangat tinggi membuat setiap individu menghasilkan banyak sampah, maka dari itu perlu adanya solusi dan inovasi untuk menghindari penumpukan sampah.

Tujuan dibuatnya alat ini adalah untuk memudahkan petugas kebersihan dalam penjadwalan pembuangan sampah, serta memperkecil adanya penumpukan sampah

Alat ini bekerja dengan prinsip *line follower* menggantikan sistem pembuangan sampah yang dulunya masih manual. Penulis disini menggunakan *set point* waktu untuk jadwal pembuangan sampah, setelah mencapai waktu yang ditentukan tempat sampah akan bergerak menuju TPS (Tempat Pembuangan Sementara) yang kemudian akan menghidupkan alarm untuk pengingat *cleaning service* supaya membuang sampah ke TPA (Tempat Pembuangan Akhir). Untuk penggerak tempat sampah penulis menggunakan motor DC yang diatur kecepatannya dengan kontrol PID supaya tetap stabil dan tidak keluar jalur yang ditentukan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Line Follower

Line Follower merupakan robot yang dapat berjalan mengikuti jalur/garis yang telah dibuat. Garis yang digunakan dalam hal ini adalah garis gelap yang diletakkan pada lantai berwarna putih ataupun sebaliknya garis putih yang berada diatas lantai berwarna hitam.

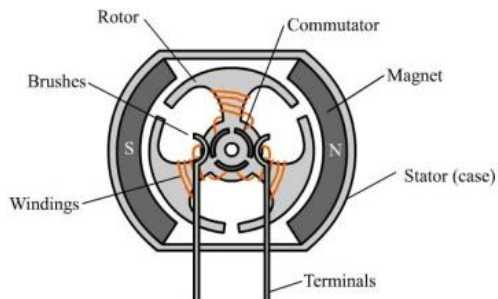
Line follower ini memiliki pengedali utama yang berupa *microcontroller* selain itu juga ada rangkaian sensor dan rangkaian *driver*. Sistem yang paling penting dalam pembuatan *line follower* adalah pemrograman (software). Ada dua macam *line follower* yang pertama *line follower* biasa tanpa menggunakan program dan *line follower* dengan menggunakan *microcontroller*.



Gambar 1 Line Follower

2.2 Motor DC (*Direct Current*)

Motor DC merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik [3]. Konstruksi motor DC dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2 Konstruksi Motor DC

Terminal motor terdiri atas 2 bagian yaitu terminal positif (+) dan terminal negatif (-) yang berfungsi sebagai penghubung sumber energi listrik searah dengan motor DC. Stator merupakan badan motor yang didalamnya terdapat magnet kutub utara dan magnet kutub selatan. *Brushes* berfungsi menyalurkan arus dari sumber energi listrik menuju kumparan (*windings*) rotor yang selanjutnya rotor dan komutator berputar. Komutator berputar karena komutator sendiri adalah bagian dari rotor yang terhubung pada *brushes*.

Ketika terminal motor DC diberi energi listrik searah dengan polaritas yang sama, maka motor akan berputar searah jarum jam, dan jika polaritas energi listrik dipasang terbalik pada terminal motor maka putarannya akan terbalik atau berlawanan arah jarum jam.

2.3 LCD (*Liquid Crystal Display*)



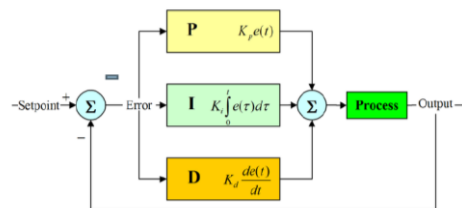
Gambar 3 LCD 16x2

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD adalah lampu neon berwarna putih di bagian belakang susunan kristal cair. LCD 16x2 menandakan bahwa LCD dapat menampilkan sebanyak 16 kolom dan 2 baris.

2.4 Metode PID (*Proportional Integral Derivative*)

PID (*Proportional Integral Derivative*) merupakan kontroler untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik umpan balik/*feedback* pada sistem tersebut. Komponen PID terdapat 3, yaitu Proporsional,

Integral dan Derivatif. Untuk merancang sistem kontrol PID, terdapat beberapa metode kebanyakan dilakukan dengan metode *Ziegler-nichols* dan metode coba-coba atau (*trial & error*) [1].



