

PERANCANGAN DAN ANALISIS PERBANDINGAN POSISI SENSOR GARIS PADA ROBOT *MANAGEMENT* SAMPAH

Bambang Dwi Prakoso

Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya

Dosen Pembimbing : Sholeh Hadi Pramono, Eka Maulana

Email : bdp.teub@gmail.com

Abstrak - Robot management sampah merupakan salah satu wujud pengaplikasian perkembangan dari robot line follower. Salah satu bagian terpenting dari robot management sampah adalah sensor garis. Sensor garis digunakan untuk membaca lintasan yang berupa sebuah garis hitam dengan alas putih. Tujuan dari perancangan dan analisis posisi sensor garis pada robot management sampah adalah untuk membandingkan performansi robot tersebut. Sebelum melakukan analisis perbandingan sensor garis hal yang pertama dilakukan adalah melakukan pengujian dengan desain sensor garis yang berbeda-beda, kemudian untuk pengujian analisis diperlukan robot management sampah, sensor garis, dan lintasan. Pada skripsi ini digunakan 3 desain perancangan yaitu bentuk lurus, segitiga, dan setengah lingkaran. Dari ketiga analisis desain tersebut dihasilkan hasil perbandingan performansi sensor yang berbeda-beda.

Pengujian dilakukan pada lintasan garis lurus. Pengujian pertama adalah pengujian sensor bentuk lurus (1800) dapat mencapai set point pada pencuplikan data ke- 39, menghasilkan settling time sebesar 7,8 s dan overshoot maksimum sebesar 28,57%. Pengujian kedua adalah sensor bentuk segitiga dapat mencapai set point pada pencuplikan data ke-33, menghasilkan settling time sebesar 6,6 s dan overshoot maksimum sebesar 28,57%. Yang terakhir adalah bentuk sensor setengah lingkaran dapat mencapai set point pada pencuplikan data ke-63, tidak dapat mencapai set point dan terjadi osilasi.

Kata Kunci : Sensor Garis, Sensor Photodiode, Robot Management Sampah, Line Follower

PENDAHULUAN

Mobile robot merupakan konstruksi robot yang paling populer. Mobile robot dapat dibuat sebagai pengikut garis (Line Follower), aplikasi dari Line Follower biasanya digunakan sebagai sarana transportasi di area industri dan perlombaan robot line tracer untuk mahasiswa. Robot management sampah yang merupakan salah satu jenis robot beroda yang bergerak berdasarkan jalur garis (Line Follower) yang sudah ditentukan dengan daya penggerak berupa motor DC. Robot line follower merupakan platform serbaguna yang memungkinkan atas perkembangan yang terjadi dari berbagai aplikasi. Dalam struktur modern, kita dapat dengan mudah memodifikasi dan menambahkan dari segi fungsinya. Dari segi harga,

robot line follower adalah pilihan tepat untuk pengembangan lebih lanjut. (Carrick M., 2006)

Kestabilan robot management sampah bisa dipengaruhi oleh variasi desain sensor garis. Selama ini desain sensor garis yang digunakan cenderung berbentuk lurus (1800), kelebihan desain bentuk lurus adalah perancangan yang tidak terlalu rumit, sedangkan kekurangan desain sensor garis bentuk lurus adalah kurang cepat dalam pencapaian set point. Namun belum ada penelitian apabila bentuk sensor garis yang bervariasi. Oleh karena itu penulis ingin membandingkan performansi robot dengan bentuk sensor yang bervariasi, yaitu dengan mendesain sensor garis dengan desain bentuk segitiga dan bentuk setengah lingkaran. Diharapkan dengan variasi sensor garis yang baru bisa mendapatkan hasil yang diinginkan yaitu robot line follower dapat mencapai set point dengan cepat.

