

Rancang Bangun Robot Leader Dan Robot Follower Dengan Sistem Navigasi Sensor Infra Merah

Nofriyani^{1,2}, Endah Suryawati Ningrum¹, M.Iqbal Nugraha²

¹Jurusan Teknik Mekatronika Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111
Telp. 031-5947280, Faks : 031-5946114

²Jurusan Teknik Elektronika
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
Kawasan Air Kantung, Sungailiat-Bangka 33211
Telp : 0717-93586, Faks :0717-93585
nofry@polman-timah.ac.id
endah@eepis-its.edu
iqbal_nugrah@yahoo.com

Abstrak

Robot *line tracer* merupakan suatu bentuk robot bergerak otonom yang mempunyai cara kerja mengikuti suatu garis pandu yang telah ditentukan. Robot *Swarm* adalah sekumpulan robot dengan struktur fisik relatif sederhana dan kesamaan perilaku yang mampu bekerja sama dari hasil interaksi antar robot dan interaksi antara robot dengan lingkungannya. Penentuan posisi relatif robot dapat dilakukan dengan mengkombinasikan antara jarak robot dengan perubahan gerakan robot. Robot *leader* dapat memberikan pemancar yang menggunakan navigasi sensor infra merah, sedangkan pada robot *follower* menggunakan sensor phototransistor sebagai penerima. Permasalahan yang harus diatasi dalam proyek akhir ini adalah bagaimana untuk menjaga jarak dan posisi antar kedua robot agar tetap konstan. Sehingga robot follower dapat mengikuti robot leader. Untuk menjaga posisi dan jarak ke dua robot, digunakan sensor ultrasonik untuk mengatur jarak antar robot, agar robot follower tidak menabrak robot leader. Ketika robot berada pada belokan, maka kecepatan robot leader harus pelan. Sehingga robot follower tidak kehilangan sinyal pemancar dari robot leader. Persentase error robot saat dibelokan adalah 2% dari 5 pengujian terakhir. Jarak terjauh sinyal pemancar sensor infra merah yang dapat diterima sensor *phototransistor* adalah kurang dari 30 cm. Data untuk pengukuran sudut sangat bervariasi hal ini dipengaruhi oleh komponen pemancar infra merah dan kemampuan sensor phototransistor yang berbeda untuk menerima frekuensi dari pemancar.

Kata kunci: robot leader, robot follower, navigasi sensor infra merah.

1. Pendahuluan

Robot *line tracer* yaitu robot pengikut garis yang merupakan suatu bentuk robot bergerak otonom yang mempunyai cara kerja mengikuti suatu garis pandu yang telah ditentukan.

Swarm Robotics yaitu ilmu robotika yang mempelajari tentang sekumpulan robot dengan kesamaan perilaku, yang mampu bekerja sama dari hasil interaksi antar robot dan interaksi antara robot dengan lingkungannya.

Konsep dari robot *line tracer* dan robot *swarm*, memberikan ide awal untuk menggabungkan kedua aplikasi robot tersebut. Maka akan didesain sebuah mobile robot *leader* sebagai pemandu lintasan dan robot *follower* sebagai kawan pengikutnya. Navigasi kedua mobile robot ini digunakan sensor infra merah yang dapat memberikan pemancar dan penerima untuk komunikasi robot, yang dioalah dengan memanfaatkan mikrokontroler AVR.

2. Teori Penunjang

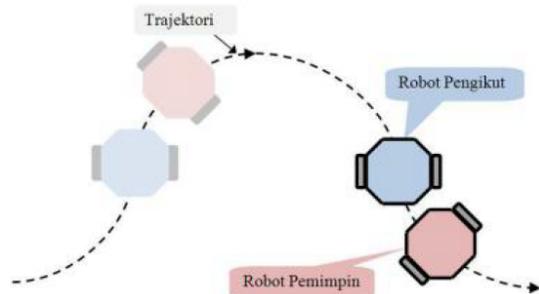
2.1. Robot Pengikut Garis

Robot Pengikut Garis merupakan suatu bentuk robot bergerak otonom yang mempunyai misi mengikuti suatu garis pandu yang telah ditentukan secara otonom. Struktur robot line tracer adalah kalang tertutup melalui dunia luar yang terdiri atas sensor, persepsi (*perception*), basis pengetahuan (*knowledge base*) dan kendali (*control*), dan aktuasi (*actuation*). Komunikasi berfungsi untuk berhubungan dengan robot lain atau untuk menerima tugas-tugas khusus dari pusat kendali.

