

**ROBOT LINE FOLLOWER PENCARI RUTE TERDEKAT  
MENGUNAKAN METODE SIMULATED ANNEALING**

**SKRIPSI**

oleh:

**MUHAMAD KILAT ADINUGROHO SYAIFULLAH  
NIM. 07650063**



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
2013**

**ROBOT LINE FOLLOWER PENCARI RUTE TERDEKAT  
MENGUNAKAN METODE SIMULATED ANNEALING**

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi**

**Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang**

**Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam**

**Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S. Kom)**

**Oleh:**

**MUHAMAD KILAT ADINUGROHO SYAIFULLAH  
NIM. 07650063**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
2013**

**ROBOT LINE FOLLOWER PENCARI RUTE TERDEKAT  
MENGUNAKAN METODE SIMULATED ANNEALING**

**SKRIPSI**

Oleh:

**MUHAMAD KILAT ADINUGROHO SYAIFULLOH  
NIM. 07650063**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji

Tanggal : 25 September 2013

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Totok Chamidy, M.Kom  
NIP. 19691222 200604 1 001**

**Dr. Ahmad Barizi, M.A  
NIP. 19731212 199803 1 001**

**Mengetahui**

**Ketua Jurusan Teknik Informatika**

**Dr. Cahyo Crysdiان  
NIP. 19740424 200901 1 008**



**PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Kilat Adinugroho Syaifullah

NIM : 07650063

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika

Judul Penelitian : **ROBOT LINE FOLLOWER PENCARI RUTE TERDEKAT  
MENGUNAKAN METODE SIMULATED ANNEALING**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini atau disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang,  
Yang Membuat Pernyataan,

**Muhamad Kilat A. S**  
**NIM. 07650063**

**MOTTO**

**JIKA MEREKA BISA, AKUPUN DEMIKIAN !!!**

**"THE POWER OF MIND"**

*Where there's a will, there's a way.*

Dimana ada kemauan, pasti ada jalan.

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ ﴿١٠١﴾

*"Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal"*

*"Senantiasa terus memperbaiki diri dan memberikan kemanfaatan bagi yang lain, Hendaknya kehadiran kita ada sesuatu manfaat yang bisa dirasakan oleh orang-orang yang ada di sekeliling kita"*

## **PERSEMBAHAN**

Ucapan syukur kepada Allah SWT. Skripsi ini, ku persembahkan kepada:

“ Untuk kedua orang tuaku

Bapak Tri Hadi Sukoco dan Ibu Muniratun yang selalu memberi do'a dan motivasi dan serta pengorbanan selama ini”



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr.Wb.*

Alhamdulillah, berkat rahmat, taufik serta hidayah Allah SWT penulis akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Robot Line Follower Pencari Rute Terdekat Menggunakan Metode Simulated Annealing”** dimana penulisan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis mengakui bahwa baik dalam perjalanan *study* maupun dalam penyelesaian skripsi ini, penulis banyak memperoleh bimbingan, dukungan serta motivasi dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo M.Sc, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, drh, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Cahyo Crysdian, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Totok Chamidy, M.Kom, selaku pembimbing dalam skripsi ini yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam proses penyelesaian skripsi ini.

5. Dr. Ahmad Barizi, M.A, selaku pembimbing integrasi sains dan islam yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan integrasi dalam skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, khususnya dosen Teknik Informatika beserta seluruh staf yang telah memberikan ilmu dan membantu dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Kedua orang tuaku bapak Tri Hadi Sukoco dan ibu Muniratun yang selalu memberikan do'a dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Seluruh saudara-saudaraku, kakek, nenek, om, tante, adik, sepupu, mbak yuyun yang selalu memberikan do'a dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
9. Seluruh kawan-kawan ONTA UIN (otomasi dan robotika) khususnya satu perjuangan Masdar fahmi, Agung tareca, Bara, Oxali serta pembimbing ONTA UIN pak Yunifa, pak Fahrul, pak Fresy, Dan kawan yang lainnya yang belum saya sebutkan yang telah memotivasi dan membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
10. Seluruh sahabatku, keluarga besar Ponpes Kasfyu AL Mahjub beserta saudara seperjuangan perguruan Puser Angin, keluarga besar Persaudaraan Setia Hati winongo tunas muda, keluarga besar perguruan Bunga islam, kawan-kawan seperjuangan GmnI, dulur-dulur bikers MPCM (megapro club malang) serta pak Malaya dan pak Pras, seluruh kawan-kawan TI'07 dan seperjuangan skripsi hendra dan qori , serta seluruh pihak yang telah memotivasi dan membantu yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca dan khususnya bermanfaat bagi penulis secara pribadi.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Malang, 25 September 2013  
Penulis.



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
ABSTRAK .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	8
1.3 Batasan Masalah .....	8
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	8
1.5. Sistematika Penyusunan .....	9
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>11</b>
2.1 Konsep hiadayah sebagai penunjuk rute dalam islam .....	11
2.2 Metode <i>Simulated Annealing</i> .....	14
2.3 Robot <i>Line Follower</i> .....	21
<b>BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM .....</b>	<b>23</b>
3.1 Analisis Sistem .....	23
3.1.1 Desain Robot Secara Umum .....	23
3.1.2 Desain Area .....	24
3.2 Desain Hardware .....	29
3.2.1 Desain Mekanik.....	29
3.2.2 Desain Hardware Robot .....	29
3.2.2.1 Rangkaian Sensor .....	30

3.2.2.2 Rangkaian <i>Driver Motor</i> .....	32
3.2.2.2 Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA 8535 .....	33
3.3 Desain <i>Software</i> .....	36
3.3.1 <i>Simulated Annealing</i> .....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>44</b>
4.1 Lingkungan uji coba .....	44
4.2 Analisa .....	45
4.3 Pembahasan .....	46
4.3.1 Perancang Robot <i>Line Follower</i> .....	46
4.3.2 Rangkaian elektronika pada robot.....	48
4.4 Desain <i>software</i> secara keseluruhan.....	48
4.5 Hubungan robot dengan metode <i>Simulated Annealing</i> .....	51
4.5.1 Menentukan jarak terdekat dengan menggunakan metode <i>Simulated Annealing</i> .....	51
4.6 Kondisi dan proses robot pada arena.....	53
4.7 Hasil pengujian.....	56
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>67</b>
5.1 Kesimpulan .....	67
5.2 Saran .....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>68</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 koneksi mikrokontroler .....	35
Tabel 4.1 Hasil waktu proses <i>tracking</i> .....	66



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Blok diagram sistem kerja robot .....	23
Gambar 3.2 Matrix 3X4 .....	24
Gambar 3.3 Titik-titik spesial untuk hasil 1 .....	25
Gambar 3.4 Titik-titik spesial untuk hasil 2 .....	26
Gambar 3.5 Titik-titik spesial untuk hasil 3 .....	27
Gambar 3.6 Titik-titik spesial untuk hasil 4 .....	28
Gambar 3.7 Desain Hardware .....	29
Gambar 3.8 Blok diagram sistem hardware .....	30
Gambar 3.9 Skematik sensor .....	30
Gambar 3.10 Cara kerja sensor .....	31
Gambar 3.11 Source code baca sensor .....	32
Gambar 3.12 IC LM293d .....	33
Gambar 3.13 Skematik rangkaian .....	34
Gambar 3.14 Blok diagram program keseluruhan .....	36
Gambar 3.15 Arah Acuan .....	37
Gambar 3.16 <i>Flowchart Simulated Annealing</i> .....	42
Gambar 4.1 Robot tampak atas dan bawah .....	47
Gambar 4.2 Source code baca sensor .....	48
Gambar 4.3 Aplikasi <i>Code Vision AVR</i> .....	49
Gambar 4.4 Desain <i>Software</i> .....	50
Gambar 4.5 Lintasan dengan matrix 3X4 .....	54
Gambar 4.6 Source code inialisasi awal .....	55
Gambar 4.7 Source code proses untuk menemukan tujuan dengan menggunakan metode <i>simulated annealing</i> .....	56
Gambar 4.8 Hasil pengujian posisi start (0,0) dan posisi tujuan (0,4) .....	57
Gambar 4.9 Proses <i>tracking</i> hasil pengujian posisi start (0,0) dan posisi tujuan (0,4) .....	58
Gambar 4.10 Hasil pengujian posisi start (0,0) dan posisi tujuan (2,3) .....	59
Gambar 4.11 Proses <i>tracking</i> hasil pengujian posisi start (0,0) dan posisi tujuan (2,3) .....	60
Gambar 4.12 Hasil pengujian posisi start (1,0) dan posisi tujuan (1,4) .....	61
Gambar 4.13 Proses <i>tracking</i> hasil pengujian posisi start (1,0) dan posisi tujuan (1,4) .....	62
Gambar 4.14 Hasil pengujian posisi start (2,0) dan posisi tujuan (1,3) .....	63

Gambar 4.15 Proses *tracking* hasil pengujian posisi start (2,0) dan posisi tujuan (1,3) ..... 64



## ABSTRAK

Syaifullah, Muhamad Kilat Adinugroho. 2013. *Robot Line Follower Pencari Rute Terdekat Menggunakan Metode Simulated Annealing*. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Totok Chamidy, M.Kom. (II) Dr. H. Ahmad Barizi, M. A.

---

**Kata Kunci:** *Simulated Annealing*, Mikrokontroler ATmega 8535, Robot *Line Follower*

Penelitian ini menerapkan sebuah metode, yaitu menggunakan metode *Simulated Annealing* untuk menentukan rute tercepat dari robot *line follower* yang mana dengan penerapan metode ini diharapkan bisa mempercepat robot *line follower* dalam menyelesaikan rute perjalanannya. Dalam penerapan metode *Simulated Annealing* peneliti pertama-tama menentukan posisi start dan tujuan robot, lalu robot akan menentukan rute dari start sampai tujuan dengan metode *Simulated Annealing* yang digunakan untuk menganalisa rute tersebut. Lalu robot akan berjalan secara *tracking line* menuju ke tujuan.

Pembuatan robot ini menggunakan sebuah mikrokontroler tipe ATmega 8535 yang berfungsi sebagai pengatur dan pengolah data. Setiap titik persimpangan dalam area dihitung berdasarkan nilai jarak lurus titik tersebut terhadap titik tujuan pada area *matrix*. Metode *Simulated Annealing* digunakan untuk mengevaluasi nilai jarak lurus tersebut. Nilai yang didapat merupakan acuan robot untuk mengambil keputusan di setiap titik persimpangan.

Dari hasil penelitian yang dilakukan robot dapat menentukan rute berdasarkan metode *Simulated Annealing*. Pengujian juga dilakukan pada area *matrix* yang telah ditentukan dan dipetakan terlebih dahulu. Robot *Line Follower* dapat bergerak sama dengan rute yang dihasilkan dari metode *Simulated Annealing* ini hingga sampai tujuan. Dalam *Simulated Annealing* solusi yang jelek mungkin bisa diterima, jika keadaan yang baru yang lebih jelek daripada keadaan sekarang (karena kurang beruntung dalam penerimaan solusi), keadaan yang baru tersebut masih bisa digunakan. Ide dasar *simulated annealing* terbentuk dari pemrosesan logam. *Annealing* (memanaskan kemudian mendinginkan) dalam pemrosesan logam ini adalah suatu proses bagaimana membuat bentuk cair berangsur-angsur menjadi bentuk yang lebih padat seiring dengan penurunan temperatur. *Simulated annealing* biasanya digunakan untuk penyelesaian masalah yang mana perubahan keadaan dari suatu kondisi ke kondisi yang lainnya membutuhkan ruang yang sangat luas.

