

Robot Bergerak Penjejak Jalur Bertenaga Sel Surya

Indar Sugiarto, Dharmawan Anugrah, Hany Ferdinando
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra
Email: indi@petra.ac.id, hanyf@petra.ac.id

Abstract

Pada makalah ini dipresentasikan sebuah robot bergerak penjejak jalur (*line tracker mobile robot*) yang tenaga penggerakannya memanfaatkan energi matahari, yaitu dengan menggunakan sel surya sebagai pengubah energi matahari tersebut menjadi energi listrik. Robot mobil ini dikendalikan oleh sebuah microcontroller AT89C2051 untuk menggerakkan dua buah motor DC, dan sebagai sensornya digunakan photorelector. Dari hasil pengujian, robot bergerak penjejak jalur ini dapat mengikuti garis hitam pada arena lintasan putih dengan sudut belokan minimum 80° . *Mobile robot* ini berukuran $25,4 \times 19,2 \times 6,2$ cm dengan berat 531 gram dan konsumsi arus saat pada lintasan lurus ± 57 mA dan saat *mobile robot* melakukan belokan ± 156 mA (untuk sudut belokan 75°). Lebar lintasan hitam yang digunakan selebar 1,5 cm. Tegangan kerja yang digunakan adalah +3 volt DC. Kekurangan *mobile robot* terletak pada roda belakang yang kurang dapat bergerak bebas sehingga menghambat pergerakan dari *mobile robot*.

1. Pendahuluan

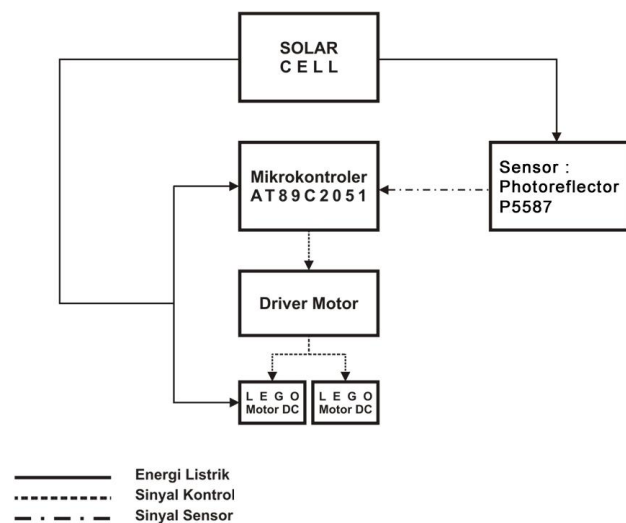
Energi matahari sangat efektif jika digunakan sebagai sumber energi untuk menjalankan sebuah *device* dimana tempat *device* tersebut berada, banyak mendapatkan sinar matahari. Sebagai contoh, sinar matahari yang telah dikonversi menjadi energi listrik oleh sel surya dapat digunakan sumber tenaga bagi robot bergerak untuk keperluan eksplorasi sebuah planet di luar bumi [1].

Dalam penelitian ini akan dibahas tentang bagaimana cara mengaplikasikan sel surya sebagai sumber tenaga penggerak bagi sebuah robot bergerak yang diprogram untuk berjalan menelusuri jejak yang sudah ditentukan. Robot bergerak tersebut memanfaatkan mikrokontroler AT89C2051 sebagai pengendali utamanya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengeksplorasi dan mencari peluang-peluang pengembangan lebih lanjut dari sebuah robot bergerak yang nantinya dapat diterapkan sebagai wahana penjelajah yang berhubungan dengan penelitian luar

angkasa. Dalam penelitian ini, dikembangkan sebuah prototipe robot bergerak yang dilengkapi dengan sensor photorelector P5587 Hamamatsu, 6 buah sel surya *monocrystalline*, sebuah sel surya *polycrystalline*, dan penggerak roda berupa motor DC dari LEGO Mindstorm [2].