2.2. Robot Follower Dengan Formasi Perilaku Mengikuti Robot Leader

Perilaku mengikuti pemimpin atau lebih dikenal dengan *Follow The Leader* merupakan salah satu skema dari robot swarm (robot follower). Robot Swarm sendiri memiliki pengertian sejumlah robot dengan struktur fisik relatif sederhana dan kesamaan perilaku yang mampu bekerja sama dari hasil interaksi antar robot dengan lingkungannya. Dalam formasi mengikuti pemimpin ini terdapat satu robot yang berperan sebagai robot leader dan sebagian yang lain sebagai robot follower.

P Chandhak dalam tesisnya menyatakan bahwa robot follower harus mampu mengikuti trajektori robot didepannya yang diidentifikasi sebagai robot leader dengan jarak yang telah ditentukan dengan relatif konstan dalam kecepatan dan akselerasi yang bervariasi, bahkan keadaan berhenti mendadak seperti yang diilustrasikan pada gambar 1. Robot follower bergerak mengikuti lintasan yang dibuat oleh robot leader sehingga informasi tentang posisi relatif antar robot dengan cepat dan akurat sangat diperlukan.



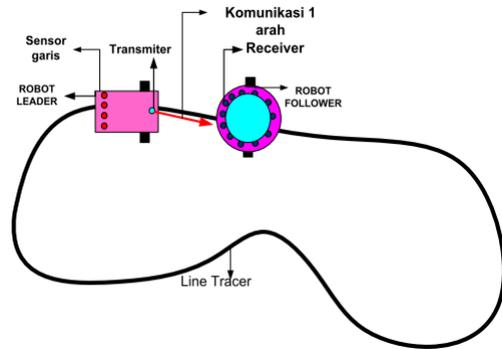
Gambar 1. Ilustrasi perilaku mengikuti pemimpin

Sumber : (Sa'adi Hakim, Prototipe Robot Pengikut Pada Implementasi Robot Swarm Untuk Membentuk Formasi Mengikuti Pemimpin, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2010, halaman 8).

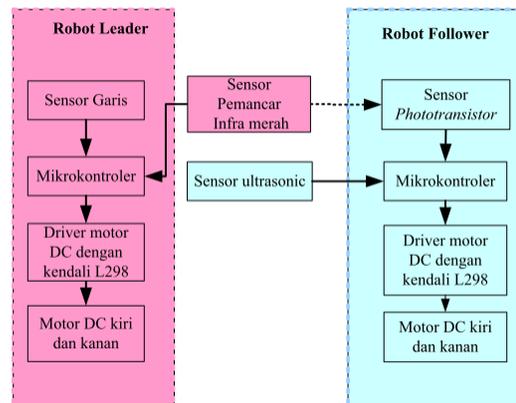
3. Perancangan Sistem

3.1. Perencanaan Sistem

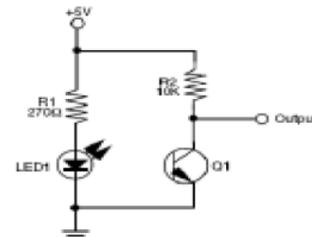
Pada perencanaan sistem robot pada gambar 2 didesain dua buah mobile robot, yaitu robot leader dan robot follower. Kedua mobile robot ini dikendalikan dengan menggunakan navigasi sensor infra merah. Dimana robot leader sebagai pemandu line tracer yang dipasang sensor pemancar dibelakang robot dan robot follower dipasang sensor phototransistor sebagai penerima pemancar akan diletakkan pada posisi 180^o di body robot, agar dapat menerima pemancar dari robot leader sehingga dapat mengikuti robot pemandu dengan jarak yang ditentukan, yang akan dikontrol menggunakan sensor ultrasonik.



Gambar 2. Perencanaan sistem robot.



Gambar 3. Blok diagram pembuatan perangkat keras.



Gambar 4. Sensor Garis Sumber : (pdf Tim robotika Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Sensor Proximity, Surabaya, 2011, halaman 9).