## ABSTRACT

Syaifullah, Muhamad Kilat Adinugroho. 2013. *Line Follower Robot Search Nearby Route Using Simulated Annealing Method*. Essay. Technology Information Major, Faculty of Science and Technology, The State Islamic University Maulana Malik Ibrahim of Malang. Supervisors: (I) Totok Chamidy, M.Kom, (II) Dr. Ahmad Barizi, M.A

---

**Kata Kunci:** Simulated Annealing, Microcontroller ATmega 8535, Line Follower Robot

This study applied a method, using Simulated Annealing method to determine the fastest route out of line follower robot which is the application of this method is expected to accelerate in the finish line follower robot traveling route. In applying the Simulated Annealing method researchers first determined the starting position and aim the robot, then the robot will determine the route from start to goal with Simulated Annealing method is used to analyze the route. Then the robot will run towards to the goal line tracking.

Making this robot uses an 8535 microcontroller ATmega type that functions as a regulator and a data processor. Each point of intersection in the area is calculated based on the value of the straight distance point to the destination point in the matrix area. Simulated Annealing method is used to evaluate the value of the straight distance. The value obtained is the reference robot to make decisions at each point of intersection

From the results of research conducted to determine the route based robot Simulated Annealing method. Tests were also performed on the matrix area has been determined and mapped in advance. Line Follower Robot can move the same as that produced from the Simulated Annealing method is up to the goal. In Simulated Annealing ugly solution might be acceptable, if the new state is worse than the current situation (due to less fortunate in receiving solution), the new state can still be used. The basic idea of simulated annealing is formed from metal processing. Annealing (heats then cools) in the metal processing is a process of how to make liquid gradually become a more solid form due to lower temperatures. Simulated annealing is typically used for troubleshooting, which changes the state of a condition to the other conditions that require a very spacious room.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Perkembangan teknologi sudah demikian majunya merambah setiap bidang kehidupan. Teknologi merupakan perkembangan suatu media atau alat yang dapat digunakan dengan lebih efisien guna memproses serta mengendalikan suatu masalah. Dengan memanfaatkan teknologi banyak hal yang sebelumnya dilakukan secara manual dengan waktu yang lama serta memiliki tingkat akurasi perhitungan yang rendah kini dapat diminimalisir dengan adanya pemanfaatan teknologi.

Hampir semua aktifitas kegiatan manusia menggunakan teknologi, karena dengan teknologi bisa mempermudah dan membantu manusia untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dengan cepat. Teknologi yang banyak digunakan adalah teknologi yang berupa sistem otomatis, hal ini dapat dimanfaatkan untuk membantu manusia mengerjakan pekerjaan rutinitas, di mana sebelumnya dilakukan secara manual dengan tenaga manusia.

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong manusia untuk mengatasi permasalahan yang timbul di sekitarnya. Seperti robot pencari rute terdekat dapat membantu menemukan rute yang paling dekat dengan cara pemetaan terlebih dahulu untuk mendapatkan informasi-informasi yang tepat untuk mencapai tujuan. Dan dalam kehidupan sehari-hari untuk menuju jalan yang benar di perlukan hidayah atau petunjuk agar manusia tidak salah arah atau

salah rute, yang dalam bahasa agama disebut dengan *shiratal mustaqim* atau jalan yang lurus yaitu jalan yang benar. Seperti firman Allah SWT sebagai berikut :


 أَهْدِنَا الصِّرَاطَ الْمُسْتَقِيمَ  
 صِرَاطَ الَّذِينَ أَنْعَمْتَ عَلَيْهِمْ غَيْرِ الْمَغْضُوبِ عَلَيْهِمْ وَلَا الضَّالِّينَ
 

Artinya : (Ya Allah). Tunjukilah kami jalan yang lurus (*shiratal mustaqim*), yaitu jalan orang-orang yang telah Engkau beri nikmat kepada mereka, bukan jalan orang-orang yang dimurkai dan bukan pula jalan orang-orang yang sesat. (Al-Fatihah/1:6-7).

Dari ayat di atas nikmat hidayah *shiratal mustaqim* (jalan yang lurus) adalah nikmat yang besar bagi seseorang. Tidak semua orang Allah beri nikmat yang mulia ini. Nikmat ini hanya Allah berikan kepada orang-orang yang Allah kehendaki. Yang dimaksud hidayah dalam ayat ini mencakup dua makna, yaitu hidayah untuk mendapat petunjuk *shiratal mustaqim* dan hidayah untuk tetap istiqomah dalam meniti di atas *shiratal mustaqim*. Semua itu merupakan bukti-bukti yang menunjukkan kekuasaan Allah SWT.

Hidayah untuk menuju *shiratal mustaqim* (jalan yang lurus) itu diperoleh oleh manusia melalui nabi SAW. Nabi artinya pemberi atau penyampai informasi ketuhanan yang dibekali petunjuknya. Jadi nabi dalam bahasa *sains* bisa berarti robot tuhan yang dipersiapkan untuk menunjukkan rute dalam kehidupan manusia agar tidak tersesat. Seperti firman Allah SWT :

فَإِنْ لَّمْ يَسْتَجِيبُوا لَكَ فَاعْلَمْ أَنَّمَا يَتَّبِعُونَ أَهْوَاءَهُمْ وَمَنْ أَضَلُّ مِمَّنِ  
 اتَّبَعَ هَوَاهُ بغيرِ هُدًى مِنَ اللَّهِ إِنَّ اللَّهَ لَا يَهْدِي الْقَوْمَ الظَّالِمِينَ ﴿٥٠﴾

Artinya : Maka apabila mereka tidak memenuhi seruanmu (wahai Muhammad), ketahuilah bahwa sesungguhnya mereka itu hanyalah mengikuti hawa nafsu mereka. Dan siapakah yang lebih sesat daripada orang yang mengikuti hawa nafsunya tanpa petunjuk dari Allah. Sesungguhnya Allah tidak akan memberikan petunjuk kepada kaum yang zalim. (QS. Al Qashash/28:50).

Dalam menyapaikan petunjuk atau informasi dari Allah bukan hanya para nabi atau rasul saja tetapi para sahabat-sahabat nabi serta *ulama'* ikut berperan didalamnya, *Ulama'* adalah pewaris ilmu nabi. Sebagai pewaris ilmu nabi, *eksistensi ulama'* memiliki peran penting dalam menunjukkan rute kehidupan manusia di masa depan. Kata *ulama'* berarti orang yang mahir dalam ilmu atau bisa disebut ilmuwan atau *saintis*. Dengan begitu *saintis* adalah robot-robot tuhan untuk kelangsungan rute kehidupan manusia.

Ilmu adalah cahaya yang dikaruniakan Allah kepada manusia dan didalam kehidupan kita sehari-hari kita mengenal kata Ilmuwan (*Ulama'*). Dimana arti Ilmuwan (*Ulama'*) adalah orang yang 'Alim Atau mengetahui , *Ulama/ Ilmuwan* bukan sekedar istilah dan kedudukan sosial buatan manusia. Bukan pula orang yang didudukan di lembaga bentukan pemerintahan dengan subsidi dana. Namun kosa kata *al-Ulama* berasal dari *Kalamullah* dan memiliki arti dan kedudukan sangat terhormat disisi Allah. Secara bahasa, *ulama* berasal dari kata kerja dasar '*alima* (telah mengetahui), berubah menjadi kata benda pelaku '*alimun* berarti orang yang mengetahui (mufrad/*singular*) dan *ulama* (jamak taksir/*irregular*



saat ini telah muncul banyak alat dan teknologi yang bisa membantu dan mempermudah manusia dalam menyelesaikan suatu pekerjaan, salah satunya adalah munculnya robot.

Kata robot berasal dari bahasa *Czech*, yaitu robot yang berarti pekerja. Kata robot diperkenalkan dalam bahasa Inggris pada tahun 1921 oleh *Wright Karel Capek* dalam salah satu drama satiriknya, *R.U.R (Rossum's Universal Robots)*. Robot merupakan mesin hasil karya manusia yang mampu bekerja tanpa kenal lelah. Awalnya robot diciptakan sebagai pengganti tenaga manusia. Tapi akhir-akhir ini telah dilakukan banyak penelitian dan pengembangan tentang robot untuk keperluan-keperluan yang lainnya.

Robot juga banyak digunakan dalam dunia industri, misal untuk membantu memindahkan barang-barang dari suatu tempat ke tempat yang lainnya. Untuk memindahkan barang-barang tersebut robot memerlukan program dan logika yang telah dimasukkan di dalamnya. Salah satunya adalah rute yang harus dilalui oleh robot tersebut.

Salah satu robot yang menerapkan sistem seperti itu adalah robot line follower. Robot line follower ini adalah sebuah robot yang termasuk kategori robot mobile yang didesain bekerja secara otomatis. Robot ini bekerja dengan sistem mengikuti atau biasa disebut juga dengan *Line tracer* merupakan suatu robot yang mampu bergerak (*mobile*) mengikuti jalur panduan garis. Garis pandu yang digunakan dalam hal ini adalah garis putih yang ditempatkan dalam permukaan yang gelap atau sebaliknya garis gelap yang ditempatkan dalam

permukaan yang putih. Prinsip kerja pendeteksian garis pandu dari robot tersebut adalah bahwa tiap-tiap warna permukaan memiliki kemampuan untuk memantulkan cahaya yang berbeda-beda. Warna putih memiliki kemampuan memantulkan cahaya lebih banyak, sebaliknya warna hitam memiliki kemampuan memantulkan cahaya sangat sedikit. Hal itulah yang digunakan untuk mendeteksi garis pandu tersebut. Kebanyakan robot *line follower* masih bekerja hanya mengikuti garis yang telah ditentukan saja. Jika garis yang ditentukan sangat panjang tentu saja dapat menyita waktu yang banyak, untuk itulah perlu dibuat sebuah metode yang mana bisa membuat robot bisa dengan cepat menyelesaikan pekerjaannya.

Untuk itu peneliti disini akan menerapkan metode, yaitu menggunakan metode *Simulated Annealing* untuk menentukan rute tercepat dari robot *line follower* yang mana dengan penerapan metode ini diharapkan bisa mempercepat robot *line follower* dalam menyelesaikan rute perjalanannya. Dalam penerapan metode *Simulated Annealing* peneliti pertama-tama menentukan posisi start dan tujuan robot, lalu robot akan menentukan rute dari start sampai tujuan dengan metode *Simulated Annealing* yang digunakan untuk menganalisa rute tersebut. Lalu robot akan berjalan secara *tracking line* menuju ke tujuan. Robot tersebut dengan metode kecerdasan buatan akan menentukan jalur yang terdekat untuk mencapai titik tujuan tersebut.

Seperti Firman Allah SWT pada QS. Alam Nasyroh :

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

*Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. (QS. Alam Nasyroh/94:6)*

Dari surat *alam nasyroh* diatas dapat ditafsirkan bahwa semua jenis kesulitan pastilah hanya satu rasa saja (yaitu sakit), sedangkan kemudahan itu akan dirasakan dua macam (yaitu kegembiraan ketika terlepas dari kesulitan itu, dan kedua adanya kegembiraan dalam hati). Dengan demikian kesulitan itu pastilah akan dikalahkan oleh kemudahan.