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN

A. Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara keseluruhan ditentukan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan adalah sebagai berikut :

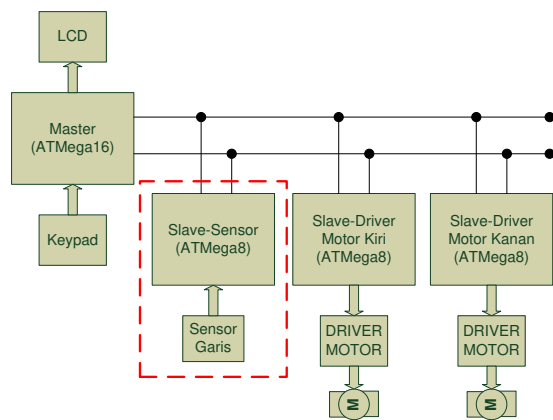
1. Robot *Management* Sampah menggunakan rangka dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - Dimensi robot secara keseluruhan dengan panjang 100 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 45 cm.
 - Bak robot terbuat dari acrylic dengan panjang 70 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 40 cm.
2. Menggunakan dua buah motor DC sebagai aktuator.
3. Jari-jari roda robot sebesar 3 cm dan tebal 1 cm.
4. Dimensi robot yaitu panjang 100 cm, lebar 40 cm dan tinggi 45 cm.
5. Menggunakan 8 (delapan) buah sensor photo reflective, enam berada di bagian depan dan satu di pojok belakang samping kanan dan kiri
6. Dua buah Rotary Encoder sebagai sensor kecepatan yang dipasang pada masing-masing motor DC.
7. Pendeteksi penghalang menggunakan sensor ultrasonik (PING)).
8. Sensor ultrasonik diletakkan dibagian depan agar mobile robot dapat mengukur jarak terhadap penghalang pada bagian depan.
9. LCD diletakkan pada bagian depan robot yang berfungsi sebagai tampilan konstanta-konstanta

yang akan ditentukan dalam sistem tuning kontrol PID.

10. Menggunakan 1 buah Mikrokontroler ATmega 16 sebagai pengendali utama mobile robot.
11. Menggunakan 3 buah Mikrokontroler ATmega 8 yang berfungsi mengolah data untuk MK sensor (MK1), MK motor kiri (MK2) serta MK motor kanan (MK3)
12. Dua roda depan merupakan roda bebas dan dua roda belakang yang dikopel motor DC sebagai penggerak dengan sistem differensial (terpisah).
13. Jalur transmisi dan penerima data yang digunakan adalah komunikasi serial Komunikasi data serial UART

B. Perancangan Alat

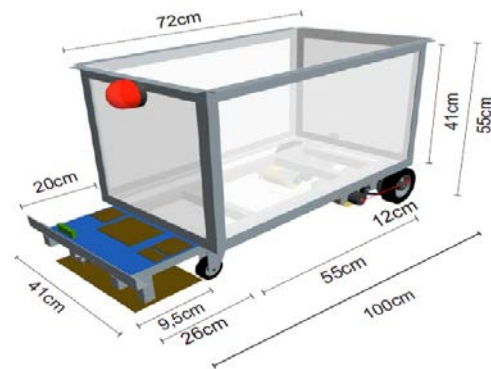
Perancangan ini didasarkan pada diagram blok yang ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem secara keseluruhan

Cara kerja dari sistem Robot *Management* Sampah secara keseluruhan adalah :

1. Sensor garis digunakan untuk membaca garis dengan menggunakan sensor photodiode.
2. Mikrokontroler Slave-Sensor AVR ATmega8 sebagai pengolah pembacaan sensor.
3. Mikrokontroler Master AVR ATmega16 sebagai pengolah data dan pusat kendali sistem dari robot *management* sampah.
4. Keypad digunakan untuk men-setting robot atau memasukkan data.
5. LCD digunakan untuk menampilkan pembacaan sensor atau data.
6. Mikrokontroler Slave-Driver Motor Kiri AVR ATmega8 sebagai pengendali Driver Motor Kiri.
7. Mikrokontroler Slave-Driver Motor Kanan AVR ATmega8 sebagai pengendali Driver Motor Kanan.
8. 2 buah Driver motor digunakan untuk mengendalikan sinyal dari mikrokontroler untuk menggerakkan motor.
9. 2 buah Motor sebagai alat gerak atau aktuator robot.



