

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM ROBOT LINE FOLLOWER MULTIPLE USER DENGAN KEMAMPUAN DETEKSI WARNA MENGGUNAKAN LOGIKA ADAPTIF

Design and Implementation of Multiple User Line Follower Robot System With Color Detection Capability Using Adaptive Control Logic

Fariz Adilah.¹Iswahyudi Hidayat, ST., MT²Rizki Ardianto, ST., MT³

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹shinichifariz@gmail.com²iswahyudi.hidayat@gmail.com³rizki.ap@gmail.com

ABSTRAK

Proses transfer material atau limbah pada industri terkadang sangat sulit dilakukan karena kurangnya tenaga untuk melakukan proses tersebut dan membuat keseluruhan proses produksi terhambat. Hal ini dapat diminimalisir dengan cara mengganti para pengirim material ini dengan sistem robot terautomatisasi.

Pada tugas akhir ini penulis akan merancang suatu sistem *line follower* yang mampu mengenali dan membedakan warna RGB pada jalur yang telah ditetapkan, yang diautentifikasi dengan RFID. Sistem ini dirancang untuk menggunakan mikrokontroler ATmega328 sebagai pusat proses, menggunakan *Light Dependent Resistor* (LDR) dan *Light Emitter Diode* (LED) berwarna untuk mendeteksi garis dan pembaca RFID dengan standar EM4001 *low-frequency*. Kartu RFID yang didekatkan pada pembaca yang akan menentukan jenis warna yang diprioritaskan oleh robot *line-follower*. Sebagai pemroses sinyal masukan dari LDR akan digunakan algoritma adaptif sebagai logika kontrol dalam pemilahan warna.

Hasil yang diperoleh yaitu robot mampu beradaptasi dengan perubahan warna pada jalur yang telah tersedia dan RFID sebagai *user identification* dengan input *card* yaitu merah, hijau, biru. Robot mampu mengikuti jalur dengan menggunakan *refresh rate* dibawah 100 ms. Kecepatan robot untuk tiap-tiap jalur $\pm 0,01$ m/s.

Kata Kunci : Line-Follower, RFID, Color Detection, Algoritma Adaptif

ABSTRACT

The process of transfer of material or waste in industrial sometimes very difficult to do because of lack of personnel to carry out the process and make the entire production process is inhibited. This can be minimized by replacing the sender of this material with robotic systems automatically.

In this thesis the author will design a line follower system is able to recognize and distinguish the RGB colors on a predetermined path, which is authenticated by RFID. This system is designed for use ATmega328 microcontroller as the center of the process, using a Light Dependent Resistor (LDR) and Light Emitter Diode (LED) for detecting colored lines and EM4001 RFID readers with low-frequency standards. RFID cards are brought closer to the reader who will determine what kind of color that are prioritized by line-follower robot. As the input signal processor of the LDR will be used as the adaptive algorithm control logic in the color sorting.

The results obtained by the robot is able to adapt to change colour on a track that is already available and RFID as user identification with input card red, green, blue. The robot can follow the track using refresh rate under 100 ms. Average speed for every track $\pm 0,01$ m/s.

Keywords: Line-Follower, RFID, Color Detection, Adaptive Algorithm

1. Pendahuluan

Transportasi barang dalam suatu pabrik atau gedung perkantoran umumnya masih menggunakan suatu perangkat yang dioperasikan secara manual. Permasalahan yang muncul dengan transportasi barang secara manual ini adalah kelalaian pekerja dalam pengoperasiannya. Teknologi tepat guna banyak diciptakan untuk menyelesaikan masalah yang timbul agar transportasi barang bisa dilakukan secara otomatis atau mandiri untuk bergerak dari posisi awal ke tempat tujuan sehingga dapat meminimalisasi kelalaian dalam pengoperasiannya dan mampu bekerja adaptif atau beradaptasi terhadap perubahan-perubahan yang terjadi seperti perubahan kecerahan cahaya yang diterima.

