

APLIKASI ROBOT CERDAS BERBASIS AVR DAN BAHASA C

Budi Rahmani

ABSTRAK

Kontes Robot Cerdas Indonesia merupakan ajang bergengsi tingkat nasional yang setiap tahun diselenggarakan oleh DP2M Ditjen Dikti dan diikuti oleh PTN dan PTS seluruh Indonesia. STMIK Banjarbaru merupakan salah satu peserta KRCI sejak tahun 2008. Pengembangan robot cerdas di STMIK Banjarbaru berjalan secara perlahan karena ketidak adaan dana khusus untuk kegiatan penelitian dan pengembangannya.

Pada penelitian ini akan dikembangkan apa yang telah dicapai dan dihasilkan pada penelitian terdahulu (PDM 2007) dengan objek yang sama. Hanya saja pengembangan yang dilakukan adalah disisi pengendali yang sudah menggunakan Mikrokontroler AVR dan tidak lagi menggunakan mikrokontroler klasik seri AT895x. Kemudian bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C dari sebelumnya menggunakan bahasa assembly. Dari sisi fisik robot ini telah dibentuk dengan chasis dari bahan acrylic. Hal yang cukup sulit dikembangkan dari penelitian ini adalah mengenai pemadam api yang sebelumnya direncanakan menggunakan semprotan air sebagai pengganti kipas, namun ternyata memodifikasi dan membuat pompa air mini tidaklah mudah. Untuk itu masih digunakan kipas angin pada robot yang dibuat kali ini.

Apa yang telah dicapai dalam penelitian ini pada dasarnya adalah sebuah robot pemadam api yang dilengkapi dengan beberapa sensor dinding untuk keperluan navigasi. Kemudian juga robot ini telah dilengkapi dengan sensor panas/api yang dibuat dari *photo diode*. Pada dasarnya robot telah dapat bergerak sesuai dengan harapan pada arena yang dibuat untuk mencari api dari lilin dan memadamkannya, hanya saja kecepatan navigasinya masih relatif lambat.

Keyword: Robot Cerdas Pemadam Api, Atmel AVR, Bahasa C

PENDAHULUAN

Kontes Robot Indonesia dan Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRI-KRCI) merupakan ajang berkreasi yang sangat bergengsi bagi mahasiswa di setiap perguruan tinggi di seluruh Indonesia. Ajang ini pula yang dimanfaatkan oleh penulis untuk mengujicobakan beberapa teknik-teknik baik programing ataupun dari sisi rangkaian (hardware) yang didapatkan secara teori ke perangkat aslinya melalui kegiatan pembuatan dan ujicoba robot yang dirakit oleh kelompok mahasiswa yang terpilih.

Penulis menganggap kesempatan STMIK Banjarbaru sebagai salah satu PTS yang berkesempatan mengikuti ajang KRI dan KRCI pada tahun 2007 dan 2008, merupakan sarana yang baik untuk

mengembangkan bidang robotika yang tergolong masih sangat baru bagi Institusi ini. Oleh karenanya segala persiapan dan proses pembuatan senantiasa dilakukan jauh-jauh hari sebelum adanya pengumuman adanya ajang KRI dan KRCI.

Tahun 2008 merupakan tahun pertama bagi STMIK Banjarbaru dalam mengirimkan tim KRCI nya. Adapun robot tim yang dikirimkan adalah hasil desain prototipe robot cerdas pemadam api yang sebelumnya penulis buat dengan bantuan salah seorang mahasiswa pada kesempatan Penelitian Dosen Muda (PDM) pada tahun 2007 yang lalu. Adapun robot yang dibuat pada penelitian sebelumnya itu masih jauh dari apa yang telah dicapai oleh kawan-kawan dari perguruan tinggi besar sekelas ITS, PENS, UGM dan ITB.

Penulis telah mencoba mempelajari kinerja secara umum dari robot-robot yang diikuti sertakan dalam ajang KRCI 2008 yang lalu, bahwa secara acak robot harus bisa memposisikan dirinya sedemikian rupa saat start dan menentukan arah pasti kemana terlebih dahulu ia akan berjalan dan menelusuri ruang-ruang di arena. Adapun beberapa hal yang diidentifikasi oleh penulis antara lain :