Gambar 2. Desain Robot *Management* Sampah

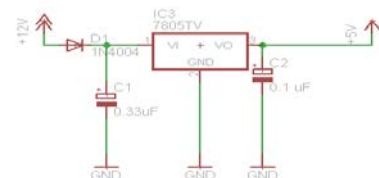
Cara kerja dari sensor garis berdasarkan blok diagram adalah :

1. Menggunakan 8 sensor photodiode
2. Menggunakan Multiplexer (sebagai switching untuk 8 sensor dan 1 pin adc)
3. Mikrokontroler membaca satu persatu sensor untuk pengolahan data
4. Data diolah di mikrokontroler untuk membedakan warna hitam dan putih

B.1 Perancangan Catu Daya Sistem

Robot ini Menggunakan dua jenis catu daya. Catu daya 12V untuk motor yang bersumber dari AKI 12V. Serta catu daya 5V untuk rangkaian minimum sistem mikrokontroler ATmega16 dan ATmega8 yang bersumber dari baterai lipo (lithium polimer) 11,1V.

Pada perancangan digunakan catu daya sebesar 5V yang diperoleh dari rangkaian Fixed Output Regulator pada datasheet LM7805. Pada rangkaian digunakan regulator LM7805 agar diperoleh tegangan keluaran yang bisa diatur supaya nilai keluaran regulator bisa mendekati 5V. Skema rangkaian catu daya ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Catu Daya

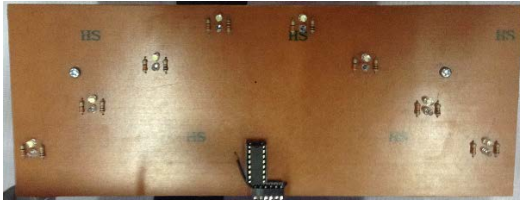
B.2 Perancangan Sensor Garis

Dalam perancangan dan pembuatan sensor garis menggunakan software Eagle 6.4.0, dan untuk perancangan sensor garis menggunakan beberapa komponen seperti :

1. 8 buah sensor photodiode.
2. 8 buah LED superbright.
3. 8 buah resistor 330Ω
4. 8 buah resistor 10kΩ
5. Pin header
6. Multiplexer
7. IC CD4051

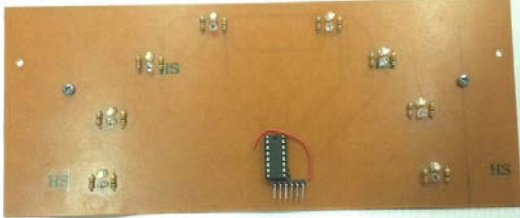
Judul skripsi ini menggunakan tiga buah desain sensor yang digunakan untuk analisis dan pengujian, yaitu :

1. Sensor bentuk segitiga



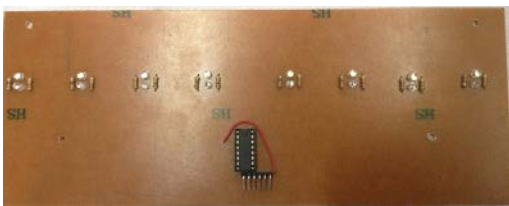
Gambar 4. Sensor bentuk segitiga

2. Sensor bentuk setengah lingkaran



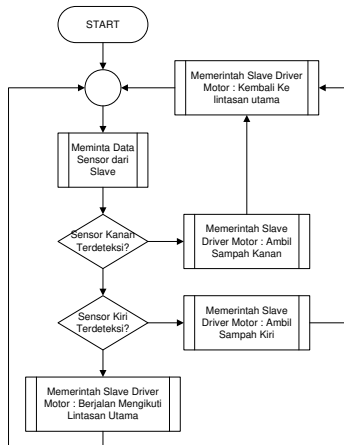
Gambar 5. Sensor bentuk setengah lingkaran

3. Sensor bentuk garis lurus (180°)



Gambar 6. Sensor bentuk garis lurus (180°)

Setelah menentukan spesifikasi alat dan mengetahui karakteristik perangkat keras, maka dibutuhkan perangkat lunak untuk mengendalikan perangkat keras. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan pembuatan diagram alir (flowchart). Bahasa pemrograman untuk mikrokontroler adalah bahasa C dan Software tool yang digunakan adalah AVR Studio 4.18, WinAVR/AVR-GCC 1.6. Diagram alir perancangan perangkat lunak mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 7. Flowchart perancangan perangkat lunak sistem secara keseluruhan