3.2. Perencanaan Perangkat Keras

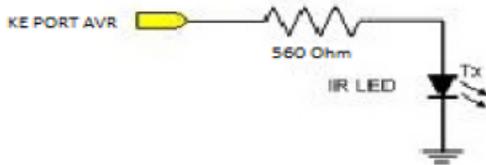
Pembuatan perangkat keras dilakukan berdasarkan blok diagram pada gambar 3. Pada penelitian ini dibuat dua buah mobile robot yang masing-masing berfungsi sebagai robot leader dan robot follower. Di dalam blok diagram gambar 3 perangkat keras terdiri dari perangkat sensor, sistem kontroler, driver motor, dan aktuator berupa dua buah motor DC. Perbedaan robot leader dan robot follower adalah sensor inframerah sebagai pemancar dan penerima.

3.3. Sensor Garis

Sensor pendeteksi garis yang digunakan pada gambar 4, menggunakan 4 buah led sebagai pemancar dan menggunakan 4 buah photodiode sebagai penerima cahaya.

3.4. Sensor Infra Merah Sebagai Pemancar

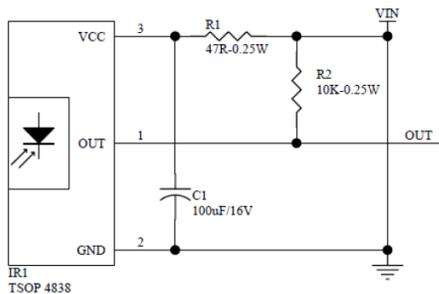
Sensor inframerah digunakan sebagai pemancar pada robot leader yang kemudian akan diterima oleh robot follower dengan menggunakan sensor phototransistor. Sensor inframerah akan memancarkan cahaya dengan frekuensi yang 38 KHz.



Gambar 5. Skematik rangkaian infra merah sebagai pemancar Sumber : (Budiharto Widodo, Robot Tank dan Navigasi Cerdas, PT Elex Media Komputindo, Jakarta, 2010, halaman 16).

3.5. Sensor Phototransistor

Sensor phototransistor pada gambar 6 digunakan sebagai penerima dari sensor infra merah. jenis phototransistor yang digunakan adalah TK 1838. Phototransistor merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Saat phototransistor menerima cahaya infra merah nilai logika adalah 0 dan saat tidak menerima cahaya infra merah nilai logika bernilai 1, sehingga phototransistor yang menerima cahaya infra merah adalah aktif low.



Gambar 6. Skematik 1 sensor phototransistor Sumber : (datasheet DT-I/O infrared receiver).

3.6. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik menggunakan modul jadi yaitu jenis SRF04 pada gambar 7. Dengan 2 buah pin kontrol,

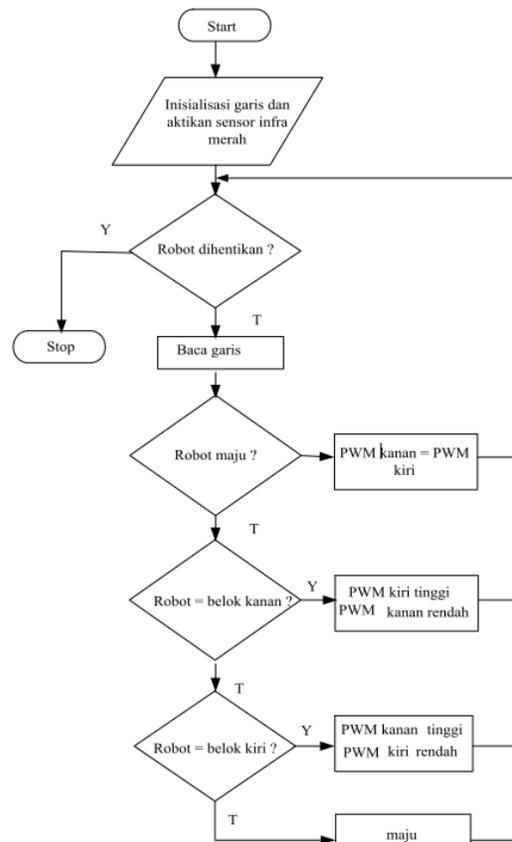
antara lain sebuah pin input triger dan sebuah pin output data.



Gambar 7. Sensor ultrasonic SRF 04 Sumber: (datasheet Devantech SRF04 Ultrasonic Range Finder).

3.8. Perancangan Driver Motor

Pada driver digunakan IC L298 yang memiliki arus output yang cukup besar untuk memacu putaran motor dc secara optimal. Rangkaian optocoupler digunakan untuk hubungan rangkian driver ke motor agar lebih aman.