- Robot harus dilengkapi oleh penentu posisi atau kompas, guna menentukan arah pasti pergerakan awal saat ia berada diposisi start dan berada pada kemiringan tertentu.
- Robot juga harus dilengkapi dengan sensor dinding (halangan) yang cukup meliputi keadaan robot didepan, pojok kanan depan, pojok kiri depan, samping kanan, samping kiri, belakang, pojok kanan belakang, pojok kiri belakang. Jadi total sensor yang diperlukan adalah 8 (delapan) buah
- Motor penggerak robot harus dilengkapi dengan penghitung putaran (rotary encoder) dengan tingkat kepresisian tinggi, guna mengetahui secara pasti berapa jarak pergerakan yang seharusnya dilakukan oleh robot saat menelusuri arena.
- Motor penggerak robot juga harus dipilih dari spesifikasi motor DC dengan torsi cukup besar, agar robot dapat mengatasi masalah lantai bertingkat (tangga) atau permukaan yang tidak rata dan bahkan menanjak.
- Disisi pemrograman, pada posisi start robot harus dapat menentukan posisi atau arahnya saat itu dan akan secara acak bergerak menelusuri ruang-ruang di arena. Robot juga diharapkan mampu mencatat ruangan mana di arena yang telah ditelusuri sebelumnya. Kemudian secara bersamaan pula mencoba mendeteksi keberadaan sumber api (lilin) di arena pada posisi-posisi tertentu. Setelah proses pendeteksian

sumber api dilakukan dan proses pemadaman dilakukan, maka robot secara otomatis akan mengingat posisi terakhirnya di arena dan kembali memetakan posisi pergerakannya kemudian menuju posisi start atau home.

Dari alasan di atas penulis kembali mengupayakan adanya keberlanjutan proses pengembangan bidang robotika di STMIK Banjarbaru, melalui kesempatan pendanaan (hibah) yang diberikan oleh DP2M Dikti. Diharapkan nantinya hasil penelitian ini dapat dijadikan sarana belajar dan praktikum bagi mahasiswa di STMIK Banjarbaru, agar perkembangan bidang robotika di STMIK Banjarbaru semakin meningkat. Selain itu diharapkan pula hal tersebut bisa memotivasi mahasiswa dalam mengembangkan ilmu dari mata kuliah yang sudah pernah ataupun sedang ditempuh pada saat ini

PERUMUSAN MASALAH

Penelitian ini merumuskan beberapa permasalahan antara lain:

1. Bagaimanakah membuat rangka robot yang kuat berbasis rangka mainan Panzer dan Acrylic?
2. Sensor dinding yang bagaimanakah yang dapat diatur jarak deteksiannya terhadap dinding?
3. Bagaimana memanfaatkan *photo diode* sebagai detektor cahaya api?
4. Bagaimanakah memprogram mikrokontroler AVR sebagai pengendali utama keseluruhan sistem robot yang dibuat?
5. Bagaimanakah membuat sistem pemadam api menggunakan sistem penyemprotan air dan bukan lagi kipas?
6. Bagaimanakah unjuk kerja Robot Cerdas Pemadam Api secara keseluruhan?

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk:

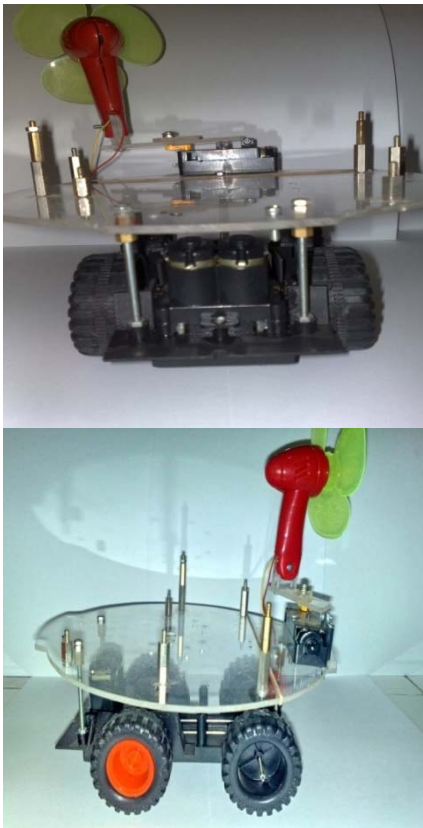
Membuat dan mengembangkan aplikasi robot beroda dengan menggunakan mikrokontroler AVR ATmega8535 dengan bahasa pemrograman C.

METODOLOGI PENELITIAN

I. Desain Perangkat Keras

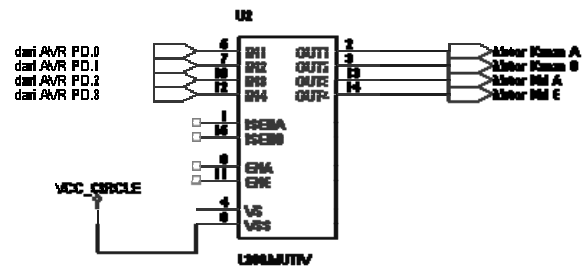
1. Desain Mekanik Robot

Seperti disebutkan di atas bahwa robot ini akan dibangun menggunakan menggunakan bahan acrylic yang dipadukan dengan roda dari mainan panser dan atau tank