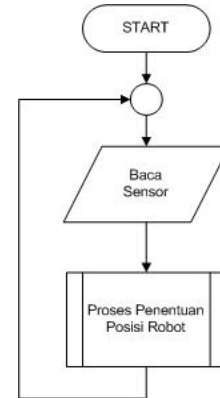
B.3 Perancangan Lintasan Robot

Lintasan robot dirancang untuk pengambilan data sensor, yang dimana lintasan robot berikut terdiri dari sebuah lintasan dengan dasar warna putih dan sebuah garis yang berwarna hitam yang mempunyai lebar 6 cm dan panjang 2,5 m.

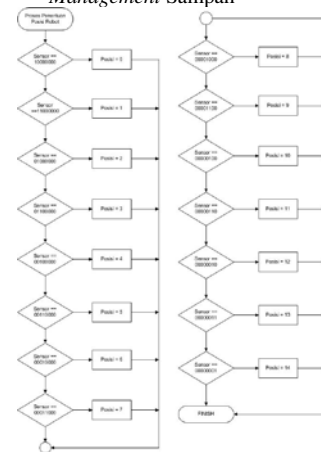
B.4 Perancangan Perangkat Lunak

Diagram alir dirancang untuk memerintah mikrokontroler agar sensor garis dapat melakukan

pembacaan dengan benar sehingga dapat memperoleh data yang diinginkan.



Gambar 8. Flowchart Pembacaan Sensor Pada Robot Management Sampah

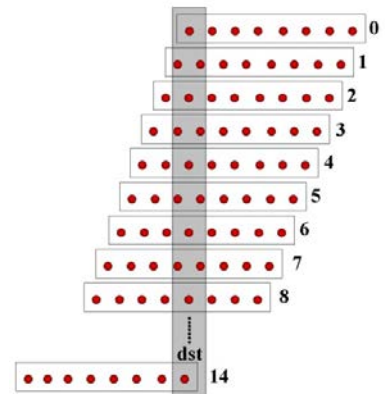


Gambar 9. Flowchart Proses Penentuan Posisi Robot

PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

A. Penentuan Nilai Posisi Sensor Garis

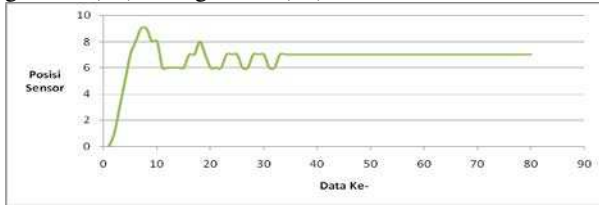
Penentuan nilai posisi sensor ini diperlukan untuk melakukan proses pengujian setiap bentuk variasi sensor garis. Untuk melakukan pengujian diperlukan suatu nilai error yaitu selisih antara set point dengan posisi robot yang terukur sensor garis. Nilai set point (posisi sensor robot yang diinginkan) yang akan dipakai harus ditentukan terlebih dahulu sebelum mencari grafik osilasi berkesinambungan. Set point pada sistem ini adalah posisi robot yang berada pada tengah garis yang bernilai 7. Nilai posisi sensor robot management sampah ditunjukkan dalam Gambar 10



Gambar 10. Posisi Sensor Garis

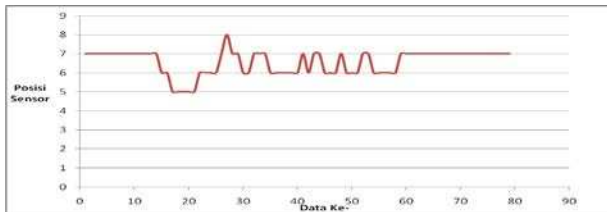
B.1 Pengujian Sensor Bentuk Segitiga

Grafik respon pengujian sensor bentuk segitiga pada posisi 0, 7, dan 14 dapat dilihat pada gambar (11), gambar (12), dan gambar (13).