Gambar 4 Blok Diagram PID Controller

2.5 RTC



Gambar 5 RTC

Real Time Clock merupakan suatu chip (IC) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal. DS1307 merupakan Real-time clock (RTC) yang dapat menyimpan data-data detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dalam seminggu, dan tahun valid hingga 2100. 56-byte, battery-backed, RAM nonvolatile (NV) RAM untuk penyimpanan. DS1307 merupakan Real-time clock (RTC) dengan jalur data parallel yang memiliki Antarmuka serial Two-wire (I2C), Sinyal luaran gelombang-kotak terprogram (Programmable squarewave), Deteksi otomatis kegagalan-harga (power-fail) dan rangkaian switch, Konsumsi daya kurang dari 500nA menggunakan mode baterai cadangan dengan operasional osilator. Tersedia fitur industri dengan ketahanan suhu: -40°C hingga +85°C. Tersedia dalam kemasan 8-pin DIP atau SOIC.

2.6 Sensor Photodioda



Gambar 6 Sensor Photodioda

Photodioda merupakan salah satu jenis diode yang resistansinya dapat berubah-ubah apabila terkena sinar matahari yang dikirim oleh transmitter "LED". Resistansi dari photodioda terpengaruh oleh adanya cahaya yang diterima, semakin banyak cahaya yang diterima maka resistansi yang dihasilkan semakin kecil, dan apabila intensitas cahaya yang diterima sedikit maka akan menimbulkan nilai resistansi yang besar. sensor ini

memiliki prinsip kerja yang hampir sama dengan sensor LDR, mengubah besaran cahaya yang diterima sensor menjadi perubahan konduktansi (kemampuan suatu benda menghantarkan arus listrik dari suatu bahan).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Spesifikasi Alat :

1. Spesifikasi Mekanik

- a. Dimensi Prototipe Alat
 - Panjang : 35 cm
 - Lebar : 25 cm
 - Tinggi : 50 cm
- b. Max. berat : 2 kg
- c. Jangkauan Alat : 3 x 3 meter
- d. Bahan casing : Akrilik dan Plastik
- e. Sensor : Photodiode, Ultrasonik, RTC, PIR
- f. Processor : At-Mega 32
- g. Aktuator : Motor DC, Stepper, Buzzer
- h. Display : LCD 16 x 4
- i. Tegangan Kerja
 - Kontroller : 5 Volt DC
 - Aktuator : Motor DC 12 V
- j. Sumber Daya : 12 Volt DC

2. Spesifikasi Elektrik

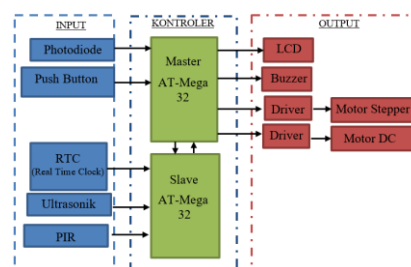
- a. Input PWM : 0-255
- b. Input PID : $K_p = 3$
 $K_i = 1$
 $K_d = 2.4$
- c. Jadwal pembuangan : 24 jam sampah

3.2. Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja pada "Smart Trash" ini adalah mengatur penjadwalan pembuangan sampah pada tempat penampung sampah secara otomatis menggunakan prinsip kerja *mobile robot line follower* dengan memanfaatkan sensor *photodiode*. Penjadwalan waktu pada "Smart Trash" ditentukan oleh user sendiri pada "Smart Trash". Setelah setting penjadwalan selesai, "Smart Trash" akan berjalan ke titik-titik yang telah ditentukan secara otomatis menyesuaikan dengan penjadwalan/waktu yang telah ditentukan dan akan kembali ke tempat penampungan sampah akhir (TPA) sesuai jadwal

yang ditentukan atau jika kondisi penampung sampah pada "Smart Trash" telah terisi penuh sebelum jadwal untuk ke titik (TPA). Jika kondisi penampung sampah telah penuh sebelum waktunya, maka "Smart Trash" akan secara otomatis menuju ke titik penampung akhir (TPA) dan kembali ke titik-titik posisi penjadwalan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan sebelumnya dan untuk mencegah "Smart Trash" roboh, maka sebelum "Smart Trash" mencapai finish pada jalur diberi tanda. Tujuan diberi tanda tersebut supaya apabila robot melewati jalur maka kecepatan robot akan menurun. Dengan begitu "Smart Trash" akan tetap seimbang dan tidak roboh.

