

ROBOT PENGIKUT GARIS BERBASIS MIKROKONTROLER AT89C51 MENGUNAKAN SENSOR INFRA MERAH

Stevanus Budi Raharjo¹, Bambang Sutopo²

¹ Mahasiswa S-1 Jurusan Teknik Elektro UGM, Yogyakarta

² Staf Pengajar di Jurusan Teknik Elektro UGM, Yogyakarta

ABSTRACT

Line Follower Robot is one of autonomous mobile robot form that has mission following autonomously the guided line. In its design and implementation, problems that should be solved are system of robot vision, architecture of hardware including electronics and mechanics, and organization of software for knowledge base and real time control. The goal of this thesis is to design and construct a Line Follower Robot by using microcontroller AT89C51 and infrared sensor. The mechanical system of the robot adopts maneuverability system of common four wheel automobile. Organization of software uses timed event method for saving microcontroller's timer. Knowledge base of the robot contains codes of action done by robot. This is based on information from sensors. Methode to transform the information becoming action uses look up table method.

Result shows the robot can follow the line with radius of curve at least 35 cm. When the robot go around an elips with long axis 85 cm and short axis 65 cm, velocity of the robot achieves 5 cm/s. It is also shown when the line is lost from sensor area detection, the robot can predict position of the line and try to find the line back.

INTISARI

Robot Pengikut Garis merupakan suatu bentuk robot bergerak otonom yang mempunyai misi mengikuti suatu garis pandu yang telah ditentukan secara otonom. Dalam perancangan dan implementasinya, masalah-masalah yang harus dipecahkan adalah sistem penglihatan robot, arsitektur perangkat keras yang meliputi perangkat elektronik dan mekanik, dan organisasi perangkat lunak untuk basis pengetahuan dan pengendalian secara waktu nyata. Tujuan tugas akhir ini adalah merancang dan mengimplementasikan suatu Robot Pengikut Garis dengan menggunakan mikrokontroler AT89C51 dan sensor infra merah. Sistem mekanik robot mengadopsi sistem manuver pada mobil empat roda biasa. Organisasi perangkat lunak menggunakan metode kejadian yang diatur suatu basis waktu untuk menghemat penggunaan pewaktu. Basis pengetahuan robot berisi pengkodean aksi yang harus dilakukan oleh robot berdasarkan informasi dari sensor. Metode untuk transformasi informasi menjadi aksi menggunakan metode tabel tengok.

Hasilnya memperlihatkan bahwa robot mampu mengikuti garis dengan jari-jari kelengkungan minimal 35 cm. Kecepatan maksimal robot saat mengelilingi elips dengan panjang sumbu terpanjang 85 cm dan sumbu terpendek 65 cm mencapai 5 cm/detik. Terlihat juga saat garis terlepas dari daerah pendeteksian sensor, robot dapat memperkirakan posisi garis dan berusaha menemukan kembali garis tersebut.

Kata kunci: inframerah, robot, mikrokontroler

1. Pendahuluan

Robot Pengikut Garis merupakan salah satu bentuk robot bergerak otonom yang banyak dirancang baik untuk penelitian, industri maupun kompetisi robot. Sesuai dengan namanya, tugas yang harus dilakukan oleh suatu robot pengikut garis adalah mengikuti garis pemandu yang dibuat dengan tingkat presisi tertentu.

Dalam perancangan dan implementasi suatu robot bergerak otonom, banyak masalah-masalah yang dihadapi. Masalah-masalah itu adalah operasi pada bahasa alami tereduksi yang digunakan oleh robot untuk dapat menerima perintah, transformasi

informasi dari sensor untuk basis pengetahuan robot, arsitektur komputer dan organisasi perangkat lunak untuk menangani dua masalah sebelumnya, deskripsi lingkungan untuk realitas situasi gerak, sistem penglihatan robot, dan proses pengambilan keputusan oleh robot secara otonom berdasar pandangan terhadap lingkungan. [Meystel, 1991].