Gambar 11. Respon Pengujian Sensor Bentuk Segitiga Pada Posisi 0

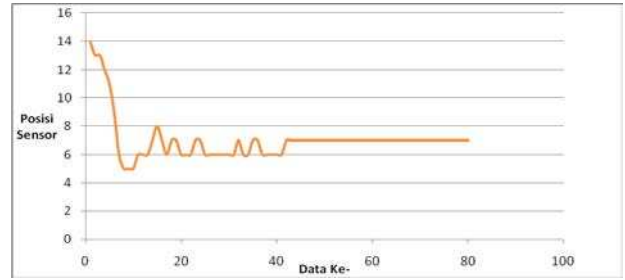
Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n
1	0	21	6	41	7	61	7
2	1	22	6	42	7	62	7
3	3	23	7	43	7	63	7
4	5	24	7	44	7	64	7
5	7	25	7	45	7	65	7
6	8	26	6	46	7	66	7
7	9	27	6	47	7	67	7
8	9	28	7	48	7	68	7
9	8	29	7	49	7	69	7
10	8	30	7	50	7	70	7
11	6	31	6	51	7	71	7
12	6	32	6	52	7	72	7
13	6	33	7	53	7	73	7
14	6	34	7	54	7	74	7
15	6	35	7	55	7	75	7
16	7	36	7	56	7	76	7
17	7	37	7	57	7	77	7
18	8	38	7	58	7	78	7
19	7	39	7	59	7	79	7
20	6	40	7	60	7	80	7



Gambar 12. Respon Pengujian Sensor Bentuk Segitiga Pada Posisi 7

Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n
1	7	21	5	41	7	61	7
2	7	22	6	42	6	62	7
3	7	23	6	43	7	63	7
4	7	24	6	44	7	64	7
5	7	25	6	45	6	65	7
6	7	26	7	46	6	66	7
7	7	27	8	47	6	67	7
8	7	28	7	48	7	68	7
9	7	29	7	49	6	69	7
10	7	30	6	50	6	70	7
11	7	31	6	51	6	71	7
12	7	32	7	52	7	72	7
13	7	33	7	53	7	73	7
14	7	34	7	54	6	74	7
15	6	35	6	55	6	75	7
16	6	36	6	56	6	76	7

17	5	37	6	57	6	77	7
18	5	38	6	58	6	78	7
19	5	39	6	59	7	79	7
20	5	40	6	60	7	80	7

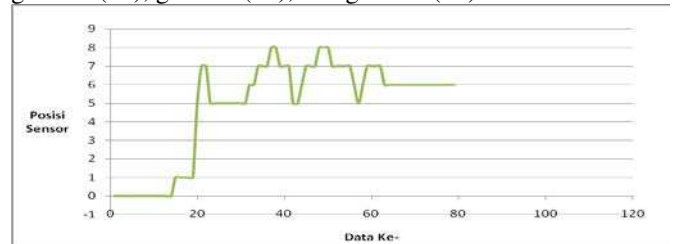


Gambar 13. Respon Pengujian Sensor Bentuk Segitiga Pada Posisi 14

Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n
1	14	21	6	41	6	61	7
2	13	22	6	42	7	62	7
3	13	23	7	43	7	63	7
4	12	24	7	44	7	64	7
5	11	25	6	45	7	65	7
6	9	26	6	46	7	66	7
7	6	27	6	47	7	67	7
8	5	28	6	48	7	68	7
9	5	29	6	49	7	69	7
10	5	30	6	50	7	70	7
11	6	31	6	51	7	71	7
12	6	32	7	52	7	72	7
13	6	33	6	53	7	73	7
14	7	34	6	54	7	74	7
15	8	35	7	55	7	75	7
16	7	36	7	56	7	76	7
17	6	37	6	57	7	77	7
18	7	38	6	58	7	78	7
19	7	39	6	59	7	79	7
20	6	40	6	60	7	80	7