Untuk prinsip kerja jalannya "Smart Trash" dalam bergerak dari titik satu ke titik yang lain menggunakan prinsip kerja *line follower*, jadi "Smart Trash" akan mengikuti garis rute yang telah ditentukan secara otomatis, jika posisi jalannya "Smart Trash" terlalu ke kiri, maka "Smart Trash" akan secara otomatis belok ke kanan dengan bertahap melalui sistem kontrol PID yang telah ditetapkan pada kontroller, dan sebaliknya jika posisi "Smart Trash" terlalu ke kanan, maka "Smart Trash" akan secara otomatis bergerak ke kiri menyesuaikan dengan garis rute yang telah ditentukan.



Gambar 7 Diagram Blok Robot "Smart Trash".

3.3 Perancangan dan Pembuatan Mekanik



Gambar 8 Tampak Depan Robot "Smart Trash"



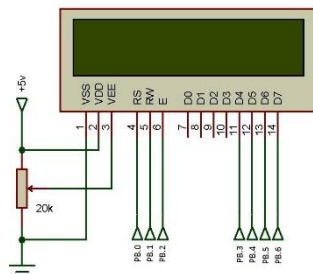
Gambar 9 Tampak Belakang Robot “Smart Trash”

Daya tampung dari robot ini maksimal sebesar < 5kg.

3.4 Perancangan dan Pembuatan Elektrik

Pada tahap perancangan ini akan dijelaskan mengenai rancangan elektrik yang dimana robot “Smart Trash” ini tersusun dari perangkat mekanik maupun elektrik. Komponen elektrik yang digunakan terdiri dari sensor photodiode yang berfungsi sebagai pembaca/pendeteksi jalur dari robot “Smart Trash”. Data yang dikirim oleh sensor akan diolah oleh mikrokontroler At-mega. Data yang dihasilkan akan dikirimkan pada rangkaian driver untuk menggerakkan actuator. Di dalam perancangan elektrik terdapat beberapa tahap yaitu :

3.4.1 Rangkaian Modul Sensor Rotary Encoder

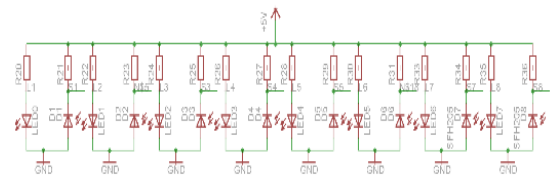


Gambar 10 Rangkaian LCD 16 x 4

Koneksi port LCD dengan AT-MEGA 32

- RS : PB.0
- RW : PB.1
- E : PB.2
- D0-D3 : Tidak Terhubung
- D4 : PB.3
- D5 : PB.4
- D6 : PB.5
- D7 : PB.6

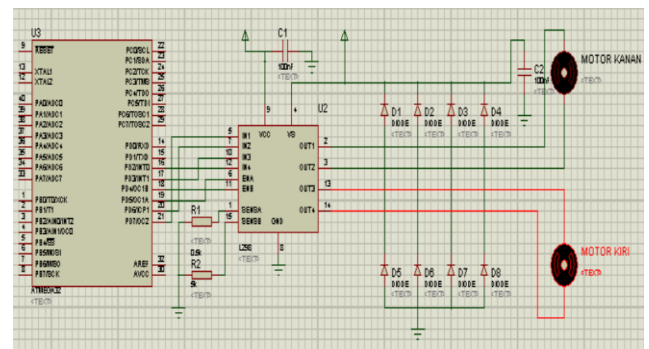
3.4.2 Rancangan Rangkaian Sensor Photodiode



Gambar 11 Rangkaian Sensor Photodiode

Photodiode merupakan jenis diode yang resistansinya bisa berubah-ubah apabila terkena sinar cahaya yang dikirim oleh transmitter (LED). Resistansi pada photodiode dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang ditangkapnya, semakin banyak cahaya yang ditangkap maka semakin kecil resistansi dari photodiode dan begitupula sebaliknya jika semakin sedikit intensitas cahaya yang ditangkap maka semakin besar nilai resistansinya.