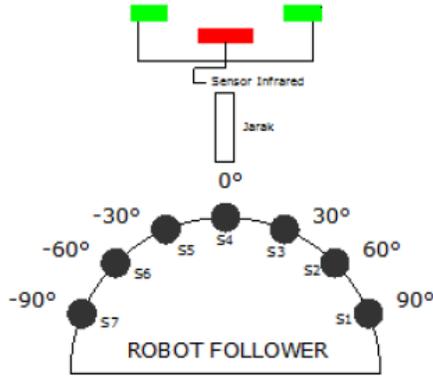


Gambar 8. Prinsip Kerja Robot Leader.

3.9. Perancangan Robot Follower Mengikuti Robot Leader

Prinsip kerja robot leader pada gambar 8 adalah saat robot diaktifkan maka sensor garis akan menyala, kemudian letakan sensor garis pada landasan warna hitam dan putih untuk membaca data garis. Selanjutnya sensor

akan membaca garis sehingga data ADC sensor akan ditampilkan pada LCD. Saat sensor garis membaca belok kanan, maka PWM motor kiri harus tinggi dan PWM motor kanan harus rendah sehingga robot akan belok ke kanan. Bila sensor garis membaca belok kiri, maka PWM motor kiri harus rendah dan PWM motor kanan harus tinggi sehingga robot akan belok ke kiri.



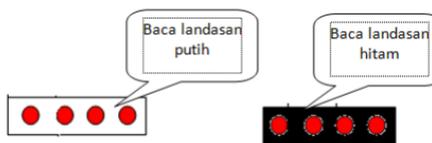
Gambar 9. Posisi sensor pemancar pada robot follower.

Prinsip kerja robot follower pada gambar 10 adalah pada saat start posisi robot harus berada tepat dibelakang robot leader. Aktifkan sensor penerima pada robot follower, sehingga dapat menerima gelombang infra merah yang dipancarkan oleh robot leader. Baca data sensor penerima kemudian olah data pada Code vision AVR. Apabila sensor penerima yang tengah aktif maka robot dikondisikan bergerak maju, jika sensor penerima kiri yang aktif maka robot belok kiri dan jika sensor penerima kanan yang aktif maka robot akan belok kanan, sehingga robot follower dapat mengikuti robot leader untuk mengontrol jarak antar robot, maka digunakan sensor ultrasonic. Sehingga pergerakan robot follower dapat mengikuti robot leader sesuai dengan posisi, jarak dan kecepatan motor yang telah ditentukan.

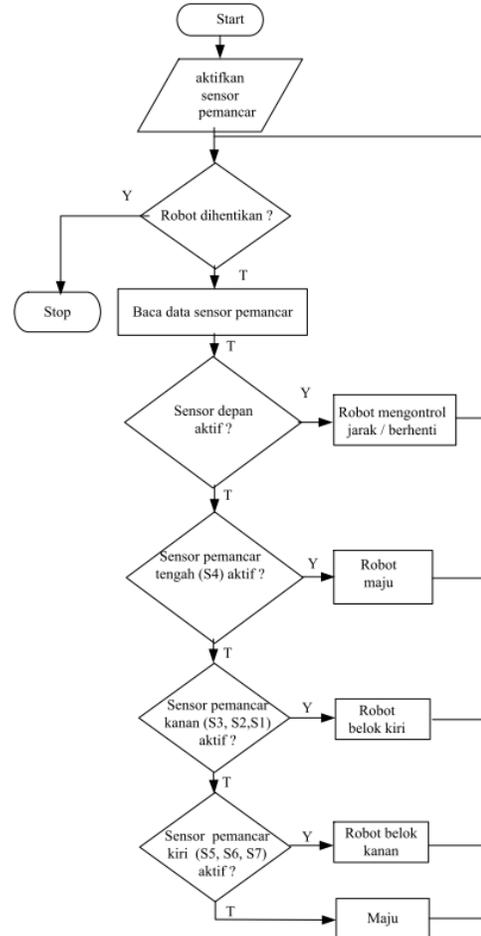
4. Pengujian Dan Analisa

4.1. Pengujian Sensor Garis

4.1.1. Tujuan: Untuk mengetahui karakteristik sensor garis (LED dan photodiode) untuk mendeteksi perbedaan warna garis (hitam) dengan warna latar belakangnya(putih).