B.2 Pengujian Sensor Bentuk Setengah Lingkaran

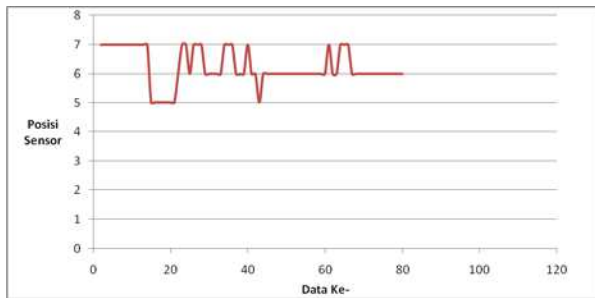
Grafik respon pengujian sensor bentuk setengah lingkaran pada posisi 0, 7, dan 14 dapat dilihat pada gambar (14), gambar (15), dan gambar (16).



Gambar 14. Respon Pengujian Sensor Bentuk Setengah Lingkaran Pada Posisi 0

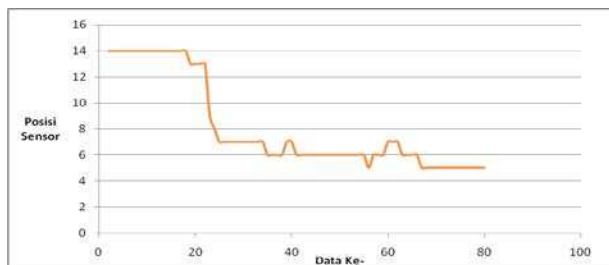
Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n
1	0	21	7	41	7	61	7
2	0	22	7	42	5	62	7
3	0	23	5	43	5	63	6
4	0	24	5	44	6	64	6
5	0	25	5	45	7	65	6
6	0	26	5	46	7	66	6
7	0	27	5	47	7	67	6
8	0	28	5	48	8	68	6
9	0	29	5	49	8	69	6
10	0	30	5	50	8	70	6
11	0	31	5	51	7	71	6
12	0	32	6	52	7	72	6

13	0	33	6	53	7	73	6
14	0	34	7	54	7	74	6
15	1	35	7	55	7	75	6
16	1	36	7	56	6	76	6
17	1	37	8	57	5	77	6
18	1	38	8	58	6	78	6
19	1	39	7	59	7	79	6
20	5	40	7	60	7	80	6



Gambar 15. Respon Pengujian Sensor Bentuk Setengah Lingkaran Pada Posisi 7

Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n
1	7	21	6	41	6	61	6
2	7	22	7	42	5	62	6
3	7	23	7	43	6	63	7
4	7	24	6	44	6	64	7
5	7	25	7	45	6	65	7
6	7	26	7	46	6	66	6
7	7	27	7	47	6	67	6
8	7	28	6	48	6	68	6
9	7	29	6	49	6	69	6
10	7	30	6	50	6	70	6
11	7	31	6	51	6	71	6
12	7	32	6	52	6	72	6
13	7	33	7	53	6	73	6
14	5	34	7	54	6	74	6
15	5	35	7	55	6	75	6
16	5	36	6	56	6	76	6
17	5	37	6	57	6	77	6
18	5	38	6	58	6	78	6
19	5	39	7	59	6	79	6
20	5	40	6	60	7	80	6



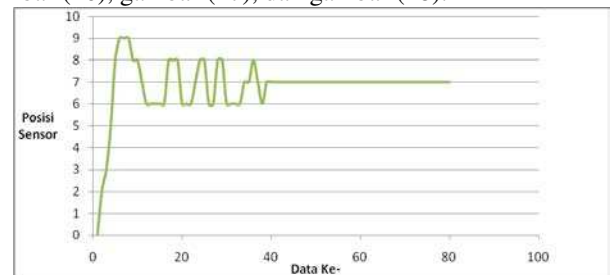
Gambar 16. Respon Pengujian Sensor Bentuk Setengah Lingkaran Pada Posisi 14

Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n
1	14	21	13	41	6	61	7
2	14	22	9	42	6	62	6
3	14	23	8	43	6	63	6