3.4.3 Rangkaian Driver Motor DC L298



Gambar 12 Rangkaian Driver Motor L298

- Vcc = 5V
- Vs = 12V
- GND = GND
- Input 1 = PD.7
- Input 2 = PD.6
- Input 3 = PD.3
- Input 4 = PD.2
- Enable A = PD.5
- Enable B = PD.4

Dari gambar diatas terdapat beberapa pin dan mempunyai fungsi masing-masing. pada robot *smart trash* ini digunakan 1 buah *driver* motor untuk mengontrol 2 buah motor DC.

3.5 Perancangan dan Pembuatan *Software*

3.5.1 Rancangan Kontrol PID

Kontrol PID pada robot ini memiliki 3 parameter konstanta yaitu yang pertama konstanta KP (Konstanta *Proportional*), yang kedua KI (Konstanta *Integral*), dan yang ketiga KD (Konstanta *Derivatif*). Gabungan 3 konstanta tersebut ditujukan supaya sistem kontroller mendapatkan respon yang tepat untuk menjalankan robot *smart trash* sesuai dengan jalur yang sudah ditetapkan dan gerak dari robot *smart trash* ini tetap stabil.

Kontrol KP berfungsi sebagai penguat sinyal *error*. Apabila sinyal *error* makin kuat maka respon sistem akan semakin cepat sampai akhirnya mencapai nilai yang stabil. Dan perumusannya adalah :

$$P = K_p * error$$

Selanjutnya kontrol KI berfungsi untuk mengurangi *offset* yang timbul karena kontrol KP. Cara menguranginya dengan mengintegrasikan nilai *error*, maksudnya disini adalah dengan menjumlahkan nilai *error* dari yang pertama hingga *error* ke-k ($\sum_0^k ek$) jadi *error* sekarang dijumlahkan dengan *error* sebelumnya. Dan perumusannya adalah

$$I = K_i * (error + lastErrorI)$$

Terakhir kontrol KD berfungsi sebagai kendali laju dari *smart trash* karena output dari kontroler selalu berbanding lurus dengan laju sinyal *error*, kontrol KD dapat disebut juga juga fungsi turunan jadi dapat disimpulkan bahwa *error* yang terjadi sekarang dikurang *error* yang terjadi sebelumnya. Perumusannya sebagai berikut:

$$D = K_d * (error - last_error)$$

Sehingga jika ketiga konstanta itu digabung perumusannya sebagai berikut:

$$PID = P + I + D$$

Perancangan PID juga bertujuan supaya mendapatkan nilai yang sesuai dengan 3 konstanta PID yaitu *proportional*, *integrative*, *derivative*. Dengan demikian ke 3 konstanta dari nilai PID bila digunakan dengan benar, maka masukan nilai yang diberikan pada setpoint akan tetap stabil/terjaga.

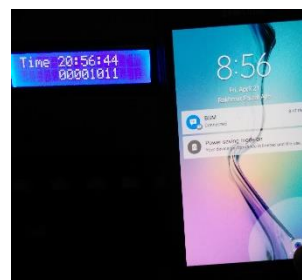
3.5.2 Perancangan Kontrol PID *Trial and Error*

Dalam melakukan perancangan kontrol PID digunakan metode *Trial and Error* yaitu dengan memasukkan nilai K_p , K_i dan K_d secara acak. Pada saat dilakukan pencarian nilai K_p , K_i dan K_d dicari agar respon sistem yang didapat sesuai dengan *setpoint* yang diberikan, seminimum mungkin tidak terdapat *error*. Dalam memasukkan nilai K_p , K_i dan K_d juga dilakukan berulang-ulang agar mendapatkan hasil yang paling optimal.

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian dan Analisa Rangkaian RTC

RTC (Real Time Clock) merupakan jam elektronik berupa chip yang dapat menghitung waktu dengan akurat dan menyimpan data waktu tersebut secara real time. Karena bekerja secara real time, setelah memproses hitung waktu dilakukan output datanya langsung disimpan atau dikirim ke device lain melalui sistem antarmuka. Berikut adalah program untuk rangkaian RTC.