Gambar 11. pengujian sensor garis pada landasan putih dan hitam



Gambar 10. Prinsip Kerja Robot Follower.

4.1.2. Analisa Data: Saat mendeteksi warna putih data sensor lebih kecil karena cahaya yang diterima sangat besar, sehingga tegangan menuju ground yaitu 0 volt dengan nilai ADC mendekati 0. Untuk mendeteksi warna hitam cahaya yang diterima photodiode sedikit sehingga data yang diterima lebih besar, tegangan mendekati 5v dengan nilai ADC setengah dari nilai 255.

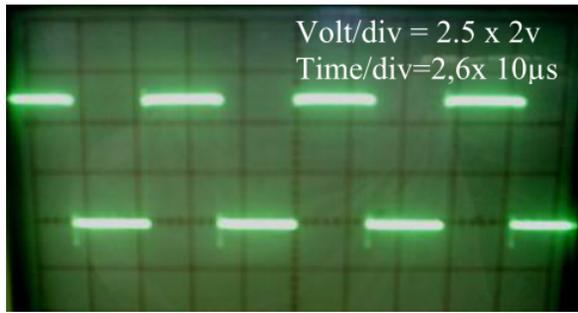
Tabel 1. Data pengujian sensor garis.

Warna landasan	Nilai ADC Sensor 1	Nilai ADC Sensor 2	Nilai ADC Sensor 3	Nilai ADC Sensor 4
Putih	5	6	6	7
Hitam	60	70	70	100

4.2. Pengujian Frekuensi Sensor Infra Merah Sebagai Pemancar

4.2.1. Tujuan: Digunakan untuk menguji pengirim data melalui gelombang infra merah dengan frekuensi carrier sebesar 38 kHz.

4.2.2. Hasil pengujian sensor:

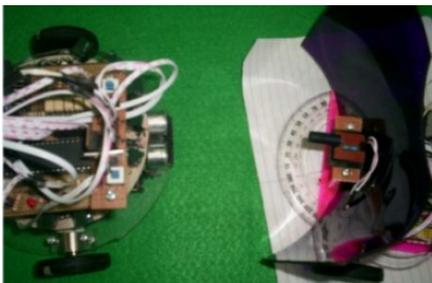


Gambar 12. Hasil pengujian frekuensi infra merah pada oscilloscope

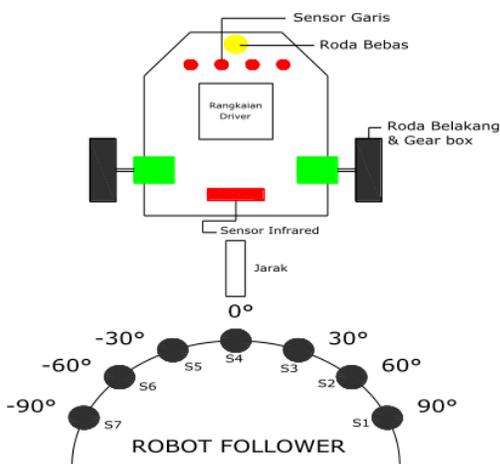
4.2.3. Analisa data: Periode (T) yang ditunjukkan pada oscilloscope adalah $2,6 \times 10\mu s$, maka nilai frekuensi yang dihasilkan adalah 38 KHz. Sehingga gelombang frekuensi dapat pancarkan sensor infra merah.

4.3. Pengujian Jarak Sudut Antara Robot Leader dan Robot Follower

4.3.1. Tujuan: Agar robot follower dapat mengikuti robot leader sesuai dengan jarak sudut yang didapat dari data pengujian.

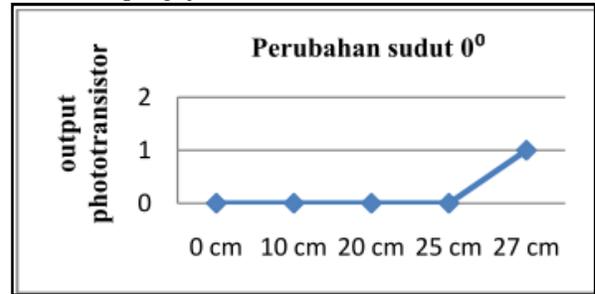


Gambar 13. Pengujian sudut robot leader dan robot follower

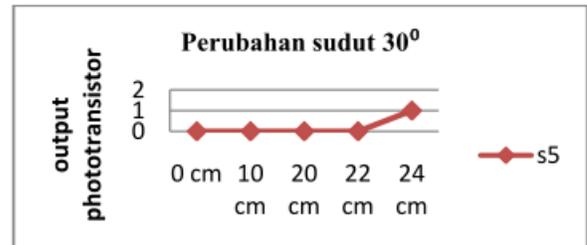


Gambar 14. Pengukuran sudut robot.