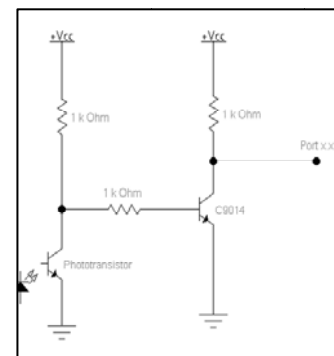


Gambar 2. Chasis Robot dan motor penggerak roda

2. Desain Rangkaian Driver Motor DC kanan dan kiri

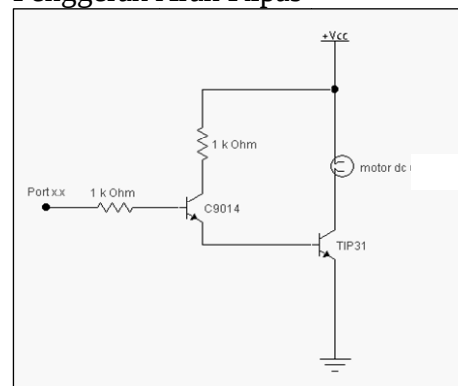


Gambar 3. Rangkaian Driver Motor
3. Desain Rangkaian Driver Sensor Api/Lilin



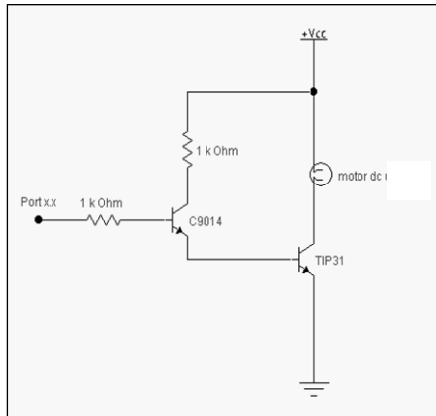
Gambar 4. Sensor Api berbasis Photo transistor