Gambar 13 Pengujian RTC dengan *real time*

Dari pengujian yang telah dilakukan pada sensor RTC didapatkan hasil bahwa waktu yang ada pada layar lcd sesuai dengan waktu sebenarnya dapat dilihat pada Gambar 4.1 bahwa waktunya sudah sesuai, maka dari itu sensor RTC dapat dikatakan bekerja dengan sesuai harapan.

4.2 Pengujian dan Analisa sensor PIR (Passive Infrared Sensor)

Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan hasil dari uji alat yang dilaksanakan. Data yang diperoleh merupakan data yang didapat melalui pengujian robot terhadap gerak yang ada di depannya. Pada pengujian ini menggunakan jarak dengan satuan *meter* (m). pengaturan jarak dari sensor ini dilakukan dengan cara memutar potensio pada sensor PIR itu sendiri pengaturan pada sensor itu terdiri dari pengaturan delay dan sensitivitas dari sensor PIR. Berikut adalah hasil pengujian dari sensor PIR :

Tabel 1 Tabel Uji Sensor PIR

No.	Jarak (m)	kondisi	kondisi penutup sampah.
1.	< 3m	tidak ada orang	menutup
2	> 3m	ada orang	menutup
3.	< 3m	ada orang	membuka
4.	> 3m	tidak ada orang	menutup

4.3 Pengujian Rangkaian LCD 16x2

Dari pengujian yang telah dilakukan bertujuan untuk membandingkan hasil yang didapat dari uji sensor dengan jarak yang sebenarnya. Data yang didapat berasal dari pembacaan sensor pada program yang ditanamkan. Pada pengujian ini satuan yang digunakan adalah *centimeter* (cm), setelah pembacaan sensor dari program telah didapat, langkah selanjutnya adalah membandingkan data yang didapat dengan jarak sebenarnya dengan alat ukur penggaris. Dari data selisih pembacaan jarak akan didapatkan nilai *error*.

Tabel 2. Data Pengujian Sensor Ultrasonik

No.	Pembacaan pada LCD (cm)	Pembacaan real (cm)	Error (%)
1.	10 cm	10 cm	0%
2.	20 cm	20 cm	0%
3.	30 cm	30 cm	0%
4.	40 cm	40 cm	0%
5.	50 cm	50 cm	0%

Perhitungan presentase nilai *error* pada sensor SRF05 dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$e\% = \frac{p-s}{p} \times 100\%$$

keterangan :

p = jarak pembacaan sebenarnya (penggaris)

s = jarak hasil pembacaan sensor ultrasonik SRF05 melalui program

e% = presentase *error* pembacaan sensor ultrasonik SRF05

4.4 Pengujian dan Analisa sensor photodiode

Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui sensor photodiode sudah bekerja dengan baik dan berjalan sesuai dengan program. Dapat dilihat pada tabel dibawah ini hasil pengujian sensor photodiode.

Tabel 3 Data Pengujian nilai ADC

No. sensor	Nilai ADC	
	Garis Hitam	Garis Putih
1	356	36
2	358	38
3	359	39
4	357	40
5	360	44
6	355	41
7	365	38
8	370	39

$$V_{\text{photodiode}} = \frac{ADC}{1024} \times V$$

Rumus diatas merupakan perhitungan untuk mencari nilai ADC. Setelah dilakukan pengujian dapat disimpulkan bahwa sensor photodiode telah berjalan sesuai dengan program.

4.5 Pengujian dan Analisa Driver Motor DC L298

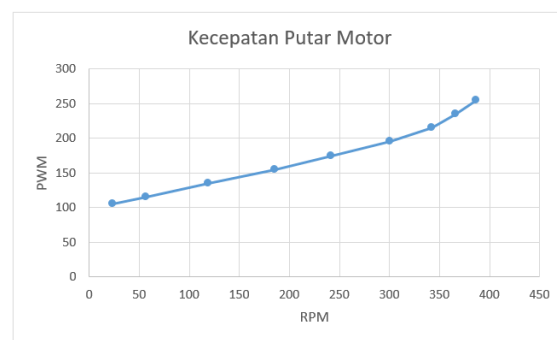
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari driver motor yang digunakan. Fungsi driver motor ini sendiri sebagai drive dari arah pergerakan *Robot smart trash*. Pengujian dilakukan dengan cara memberi inputan "1" dan "0" pada masing-masing pin input driver secara bergantian, kemudian dilihat arah putaran dari motor.