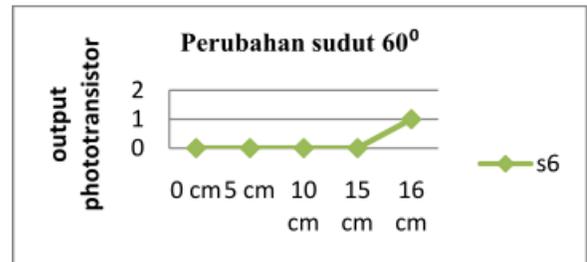
4.3.2. Hasil pengujian:



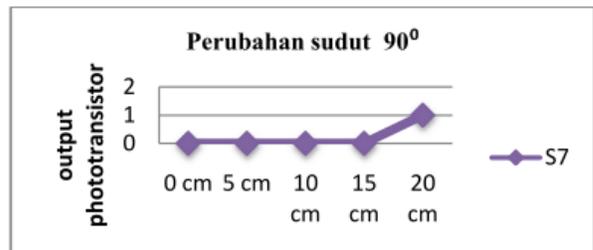
Gambar 15. Pengujian sudut 0° antara robot leader dan robot follower.



Gambar 16. Pengujian sudut 30° antara robot leader dan robot follower.

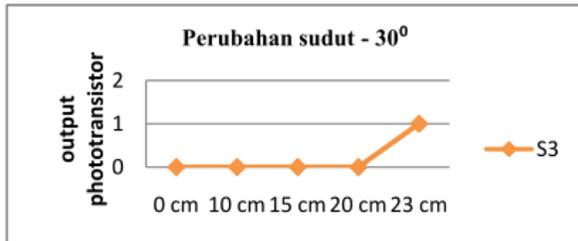


Gambar 17. Pengujian sudut 60° antara robot leader dan robot follower.

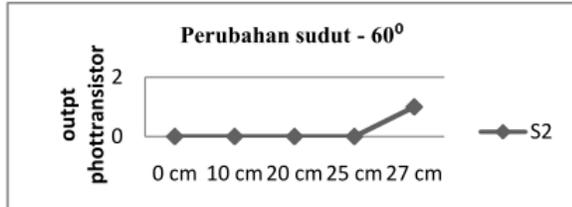


Gambar 18. Pengujian sudut 90° antara robot leader dan robot follower.

4.3.3. Analisa data: Jarak terjauh infra merah memancarkan gelombang frekuensi ke sensor phototransistor kurang dari 30 cm, yaitu saat 0° jarak maksimal 25 cm. Semakin terjadi perubahan sudut pada robot maka jarak jangkauan sensor penerima semakin berkurang. Saat sudut $30^{\circ} = 22\text{cm}$, $60^{\circ} = 15\text{cm}$, $90^{\circ} = 15\text{cm}$, $-30^{\circ} = 20\text{cm}$, $-60^{\circ} = 25\text{cm}$, $-90^{\circ} = 15\text{cm}$.



Gambar 19. Pengujian sudut -30° antara robot leader dan robot follower.



Gambar 20. Pengujian sudut -60° antara robot leader dan robot follower.



Gambar 21. Pengujian sudut -90° antara robot leader dan robot follower.

4.4. Pengujian Motor DC

4.4.1. Tujuan: Untuk mengetahui kecepatan dan torsi motor DC, untuk mengetahui kesamaan kecepatan dan torsi antara motor kiri dan motor kanan, dan untuk mengetahui kelayakan driver motor DC.

4.4.2. Hasil pengujian:

Tabel 2. Data pengukuran kecepatan motor DC.