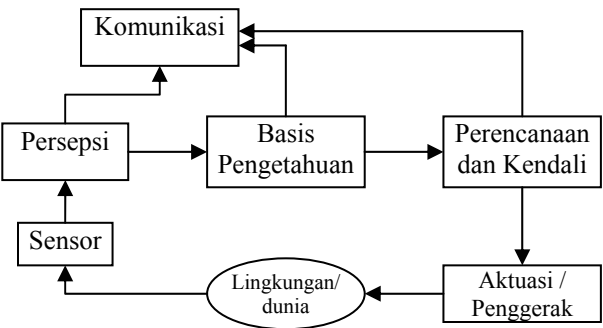
Ditinjau secara sistem, robot bergerak otonom adalah automata tersituasi, atau sebuah modul yang terdiri atas satu bagian sistem kalang tertutup bersama dengan lingkungan. [Nourbakhsh, 2000]

Penelitian mengenai Robot Pengikut Garis dewasa ini umumnya berkonsentrasi pada algoritma

perangkat lunak untuk mendapatkan tanggapan robot yang baik. Salah satu penelitian adalah penggunaan kendali *cerebellar* yang terinspirasi dari biologi otak kecil (*cerebellum*) untuk mengendalikan robot pengikut garis. Kendali *cerebellar* secara simulasi dapat meningkatkan akurasi dalam mengikuti garis melalui proses pembelajaran. [Collins dan Wyeth, 1999].

2. Dasar Teori

Dasar Sistem Robot Pengikut Garis mengacu pada dasar sistem robot bergerak otonom. Secara umum, struktur robot bergerak otonom yang tipikal digambarkan dalam gambar 1.



Gambar 1 Struktur robot bergerak otonom tipikal

Berdasarkan gambar 1, struktur robot 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.

Subsistem sensor menyediakan pengukuran kuantitatif terhadap kenyataan di dalam lingkungan. Pemilihan sensor sebaiknya disesuaikan dengan misi yang akan dijalankan. Selanjutnya subsistem persepsi melakukan proses ekstraksi informasi dari sensor dan interpretasi informasi. Hasil pemrosesan memberikan deskripsi tentang lingkungan secara terbatas sesuai dengan sensor yang dipakai. Keluarannya lalu diberikan ke subsistem basis pengetahuan untuk menentukan aksi yang akan dilakukan sesuai misinya. Oleh subsistem perencanaan dan kendali, perintah tersebut diproses lebih lanjut untuk mengendalikan subsistem aktuasi.

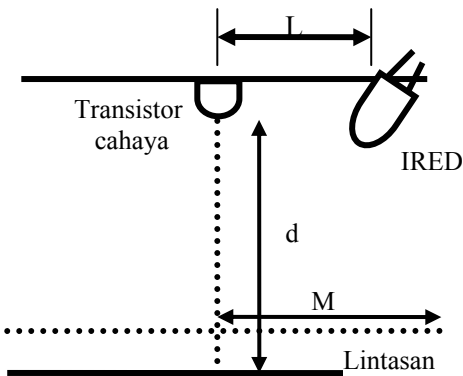
Sensor pendeteksi garis yang digunakan dalam robot pengikut garis biasanya mendasarkan pada prinsip pemantulan cahaya untuk membedakan warna garis dengan latar belakangnya. Pada warna gelap penyerapan cahaya lebih besar daripada warna putih sehingga cahaya terpantul ke sensor menjadi lebih kecil. Cahaya yang digunakan untuk pengenalan garis biasanya adalah cahaya tampak dan infra-merah. Sensor untuk cahaya tampak yang umum digunakan adalah LDR (*Light Depending Resistance*), sedangkan untuk inframerah adalah transistor cahaya (*phototransistor*) dan dioda foto (*photodiode*)

Metode untuk membuat Robot Pengikut Garis dapat mengikuti garis ada beberapa cara. Cara pertama adalah membuat garis berada di antara deretan sensor. Kedua, dengan membuat sensor berada di atas garis. Ketiga, dengan cara selalu mendeteksi tepi garis. Cara keempat adalah dengan selalu melalui garis secara bolak-balik.

3. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Percobaan untuk mencari karakteristik transistor cahaya untuk mendeteksi perbedaan warna garis dengan warna latar belakangnya. Jalannya percobaan ditunjukkan pada gambar 2.



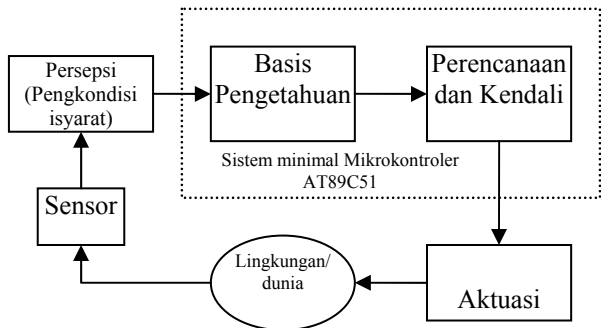
Gambar 2 Model percobaan untuk pengamatan karakteristik sensor

- Percobaan dilaksanakan dengan mengubah-ubah berbagai parameter jarak sensor dan intensitas IRED, lalu mengamati tegangan keluaran transistor cahaya.
2. Perancangan sistem robot.
 3. pembuatan perangkat keras elektronika dan mekanik Robot Pengikut Garis.
 4. Perancangan perangkat lunak menggunakan bahasa *assembly*.
 5. Menguji dan mengambil data dari hasil perancangan. Pengujian unjuk kerja robot dilakukan di arena yang terbuat dari kertas putih berukuran 110 cm x 85 cm. Di arena terdapat garis hitam selebar 1,5 cm yang melingkar membentuk elips dengan sumbu panjang 85 cmdan sumbu pendek 65 cm. Panjang garis adalah keliling elips yaitu 240 cm. Robot harus mengikuti garis hitam tersebut dan diukur berapa kecepatannya dengan perlakuan mengubah-ubah tegangan catu daya robot.
 6. Menganalisa hasil dan membuat kesimpulan.

4. Hasil Implementasi dan Pembahasan
4.1 Perancangan Sistem

Sistem Robot Pengikut Garis yang dirancang mengacu pada sistem robot bergerak otonom di bagian dasar teori yang ditunjukkan pada gambar 1. Selanjutnya sistem yang dirancang diperlihatkan pada gambar 3.

Berdasarkan gambar 3 sensor yang digunakan untuk mengamati dunia luar dari sistem yang dirancang adalah sensor aktif infra merah. Parameter yang diinginkan diamati oleh robot adalah keberadaan garis yang diikuti di dalam arena. Keluaran sensor masih berupa data mentah dalam bentuk tegangan selanjutnya diekstraksi oleh bagian persepsi dengan untai pengkondisi isyarat berupa komparator sehingga dihasilkan isyarat digital dengan standar TTL (*Transistor Transistor Logic*).



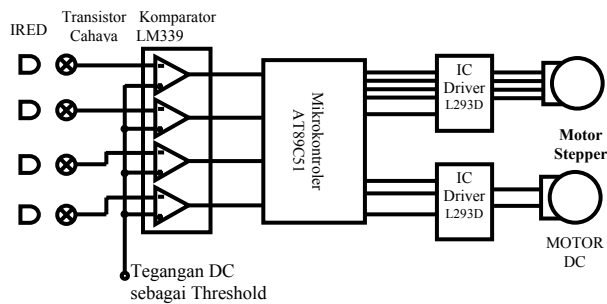
Gambar 3 Sistem Robot Pengikut Garis yang dirancang

Isyarat digital tersebut kemudian diolah oleh mikrokontroler AT89C51 berdasarkan basis pengetahuan yang diprogram dalam mikrokontroler sehingga dihasilkan perintah aksi yang harus dilakukan. Perintah ini diproses lebih lanjut oleh subsistem perencanaan dan kendali sehingga akhirnya bagian aktuasi yang berupa motor stepper dan motor dc bergerak sesuai dengan perintah. Dengan demikian pergerakan robot diharapkan dapat mengikuti garis sesuai dengan misi yang diembannya.