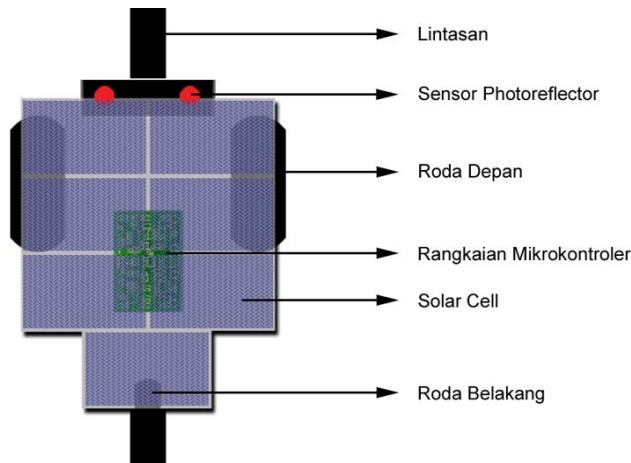
2. Disain dan Implementasi

Disain dari sistem *mobile robot* ini meliputi 2 bagian, yaitu bagian perangkat keras dan perangkat lunak. Sebagai bagian dari penelitian awal, sumber tegangan dari *mobile robot* ini didapatkan dari sel surya tanpa disimpan dalam baterai. Pengaturan pergerakan *mobile robot* dilakukan secara otomatis oleh mikrokontroler, dimana sumber tegangan dari mikrokontroler juga berasal dari sel surya. Dalam pengaturan gerak dari *mobile robot* ini mikrokontroler bergantung dari masukan dua buah sensor *photorelector*. Kemudian output dari mikrokontroler tersebut dihubungkan dengan sebuah *driver motor* yang menggerakkan dua buah motor DC dari LEGO Mindstorm untuk menjalankan *mobile robot*. Secara keseluruhan sistem ini dapat digambarkan dalam sebuah diagram blok sebagai berikut.

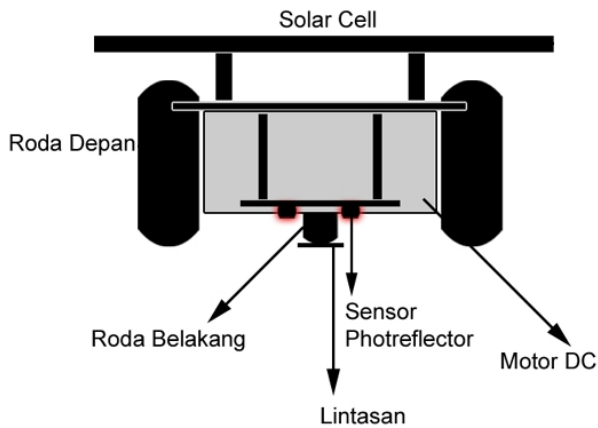


Gambar 1. Diagram sistem *line tracker mobile robot*.

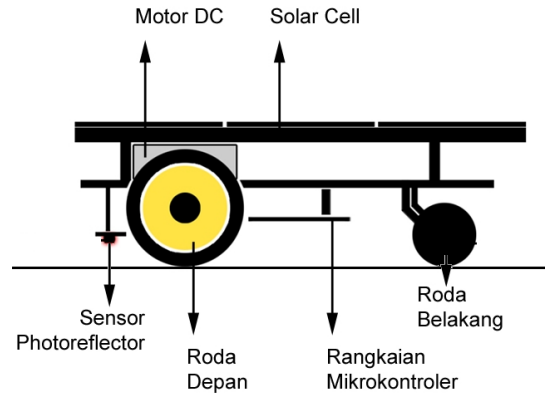
Jalur yang akan dilalui oleh mobile robot ini ditandai oleh sebuah garis hitam. Sedangkan untuk *background* dari arena digunakan warna putih. Photoreflexor tipe P5587 sebagai detektor jalur tersebut bekerja dengan cara memancarkan sinar infra merah dan mendeteksi pantulan sinar infra merah tersebut. Photoreflexor tipe P5587 ini akan mengeluarkan logika high pada permukaan yang terang (putih) dan sebaliknya akan mengeluarkan logika low pada permukaan yang gelap (hitam). Sensor ditempatkan secara menggantung pada bagian bawah kerangka *mobile robot*, sehingga dapat berhadapan langsung dengan lintasan yang akan dibaca. Jarak antara sensor dengan lantai berkisar ± 3 mm, sedangkan jarak antara sensor kiri dengan sensor kanan berkisar $\pm 1,7$ cm, disesuaikan dengan lebar lintasan. Berikut ini adalah disain perangkat keras dari *mobile robot* tersebut.



Gambar 2. Disain *mobile robot* tampak atas.

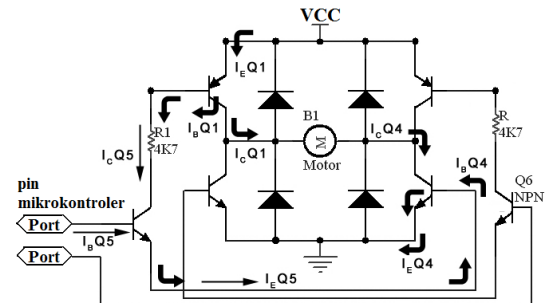


Gambar 3. Disain *mobile robot* tampak depan.