4. Desain Rangkaian Driver Motor Penggerak Arah Kipas



Gambar 5. Rangkaian Driver Motor Penggerak Arah Kipas

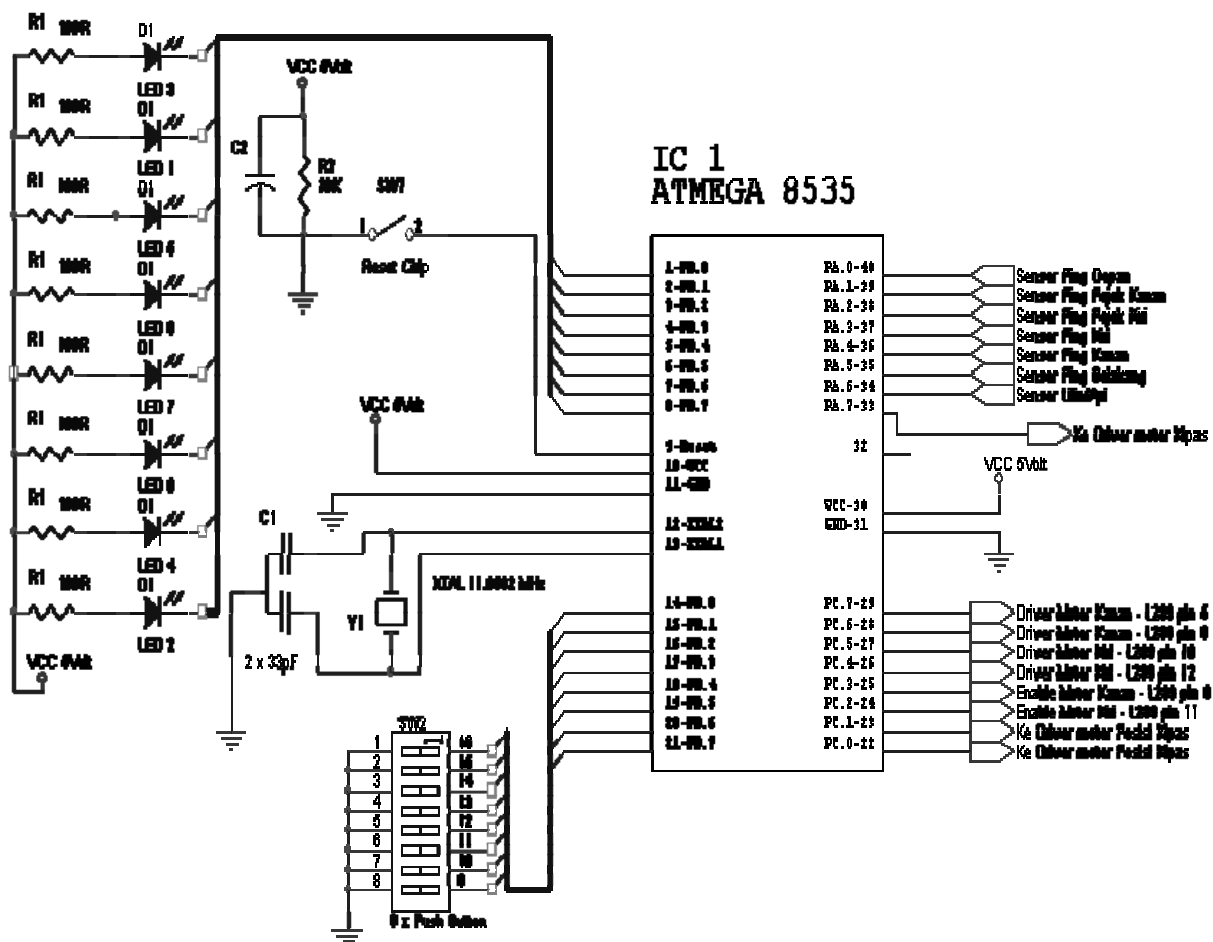
5. Desain Rangkaian Driver motor kipas



Gambar 6. Rangkaian driver motor DC kipas

6. Desain Kontrol Robot

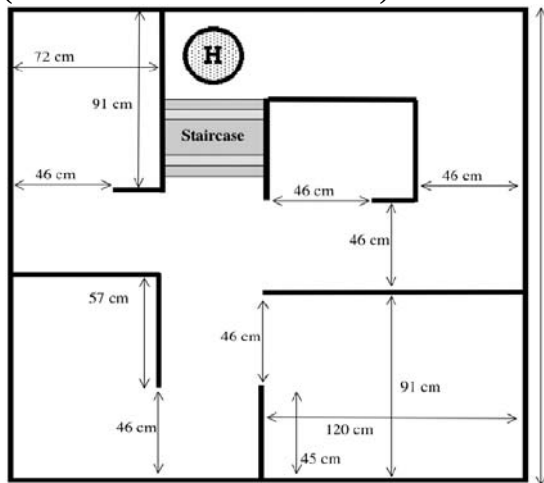
Rangkaian kontrol dibangun menggunakan Mikrokontroler AVR ATmega 8535 dari ATMEL, Inc.



Gambar 7. Rangkaian Pengendali Utama AVR ATmega8535

4. Desain Arena

Desain dari arena berupa simulasi ruangan rumah adalah sebagai berikut (sesuai ketentuan KCRI 2008):



Gambar 8. Gambar Desain Arena Robot

II. Desain Perangkat Lunak

Pada saat robot dihidupkan powernya, maka ia akan bergerak jika tombol start pada main controller dihidupkan. Pada saat robot bergerak, ia akan terus mengirim data posisinya sekarang ke mikrokontroler dan kemudian dipetakan oleh mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut agar bisa menentukan gerakan selanjutnya. Program robot yang merupakan program mikrokontroler AVR ATmega 8535 secara umum sesuai arena yang dibuat yaitu:

- saat robot dihidupkan, maka proses yang pertama kali dilakukan adalah mereset memory ROM internal
- Kemudian program melakukan inisialisasi beberapa peralatan sensor dan motor.
- Program menunggu isyarat dari si user/operator untuk menghidupkan robot (posisi robot standby).
- Jika sudah ON, maka mikrokontroler menjalankan motor kanan dan kiri untuk maju menuju stair case dan sambil memetakan gerakan yang telah dibuat oleh robot.
- Di persimpangan kembali robot akan mendeteksi bahwa disemua sisinya sedang tidak ada halangan, hal ini akan

dideteksi oleh program sebagai persimpangan dan selanjutnya adalah waktunya untuk berbelok kearah kiri dan ke kiri lagi untuk memasuki ruang 1.

- Pada dasarnya robot akan sangat mengandalkan hasil deteksian sensor dinding yang berjumlah 6 buah guna keperluan pemetaan lokasi oleh program mikrokontroler dan kemudian bergerak sesuai dengan peta awal yang telah dibuat di program mikrokontroler.
- Robot akan terus bergerak memasuki ruangan sambil mendeteksi adanya *white line* yang menandakan adanya api dan barulah kemudian menyalakan kipas guna memadamkan api.
- Jika sudah padam maka robot akan kembali ke posisi home atau start

III. Teknik Analisis Data

Teknik pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan melakukan pengujian, pengukuran dan pengamatan terhadap prototipe yang telah dibuat. Pengujian dan pengukuran dilakukan berdasarkan aturan-aturan yang akan dipakai dalam pemrograman alat dalam bentuk tabel antara lain:

- Keadaan output enam sensor dinding jika berada pada simpangan tertentu. Adapun tabel tersebut adalah:

Tabel 2. Pengukuran keadaan sensor ping (sensor dinding) jika ada halangan di bagian tertentu

Sensor						Data HEX A yang diter ima AV R
De pan	Sud ut Ka nan De pan	Sud ut Kiri De pan	Sam ping Kana n	Sam ping Kiri	Be la ka ng	