Sistem Robot Pengikut Garis yang dirancang diimplementasikan sebagai berikut:

1. Bagian Elektronika

Untai elektronika ditunjukkan dalam bentuk diagram kotak pada gambar 4.

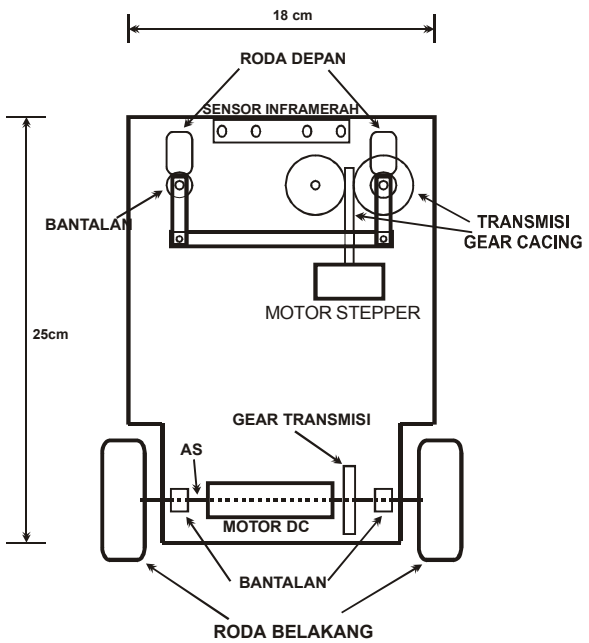


Gambar 4 Diagram kotak untai elektronika Robot Pengikut Garis

Berdasarkan gambar 4, tegangan keluaran sensor diproses dengan untai komparator sehingga dihasilkan isyarat digital standar TTL. Pengkodeannya adalah logika tinggi jika terdeteksi warna putih, dan logika rendah bila terdeteksi warna hitam. Keluaran komparator dapat langsung dihubung ke port mikrokontroler. Di mikrokontroler data dari sensor diproses dengan metode tabel tengok sehingga dihasilkan suatu perintah aksi secara digital ke motor stepper dan motor DC. Agar dapat menggerakkan motor, isyarat digital dari mikrokontroler dikuatkan dengan IC penggerak L293D.

2. Bagian Mekanik

Implementasi mekanik Robot Pengikut Garis ditunjukkan pada gambar 5. Bahan yang digunakan untuk casis robot adalah bahan *acrylic* setebal 5 mm. Pada mekanik yang dirancang digunakan transmisi roda gigi cacing untuk bagian kemudi depan robot agar dihasilkan reduksi kecepatan yang besar dan kemampuan mengunci pergerakan kemudi. Untuk penggerak belakang robot digunakan roda gigi miring untuk mempercepat putaran motor DC yang kecepatan putarnya sangat lambat.