Gambar 3. Disain *mobile robot* tampak samping.

Pada penelitian ini digunakan dua buah motor DC dari *Lego Mindstorm*. Satu motor untuk roda sebelah kiri dan motor yang lain untuk roda sebelah kanan. Masing-masing motor dikendalikan dengan menggunakan H-bridge. Hal ini dilakukan agar kedua motor DC dapat berputar maju maupun mundur yang diperlukan saat *mobile robot* melakukan belokan. Berikut adalah disain dari H-bridge untuk kedua motor tersebut dan hubungannya dengan sinyal kendali dari mikrokontroler.



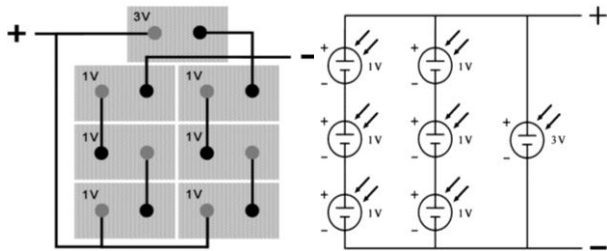
Gambar 4. Disain H-bridge pengendali motor DC.

Tabel 1. Disain H-bridge untuk arah putar motor

Port		Transistor						Arah Putar Motor
PI.2	PI.3	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	
0	0	Cut off	Cut off	Cut off	Cut off	Cut off	Cut off	Berhenti
0	1	Cut off	Satu-rasi	Satu-rasi	Cut off	Cut off	Satu-rasi	Berputar berlawanan jarum jam
1	0	Satu-rasi	Cut off	Cut off	Satu-rasi	Satu-rasi	Cut off	Berputar searah jarum jam
1	1	Satu-rasi	Satu-rasi	Satu-rasi	Satu-rasi	Satu-rasi	Satu-rasi	Berhenti

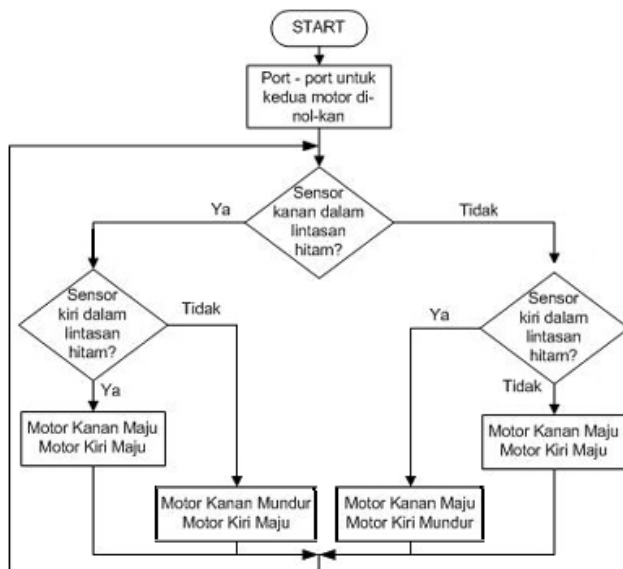
Sumber tegangan untuk *mobile robot* ini adalah tujuh buah sel surya yang terdiri dari enam buah sel surya jenis *monocrystalin*, masing-masing dengan tegangan dan arus maksimum ± 1 V dan 150 mA serta

ditambah sebuah sel surya jenis *polycrystallin* dengan tegangan dan arus maksimum ± 3 V dan 150 mA. Salah satu alternatif perangkaian tujuh buah sel surya tersebut ditunjukkan pada gambar 5, yaitu dengan dihubungkannya secara seri dan paralel sehingga didapatkan tegangan *output* maksimal 3 V dan arus ± 450 mA. Tegangan maksimal ini didapatkan dengan sudut penyinaran yang tegak lurus dengan sel surya tersebut.



Gambar 5. Perangkaian Sel Surya untuk *Mobile Robot*

Robot bergerak dengan logika yang ditentukan oleh status dari sensor inframerah kanan dan kiri. Program robot akan selalu membaca status sensor, bagaimana letak dari sensor kanan maupun sensor kiri terhadap jalur yang dijejaki. Terdapat 4 kemungkinan kondisi sensor, yaitu: kedua sensor berada pada lintasan yang berwarna putih (terang), salah satu sensor berada pada lintasan putih sedangkan sensor yang lain berada pada lintasan yang berwarna hitam (gelap), dan yang terakhir kondisi dimana kedua sensor berada pada lintasan hitam. Pengecekan sensor didahului dengan pengecekan sensor kanan terlebih dahulu setelah itu baru dilanjutkan dengan pengecekan sensor kiri. Alur program selengkapnya ditunjukkan pada gambar 6 berikut.