- a. Keadaan sensor lilin/api jika berada dekat dengan sumber panas/api dan saat jauh atau tidak beradan di dekat sumber panas/api, tabel tersebut adalah:

Tabel 3. Keadaan sensor lilin/api

Keadaan	Keadaan bit port AVR (IC1 PA.6) pin 34
Menemukan Api	
Tidak menemukan api	

- b. Aktivasi motor arah pemadam api (kipas). Adapun tabel tersebut adalah:

Tabel 4. Aktivasi motor arah kipas pemadam

Keadaan	Bit AVR	
	PC.1 (Pin 23)	PC.0 (Pin 22)
Arah Kanan		
Arah Kiri		

- c. Aktivasi motor kipas pemadam api.

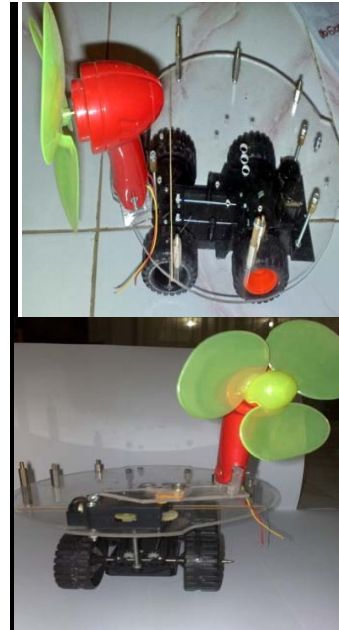
Tabel 5. Aktivasi motor arah kipas pemadam

Keadaan	Keadaan bit port AVR (IC1 PA.7) pin 33	Keadaan bit Optocoupler	Motor kipas
Menghidupkan kipas			Nyala
Tidak menghidupkan kipas			Mati

HASIL DAN PEMBAHASAN

I. Perangkat Keras

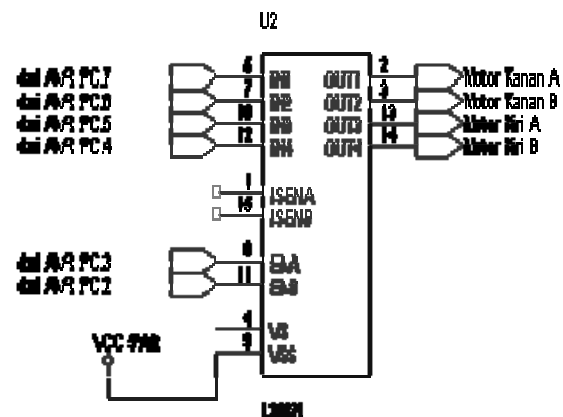
1. Mekanik Robot



Gambar 9. Chasis Robot dan motor penggerak roda

Mekanik robot (chasis) robot dibuat dari bahan *acrylic* yang dipotong bundar dengan diameter kurang lebih 26cm. Kemudian mesin/motor penggerak roda diambil dari mainan *buldozer* yang dicabut bagian atasnya dan disisakan bagian rodanya saja. Keduanya disatukan dengan menggunakan spacer dan juga baut penyangga sehingga ada jarak sekitar 10-15cm antara rantai dan dasar acrylic.

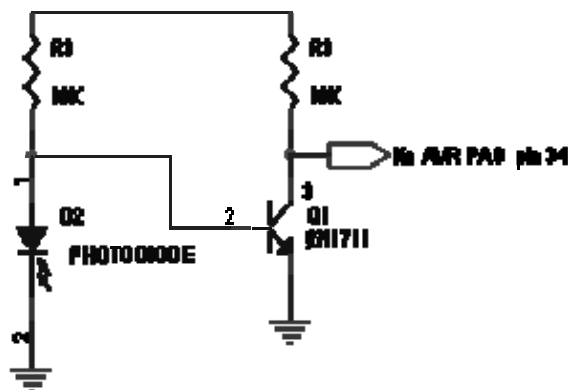
7. Desain Rangkaian Driver Motor DC kanan dan kiri



Gambar 10 . Rangkaian Driver Motor Kanan dan Kiri

Rangkaian tersebut di atas merupakan gambar driver penggerak motor kanan dan kiri robot dengan memanfaatkan IC L298N yang dalam hal ini menghemat dalam hal perakitan jika menggunakan pasangan transistor seperti pada penelitian terdahulu (PDM 2006, red). Prinsip dasarnya adalah bahwa IC ini diaktifkan dengan memberikan masing-masing data 00, 01, dan atau 10 pada pin IN1 dan IN2 untuk roda kanan dan variasi data yang sama pada IN3 dan IN4 untuk roda kiri. Selain itu pin enable A dan B juga masing-masing dihubungkan ke VCC untuk mengaktifkan input IN1 – IN4. Sedangkan output IC ini (Out 1 hingga Out 4) langsung dihubungkan ke motor DC roda robot.