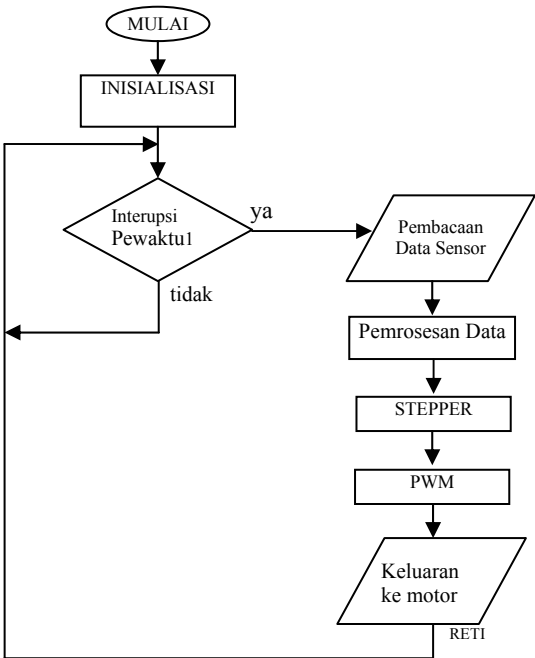


Gambar 5 Mekanik Robot Pengikut Garis yang dirancang

3. Perangkat lunak

Perangkat lunak diimplementasikan dengan metode *Timed Event* untuk menghemat penggunaan *Timer*. Pada metode ini *Timer* memberi interupsi ke CPU mikrokontroler setiap durasi waktu tertentu, yaitu 200µs. Jadi program utama hanya berisi subrutin inisialisasi, sedangkan subrutin program inti berada di dalam

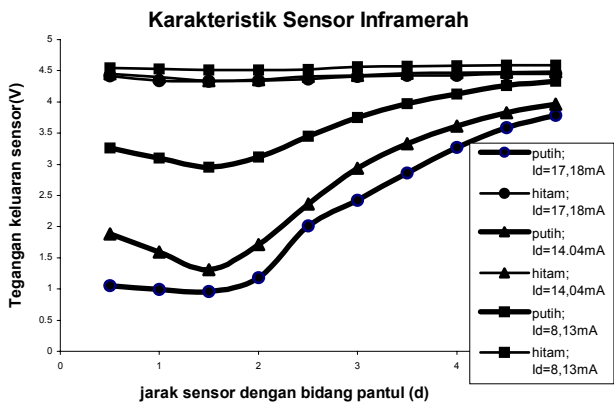
subrutin layanan interupsi *Timer*. Program inti melakukan tugas pembacaan sensor, pemrosesan data sensor, dan pengendalian kedua motor. Basis pengetahuan robot didasarkan pada metode yang digunakan robot untuk mengikuti garis, yaitu membuat posisi garis berada di antara larik 4 sensor. Diagram alir program keseluruhan ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6 Diagram alir program keseluruhan untuk Robot yang dirancang

4.2 Hasil Pengamatan

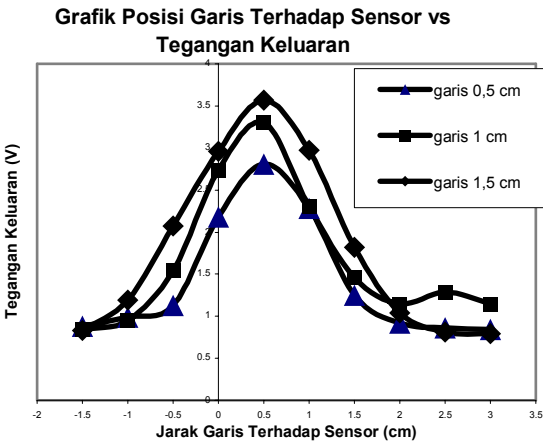
1. Hasil Pengamatan Karakteristik Sensor
 Karakteristik transistor cahaya saat mendeteksi radiasi inframerah terpantul oleh obyek berwarna putih dan hitam untuk berbagai intensitas radiasi infra merah ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7 Hasil percobaan untuk mengetahui pengaruh warna obyek terhadap keluaran sensor infra merah

Berdasarkan gambar 7 terlihat jarak optimum sensor dengan obyek pantul sekitar 2 cm. Diketahui juga bahwa arus maju IRED, I_d , sebesar 14,04 mA cukup untuk menghasilkan selisih keluaran sensor sebesar lebih dari 2 volt saat mendeteksi warna putih dan hitam.

Pengaruh lebar garis terhadap keluaran sensor ditunjukkan pada gambar 8. Berdasarkan gambar diketahui bahwa kalau lebar garis semakin kecil, maka keluaran sensor semakin rendah. Karakteristik ini perlu diketahui untuk menentukan besarnya tegangan ambang/ referensi pada komparator. Oleh sebab itu perlu proses penalaan tegangan DC ambang agar dihasilkan tanggapan robot yang baik dan tidak berosilasi.