Karena itu, penelitian ini merupakan penelitian yang bertujuan untuk mengaplikasikan kecerdasan buatan dengan menggunakan metode *Simulated Annealing* pada robot *line follower*. Metode ini digunakan untuk mencari rute yang terdekat untuk ditempuh. Dalam aplikasinya posisi tujuan, posisi awal, arah dan *Annealing schedule* dari robot harus diketahui terlebih dahulu. Pemetaan merupakan hal yang penting yang pertama kali dilakukan dalam alur program. Berhasil atau tidaknya pencarian benda ataupun penentuan jalur terdekat tidak lepas dari pemetaan ini. Dengan pemetaan ini maka seluruh area yang ada akan digambarkan. Hasil yang didapat dari pemetaan tersebut akan dijadikan acuan untuk menghitung kuadrat jarak lurus setiap titik yang ada pada area terhadap titik tujuan. Dengan menggunakan area dari lintasan, kemudian sensor mengirim nilai hasil pemetaan kedalam *microcontroller*. Dan nilai tersebut kemudian akan

dianalisa dengan menggunakan metode *Simulated Annealing*. Dengan metode ini maka akan didapatkan rute yang terdekat menuju titik tujuan. Barulah robot tersebut dapat menelusuri jalur yang telah didapat. Jalur tersebut merupakan jalur terdekat menuju tujuan yang diinginkan. Pembuatan robot ini menggunakan sebuah mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengatur dan pengolah data.

## 1.2. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang maka diperoleh rumusan masalah yaitu bagaimana mengimplementasikan metode *simulated annealing* pada robot *line follower* pencari rute terdekat?

## 1.3. BATASAN MASALAH

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Objek yang diteliti berupa robot *line follower* untuk mencari rute terdekat.
2. Penelitian dilakukan untuk mengaplikasikan jalannya metode *simulated annealing*.
3. Start dan finish ditentukan .
4. Area yang digunakan yaitu berupa matrix 3x4.

## 1.4. TUJUAN PENELITIAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan untuk mengaplikasikan kecerdasan buatan dengan menggunakan metode *Simulated Annealing* pada robot *line follower* untuk menemukan rute terdekat.

## 1.5 Sistematika Penyusunan

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini mengantarkan pembaca untuk dapat menjawab pertanyaan apa yang diteliti, untuk apa dan mengapa penelitian ini dilakukan yang termuat dalam Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan dan Manfaat Penelitian, Metodologi Penelitian dan Sistematika Penyusunan.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini dijelaskan dasar-dasar teori yang menjadi acuan dalam penelitian ini yang berjudul Robot *Line Follower* Pencari Rute Terdekat Menggunakan Metode *Simulated Annealing*.

### **BAB III : ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM**

Pada bab ini dijelaskan bagaimana analisis dan perancangan sistem Robot *Line Follower* Pencari Rute Terdekat Menggunakan Metode *Simulated Annealing*.

### **BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Implementasi dan pengujian Robot *Line Follower* Pencari Rute Terdekat Menggunakan Metode *Simulated Annealing* secara keseluruhan, apakah robot ini dapat menyelesaikan masalah sesuai dengan yang diharapkan.

## **BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan dari awal mula penelitian hingga diperoleh hasil beserta saran dari evaluasi yang telah dilakukan dalam bab ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Seluruh bahan rujukan atau referensi dalam penulisan skripsi ini, dicantumkan dalam bab ini.

### **LAMPIRAN**

Data atau keterangan lain yang berfungsi untuk melengkapi uraian yang telah disajikan dalam bagian utama ditempatkan di bagian ini.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Konsep hidayah sebagai penunjuk rute dalam islam

Ilmu pengetahuan sangat penting bagi manusia. Ilmu pengetahuan ini bisa dilihat melalui perkembangan teknologinya yang semakin maju. Adanya ilmu pengetahuan tidak lepas dari adanya pemilik dasar ilmu pengetahuan dan teknologi yang ada saat ini yaitu, Allah SWT. Ilmu pengetahuan adalah petunjuk yang di berikan Allah kepada umatnya. Allah SWT adalah pemberi hidayah dan dengan ilmu pengetahuan hidayah akan datang. Hidayah adalah petunjuk dari Allah yang diberikan oleh hambanya dengan berbagai cara, ada yang dikasih hidayah melalui mata, pendengaran juga perasaan, tapi semua itu tidak terlepas dari ilmu yang harus di pelajari dan dihayati dengan sungguh-sungguh. Seperti firman Allah SWT sebagai berikut :

اللَّهُ نَزَلَ أَحْسَنَ الْحَدِيثِ كِتَابًا مُتَشَبِهًا مَثَانِيَ تَقْشَعِرُّ مِنْهُ جُلُودُ الَّذِينَ  
 يَخْشَوْنَ رَبَّهُمْ ثُمَّ تَلِينُ جُلُودُهُمْ وَقُلُوبُهُمْ إِلَىٰ ذِكْرِ اللَّهِ ۚ ذَٰلِكَ هُدَىٰ اللَّهِ يَهْدِي بِهِ  
 مَنْ يَشَاءُ ۚ وَمَنْ يُضَلِّ اللَّهُ فَمَا لَهُ مِنْ هَادٍ ﴿٢٣﴾

*Artinya : Allah telah menurunkan perkataan yang paling baik (yaitu) Al-Qur'an yang serupa (mutu ayat-ayatnya) lagi berulang-ulang (maksudnya hukum-hukum, pelajaran dan kisah-kisah diulang-ulang menyebutnya dalam AL-Qur'an supaya lebih kuat pengaruhnya dan lebih meresap), gemetar karenanya kulit orang-orang yang takut kepada Tuhannya, kemudian menjadi tenang kulit dan hati mereka di waktu mengingat Allah. Itulah petunjuk Allah, dengan kitab itu Dia menunjuki siapa yang dikehendaki Nya, Dan barangsiapa yang disesatkan Allah, maka tidak ada seorangpun, pemberi petunjuk baginya.(QS. Az-zumar/39:23)*

Allah SWT menurunkan pesan serta petunjuk melalui al-qur'an kepada manusia sebagai pemberi petunjuk kepada jalan yang lurus, untuk dijadikan pegangan dan pedoman agar manusia sukses dalam menjalani kehidupan di dunia dan bahagia di akhirat. Allah menurunkan al-qur'an melalui Rasul-Nya. Rasulullah saw bertindak sebagai penerima Al-Qur'an, bertugas untuk menyampaikan petunjuk-petunjuk tersebut, menyucikan dan mengajarkan manusia. (M. Quraish Shihab)

الرَّ كِتَابٌ أَنْزَلْنَاهُ إِلَيْكَ لِتُخْرِجَ النَّاسَ مِنَ الظُّلُمَاتِ إِلَى النُّورِ بِإِذْنِ رَبِّهِمْ إِلَى صِرَاطٍ الْعَزِيزِ الْحَمِيدِ ﴿١٤﴾

Artinya : Alif Laam Raa ( ini adalah ) Kitab yang kami turunkan kepadamu (Muhammad) supaya kamu mengeluarkan manusia dari kegelapan kepada cahaya terang benderang dengan izin Tuhan, (Yaitu) menuju jalan Tuhan yang Maha Perkasa lagi Maha terpuji. (QS. Ibrahim/14:1)

Dari ayat yang di atas, jelaslah bahwa fungsi al-qur'an adalah untuk membebaskan manusia pada ayat ini Allah menyebutkan kegelapan dengan menggunakan jamak *Mu'annas salim* dari isim mufrad artinya kegelapan-kegelapan. Mengandung bahwa kegelapan di dunia ini banyak macam raga dan bentuk. Hal ini juga ditegaskan dalam beberapa tafsir, baik itu ( *At-Tabari* ), ( *Jalalain* ), ( *Ibnu Katsir* ), maupun ( *Al-Kurtubi* ) disebutkan bahwa itu tafsirnya , kekafiran, kesesatan dan kebodohan. Sementara dalam ayat ini menggunakan isim mufrad, tidak menggunakan bentuk jamak. itu menunjukkan bahwa cahaya itu satu, yakni cahaya iman, petunjuk dan hidayah Allah SWT.

Al-Qur'an adalah sebagai pemberi petunjuk kepada jalan yang lurus.

Seperti firman Allah SWT sebagai berikut :

فَأَمَّا الَّذِينَ ءَامَنُوا بِاللَّهِ وَاعْتَصَمُوا بِهِ ۖ فَسَيُدْخِلُهُمْ فِي رَحْمَةٍ مِّنْهُ وَفَضْلٍ  
وَيَهْدِيهِمْ إِلَىٰ صِرَاطٍ مُّسْتَقِيمًا ﴿١٧٥﴾

Artinya : Adapun orang-orang yang beriman kepada Allah dan berpegang teguh kepada (agama)-Nya niscaya Allah akan memasukkan mereka ke dalam rahmat yang besar dari-Nya (surga) dan limpahan karunia-Nya. dan menunjuki mereka kepada jalan yang Lurus (untuk sampai) kepada-Nya. (QS. An-Nisaa/4:175)

Rasulullah SAW bertindak sebagai penerima Al-Qur'an yang bertugas untuk menyampaikan petunjuk-petunjuk tersebut. Rasulullah Saw adalah seorang manusia biasa seperti yang lainnya. Hanya saja ia dipilih oleh Allah menjadi utusannya dengan diberikan wahyu untuk disampaikan kepada umat manusia. Allah Ta'ala berfirman. Seperti firman Allah SWT sebagai berikut :

قُلْ إِنَّمَا أَنَا بَشَرٌ مِّثْلُكُمْ يُوحَىٰ إِلَيَّ أَنَّمَا إِلَهُكُمْ إِلَهٌُ وَاحِدٌ ۖ فَمَن كَانَ يَرْجُوا  
لِقَاءَ رَبِّهِ ۖ فَلْيَعْمَلْ عَمَلًا صَالِحًا وَلَا يُشْرِكْ بِعِبَادَةِ رَبِّهِ ۚ أَحَدًا ﴿١١٠﴾

Artinya: Katakanlah, Sesungguhnya aku ini manusia biasa seperti kamu, yang diwahyukan kepadaku, bahwa sesungguhnya Tuhan kamu itu adalah Tuhan yang Esa. Barangsiapa mengharap perjumpaan dengan Tuhannya, maka hendaklah ia mengerjakan amal saleh dan janganlah ia mempersekutukan seorang pun dalam beribadat kepada Tuhannya. (QS. Al-Kahfi/18:110)

Syaikh As-Sa'di menafsirkan ayat di atas sebagai berikut, "Katakanlah hai Muhammad kepada orang-orang kafir dan yang lainnya, bahwasanya aku manusia seperti kalian, aku bukan Tuhan. Aku tidak menjadi sekutu bagi Allah

*dalam kekuasaanya. Aku tidak mengetahui hal-hal yang ghaib dan tidak pula memiliki perbendaharaan Allah. Tetapi, aku adalah salah satu dari hamba Tuhanku. Aku diletakkan daripada kamu sekalian dengan wahyu yang Allah turunkan kepadaku, agar aku menyampaikan kepada kalian bahwa Tuhanmu adalah Tuhan yang Esa, tiada sekutu bagi-Nya, dan aku menyeru kalian kepada amal yang mendekatkan kepada-Nya agar kalian meraih pahala-Nya dan menyelamatkan kalian dari adzab-Nya"*

Adapun petunjuk atau hidayah yang disebutkan dalam firman Allah Ta'ala:

وَإِنَّكَ لَتَهْدِي إِلَى صِرَاطٍ مُسْتَقِيمٍ

*Artinya: Dan sesungguhnya kamu benar-benar memberi petunjuk kepada jalan yang lurus. (QS. Asy-Syura/42: 52)*

Maksud ayat diatas hidayah merupakan petunjuk dan keterangan, karena Beliau-lah yang menjelaskan apa yang berasal dari Allah dan menunjukkan kepada agama dan syariat-Nya. kalau ditelusuri lebih dalam isi dalam kandungan Al-Qur'an, maka tugas para nabi atau rasul adalah menyampaikan risalah islam sesuai firman-firman Allah SWT, jadi tugas para nabi atau rasul hanya sebagai mediator untuk menyampaikan firman-firman Allah SWT. Para nabi atau rasul dalam menyampaikan firman-firman Allah SWT tidak pernah ditambahi atau dikurangi. Semua sesuai dengan sumber yang diberikan oleh Allah SWT. Seperti firman Allah sebagai berikut :

وَمَا عَلَيْنَا إِلَّا الْبَلْغُ الْمُبِينُ

*Artinya: Dan kewajiban kami tidak lain hanyalah menyampaikan (perintah Allah) dengan jelas. (QS. Yasiin/36:17)*

Dalam menyampaikan petunjuk atau informasi dari Allah bukan hanya para nabi atau rasul saja tetapi para sahabat-sahabat nabi serta ilmuan atau *ulama'* ikut berperan didalamnya. Seperti contoh para sahabat nabi Abu Bakar ash-Shiddiq, Umar bin Khattab, Utsman bin Affan, Ali bin Abi Thalib mereka adalah pewaris ilmu-ilmu nabi Muhammad SAW yang bertugas menyampaikan informasi atau petunjuk yang benar dari Allah SWT. Dan sekarang dilanjutkan oleh ilmuan atau ulama' untuk menyampaikan informasi atau petunjuk dengan pedoman kitab Al-Qur'an dan hadits.