4	14	24	7	44	6	64	6
5	14	25	7	45	6	65	6
6	14	26	7	46	6	66	5
7	14	27	7	47	6	67	5
8	14	28	7	48	6	68	5
9	14	29	7	49	6	69	5
10	14	30	7	50	6	70	5
11	14	31	7	51	6	71	5
12	14	32	7	52	6	72	5
13	14	33	7	53	6	73	5
14	14	34	6	54	6	74	5
15	14	35	6	55	5	75	5
16	14	36	6	56	6	76	5
17	14	37	6	57	6	77	5
18	13	38	7	58	6	78	5
19	13	39	7	59	7	79	5
20	13	40	6	60	7	80	5

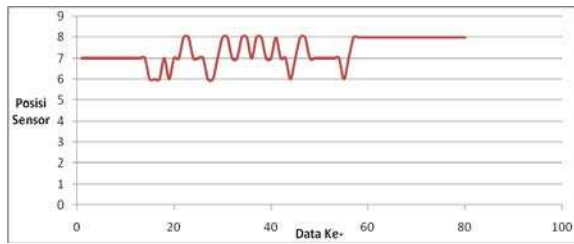
B.3 Pengujian Sensor Bentuk Lurus (180°)

Grafik respon pengujian sensor bentuk lurus (180°) pada posisi 0, 7, dan 14 dapat dilihat pada gambar (16), gambar (17), dan gambar (18).



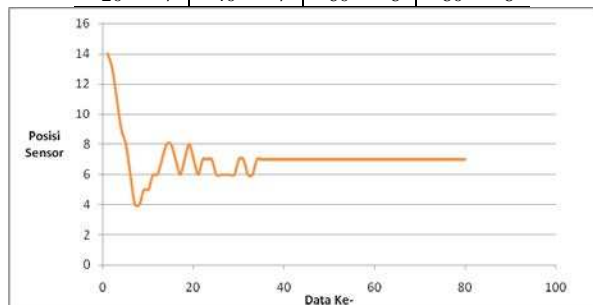
Gambar 16. Respon Pengujian Sensor Bentuk Lurus (180°) Pada Posisi 0

Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n
1	0	21	6	41	7	61	7
2	2	22	6	42	7	62	7
3	3	23	7	43	7	63	7
4	5	24	8	44	7	64	7
5	8	25	8	45	7	65	7
6	9	26	6	46	7	66	7
7	9	27	6	47	7	67	7
8	9	28	8	48	7	68	7
9	8	29	8	49	7	69	7
10	8	30	6	50	7	70	7
11	7	31	6	51	7	71	7
12	6	32	6	52	7	72	7
13	6	33	6	53	7	73	7
14	6	34	7	54	7	74	7
15	6	35	7	55	7	75	7
16	6	36	8	56	7	76	7
17	8	37	7	57	7	77	7
18	8	38	6	58	7	78	7
19	8	39	7	59	7	79	7
20	6	40	7	60	7	80	7



Gambar 17. Respon Pengujian Sensor Bentuk Lurus (180^0) Pada Posisi 7

Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n
1	7	21	7	41	8	61	8
2	7	22	8	42	7	62	8
3	7	23	8	43	7	63	8
4	7	24	7	44	6	64	8
5	7	25	7	45	7	65	8
6	7	26	7	46	8	66	8
7	7	27	6	47	8	67	8
8	7	28	6	48	7	68	8
9	7	29	7	49	7	69	8
10	7	30	8	50	7	70	8
11	7	31	8	51	7	71	8
12	7	32	7	52	7	72	8
13	7	33	7	53	7	73	8
14	7	34	8	54	7	74	8
15	6	35	8	55	6	75	8
16	6	36	7	56	7	76	8
17	6	37	8	57	8	77	8
18	7	38	8	58	8	78	8
19	6	39	7	59	8	79	8
20	7	40	7	60	8	80	8



Gambar 18. Respon Pengujian Sensor Bentuk Lurus (180^0) Pada Posisi 14

Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n	Data Ke-	n
1	14	21	6	41	7	61	7
2	13	22	7	42	7	62	7
3	11	23	7	43	7	63	7
4	9	24	7	44	7	64	7
5	8	25	6	45	7	65	7
6	6	26	6	46	7	66	7
7	4	27	6	47	7	67	7
8	4	28	6	48	7	68	7
9	5	29	6	49	7	69	7
10	5	30	7	50	7	70	7
11	6	31	7	51	7	71	7
12	6	32	6	52	7	72	7
13	7	33	6	53	7	73	7