8. Rangkaian Driver Sensor Api/Lilin

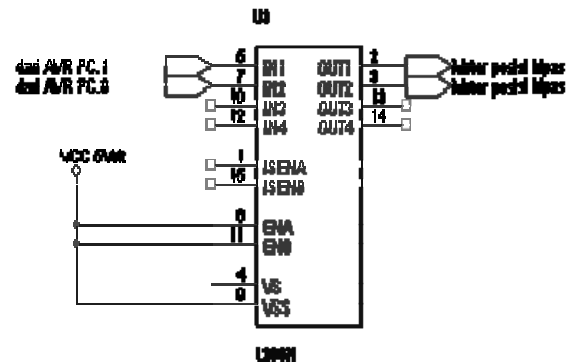


Gambar 11. Sensor Api berbasis Photo transistor

Rangkaian di atas diletakkan di depan dari kipas pemadam. Artinya sensor akan aktif dan mengikuti arah sesuai dengan arah kipas pemadam api. Sensor ini tidak selamanya diaktifkan, artinya ini akan diaktifkan jika halnya robot telah mencapai ruang tertentu yang disana akan dilakukan pendeteksian sumber api yang dalam hal ini adalah lilin. Pada dasarnya sensor ini dibentuk dari photo diode yang apabila menangkap sinyal infra merah yang dikeluarkan oleh lilin, maka akan mengakibatkan resistansinya turun hingga dari anoda ke katoda-nya seolah-olah

terhubung. Akibatnya pin basis transistor di belakangnya akan non aktif (basis C9014 = 0 $\rightarrow$ Transistor NPN) hingga membuat keadaan port PA.6 yang sebelumnya 0 (nol) menjadi 1 (satu) logikanya. Data inilah yang diolah oleh program nantinya.

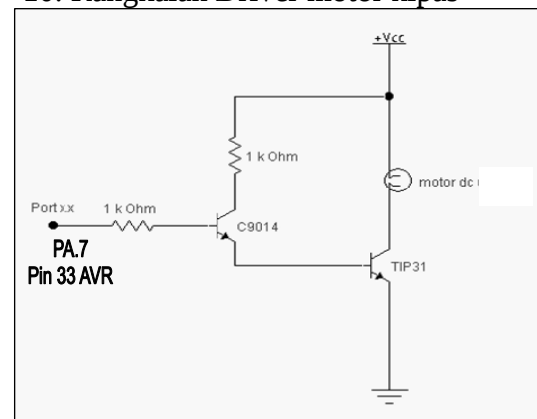
9. Rangkaian Driver Motor Penggerak Arah Kipas



Gambar 12. Rangkaian Driver Motor Penggerak Arah Kipas

Rangkaia di atas hampir saa dengan driver motor kanan dan kiri untuk roda, hanya saja kali ini tidak digunakan kedua drivernya, melainkan hanya digunakan satu saluran saja untuk menggerakkan arah posisi kipas pemadam api ke arah kanan atau kekiri dengan memberikan data dari AVR (PC.1 dan PC.0) dengan variasi data 00, 01 atau 10.

10. Rangkaian Driver motor kipas

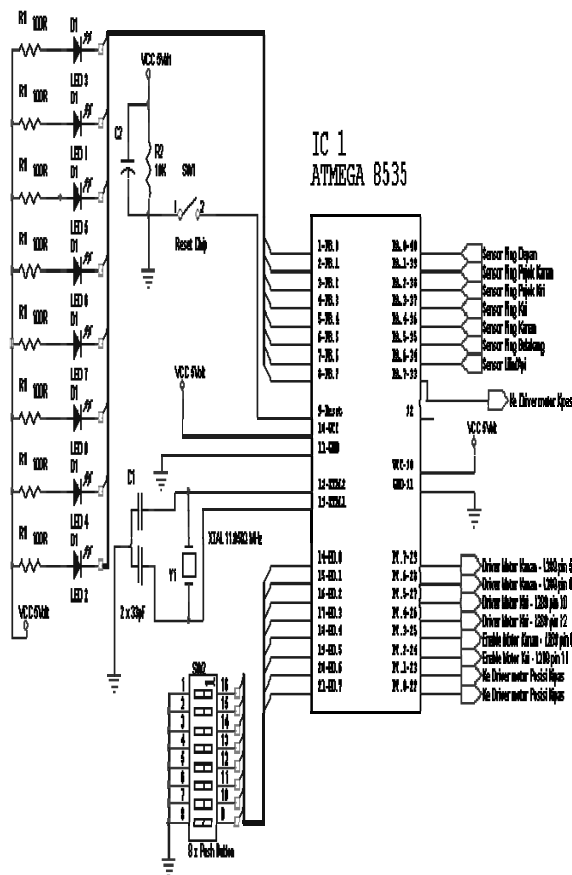


Gambar 13. Rangkaian driver motor DC kipas

Pada rangkaian di atas aktivasi logika 0 (nol) dari PA.7 (AVR pin 33) mengakibatkan motor kipas berputar. Sebaliknya logika 1(satu) dari AVR akan mematikan kipas.