Rpm Motor kanan	Rpm Motor kiri	Data PWM (8 bit)	Tegangan sumber	Kondisi
105	130	50	9 v	maju
225	205	100	9 v	maju
270	230	150	9 v	maju
290	250	200	9 v	maju
300	305	255	9 v	maju

4.4.3. Analisa data pengujian kecepatan motor DC:

Untuk mengatur putaran kiri dan kanan motor DC dengan menggunakan rangkaian driver. Semakin besar PWM motor, maka kecepatan motor semakin cepat. Dari

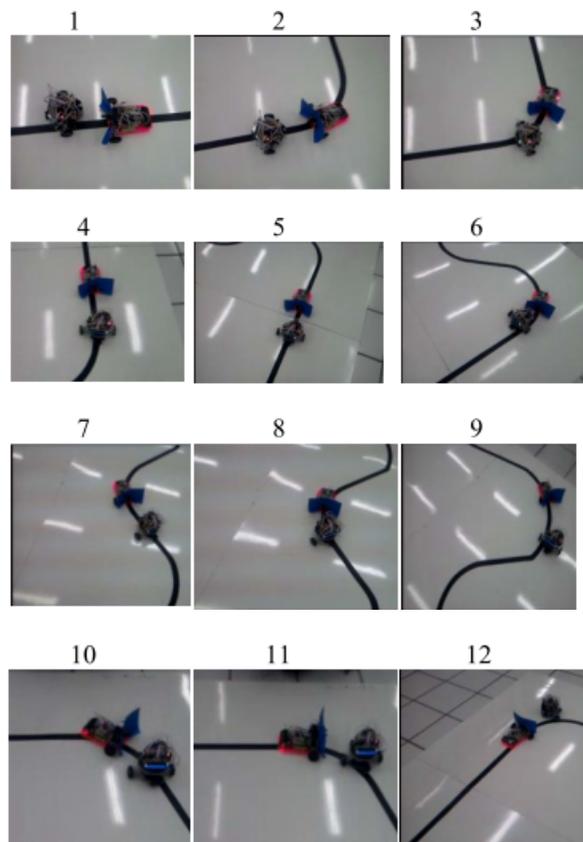
data pengujian kecepatan motor DC antara motor kiri dan motor kanan memiliki kecepatan yang berbeda.



Gambar 21. Pengujian Kecepatan motor.

4.5. Snap Short Video Robot Leader dan Robot Follower

Pada gambar 22 menampilkan pengujian keseluruhan pergerakan robot leader dan robot follower. Dari gambar pertama menunjukkan perjalanan robot mulai dari garis lurus, belok kanan dan belok kiri, mengikuti jalur pada line tracer.



Gambar 22. Snap short video robot leader dan robot.

5. Kesimpulan

Setelah melakukan tahap perancangan dan pembuatan sistem yang kemudian dilanjutkan dengan

tahap pengujian dan analisa maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Ketika robot berada pada belokan, maka kecepatan robot leader harus pelan. Sehingga robot follower tidak kehilangan sinyal pemancar dari robot leader. Persentase error robot saat dibelokan adalah 2% dari 5 pengujian terakhir.
2. Untuk menghindari robot leader dan robot follower terjadi tabrakan, maka digunakan sensor ultrasonic untuk mengtur jarak antar robot.
3. Jarak terjauh sinyal pemancar sensor infra merah yang dapat diterima sensor phototransistor adalah kurang dari 30 cm.
4. Data untuk pengukuran sudut sangat bervariasi hal ini dipengaruhi oleh komponen pemancar infra merah dan kemampuan sensor phototransistor yang berbeda untuk menerima frekuensi dari pemancar.

Referensi

- [1] Pitowarno, Endra, Robotika: *Desain Kontrol Dan Kecerdasan Buatan*, Buku Teks, Andi, 1- 3, Yogyakarta , 2006.
- [2] Chandak, P. 2002. “*Study and Implementation of Follow the Leader*”. in partial fulfillment of the requirements for the degree of MASTER OF SCIENCE In the Department of Mechanical, Industrial and Nuclear Engineering of the College of Engineering, August-8-2002.
- [3] Budiharto, Widodo, *Robot Tank dan Navigasi Cerdas*, Elex Media Komputindo, Jakarta, 2010.
- [4] Heryanto, M.Ary. dan Adi P,Wisnu.*Pemograman Bahasa C untuk Mikrokontroler AT Mega 8535*.Andi.Yogyakarta,2008.
- [5] Sa’adi Hakim, *Prototipe Robot Pengikut Pada Implementasi Robot Swarm Untuk Membentuk Formasi Mengikuti Pemimpin*, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2010.