Islam sangat menghormati ilmu. Ilmu memiliki kedudukan sangat penting dalam islam, ini dapat dilihat dari banyaknya ayat Al Qur'an yang memandang ilmu dalam posisi yang tinggi disamping hadits-hadits nabi yang banyak menuntut ilmu bagi umatnya. (Dr. Uhar Suharsaputra, 2007).

وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا

*Artinya: Ya Tuhanku, tambahkanlah ilmuku.*(QS Thaahaa 114)

Secara tersirat dalam ayat ini jelas bahwa Allah tidak memerintahkan kepada hamba-hambanya untuk meminta tambahan ilmu dengan cara mencari dan mempelajari suatu ilmu. Orang yang berilmu akan ditambahkan beberapa derajatnya tingkat keilmuannya (QS Mujadalah:11). Ayat tersebut merupakan motivasi bagi umat manusia untuk tidak berhenti mencari ilmu pengetahuan.

Pada prinsipnya perkembangan teknologi dan akselerasi kemajuannya menjadi topik perlombaan dalam keilmuan. Setiap individu maupun setiap

bangsa beradu cepat dalam mengangkat modernisasi teknologi menjadi sebuah perkembangan dalam budaya. Sebab kemajuan teknologi mampu membantu umat manusia untuk memudahkan kepentingannya baik berupa sarana pendukung informasi serta alat-alat kerja pelengkapannya. (Rohadi,Sudarsono : 98,1992)

Islam merupakan agama yang menjunjung tinggi suatu ilmu dan mendorong pemeluknya menuntut ilmu sebanyak-banyaknya serta mengamalkannya. Sebagai mana yang tercantum dalam hadits riwayat HR Abu Daud dan Tirmidzi yang berbunyi :

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ مَنْ سُنِيَ عَنْ عِلْمٍ فَكَتَمَهُ  
الْجَمَّةُ اللَّهُ بِلِجَامٍ مِنْ نَارٍ يَوْمَ الْقِيَامَةِ

*Artinya: Dari Abu Hurairah berkata, Rasulullah SAW bersabda: Barang siapa ditanya tentang suatu ilmu, lalu dirahasiakannya, maka dia akan datang pada hari kiamat dengan kendali (di mulutnya) dari api neraka. (HR. Abu Daud)*

Begitu pentingnya suatu ilmu, Allah menjanjikan dengan panasnya api neraka ketika seorang manusia yang sudah diberi kemampuan dalam hal ilmu pengetahuan dan wawasan tidak mengamalkannya kepada orang lain. Dia selalu berpura-pura tidak memiliki dan menyembunyikan ilmunya dari hadapan orang lain, padahal suatu ilmu jika wariskan kepada orang lain bisa memberikan manfaat kepada sesamanya.

Pembaharuan dan peradaban dalam islam sangat besar sumbangan manfaatnya bagi kesejahteraan, ketinggian derajat, kemakmuran, kedamaian dan ketentraman hidup manusia. Kemajuan dibidang ilmu teknologi, pengetahuan dan

pendidik dibidang keilmuan telah lama menjadi milik umat islam.  
(Rohadi,Sudarsono : 108,1992)

Pada era saat ini ilmu teknologi sangat berkembang oleh ilmuan atau *ulama'* yang telah menemukan atau menghasilkan suatu karya yang dapat membantu pekerjaan manusia untuk saat ini. Sepeti contoh robot dapat membantu pekerjaan untuk menemukan rute tercepat berkat informasi-informasi yang telah dikumpulkan. Semua itu tak lepas dari petunjuk-petunjuk yang diberikan oleh Allah SWT melalu firman-firmannya.

## **2.2 Metode *Simulated Annealing***

Algoritma *Simulated Annealing* diperkenalkan oleh Metropolis et al. Pada tahun 1953, dan aplikasinya dalam masalah optimasi dilakukan pertama kali oleh Kirkpatrick et al. Tahun 1983. Algoritma ini beranalogi dengan proses annealing (pendinginan) yang diterapkan dalam pembuatan material glassy (terdiri dari butir kristal). Dari sisi ilmu fisika, tujuan sistem ini adalah untuk meminimasi energi potensial. Ide dasar simulated annealing terbentuk dari pemrosesan logam. Annealing (memanaskan kemudian mendinginkan) dalam pemrosesan logam ini adalah suatu proses bagaimana membuat bentuk cair berangsur-angsur menjadi bentuk yang lebih padat seiring dengan penurunan temperatur. Simulated annealing biasanya digunakan untuk penyelesaian masalah yang mana perubahan keadaan dari suatu kondisi ke kondisi yang lainnya membutuhkan ruang yang sangat luas.

*Annealing* adalah satu teknik yang dikenal dalam bidang metalurgi, digunakan dalam mempelajari proses pembentukan kristal dalam suatu materi. Agar dapat terbentuk susunan kristal yang sempurna, diperlukan pemanasan sampai suatu tingkat tertentu, kemudian dilanjutkan dengan pendinginan yang perlahan-lahan dan terkendali dari materi tersebut. Pemanasan materi di awal proses *annealing*, memberikan kesempatan pada atom-atom dalam materi itu untuk bergerak secara bebas, mengingat tingkat energi dalam kondisi panas ini cukup tinggi. Proses pendinginan yang perlahan-lahan memungkinkan atom-atom yang tadinya bergerak bebas itu, pada akhirnya menemukan tempat yang optimum, di mana energi internal yang dibutuhkan atom itu untuk mempertahankan posisinya adalah minimum.

*Simulated Annealing* berjalan berdasarkan analogi dengan proses *annealing* yang telah dijelaskan di atas. Pada awal proses, dipilih suatu solusi awal, yang merepresentasikan kondisi materi sebelum proses dimulai. Gerakan bebas dari atom-atom pada materi, direpresentasikan dalam bentuk modifikasi terhadap solusi awal/solusi sementara. Pada awal proses SA, saat parameter *Temperature* (T) diatur tinggi, solusi sementara yang sudah ada diperbolehkan untuk mengalami modifikasi secara bebas. *Simulated Annealing* memanfaatkan analogi antara cara pendinginan dan pembekuan metal menjadi sebuah struktur crystal dengan energi yang minimal (proses penguatan) dan proses pencarian untuk state tujuan minimal. Dalam *Simulated Annealing* solusi yang jelek mungkin bisa diterima, jika keadaan yang baru yang lebih jelek daripada keadaan sekarang (karena kurang beruntung dalam penerimaan solusi), keadaan yang baru

tersebut masih bisa digunakan.

*Simulated Annealing* mempunyai 3 komponen untuk melakukan *annealing schedule*. Pertama adalah *temperature*, kedua adalah kapan *temperature* itu akan berkurang, ketiga adalah berapa besar *temperature* tersebut berkurang setiap terjadi perubahan. Juga yang tidak boleh dilupakan kapan *temperature* tersebut berhenti berkurang. Temperatur dalam penelitian ini dianalogikan pada nilai yang ada pada setiap jalur. Nilai jalur tersebut didapatkan saat robot melalui jalur tersebut.

Pada proses di atas terdapat energi yang terkandung di dalamnya dan selalu berubah-ubah sampai batas tertentu yang mempengaruhi setiap pergerakan . Seperti Matahari yang telah memancarkan energi panas selama sekitar 5 miliar tahun sebagai akibat dari reaksi kimia konstan berlangsung pada permukaannya. Pada saat yang ditentukan oleh Allah di masa depan, reaksi ini pada akhirnya akan berakhir, dan Matahari akan kehilangan semua energi dan akhirnya Mati. Dalam konteks itu, ayat di bawah dapat dijadikan acuan bahwa pada suatu hari energi matahari akan segera berakhir. (Allah maha tahu akan kebenarannya). Seperti firman Allah SWT sebagai berikut :

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَهَا ۚ ذَلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ﴿٣٨﴾

*Dan matahari berjalan ditempat peredarannya. Demikianlah ketetapan Yang Maha Perkasa lagi Maha Mengetahui. (QS Yaasiin/36:38)*

Kata Arab “*limustaqarrin*” (لِمُسْتَقَرٍّ) dalam ayat ini merujuk pada tempat tertentu atau waktu dan kata “*tajrii*” (تَجْرِي) diterjemahkan sebagai “berjalan”, juga bermakna seperti “untuk bergerak, untuk bertindak cepat, untuk bergerak, mengalir”. Tampaknya dari arti kata bahwa Matahari akan terus dalam perjalanannya dalam ruang dan waktunya, tetapi pergerakan ini akan berlanjut sampai waktu tertentu yang telah ditetapkan.

Obsesi menjadikan Qur’an sebagai sumber inspirasi segala ilmu tentu suatu hal yang positif, karena ini bukti keyakinan seseorang bahwa Qur’an memang datang dari Zat Yang Maha Tahu. Namun, obsesi ini bisa jadi kontra produktif jika seseorang mencampuradukkan hal-hal yang inspiratif dengan sesuatu yang empiris, atau memaksakan agar kaidah hukum empiris sesuai penafsiran inspiratifnya. Besi adalah karunia Allah yang merupakan pokok kekuatan untuk membela agama dan memenuhi keperluan hidup. Seperti firman Allah SWT sebagai berikut :

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ ﴿٥٧﴾

*Sesungguhnya Kami telah mengutus Rasul-rasul Kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan telah Kami turunkan bersama mereka Al kitab dan neraca (keadilan) supaya manusia dapat melaksanakan keadilan. dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)Nya dan rasul-rasul-Nya Padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha kuat lagi Maha Perkasa. (QS 57-al Hadid/57: 25)*

Allah SWT menampilkan gejala fisis untuk diartikan sebagai perumpamaan antara lain bahwa terdapat 3 tahap yang harus dilalui manusia yaitu: pertama, adanya ketidaktahuan seperti melihat dalam kegelapan malam. Kedua, adanya keragu-raguan kita seperti halnya kepekaan kita melihat cahaya merah di waktu senja dan ketiga, ditunjukkan-Nya gejala fisis serta penjelasan secara nyata dan membawa isyarat keindahan dan keagungan-Nya. Seperti firman Allah SWT sebagai berikut :

وَلَقَدْ ضَرَبْنَا لِلنَّاسِ فِي هَذَا الْقُرْآنِ مِنْ كُلِّ مَثَلٍ لَعَلَّهُمْ يَتَذَكَّرُونَ

*Sesungguhnya Telah kami buat bagi manusia dalam Al Quran Ini setiap macam perumpamaan supaya mereka dapat pelajaran. (Qs. Az-zumar ayat 27)*

Untuk memenuhi keingintahuan terhadap rahasia-rahasia alam ini penjelasan-penjelasan selalu dipakai pendekatan-pendekatan dalam bentuk atau keadaan yang sederhana atau keadaan-keadaan ideal. Keadaan ideal ini dinyatakan dalam bentuk perumusan matematika yang selanjutnya disebut sebagai hukum-hukum fisika.