Tabel 4 Pengujian Driver Motor

IN1/IN3	IN2/IN4	Kondisi Motor
0	0	Berhenti (Free)
0	1	CCW
1	0	CW
1	1	Berhenti (Break)

4.6 Pengujian dan Analisa Kecepatan Motor

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan masing-masing motor baik motor kanan maupun motor kiri dan kecepatan tersebut diukur menggunakan alat ukur tachometer. Berikut merupakan program untuk pengujian kecepatan putar motor.



Gambar 14 Gambar grafik kecepatan putar motor terhadap PWM

Pada percobaan yang telah dilakukan kedua motor dapat berputar ketika nilai PWM 105 dikarenakan driver motor L298 baru bisa bekerja ketika tegangan diatas 1,5 v dan bisa mencapai tegangan 1,5 v yaitu ketika nilai PWM lebih dari 100. Percobaan ini juga bertujuan untuk mengetahui keseimbangan motor. Maka dari itu kedua motor harus mempunyai respon yang seimbang. Jika respon kedua motor telah seimbang maka robot akan berjalan dengan stabil dan sesuai dengan yang diharapkan. Dan apabila respon pada motor tidak

sama akan mengakibatkan motor tidak stabil dan tidak dapat mengikuti jalur yang telah dibuat. Banyak faktor yang mempengaruhi respon motor tidak sama antara lain bisa dari masa guna motor ataupun dari mekanik yang telah dibuat. Tetapi dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dikatakan bahwa kinerja kedua motor telah stabil dan pergerakan dari robot juga konstan. Perhitungan nilai duty cycle, didapatkan dari:

$$\text{Duty cycle} = \frac{t_{on}}{t_{gel}} \times 100\%$$

Keterangan :

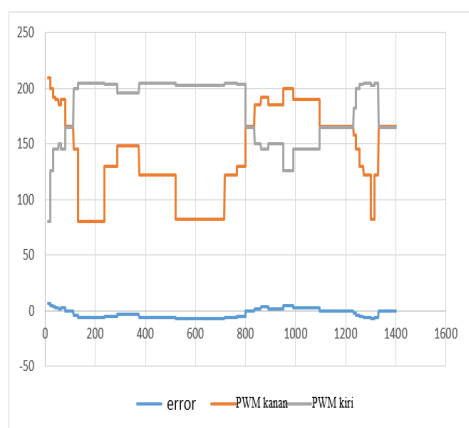
Duty Cycle = Perbandingan waktu ketika sinyal mencapai kondisi on dan ketika kondisi off dalam 1 periode sinyal.

t on = waktu On.

t gel = waktu 1 gelombang.

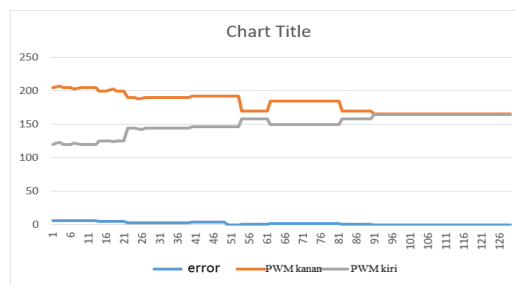
4.7 Pengujian dan Analisa Kontrol PID

Nilai yang diberikan adalah nilai konstanta Kp, Ki dan Kd nilai diberikan pada masing-masing konstanta. Pertama-tama *setpoint* yang diberikan adalah nilai konstanta Kp saja, kemudian diberi nilai Ki serta diberi Nilai Kd. Setelah didapatkan respon sistem terhadap kontroller PID, kemudian respon sistem akan diberi nilai Kp, Ki, dan Kd kembali tetapi dengan nilai *setpoint* yang berbeda.