14	8	34	7	54	7	74	7
15	8	35	7	55	7	75	7
16	7	36	7	56	7	76	7
17	6	37	7	57	7	77	7
18	7	38	7	58	7	78	7
19	8	39	7	59	7	79	7
20	7	40	7	60	7	80	7

Dari beberapa hasil pengujian sensor diatas, dihasilkan respon sensor bentuk segitiga dapat mencapai *set point* pada pencuplikan data ke-33, sensor bentuk lurus (180^0) dapat mencapai *set point* pada pencuplikan data ke-39, dan sensor bentuk setengah lingkaran dapat mencapai *set point* pada pencuplikan data ke-63.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisis perbandingan posisi sensor garis pada robot *Management Sampah* dapat ditarik kesimpulan, sebagai berikut :

- 1) Sensor bentuk lurus (180^0) dapat mencapai set point pada pencuplikan data ke- 39, menghasilkan settling time sebesar 7,8 s dan overshoot maksimum sebesar 28,57%.
- 2) Sensor bentuk segitiga dapat mencapai set point pada pencuplikan data ke-33, menghasilkan settling time sebesar 6,6 s dan overshoot maksimum sebesar 28,57%.
- 3) Sensor bentuk setengah lingkaran dapat mencapai kestabilan posisi sensor pada pencuplikan data ke-63, tidak dapat mencapai set point dan terjadi osilasi.
- 4) Dari ketiga desain sensor dapat diambil kesimpulan bahwa sensor bentuk segitiga mempunyai respon yang paling baik dari pada dua desain yang lainnya (lurus dan setengah lingkaran) yaitu pada saat pengujian sensor bentuk segitiga posisi 0 karena menghasilkan settling time dan maksimum overshoot yang lebih baik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Atmel. 2011. ATmega16 Datasheet. San Jose: Atmel Corporation.
- [2] Atmel. 2011. ATmega8 Datasheet. San Jose: Atmel Corporation.
- [3] Bagus, I.S. 2013. Perancangan Robot Auto Line Follower yang Menerapkan Metode Osilasi Ziegler-Nichols Untuk Tuning Parameter PID pada Kontes Robot Indonesia. Skripsi Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Malang: Indonesia.
- [4] Blocher, R. 2003. Dasar Elektronika. Yogyakarta: Andi
- [5] Carrick, M. 2006. GTK+ and Glade3 GUI Programming Tutorial. Jakarta: PT Elek Media Komputindo Kelompok Gramedia.
- [6] Kuswandi, Son. 2000. Kendali Cerdas (Intelligent Control). EEPIS Press.Siegart, Roland dan Illah R. Nourbakhsh. 2004. Introduction to Autonomous Mobile robots. London: MIT Press.
- [7] Nalwan, P. A. 2004. Penggunaan dan Antarmuka Modul LCD M1632. Jakarta: PT Elek Media Komputindo Kelompok Gramedia.
- [8] Nuraini, D. & Pangestu, S. 2011. Tugas Akhir Robot Pengangkut Sampah Otomatis untuk Distribusi Sampah di dalam Gedung (Studi Kasus di Gedung Robotika ITS). Skripsi tidak dipublikasikan Surabaya: ITS.

MAKALAH SEMINAR HASIL
PERANCANGAN DAN ANALISIS PERBANDINGAN
POSISI SENSOR GARIS PADA ROBOT *MANAGEMENT*
SAMPAH



DISUSUN OLEH:

Bambang Dwi Prakoso

NIM. 0910633036-63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
MALANG
2014

**PERANCANGAN DAN ANALISIS PERBANDINGAN
POSISI SENSOR GARIS PADA ROBOT *MANAGEMENT*
SAMPAH**

MAKALAH SEMINAR HASIL

Disusun oleh:

Bambang Dwi Prakoso

NIM. 0910633036

Telah diperiksa dan disetujui oleh
Dosen Pembimbing :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr.Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.Sc.
NIP. 1958 0728 1987011001

Eka Maulana, ST., MT., M.Eng.
NIP. 84113006110280