### 2.3 Robot Line Follower

Line follower adalah suatu robot berbentuk umumnya menyerupai mobil kecil, yang bekerja mengikuti garis hitam atau putih. Hasil dari perubahan warna tersebut menyebabkan nilai pada photo diode berubah sehingga menyebabkan nilai yang masuk ke dalam port ADC pada mikrokontroler berubah, dan nilai ADC tersebut yang di olah menjadi sebuah input. Robot mendeteksi garis tersebut menggunakan sensor yang terdiri dari infra merah (led juga bisa) sebagai transmitter dan photo dioda sebagai penerimanya. Untuk mengikuti garis tersebut,

robot bergerak secara otomatis yang digerakkan oleh motor DC dan rangkaian programnya, dan untuk semua proses itu dikendalikan oleh microcontroller. (Sumber: Bayu Putra Kusuma. 2008). Line follower umumnya terdiri dari beberapa bagian utama :

1. Microcontroller
2. Sensor Garis
3. Motor DC
4. LCD
5. Batterai

Robot line follower disini akan mencari rute terdekat dengan menggunakan metode *Simulated Annealing*. Dengan metode *Simulated Annealing* robot akan melakukan proses pemetaan untuk mengetahui rute yang ada lalu akan dianalisa dengan metode *Simulated Annealing* dengan proses yang dimulai dari menghitung jarak koordinat terhadap goal, lalu dilanjutkan dengan penentuan jarak terdekat koordinat terhadap tujuan atau goal yang dilakukan secara terus menerus sampai koordinat sama dengan goal untuk mengetahui rute yang diinginkan. Lalu robot akan berjalan secara *tracking line* menuju ke tujuan. Robot tersebut dengan metode kecerdasan buatan akan menentukan jalur yang terdekat untuk mencapai titik tujuan tersebut. Perancangan *software* merupakan bagian paling penting dalam mobil robot. Dalam pemrograman robot digunakan bahasa C dengan compiler *Code Vision AVR*.

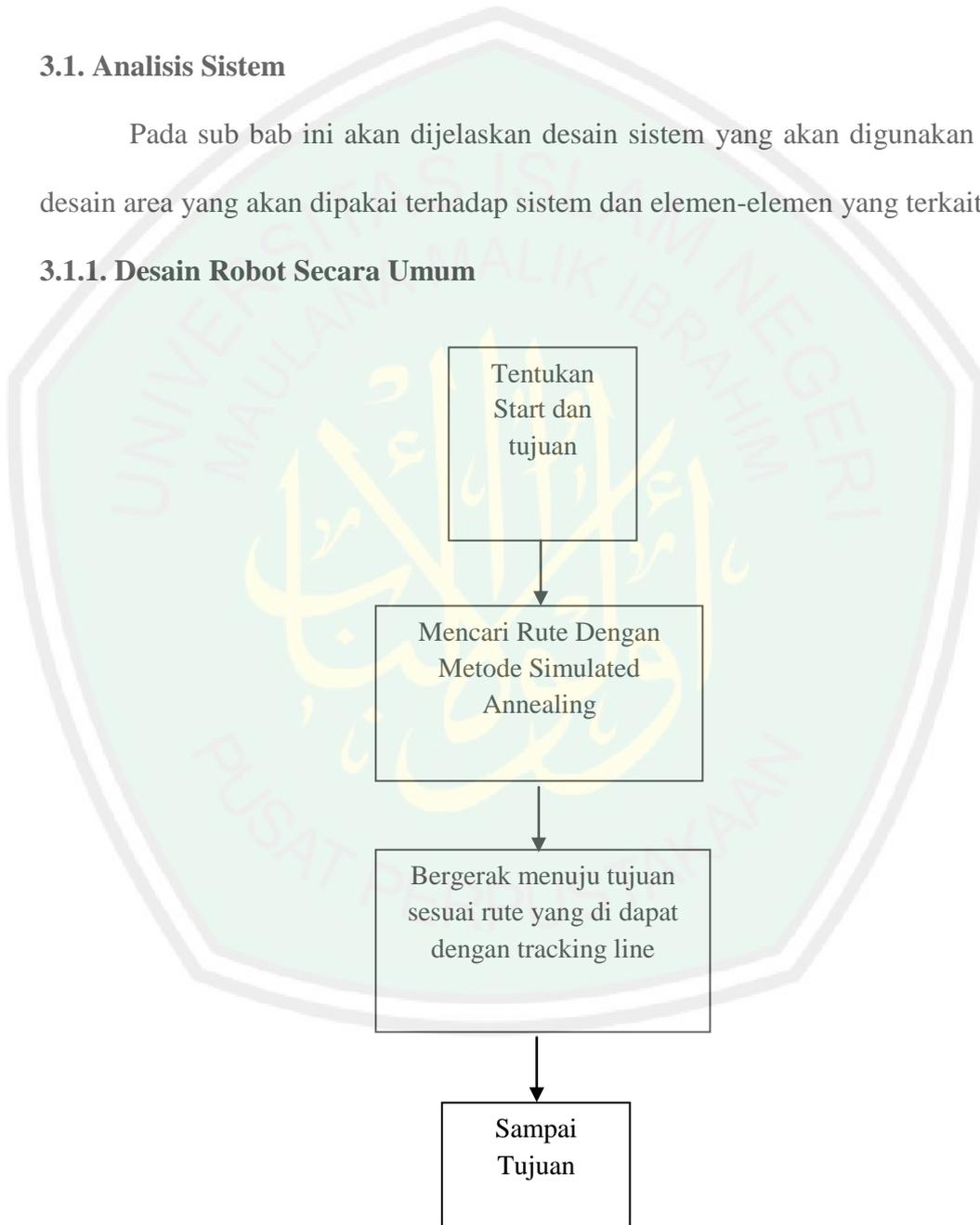
## BAB III

### ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

#### 3.1. Analisis Sistem

Pada sub bab ini akan dijelaskan desain sistem yang akan digunakan dan desain area yang akan dipakai terhadap sistem dan elemen-elemen yang terkait.

##### 3.1.1. Desain Robot Secara Umum

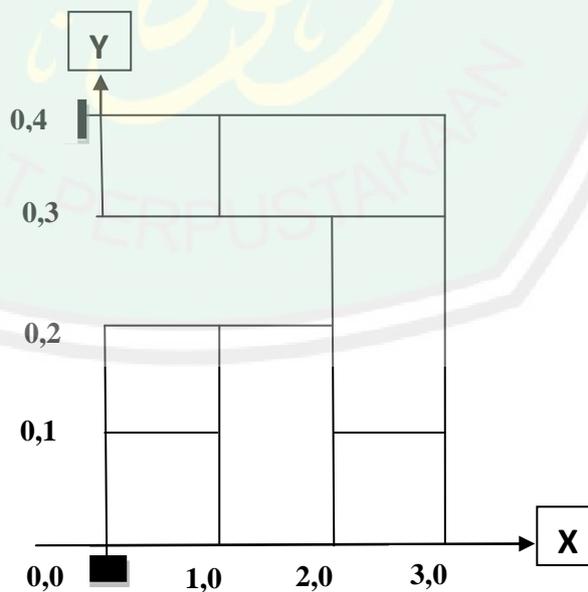


Gambar 3.1 Blok diagram sistem kerja robot

Pada awalnya, robot diberitahu informasi peta, posisi start dan posisi tujuan. Dengan menggunakan metode *Simulated Annealing*, robot akan mencari rute terdekat dari posisi start sampai posisi tujuan, kemudian robot akan bergerak sesuai dengan rute yang telah didapat secara *tracking line* menuju ke tujuan. Robot tersebut dengan metode kecerdasan buatan akan menentukan jalur yang terdekat untuk mencapai titik tujuan tersebut.

### 3.1.2. Desain Area

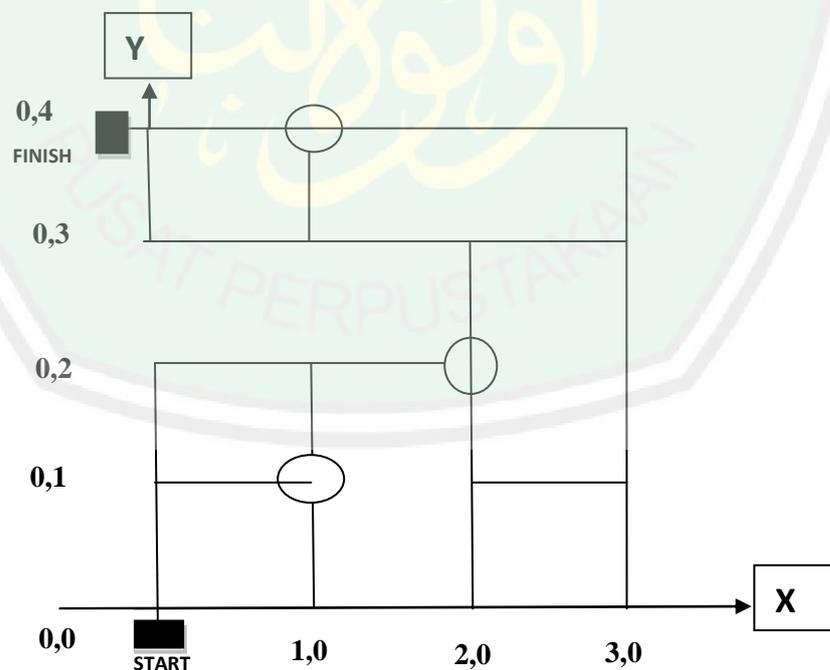
Dalam pemetaan ini area yang ada dianalogikan memiliki koordinat x dan y. Setiap persimpangan dari area tersebut disimbolkan sebagai titik dari koordinat x dan y. Area yang digunakan terbuat dari bujur sangkar dan persegi panjang dengan matrix 3x4.