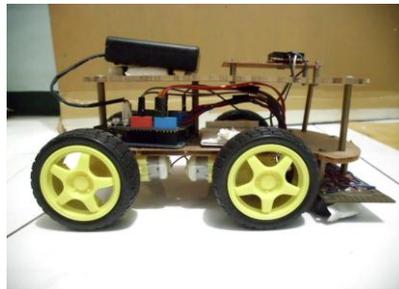
Hal tersebut yang mendasari pembuatan tugas akhir ini yaitu dengan membuat suatu sistem robot beroda AGV (*Automated Guided Vehicle*). Sistem robot ini diharapkan mampu untuk menyelesaikan permasalahan dalam pergerakan manual transportasi barang. Sistem robot yang digunakan adalah sistem robot line follower yang menggunakan sistem warna RGB (*Red-Green-Blue*) sebagai garis panduan dan dikombinasikan dengan sistem identifikasi pengguna berbasis RFID (*Radio Frequency Identification*). Sistem robot ini juga akan dibuat untuk dapat beradaptasi dengan perubahan kecerahan warna permukaan lintasan robot sehingga ketika kecerahan warna lintasan berubah, robot masih akan tetap bekerja secara baik.

Kinerja sistem ini akan menggunakan logika adaptif yaitu sistem *adaptive neural fuzzy inference system* agar sistem dapat bekerja secara mandiri dan dapat bekerja secara adaptif pada kecerahan warna dalam mengenali dan mengikuti garis panduan kerja robot tersebut. ANFIS ini mempunyai kemampuan mengolah data-data dan perhitungan secara singkat.

2. Dasar Teori

2.1 Robot Line-Follower

Robot *line follower* adalah sebuah jenis robot yang termasuk kedalam kategori robot *mobile* yang didesain untuk bekerja secara otomatis dan memiliki kemampuan untuk mendeteksi dan bergerak mengikuti garis. Robot *line follower* menggunakan mikrokontroler dan motor servo sebagai penggerakannya. Robot *line follower* juga menggunakan sensor untuk mengenali warna pada permukaan kerjanya. Gambaran umum dari robot *line follower* bisa dilihat pada gambar 2.1.

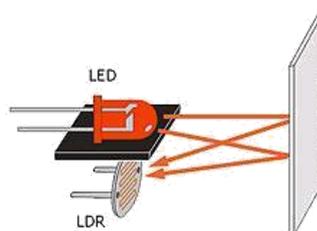


Gambar 2.1 Contoh Robot Line-Follower

Sensor yang dimiliki oleh robot *line follower* terdiri dari penghasil cahaya (*transmitter*) dan penerima pantulan cahaya (*receiver*). Robot *line follower* dirancang untuk mampu mengikuti garis panduannya yang berada pada sensor tengah agar robot *line follower* mampu bergerak sesuai dengan jalur yang telah tersedia.

2.2 Pendeteksi Warna

Sistem pendeteksian warna pada robot *line-follower* adalah menggunakan LDR dengan memanfaatkan pantulan cahaya pada permukaan kerja. Sensor ini berfungsi agar robot dapat menuju titik-titik yang diinginkan dengan presisi sampai menuju poin tujuan atau stop point. Agar robot *line follower* dapat bergerak terarah, maka sekeliling LDR harus ditutupi agar tidak ada cahaya lain yang masuk selain pantulan dari cahaya yang dipancarkan oleh LED. Cara kerja LDR menerima pantulan cahaya dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ilustrasi Pantulan Cahaya Pada Sensor

Sensor LDR ini memiliki tingkat hasil pengukuran yang lebih rendah dibandingkan dengan sensor warna yang menggunakan kamera. Sensor LDR ini dipilih karena lebih ekonomis dibandingkan sensor warna lain.

2.3 RFID

RFID (*Radio Frequency Identification*) adalah suatu metode identifikasi dengan menggunakan frekuensi radio media sinyal. RFID sudah banyak pengaplikasiannya karena tingkat keamanannya yang tinggi dan praktis dalam penggunaannya.

Frekuensi radio akan digunakan untuk mengenali informasi dari sebuah alat yang dikenal dengan tag atau transponder. Disamping itu, sistem RFID mempunyai *device* yang disebut pembaca RFID (RFID reader) yang berguna untuk mengenali diri sendiri ketika mendeteksi sinyal dari alat yang kompatibel.