11. Desain Kontrol Robot

Rangkaian kontrol dibangun menggunakan Mikrokontroler AVR ATmega 8535 dari ATMEL.Inc.



Gambar 14. Rangkaian Pengendali Utama AVR ATmega8535

II. Desain Perangkat Lunak

Pada saat robot dihidupkan powernya, maka ia akan bergerak jika tombol start pada main controller dihidupkan. Pada saat robot bergerak, ia akan terus mengirim data posisinya sekarang ke mikrokontroler dan kemudian dipetakan oleh mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut agar bisa menentukan gerakan selanjutnya. Program robot yang merupakan program

mikrokontroler AVR ATmega 8535 secara umum sesuai arena yang dibuat yaitu:

- saat robot dihidupkan, maka proses yang pertama kali dilakukan adalah mereset memory ROM internal
- Kemudian program melakukan inisialisasi beberapa peralatan sensor dan motor.
- Program menunggu isyarat dari si user/operator untuk menghidupkan robot (posisi robot standby).
- Jika sudah ON, maka mikrokontroler menjalankan motor kanan dan kiri untuk maju menuju stair case dan sambil memetakan gerakan yang telah dibuat oleh robot.
- Di persimpangan kembali robot akan mendeteksi bahwa disemua sisinya sedang tidak ada halangan, hal ini akan dideteksi oleh program sebagai persimpangan dan selanjutnya adalah waktunya untuk berbelok kearah kiri dan ke kiri lagi untuk memasuki ruang 1.
- Pada dasarnya robot akan sangat mengandalkan hasil deteksian sensor dinding yang berjumlah 6 buah guna keperluan pemetaan lokasi oleh program mikrokontroler dan kemudian bergerak sesuai dengan peta awal yang telah dibuat di program mikrokontroler.
- Robot akan terus bergerak memasuki ruangan sambil mendeteksi adanya *white line* yang menandakan adanya api dan barulah kemudian menyalakan kipas guna memadamkan api.
- Jika sudah padam maka robot akan kembali ke posisi home atau start

III. Analisis Data

Teknik pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan melakukan pengujian, pengukuran dan pengamatan terhadap prototipe yang telah dibuat. Pengujian dan pengukuran dilakukan berdasarkan aturan-aturan yang akan dipakai dalam pemrograman alat dalam bentuk tabel antara lain:

- a. Keadaan output enam sensor dinding jika berada pada simpangan tertentu. Adapun tabel tersebut adalah:

Tabel 6. Pengukuran keadaan sensor ping (sensor dinding) jika ada halangan di bagian tertentu

Sensor						Data HEXA yang diterima AVR
Depan	Sudut Kanan Depan	Sudut Kiri Depan	Samping Kanan	Samping Kiri	Bela kang	
0	0	0	0	0	0	00H
0	0	0	0	0	1	01H
0	0	0	0	1	0	02H
0	0	0	0	1	1	03H
0	0	0	1	0	0	04H
0	0	0	1	0	1	05H
0	0	0	1	1	0	06H
0	0	0	1	1	1	07H
0	0	1	0	0	0	08H
0	0	1	0	0	1	09H
0	0	1	0	1	0	0AH
0	0	1	0	1	1	0BH
0	0	1	1	0	0	0CH
0	0	1	1	0	1	0DH
0	0	1	1	1	0	0EH
0	0	1	1	1	1	0FH
0	1	0	0	0	0	10H
0	1	0	0	0	1	11H
0	1	0	0	1	0	12H
0	1	0	0	1	1	13H
0	1	0	1	0	0	14H
0	1	0	1	0	1	15H
0	1	0	1	1	0	16H
0	1	0	1	1	1	17H
0	1	1	0	0	0	18H
0	1	1	0	0	1	19H
0	1	1	0	1	0	1AH
0	1	1	0	1	1	1BH
0	1	1	1	0	0	1CH
0	1	1	1	0	1	1DH
0	1	1	1	1	0	1EH
0	1	1	1	1	1	1FH
1	0	0	0	0	0	20H
1	0	0	0	0	1	21H
1	0	0	0	1	0	22H
1	0	0	0	1	1	23H
1	0	0	1	0	0	24H
1	0	0	1	0	1	25H
1	0	0	1	1	0	26H
1	0	0	1	1	1	27H