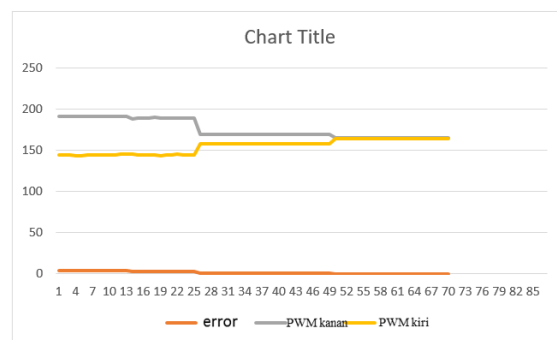
Gambar 15 Respon Sistem PID 1

Dari respon sistem yang ditunjukkan pada grafik diatas dengan nilai konstanta Kp =4.8, Ki=0, Kd=0.02 menunjukkan bahwa sistem berosilasi. Hal ini menyebabkan sistem tidak dapat mencapai keadaan steady-state, sehingga pergerakan respon robot menjadi tidak stabil.



Gambar 16 Respon Sistem PID 2

Dari respon sistem yang ditunjukkan pada grafik diatas dengan nilai konstanta Kp=4, Ki=2, Kd=3.2 didapatkan hasil bahwa sistem dapat mencapai *steady-state* dengan respon waktu *steady-state* mencapai 90 ms. Pergerakan robot lebih stabil dari percobaan pertama.

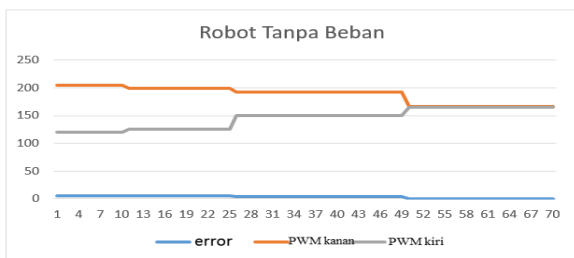


Gambar 17 Respon Sistem PID 3

Dari respon sistem yang ditunjukkan pada grafik dengan nilai konstanta Kp=3, Ki=1, Kd=2.4 didapat hasil bahwa respon waktu steady-state lebih cepat mencapai 50 ms dan pergerakan robot terhadap jalur stabil.

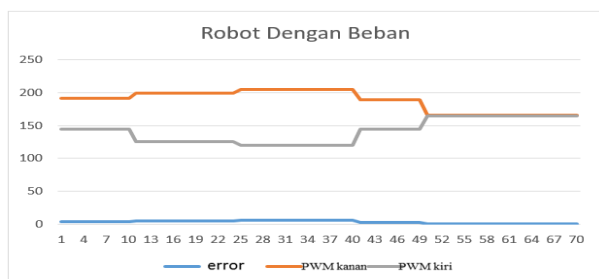
4.8 Pengujian dan Analisa Robot secara keseluruhan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bahwa robot dapat berjalan mengikuti jalur yang telah dibuat atau *line track*. Pengujian ini dilakukan dengan cara meletakkan robot *smart trash* pada jalur yang telah dibuat. *Line* atau garis yang digunakan berukuran 3 cm. Dari pengujian pada jalur maka akan dapat diketahui robot *smart trash* sudah dapat bergerak secara stabil atau tidak. Pengujian ini juga dilakukan supaya mengetahui kinerja dari masing-masing sensor sudah berjalan sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 18 Grafik robot tanpa beban

Dari grafik pengujian tanpa beban diatas dapat dilihat bahwa kecepatan motor dc antara motor kanan dan kiri berbeda. Respon sistem yang dihasilkan menunjukkan bahwa pada saat awal motor *starting* masih belum stabil sesuai dengan setpoint, tetapi pada detik ke 50 ms laju motor sudah dapat stabil dan sesuai dengan jalur.