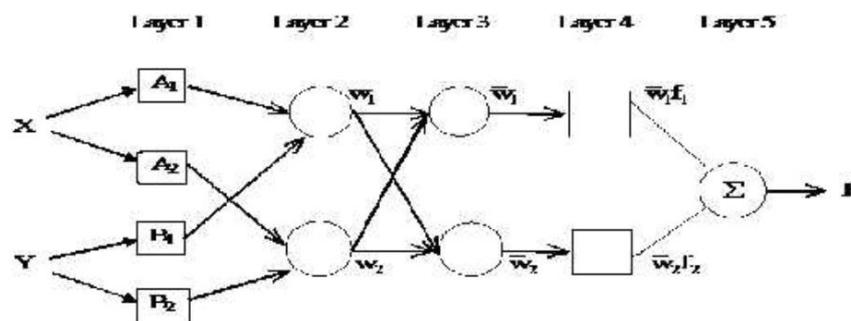
Tabel 2.1 Frekuensi Kerja RFID

	LF	HF	UHF	Active
Frequency	125 – 134.2 KHz	13.56 MHz	850 – 960 MHz	100 KHz – 2.45GHz
Range	0.2 – 2m	Up to 1m	Up to 3m	Up to 100m
Cost	Typ. 3 GBP	(Typ. 0.50 GBP)	(Typ. 0.30 GBP)	(Typ. 20 GBP)
Memory	Typ. 64 bits	Typ. 2048 bits	Typ. 96 bits	Typ. 32 bits
Penetration of Materials	V. Good	Good	Poor	V. Good
Data Rate	Slow	Fast	Fast	Fast
Reader Cost	50 – 500 GBP	50 – 3000 GBP	1000- 3000 GBP	200-600 GBP
Read Multiple Tags	Poor	Good	Very Good	Good
Applications	Animal Tags, Vehicle Immobilisers, Industrial Applications	Item Tracking, Access Control, Smart Labels	Box and Pallet tracking, Some Item Tracking	Industrial Applications, Asset Tagging, Location Systems

Pada tabel 2.1 terlihat bahwa range frekuensi agar RFID dapat aktif dengan baik adalah pada frekuensi 100 KHz – 2,45 GHz. Di luar range frekuensi tersebut, maka RFID tidak dapat membaca dengan baik.

2.4 Adaptive Network berdasarkan Interference System (ANFIS)

Anfis merupakan merupakan kombinasi dari *fuzzy logic* (FL) dan *neural network* (NN) untuk memodelkan struktur. Untuk memodelkan struktur ANFIS, langkah awalnya adalah dengan menggunakan struktur FL dan menggunakan *neural network* (NN) untuk mengadaptasi parameter fungsi *membership* dari FL dan *rule* yang digunakan berdasarkan dari *training* data. *Input/output* kumpulan data, ANFIS dapat merekonstruksi *fuzzy inference system* (FIS) yang merupakan parameter fungsi yang menggunakan algoritma *back-propagation* atau teknik optimasi yang serupa. Gambar 2.3 dapat mengilustrasikan struktur dari ANFIS. Struktur ini mengasumsi *fuzzy inference system* dengan menggunakan dua input X dan Y dengan satu respon F. Dari model *fuzzy sugeno* orde-pertama, akan menghasilkan kumpulan *rule* dengan dua *fuzzy if-then* sebagaimana yang diperlihatkan oleh Gambar 2.7.