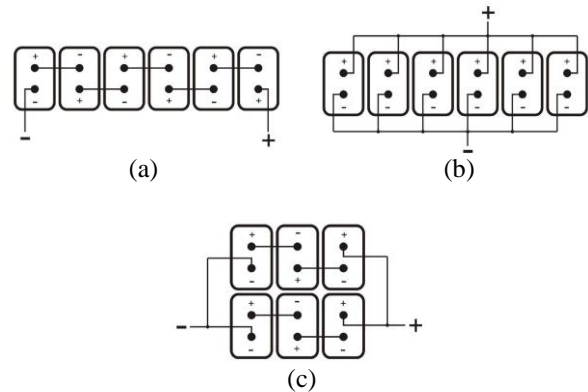
Gambar 6. Diagram alir dari program *mobile robot*

Pengecekan tersebut dilakukan terus-menerus dengan proses *looping*. Setiap kondisi dari sensor akan mempengaruhi arah putar dari roda mobile robot.

3. Pengujian

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian pada sel surya yang digunakan, hasil pembacaan sensor pada lintasan hitam maupun putih, pengujian kecepatan dari *mobile robot*, dan proses *tracking* yang dilakukan oleh *mobile robot*.

Koneksi antar sel surya sangat perlu untuk diketahui sehingga dari koneksi tersebut dapat dihasilkan tegangan dan arus yang maksimum. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 6 buah sel surya *monocrystalline* dengan tegangan dan arus maksimum masing-masing ± 1 V dan 150 mA. *Unit of irradiance* dari sinar matahari saat pengujian dilakukan adalah antara 522 – 587 W/m². Terdapat 3 koneksi antar sel surya yang digunakan untuk pengujian, yaitu: seri, paralel, dan seri-paralel. Konfigurasinya ditunjukkan pada gambar 7 dan hasilnya disarikan dalam tabel 2.



Gambar 7. Konfigurasi sel surya yang diuji dalam percobaan: (a) seri, (b) paralel, (c) seri-paralel.

Tabel 2. Hasil pengujian konfigurasi sel surya

Konfigurasi	Tegangan max	Arus max
Seri	6,03 V	143,3 mA
Paralel	1,04 V	500 mA
Seri-paralel	3,19 V	400 mA

Dari hasil pengujian menggunakan konfigurasi sel surya yang berbeda-beda dapat disimpulkan bahwa koneksi antar sel surya yang terbaik adalah hubungan seri – paralel. Tegangan yang dihasilkan cukup untuk mengaktifkan mikrokontroller dan arus yang dihasilkan juga cukup untuk menyalakan motor DC.

Dengan menggunakan konfigurasi seri-paralel tersebut, selanjutnya dilakukan pengujian kecepatan *mobile robot*. Pengujian kecepatan dari *mobile robot* ini adalah dengan menghitung waktu yang diperlukan oleh *mobile robot* tersebut untuk mencapai jarak sejauh 100

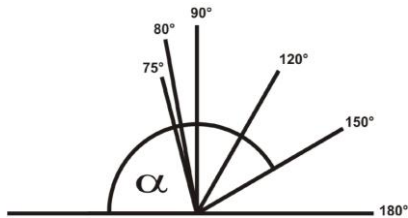
centimeter dalam lintasan berbentuk garis lurus. Tujuannya adalah mencari kecepatan maksimum dari gerak *mobile robot*. Pengujian dilakukan sepuluh kali untuk mengetahui kecepatan maksimum rata-rata dengan kondisi *unit of irradiance* dari sinar matahari saat pengujian dilakukan adalah antara 556 – 578 W/m². Hasilnya ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3. Pengujian kecepatan *mobile robot*.

Pengujian	Waktu yang Dibutuhkan (detik)
1	5,78
2	5,32
3	5,33
4	5,66
5	5,38
6	5,37
7	5,97
8	5,85
9	5,57
10	5,83
Rata-rata	5,606

Dengan demikian dapat diketahui kecepatan dari *mobile robot* tersebut adalah sebesar 0,178 meter/detik.