Gambar 3.2 Matrix 3X4

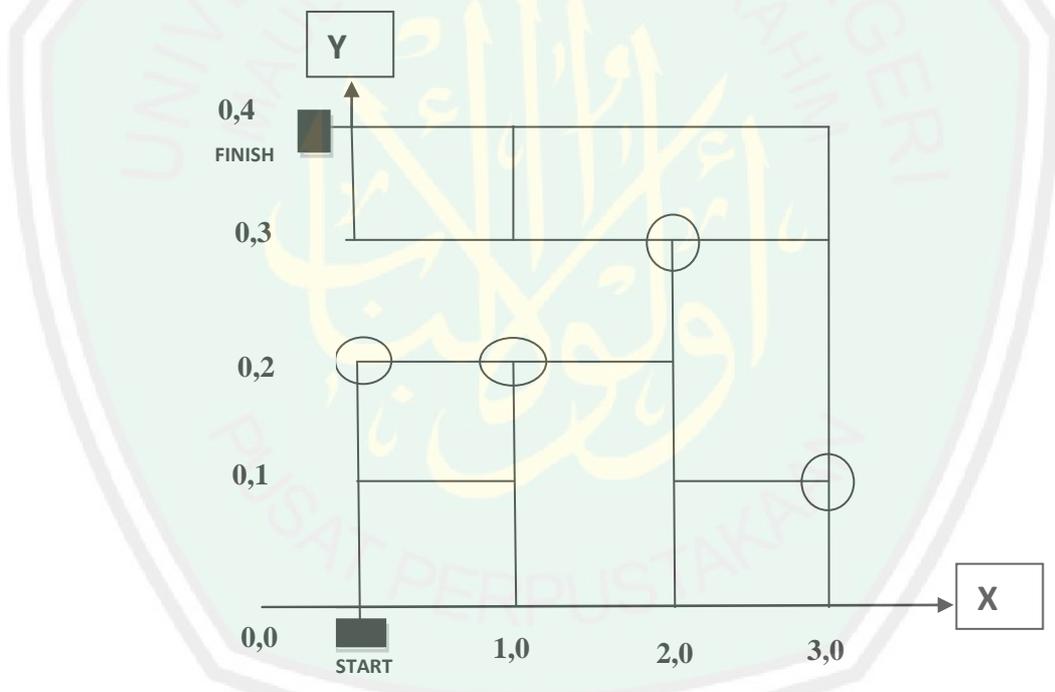
Area dianggap sebagai sebuah matrix yang mana setiap simpangan direpresentasikan sebagai koordinat nilai matrix. Sebagai inialisasi awal seluruh nilai matrix bernilai 0 sebagai penanda bahwa jalur belum dilewati. Parameter *Simulated Annealing* didapatkan dari nilai matrix yang dihasilkan karena nilai-nilai matrix tersebut nantinya digunakan untuk pencarian jalur tercepat.

Karena tiap titik adalah perempatan maka untuk mengetahui jarak tiap titik di sekitarnya terhadap goal maka dengan cara  $+1$  koordinat  $x$ ,  $-1$  koordinat  $x$ ,  $+1$  koordinat  $y$  dan  $-1$  koordinat  $y$ . Cara ini dilakukan satu per satu lalu setelah ditambah atau dikurangi koordinat  $x$  atau koordinat  $y$  dikembalikan seperti semula. Jadi akan ada 4 hasil. Hasil 1 untuk koordinat  $x +1$ , hasil 2 untuk koordinat  $y +1$ , hasil 3 untuk koordinat  $x -1$ , dan hasil 4 untuk koordinat  $y -1$ .



Gambar 3.3 Titik-Titik Spesial untuk Hasil 1

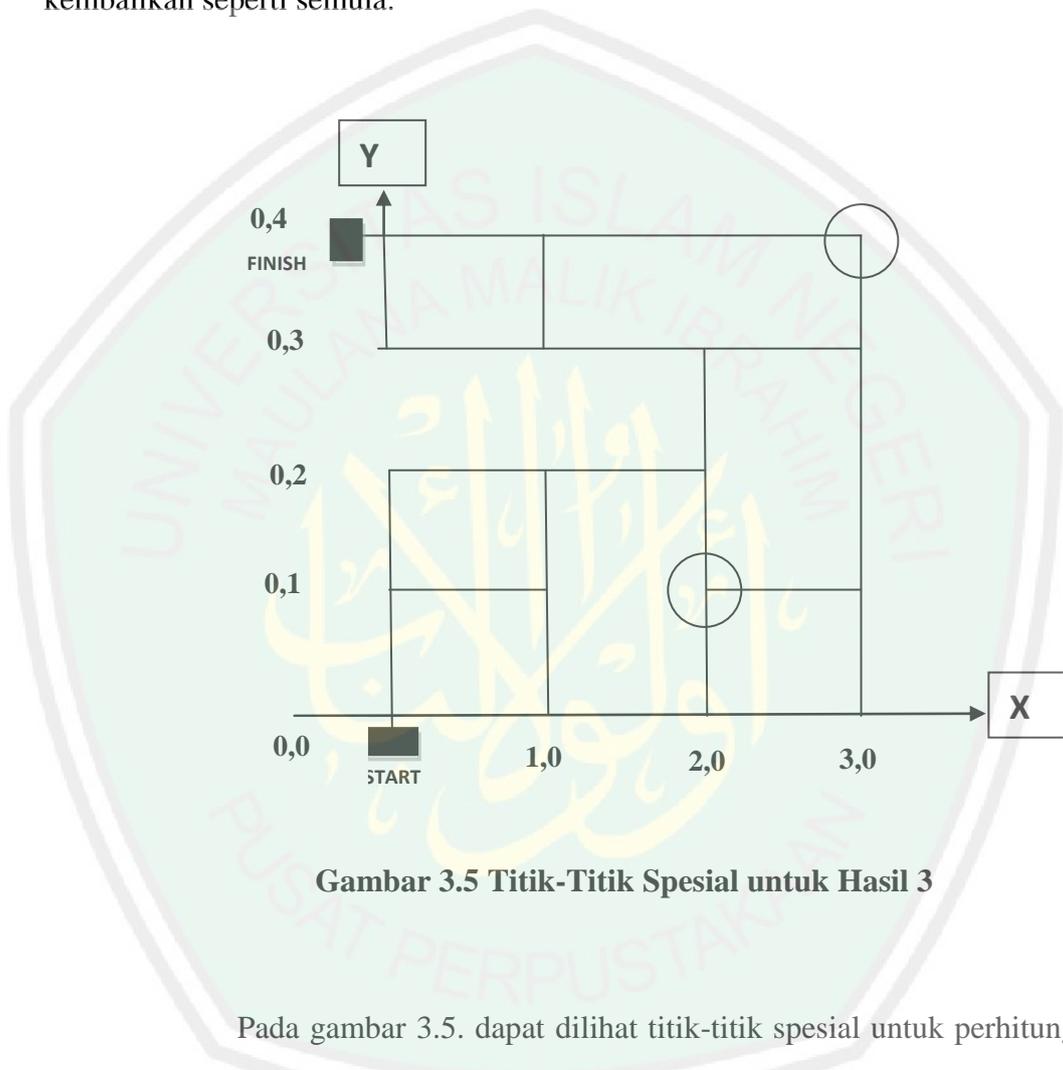
Pada gambar 3.3 dapat dilihat titik-titik spesial untuk perhitungan untuk hasil 1. Pada titik (1,1) (2,2) dapat dilihat tidak ada jalur maka pada titik tersebut hasil 1 diisi dengan nilai Offh tujuannya agar tidak terpilih sebagai solusi. Untuk (1,4) dapat dilihat penambahan koordinat x lebih dari 1. Pada titik (1,4) untuk menghitung hasil 1 maka koordinat x harus ditambah 2 baru dihitung jaraknya terhadap goal. Setelah dihitung koordinat x di kembalikan seperti semula (misalnya setelah koordinat x ditambah 2 maka setelah di hitung dikurangi 2).



Gambar 3.4 Titik-Titik Spesial untuk Hasil 2

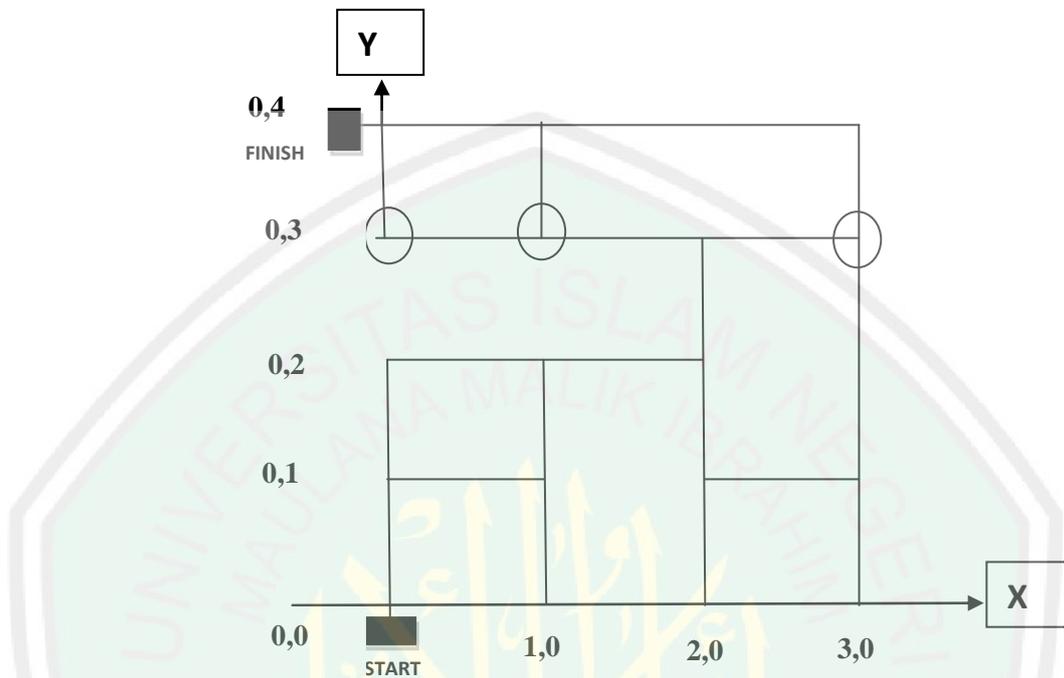
Pada gambar 3.4 dapat dilihat titik-titik spesial untuk perhitungan untuk hasil 2. Pada titik (0,2) (1,2) (2,3) dapat dilihat tidak ada jalur atau bukan tujuan maka pada titik tersebut hasil 1 diisi dengan nilai Offh tujuannya agar tidak terpilih sebagai solusi. Untuk (3,1) dapat dilihat penambahan koordinat Y lebih

dari 1. Pada titik (3,1) untuk menghitung hasil 2 maka koordinat Y harus ditambah 2 baru dihitung jaraknya terhadap goal. Setelah dihitung koordinat Y di kembalikan seperti semula.



**Gambar 3.5 Titik-Titik Spesial untuk Hasil 3**

Pada gambar 3.5. dapat dilihat titik-titik spesial untuk perhitungan untuk hasil 3. Pada titik (2,1) dapat dilihat tidak ada jalur maka pada titik tersebut hasil 3 diisi dengan nilai Offh tujuannya agar tidak terpilih sebagai solusi. Untuk titik (3,4) dapat dilihat pengurangan koordinat x lebih dari 1. Pada titik (3,4) untuk menghitung hasil 3 maka koordinat x harus dikurangi 2 baru dihitung jaraknya terhadap goal. Setelah dihitung koordinat x dikembalikan seperti semula.