1	0	1	0	0	0	28H
1	0	1	0	0	1	29H
1	0	1	0	1	0	2AH
1	0	1	0	1	1	2BH
1	0	1	1	0	0	2CH
1	0	1	1	0	1	2DH
1	0	1	1	1	0	2EH
1	0	1	1	1	1	2FH
1	1	0	0	0	0	30H
1	1	0	0	0	1	31H
1	1	0	0	1	0	32H
1	1	0	0	1	1	33H
1	1	0	1	0	0	34H
1	1	0	1	0	1	35H
1	1	0	1	1	0	36H
1	1	0	1	1	1	37H
1	1	1	0	0	0	38H
1	1	1	0	0	1	39H
1	1	1	0	1	0	3AH
1	1	1	0	1	1	3BH
1	1	1	1	0	0	3CH
1	1	1	1	0	1	3DH
1	1	1	1	1	0	3EH
1	1	1	1	1	1	3FH

Tabel di atas menunjukkan hasil pengukuran data yang dihasilkan dari sensor dinding yang diletakkan di masing-masing posisi robot. Data tersebut akan diolah oleh AVR guna menentukan arah pergerakan robot berdasarkan arena yang sudah dibuat.

- b. Keadaan sensor lilin/api jika berada dekat dengan sumber panas/api dan saat jauh atau tidak beradan di dekat sumber panas/api, tabel tersebut adalah:

Tabel 7. Keadaan sensor lilin/api

Keadaan	Keadaan bit port AVR (IC1 PA.6) pin 34
Menemukan Api	1
Tidak menemukan api	0

Logika 0 (nol) dan 1 (satu) itulah yang akan diolah oleh AVR guna menentukan kapan selanjutnya robot harus

menghidupkan kipas untuk memadamkan api yang ditemukan arahnya oleh sensor.

c. Aktivasi motor arah pemadam api (kipas). Adapun tabel tersebut adalah:
Tabel 8. Aktivasi motor arah kipas pemadam

Keadaan	Bit AVR	
	PC.1 (Pin 23)	PC.0 (Pin 22)
Arah Kanan	0	1
Arah Kiri	1	0

Dari tabel di atas cukup jelas data yang harus diberikan untuk mengarahkan posisi kipas pemadam baik ke kiri ataupun ke kanan guna mencari posisi dari lilin. Pada dasarnya saat mencari posisi lilin, kipas akan terus digerakkan secara bertahap dari kiri (hingga batas paling kiri), kemudian kekanan (hingga batas paling kanan) sampai sensor api berhasil mendeteksi dimana posisi dari lilin/api.

d. Aktivasi motor kipas pemadam api.

Tabel 9. Aktivasi motor kipas pemadam

Keadaan	Keadaan bit port AVR (IC1 PA.7 pin 33)	Keadaan bit Transistor	Motor kipas
Menghidupkan kipas	0	0	Nyala
Tidak menghidupkan kipas	1	1	Mati

Cukup jelas data dari tabel di atas, bahwa untuk menyalakan kipas AVR perlu memberikan data 0 (nol) ke driver kipas dan sebaliknya data 1 (satu) untuk mematikan kipas pemadam.

Simpulan

Hasil ujicoba hardware terutama rangkaian elektronika telah menunjukkan secara umum keberhasilan dalam kinerja masing-masing bagian rangkaian. Hanya saja pada saat pembuatan program dalam bahasa C, robot seringkali tidak berjalan sesuai dengan harapan. Hal ini dikarenakan pada saat

tertentu, waktu proses yang dilakukan oleh AVR jauh lebih cepat dari keadaan sensor, terutama sensor dinding (sensor ultra sonic). Akibatnya robot dapat menabrak dinding karena menganggap tidak ada halangan di sisi sensornya.

Saran

Perlu kiranya pengujian yang lebih lama untuk menemukan sekaligus mengatasi kelemahan akibat perbedaan waktu proses antara sensor dan AVR serta reaksi yang harus diberikannya berdasarkan masukan dari sensor-sensor tersebut. Karena pada penelitian kali ini penulis hanya mendapatkan waktu pengujian yang begitu singkat karena dipercepatnya proses pelaporan hasil penelitian dari Kopertis Wil. XI.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiharto, Widodo, 2006, *Membuat Robot Cerdas*, Elekmedia Komputindo, Jakarta
- Suyono, Wasito, 1992, *DATA SHEET BOOK 1, DATA IC LINIER, TTL, CMOS (KUMPULAN DATA PENTING KOMPONEN ELEKTRONIKA)*, Penerbit PT. Gramedia, Jakarta.
- Tim PENS ITS, 2007, *Robotika, Sensor & Aktuator*, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Wardhana, Lingga, 2006, *Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535 Simulasi, Hardware dan Aplikasi*, Andi Offset, Yogyakarta

Penulis

Budi Rahmani, S.Pd.
Dosen Kopertis Wilayah XI Kalimantan
Dpk. Pada STMIK Banjarbaru