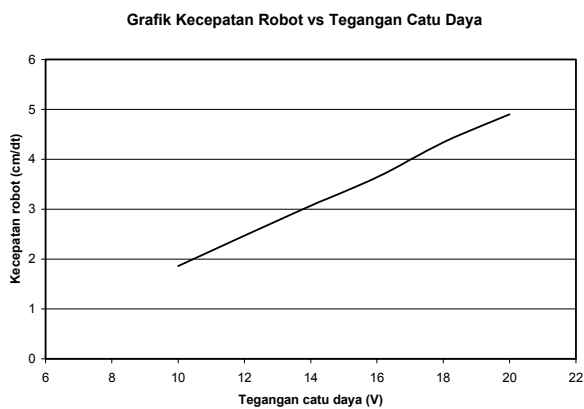


Gambar 8 Hasil percobaan untuk mengetahui pengaruh lebar garis terhadap keluaran sensor infra merah

2. Hasil pengamatan Unjuk Kerja Robot

Dari hasil pengujian terlihat bahwa Robot Pengikut Garis yang dibuat telah mampu mengikuti garis yang ditentukan. Akan tetapi robot tidak mampu mengikuti garis dengan jari-jari kelengkungan kurang dari 35 cm. Hal ini disebabkan oleh sistem manuvernya dan konstruksi mekanik yang belum sempurna. Walaupun demikian pergerakan robot jarang mengalami osilasi saat membelok.

Kecepatan robot dalam mengikuti garis dipengaruhi oleh bentuk lintasan garis dan tegangan motor DC sebagai penggerak belakang. Kecepatan maksimal robot saat mengelilingi garis berbentuk elips dengan diameter terbesar 85 cm dan tegangan motor 20 V adalah sebesar 5 cm/detik. Grafik hasil pengamatan ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9 Hasil pengujian Robot yang dirancang

5. Kesimpulan

1. Mikrokontroler AT89C51 dapat digunakan sebagai pengendali Robot Pengikut Garis dengan unjuk kerja yang baik.
2. Sensor aktif inframerah mode diskret dapat digunakan untuk mendeteksi perbedaan warna berdasarkan tingkat penyerapan warna bahan dengan unjuk kerja yang baik.
3. Untuk mendeteksi garis yang lebih kecil lebarnya, tegangan referensi di komparator dalam unit pengolah isyarat sensor harus diperkecil agar memotong kurva karakteristiknya.
4. Bentuk mekanik robot pengikut garis yang menggunakan prinsip pergerakan seperti mobil roda empat biasa tidak dapat luwes dalam berbelok khususnya untuk tikungan yang tajam. Namun demikian proses pembelokannya lebih halus.
5. Penggunaan teknik *Timed Event* untuk menentukan tunda bagi beberapa komponen merupakan teknik yang efektif untuk menghemat penggunaan *timer* dalam mikrokontroler.

DAFTAR PUSTAKA

- Boylestad, R., Nashelsky, L., 1992, *Electronic Devices and Circuit Theory*, Fifth Edition, Prentice Hall, New Jersey
- Coiffet, Philippe, 1983, *Robot Technology Volume 2: Interaction with The Environment*, Kogan Page, London
- Collins D., Wyeth G.F., 1999, *Cerebellar Control of a Line Follower Robot*, Proceedings of the Australian Conference on Robotics and Automation (ACRA'99), March 30 - April 1, Brisbane, pp. 74-79
- Eko Putra, Agfianto, 2003, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55*, Gava Media, Yogyakarta

- Maleev, V.L., 1946, *Machine Design*, International Text Book Company, Pennsylvania
- Meystel, A., 1991, *Autonomous Mobile Robots Vehicles with Cognitive Control*, World Scientific, Singapore
- Mooney, William J., 1991, *Optoelectronic Devices and Principles*, Prentice-Hall (Simon & chuster), Singapore
- Nourbakhsh, Illah R., 2000, *Property Mapping: a simple technique for mobile robot programming*, proceedings of AAAI 2000
- Stiffler, A. Kent, 1992, *Design with Microprocessors for Mechanical Engineers*, McGraw-Hill, Singapore