**Gambar 3.6 Titik-Titik Spesial untuk Hasil 4**

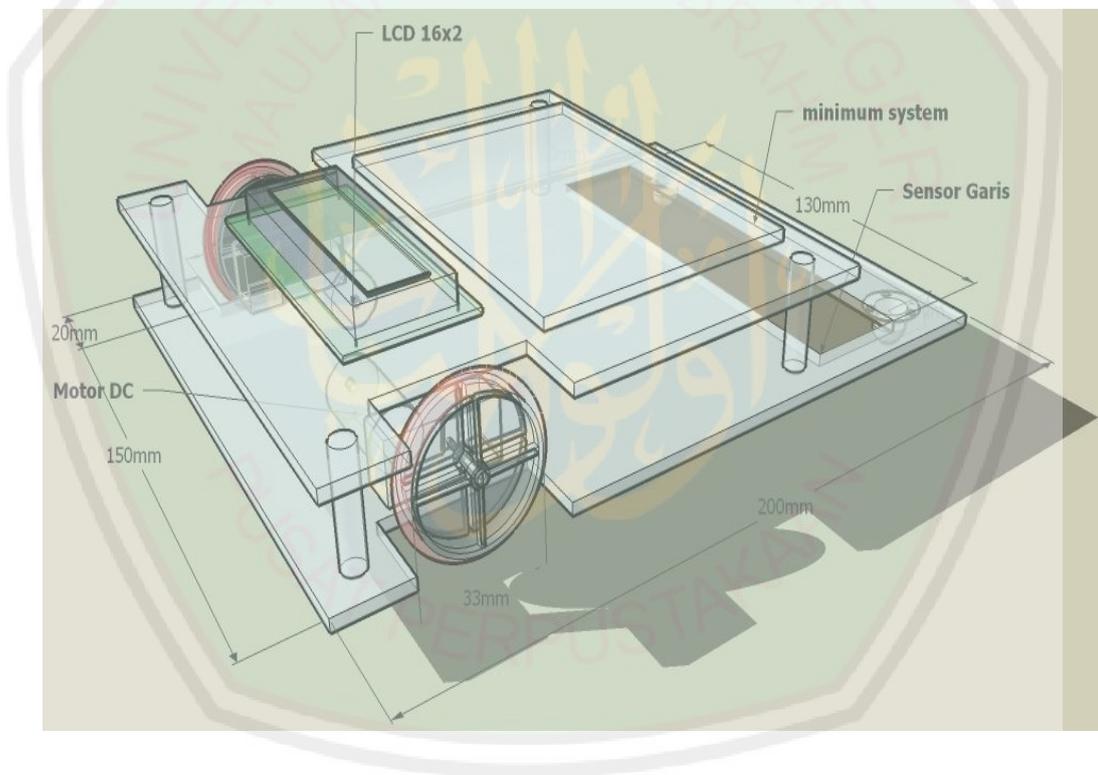
Pada gambar 3.6. dapat dilihat titik-titik spesial untuk perhitungan untuk hasil 4. Pada titik (0,3) (1,3) dapat dilihat tidak ada jalur atau bukan tujuan maka pada titik tersebut hasil 4 diisi dengan nilai Offh tujuannya agar tidak terpilih sebagai solusi. Untuk titik (3,3) dapat dilihat pengurangan koordinat Y lebih dari 1. Pada titik (3,3) untuk menghitung hasil 3 maka koordinat Y harus dikurangi 2 baru dihitung jaraknya terhadap goal. Setelah dihitung koordinat Y dikembalikan seperti semula.

### 3.2. Desain Hardware

Pada bagian ini akan dijelaskan *hardware* robot dan rangkaian pendukung dalam pembuatan robot ini.

#### 3.2.1. Desain Mekanik

Bentuk dasar robot dari *Acrylic* bening dengan tebal 3mm kotak persegi dengan 3 buah roda sebagai penggerak.

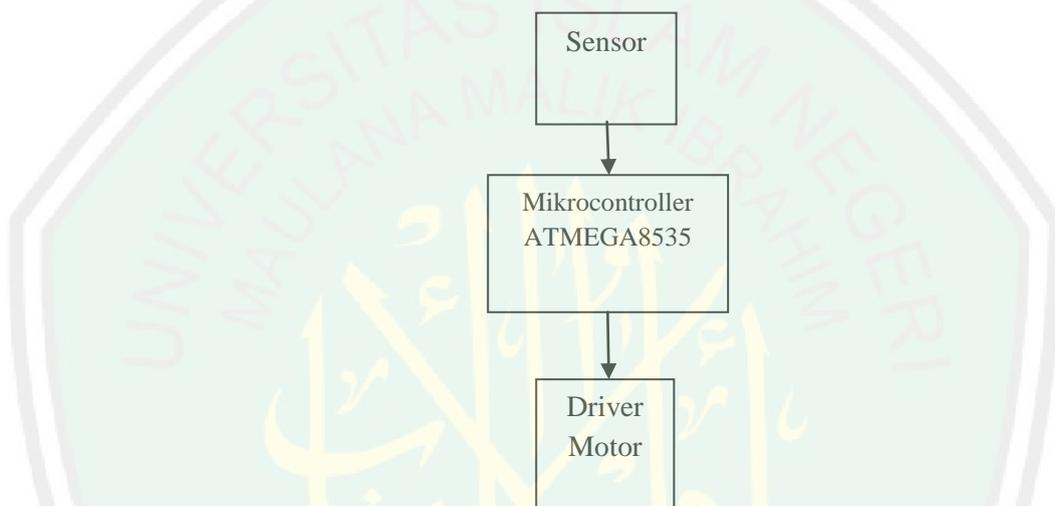


**Gambar 3.7 Desain Hardware**

#### 3.2.2. Desain Hardware Robot

Rangkaian yang digunakan untuk robot ini adalah rangkaian ATMEGA8535 sebagai otak sistem, rangkaian sensor menggunakan cahaya LDR dengan sebuah LED, motor menggunakan rangkaian *H-bridge*. Sensor

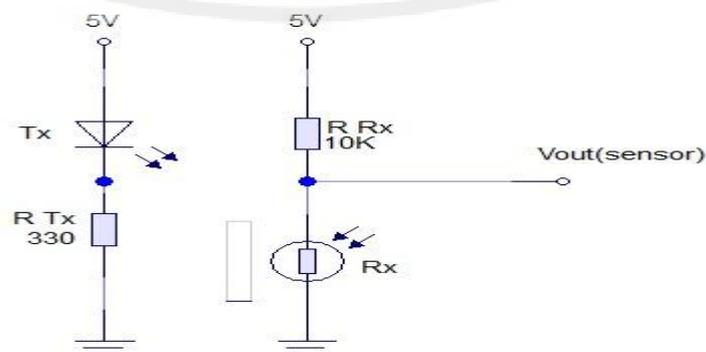
digunakan sebagai input dari robot, lalu hasil inputan akan di proses oleh mikrokontroller dan hasil output diterima oleh driver motor. Untuk menggerakkan motor, diperlukan sebuah komponen perantara dari mikrokontroler ke motor sehingga digunakan IC LM293d untuk menggerakkan motor penggerak. Dengan driver motor tegangan masukan dapat dikendalikan.



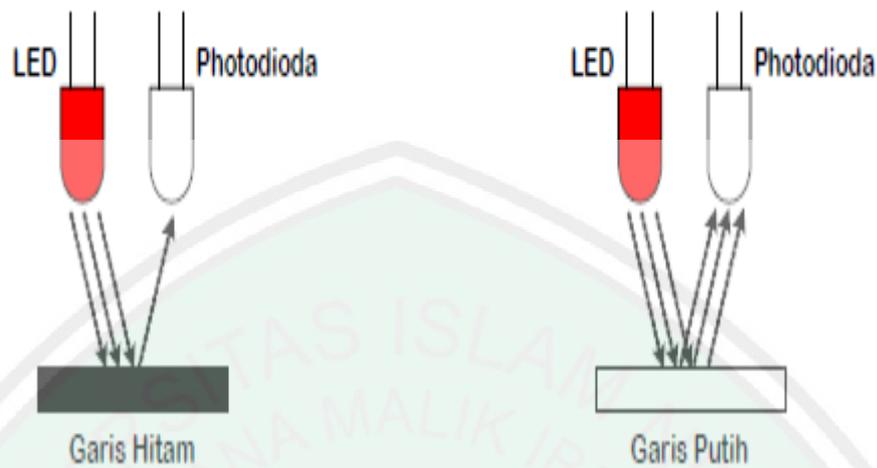
**Gambar 3.8** Blok diagram sistem *hardware*

### 3.2.2.1. Rangkaian Sensor

Dalam pembuatan robot ini menggunakan 8 buah sensor LDR yang dipasang berjajar di bawah bodi robot untuk mendeteksi garis hitam.



**Gambar 3.9** Skematik sensor



**Gambar 3.10 Cara kerja sensor**

Jika sensor berada di atas garis hitam maka photodiode akan menerima sedikit cahaya. Tetapi jika sensor berada di atas garis putih maka photodiode akan menerima banyak cahaya pantulan. Sifat dari photodiode adalah jika semakin banyak cahaya yang diterima, maka nilai resistansi diodanya semakin kecil. Sehingga bila sensor berada di atas garis hitam maka cahaya LED akan memantul pada garis dan diterima oleh photodiode kemudian photodiode menjadi on sehingga tegangan output akan mendekati 0 volt. Sebaliknya jika sensor berada di atas garis putih yang berarti tidak terdapat pantulan cahaya maka photodiode tidak mendapat arus bias sehingga menjadi off, dengan demikian tegangan output sama dengan tegangan induk ( $V_{cc}$ ). Pada robot ini pertama-tama masukan awal dari pembacaan sensor adalah nilai tegangan ADC yang dihasilkan oleh led. Kemudian nilai tegangan ADC dibaca oleh sistem dan sistem memeriksa nilai tegangan untuk sensor garis.

```

if (s[0]>=150 && s[0]<=255){sen[0]=1;}      else {sen[0]=0;}
if (s[1]>=150 && s[1]<=255){sen[1]=1;}      else {sen[1]=0;}
if (s[2]>=150 && s[2]<=255){sen[2]=1;}      else {sen[2]=0;}
if (s[3]>=150 && s[3]<=255){sen[3]=1;}      else {sen[3]=0;}
if (s[4]>=150 && s[4]<=255){sen[4]=1;}      else {sen[4]=0;}
if (s[5]>=150 && s[5]<=255){sen[5]=1;}      else {sen[5]=0;}
if (s[6]>=150 && s[6]<=255){sen[6]=1;}      else {sen[6]=0;}
if (s[7]>=150 && s[7]<=255){sen[7]=1;}      else {sen[7]=0;}

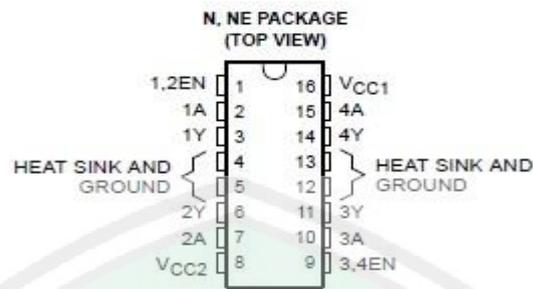
```

**Gambar 3.11** source code baca sensor

Ketetapan nilai yang diperiksa untuk untuk sensor antara 150 sampai 255. Jika nilai diantara 150 sampai 255 maka sensor dianggap berada diatas garis dan nilai 1 dimasukan ke dalam array sesuai dengan indeks sensor. Jika nilai sensor diluar nilai yang ditetapkan maka nilai 0 akan dimasukan kedalam array sesuai dengan indeks sensor. Nilai-nilai array tersebut menjadi data sensor untuk parameter pergerakan robot.