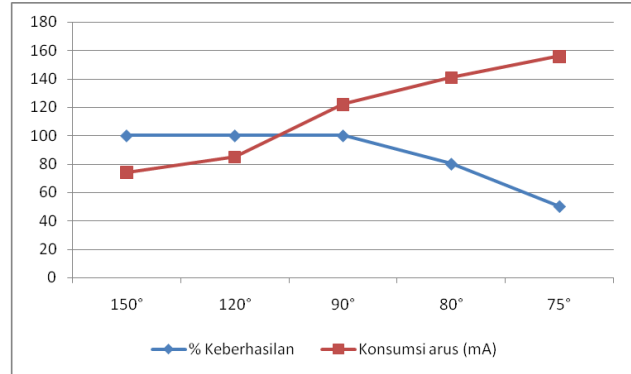
Parameter lain yang diuji adalah tingkat keakuratan *mobile robot* dalam menjejak jalur berbelok. Pengujian dilakukan untuk mengetahui sudut lintasan minimum dengan jari-jari tertentu yang dapat dilalui oleh *mobile robot*. Lebar lintasan hitam yang digunakan untuk pengujian 1,5 cm. Dilakukan 10 kali pengujian untuk setiap besar sudut yang digunakan untuk menentukan apakah *mobile robot* benar-benar dapat melewati sudut lintasan tersebut dengan baik. Pengujian dilakukan saat *unit of irradiance* dari sinar matahari sebesar 300 – 400 W/m². Acuan sudut yang digunakan untuk pengujian sudut lintasan ditunjukkan oleh α pada gambar 8.



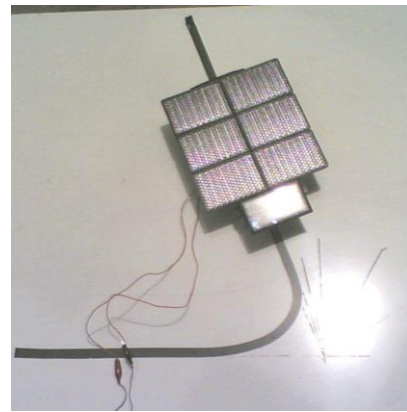
Gambar 8. Acuan pengujian sudut lintasan *mobile robot*.

Tabel 4. Intisari pengujian sudut lintasan

Sudut belokan	Prosentase keberhasilan	Konsumsi arus listrik
150°	100%	74 mA
120°	100%	85 mA
90°	100%	122 mA
80°	80%	141 mA
75°	50%	156 mA



Gambar 9. Kurva performa *mobile robot* dalam menjejak jalur berbelok.



Gambar 10. Pengujian lintasan dengan sudut belokan 75°

Dari tabel hasil pengujian terlihat bahwa *mobile robot* tidak dapat berjalan dengan baik dengan hanya 50% keberhasilan bila melewati sudut belokan 75°. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa *mobile robot* dapat berbelok dengan baik bila sudut lintasan lebih besar dari 75°. Konsumsi arus saat *mobile robot* berjalan pada lintasan lurus ± 57 mA, dan saat melakukan belokan 75° adalah ± 156 mA.

4. Kesimpulan

Sebuah studi tentang robot bergerak (*mobile robot*) penjejak garis yang memanfaatkan sel surya secara langsung untuk menggerakkan rangkaian pengendali sekaligus motornya telah dipaparkan. Setelah robot dirancang dan dilakukan pengujian maka didapatkan kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut. *Mobile robot* ini mempunyai dimensi sebesar 25,4 × 19,2 × 6,2 cm, berat 531 gram, konsumsi arus saat pada lintasan lurus ± 57 mA, serta saat *mobile robot* melakukan belokan ± 156 mA (untuk sudut belokan 75°). Tegangan yang dihasilkan 7 buah sel surya untuk *power* dari *mobile robot* adalah $\pm 3,19$ volt DC, cukup untuk menyalakan sistem mikrokontroler AT89C2051. Penempatan sensor pada *mobile robot* ini, yaitu jarak antara sensor dari lintasan

menentukan respon dari sensor tersebut. Pada *mobile robot* ini digunakan jarak yang sesuai dengan datasheet, yaitu ± 3 mm dari lintasan. Lebar lintasan hitam yang digunakan selebar 1,5 cm. Kekurangan dari *mobile robot* ini terletak pada roda belakang yang kurang dapat bergerak bebas sehingga menghambat pergerakan dari *mobile robot* tersebut. Hasil dari penelitian ini akan dikembangkan untuk memperbaiki performa dari *mobile robot* misalkan dengan penambahan baterai *rechargeable* sebagai penyimpan energi pada *mobile robot*.

References

- [1] S. Roberts, *Solar Electricity*, UK : Prentice Hall International Ltd, 1991.
- [2] E. Wise, *Robotics Demystified*, USA: McGraw-Hill Book CO., 2005.
- [3] F.D. Pettuzella, *Industrial Electronics*, USA: McGraw-Hill Book Co.,1996.