Gambar 2.3 Struktur ANFIS untuk sistem sugeno dua *rule* [6]

ANFIS *rule* sugeno pada Gambar 2.7 mempunyai bentuk:

rule 1: jika x adalah A_1 dan y adalah B_1 kemudian $f_1 = p_1x + q_1y + r_1$

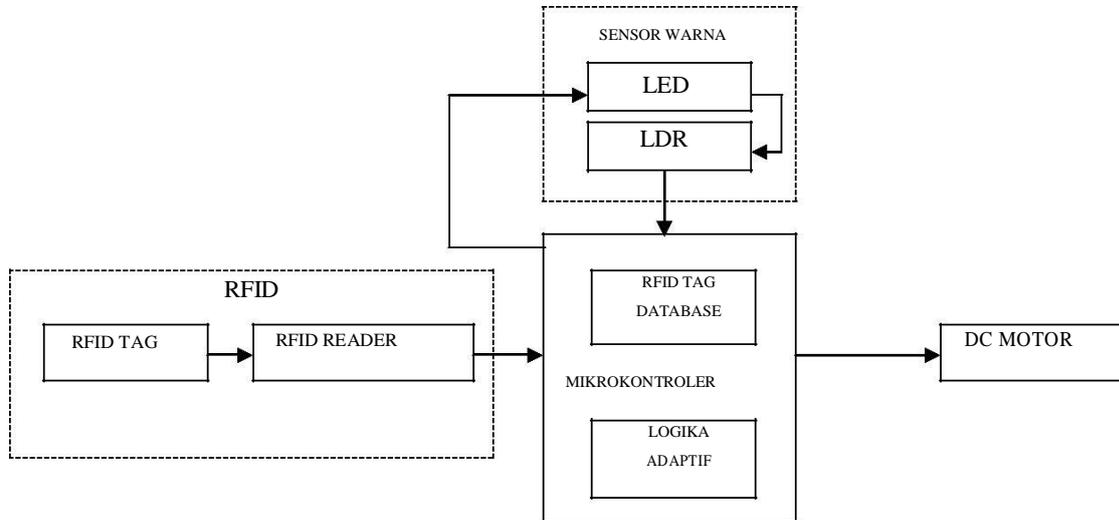
rule 2: jika x adalah A_2 dan y adalah B_2 kemudian $f_2 = p_2x + q_2y + r_2$

3. Perancangan Sistem

3.1 Blok Diagram Sistem

Pada gambar 3.1 terlihat bahwa masukan sistem terdiri dari 2 yaitu masukan dari blok RFID yang kemudian akan memulai proses di blok sensor warna, dan masukan dari blok sensor warna akan memulai proses pergerakan motor atau pergerakan DC motor. RFID Tag didekatkan kepada RFID Reader dan kemudian RFID membaca *database* yang telah ada. Jika nilai

RFID Tag cocok dengan database, Mikrokontroler akan meminta masukan dari set sensor warna (LED sebagai transmitter dan LDR sebagai receiver). Kemudian mikrokontroler akan menggerakkan DC motor. DC motor akan menggerakkan robot sesuai dengan garis yang dideteksi oleh sensor warna. Sistem akan mendeteksi jalur yang akan dilalui, jika terjadi perubahan kecerahan warna, sistem akan menyesuaikan terhadap threshold yang dapat diterima. Robot akan berhenti ketika sensor mendeteksi bahwa stop point telah tercapai.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem

4. Pengujian dan Analisis

4.1 Analisis Sistem

4.1.1 Analisis Blok Warna

Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap LED pada masing-masing blok aktif dan menyala dengan baik, serta LDR dapat merespon cahaya pantulan LED dengan baik, yang sesuai dengan target perancangan. Hal yang cukup dapat perhatian adalah cahaya biru saat dipantulkan pada bidang biru yang diterima oleh LDR.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Warna

No	Warna Jalur	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3
LED Merah aktif				
1	Merah	36	66	51
2	Hijau	16	24	20
3	Biru	7	16	13
LED Hijau aktif				
1	Merah	47	36	42
2	Hijau	74	62	62
3	Biru	58	50	51
LED Biru aktif				
1	Merah	16	13	16
2	Hijau	21	23	26
3	Biru	36	30	32

Pada tabel 4.1 dapat terlihat bahwa LDR dapat merespon dengan baik dan mendeteksi warna jalur/track sesuai dengan LED yang menyala. Dengan nilai optimal yang mampu dibaca LDR ketika LED merah menyala untuk jalur merah adalah 36. Dan nilai optimal yang mampu dibaca LDR ketika LED hijau aktif untuk jalur hijau adalah 62, dan nilai optimal yang mampu dibaca LDR ketika LED biru aktif untuk jalur biru adalah 30.