Gambar 19 Grafik robot dengan beban

Dari grafik pengujian dengan beban diatas dapat dilihat bahwa kecepatan motor dc antara motor kanan dan kiri berbeda. Respon sistem yang dihasilkan menunjukkan bahwa pada saat awal motor *starting* masih belum stabil dan terdapat osilasi, tetapi pada detik ke 50 ms laju motor sudah dapat stabil dan sesuai dengan jalur.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa Robot *smart trash* telah mencapai hasil yang diinginkan. Berikut merupakan kesimpulan yang telah didapatkan :

1. Robot *line following* sudah dapat mengikuti jalur yang ditentukan dan pembacaan sensor menggunakan sensor photodiode.
2. Dalam pengujian yang telah dilakukan robot *smart trash* dapat bergerak melalui jalur yang telah dibuat dengan cara melakukan *setting* PID, *setting* waktu, *setting* plan jalan, dan *setting* plan pulang.
3. Dalam memperoleh nilai konstanta PID pada sistem pengontrolan kecepatan motor digunakan metode *tunning trial and error* sehingga dapat diperoleh nilai konstanta PID

yang sesuai pada sistem, dengan melakukan 3 percobaan dengan masukan variabel nilai yang berbeda pada konstanta PID, didapatkan hasil yang mendekati sempurna dimana dengan memberikan nilai $K_p=3$, $K_i=1$, $K_d=2.4$ dan dengan nilai pwm minimum 105 menghasilkan kecepatan 21 m/menit, sedangkan jika diberi nilai pwm 255 maksimum menghasilkan kecepatan sebesar 27 m/menit.

4. Dengan adanya fitur pengaturan waktu pada robot *smart trash*, dapat memudahkan untuk jadwal pembuangan sampah agar mencegah terjadinya penumpukan sampah. Tingkat keberhasilan dari segi sistem elektrik robot bisa dibilang cukup baik meskipun masih butuh adanya pengembangan di beberapa bagian, dari sensor ultrasonik tingkat kepekaan sensor terhadap objek cukup baik hal itu dapat dilihat dari ketika ada objek didepan robot maka robot akan seketika berhenti, dari sensor PIR sebagai pembuka dan penutup sampah tingkat kepekaan dari sensor PIR sangat tinggi dan sensor PIR juga sangat sulit dalam pengaturan tingkat kepekaannya.

Dari hasil perancangan alat yang telah jadi masih perlu adanya beberapa perbaikan. Ada beberapa masukan supaya alat menjadi lebih sempurna, diantaranya yaitu :

1. Penggantian sensor PIR dengan sensor lain yang lebih baik yang bisa mendeteksi pergerakan dengan sempurna.
2. Penggunaan sensor photodiode untuk pembacaan jalur dapat diganti dengan menggunakan kamera tujuannya menggunakan kamera supaya robot *smart trash* dapat digunakan dalam segala medan.
3. Metode pengambilan sampah dapat diganti dengan sistem sms atau menggunakan aplikasi di *android*.
4. Untuk pengembangan selanjutnya metode ini dapat dikembangkan dengan *controller* lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] *Berbasis Mikrokontroler Atmega*. STMIK Potensi Utama. Medan.

[2] Departemen Pendidikan Nasional program BA. Malang.

[3] Fadhilah, Arief. (2011). Heri Sugianto, Kuncoro Hadi, Satriya Wahyu Firmandhani,

[4] *Kontrol Kecepatan Motor DC Dengan Metode PID Menggunakan Visual Basic 6.0 Dan Mikrokontroler ATmega 16*. Jurusan Teknik Elektro. Universitas Brawijaya. Malang.

[5] Kusuma, Bayu Putra. (2008). *Line Follower Robot*. Laporan Teknik Elektro. Departemen Pendidikan Nasional program BA.Malang.

[6] Prabowo, Yani., TW Wisjhnuadji, Andika Alie Wibowo. (2013). *Aplikasi PID pada Line Follower*.

[7] *Robot Line Follower Berbasis Mikrokontroler AT-8535*.Jurnal Penelitian. Universitas Budi Luhur. Bandung.

[8] Setiawan, Muhammad Rizki., M. Aziz Muslim dan Goegoes Dwi Nusantoro.(2012).

- [9] Suci, Ramadona dkk.(2014). *Perancangan Alat Pengganti Air Aquarium Otomatis*
- [10] Titien Woro Murtini dan Edward Endrianto Pandelaki. *Kajian Pengelolaan Sampah Kampus Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*. Jurnal Kajian Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- [11] Ubaidillah, Deni. (2015).*Perancangan Sistem Smart Trash Can Menggunakan Arduinodengan Sensor Ultrasonic HC-SR04*. Jurnal Skripsi Manajemen Informatika dan Komputer.AmikomYogyakarta.Yogyakarta.