4.2 Analisis Hasil Intergrasi Sistem

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

No.	Jalur (track)	PWM motor	Sensor Refresh Rate (ms)	Kecepatan Robot (m/s)	Hasil	Keterangan
1	Merah	250	50	0.14	Sukses	Robot sampai pada stop point
		250	70	0.14	Sukses	Robot sampai pada stop point
		250	100	-	Gagal	Robot tidak sampai pada stop point
2	Hijau	250	50	0.1	Sukses	Robot sampai pada stop point
		250	70	0.1	Sukses	Robot sampai pada stop point
		250	100	-	Gagal	Robot tidak sampai pada stop point
3	Biru	250	50	0.08	Sukses	Robot sampai pada stop point
		250	70	0.08	Sukses	Robot sampai pada stop point
		250	100	-	Gagal	Robot tidak sampai pada stop point

Refresh Rate yang digunakan agar robot mampu bergerak sesuai dengan jalur yang tersedia adalah dibawah 100 ms. Ketika *refresh rate* yang dipakai adalah 50 ms, robot mampu bergerak mengikuti jalur dengan kecepatan $\pm 0,01$ m/s tiap-tiap warna jalur. Ketika *refresh rate* yang dipakai adalah 70 ms, robot masih dapat bergerak mengikuti jalur dengan kecepatan $\pm 0,01$ m/s. ketika *refresh rate* yang dipakai adalah 100 ms, robot tidak mampu bergerak mengikuti jalur.

4.3 Analisis Respon Sistem Terhadap Jalur Pengujian

Hasil pengujian respon terhadap jalur menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan dan implementasi. Blok sensor warna mampu mengenali dan membedakan jalur warna yang diprioritaskan dan motor dapat merespon dengan bergerak menuju arah yang terdeteksi oleh sensor yang digunakan seperti yang terlihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Respon Sensor Pada Jalur

No.	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Hasil
1	0	0	0	Robot tidak bergerak
2	0	0	1	Robot bergerak ke kanan
3	0	1	0	Robot bergerak lurus
4	1	0	0	Robot bergerak ke kiri
5	1	1	0	Robot bergerak ke kiri
6	1	0	1	Robot berhenti
7	0	1	1	Robot bergerak ke kanan
8	1	1	1	Robot berhenti (stop)

5. Kesimpulan

Hasil yang diperoleh yaitu robot mampu beradaptasi dengan perubahan warna pada jalur yang telah tersedia dan RFID sebagai *user identification* dengan input *card* yaitu merah, hijau, biru. Robot mampu mengikuti jalur dengan menggunakan *refresh rate* dibawah 100 ms. Kecepatan robot untuk tiap-tiap jalur $\pm 0,01$ m/s.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hasan, Kazi Mahmud. Abdullah-Al-Hamid, K. J. Reza, S. Khatun, and M. R. Basar, "Sensor Based Autonomous Color Line Follower Robot With Obstacle Avoidance," *2013 IEEE Business Engineering and Industrial Application Colloquium (BEIAC)*, pp. 509-603, 2013.
- [2] Brooks Bots. (2010). *Fireball*. <http://brooksbots.com/images/Fireball/>. 2 Mei 2015

- [3] Brown, E. Dennis. 2006. *RFID Implementation*. New York: McGraw-Hill
- [4] Nugraha, B. M. “*Perancangan Dan Implementasi Sistem Robot Line Follower Terintegrasi RFID Dengan Kemampuan Deteksi Warna Menggunakan Fuzzy Logic*”, Universitas Telkom, Bandung, Tugas Akhir 2015.
- [5] Sparkfun. *Datasheet RFID Reader ID-12, Innovations Inc.* <https://www.sparkfun.com/datasheets/sensors/ID-12-Datasheet.pdf>
- [6] Queen, M.P. Flower., Kumar, M. Sasi., dan Autherson, P. Babu, 2012, *ANFIS Technique Applied to the Control of A Robot Manipulator with Disturbance*, Procedia Engering 38, 1984-1993, Elsevier.