### 3.2.2.2. Rangkaian *Driver Motor*

Rangkaian *driver motor* ini memiliki 2 buah rangkaian *H-Bridge*. Dua buah rangkaian *H-Bridge* yang sama digunakan untuk mengontrol motor penggerak kanan dan motor penggerak kiri. Tipe IC yang digunakan adalah LM293D. Rangkaian H-Bridge ini digunakan untuk mengontrol arah putaran motor kanan dan kiri secara *CW clock wire dan CCW counter clock wise* sehingga dapat menggerakkan robot untuk maju, mundur, belok kiri, belok kanan, putar kanan, putar kiri dan rem. Spesifikasi tansistor tipe LM293d :



**Gambar 3.12 IC LM293d**

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa IC ini mempunyai dua buah sumber tegangan, yaitu 5 volt untuk mengaktifkan IC yang terdapat pada pin 16 dan sumber tegangan 12 volt pada pin 8 yang berfungsi untuk menggerakkan motor dc. Pada pin 1 dan pin 9 berfungsi untuk meng-*enable* kan masingmasing motor. Sebab dalam rangkaian robot ini menggunakan dua buah motor dc. Pin 1 sebagai *enable (EN1)* untuk motor 1 dan pin 9 sebagai *enable (EN2)* untuk motor 2. Kemudian dari IC untuk *driver* motor dc ini setiap pin yang berfungsi sebagai *input* akan dihubungkan ke *output* dari mikrokontroler pada port 0 untuk menggerakkan arah putaran motor sesuai dengan data yang dikeluarkan dari mikrokontroler.

### 3.2.2.3. Rangkaian Mikrokontroler ATMEGA8535

Rangkaian ini merupakan rangkaian utama dari sistem atau bisa dikatakan otak dari sistem secara keseluruhan, karena semua masukan dan keluaran diproses dalam mikrokontroler ATMEGA8535 ini. Mikrokontroler AVR ATmega8535 memiliki fitur yang cukup lengkap. Mikrokontroler AVR ATmega8535 telah dilengkapi dengan ADC internal, EEPROM internal, Timer/Counter, PWM, analog comparator, dll (M.Ary Heryanto, 2008). Sehingga dengan fasilitas yang lengkap ini memungkinkan kita belajar mikrokontroler keluarga AVR dengan



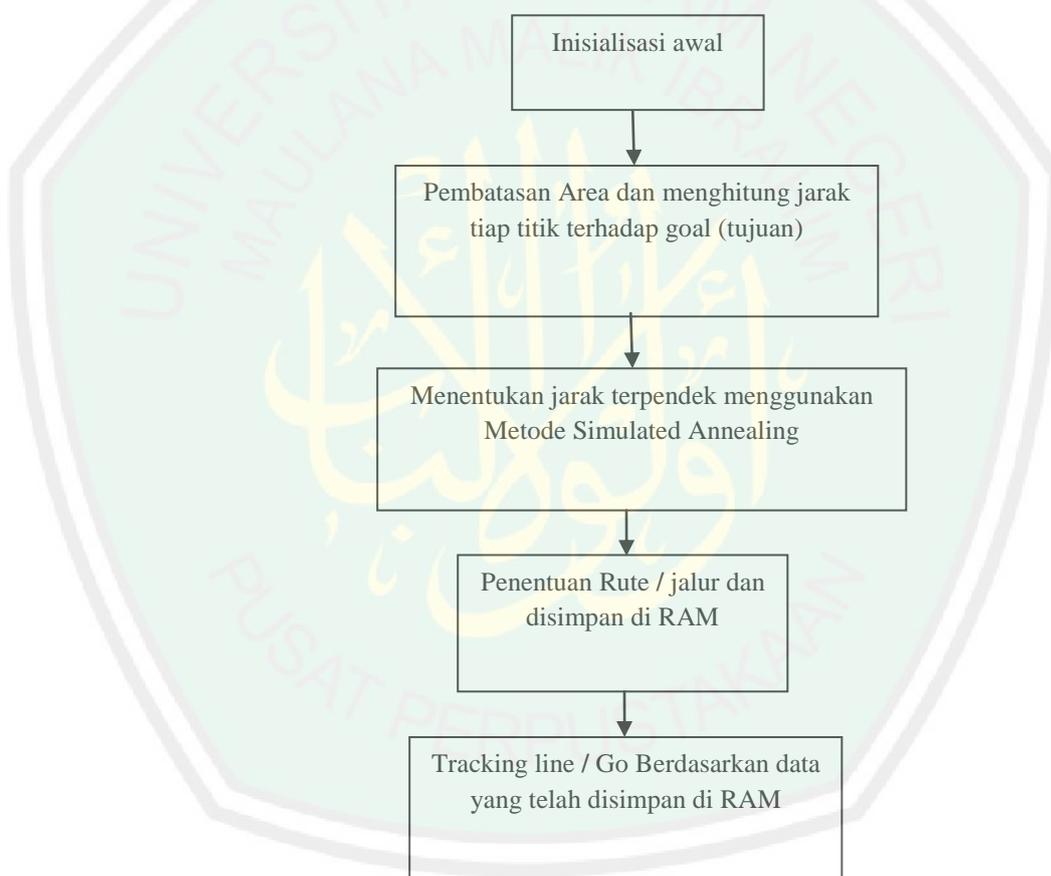
**Tabel 3.1 koneksi mikrokontroler**

<b>Kaki Port</b>	<b>Fungsi</b>
Port D	LCD
Port A 0-7	Inputan Sensor
Port B.0	Start
Port B.1	Stop
Port B.2	Clear EEPROM
Port B.3	Cadangan
Port C.0	Inputan Motor 1A
Port C.1	Inputan Motor 2A
Port C.2	Inputan Motor Enable 1,2 (PWM motor kanan)
Port C.3	Inputan Motor 3A
Port C.4	Inputan Motor 4A
Port C.5	Inputan Motor Enable 3,4 (PWM motor kiri)

ATmega8535 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan fidelitas 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC ATmega8535 dapat dikonfigurasi, baik secara single ended input maupun differential input. Selain itu, ADC ATmega8535 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau yang amat fleksibel, sehingga dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri.

### 3.3. Desain Software

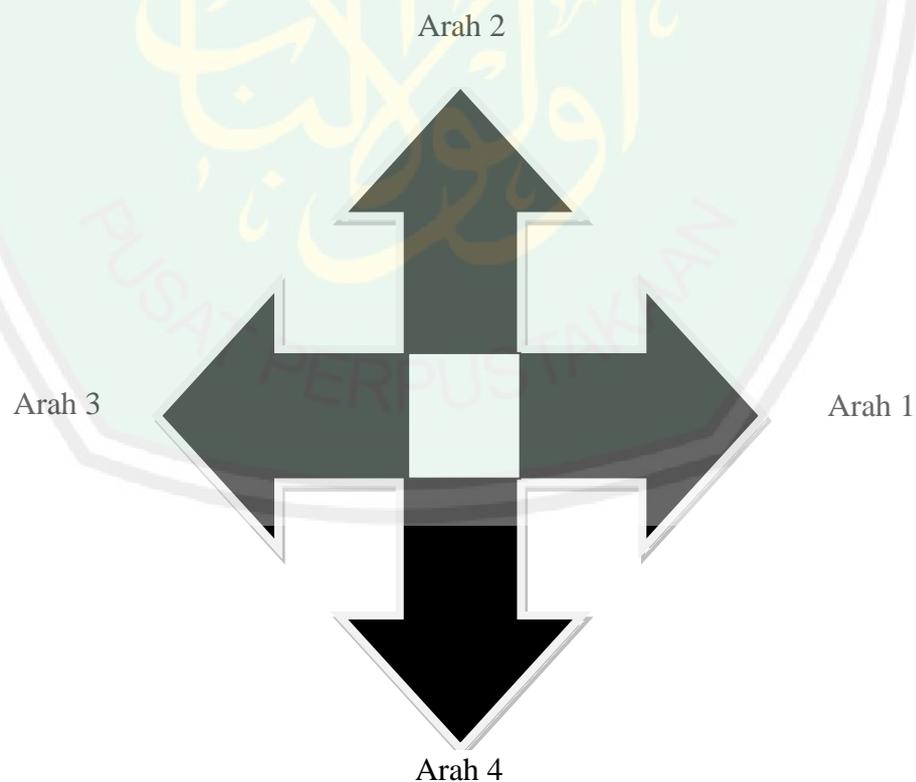
Perancangan *software* merupakan bagian paling penting dalam mobil robot. Pada bagian ini akan dijelaskan alur dari program. Dalam pemrograman digunakan bahasa C dengan compiler *Code Vision AVR*. Berikut alur program secara keseluruhan.



**Gambar 3.14 Blok Diagram Program Keseluruhan**

Pemetaan merupakan hal yang penting yang pertama kali dilakukan dalam alur program. Berhasil atau tidaknya pencarian benda ataupun penentuan jalur tercepat tidak lepas dari pemetaan ini. Dengan pemetaan ini maka seluruh area yang ada akan digambarkan. Hasil yang didapat dari pemetaan tersebut akan

dijadikan acuan untuk menghitung kuadrat jarak lurus setiap titik yang ada pada area terhadap titik tujuan. Dengan menggunakan area dari lintasan, kemudian sensor mengirim nilai hasil pemetaan kedalam *microcontroller*. Dan nilai tersebut kemudian akan dianalisa dengan menggunakan metode *Simulated Annealing*. Dengan metode ini maka akan didapatkan rute yang tercepat menuju titik tujuan. Namun, rute ini masih berupa alamat RAM bukan nilai *output port* yang sesungguhnya. Oleh karena itu perlu diubah menjadi *output port*. Barulah robot tersebut dapat menelusuri jalur yang telah didapat. Jalur tersebut merupakan jalur tercepat menuju tujuan yang diinginkan. Sebagai acuan maka robot mobil diberi arah, lebih jelasnya maka dapat di lihat pada gambar dibawah.



**Gambar 3.15 Arah Acuan**

Arah ini maksudnya sebagai acuan robot mobil berada di sebuah koordinat  $x$  dan  $y$  (2 dimensi). Arah 1 berarti robot berada disumbu  $x$  dan menghadap kanan, Arah 2 berarti robot ada di sumbu  $y$  dan menghadap atas, Arah 3 berarti robot ada di sumbu  $x$  dan menghadap ke kiri, Arah 4 berarti robot ada di sumbu  $y$  dan menghadap ke bawah. Arah ini akan berubah apabila robot belok kanan, belok kiri, atau putar balik. Bila robot mendapat perintah maju maka arah tidak berubah (kalau arah awalnya arah 1 akan menjadi arah 1, kalau arah awalnya arah 2 menjadi arah 2, kalau arah awalnya arah 3 menjadi arah 3, kalau arah awalnya arah 4 menjadi arah 4), bila robot mendapat perintah belok kanan maka arah berubah (kalau arah awalnya arah 2 akan menjadi arah 1, kalau arah awalnya arah 3 menjadi arah 2, kalau arah awalnya arah 4 menjadi arah 3, kalau arah awalnya arah 1 menjadi arah 0 tapi karena arah 0 tidak ada maka harus diubah menjadi arah 4), arahnya sama dengan di decrement, bila robot mendapat perintah belok kiri maka arah juga berubah (kalau arah awalnya arah 1 akan menjadi arah 2, kalau arah awalnya arah 2 menjadi arah 3, kalau arah awalnya arah 3 menjadi arah 4, kalau arah awalnya arah 4 menjadi arah 5 tapi karena arah 5 tidak ada maka harus diubah menjadi arah 1), arahnya sama dengan di increment, bila robot mendapat perintah putar balik maka arahnya sama dengan 2 kali belok kanan (kalau arah awalnya arah 1 akan menjadi arah 3, kalau arah awalnya arah 2 menjadi arah 4, kalau arah awalnya arah 3 menjadi arah 1, kalau arah awalnya arah 4 menjadi arah 2) maka arahnya sama dengan di increment 2 kali, bila arah  $=5$  maka arah harus diubah menjadi 1 tujuannya agar nilai arah dari 1 sampai 4 saja.

### 3.3.1. *Simulated Annealing*

Menentukan jarak terpendek dengan metode *Simulated Annealing* :

- Membandingkan hasil 1, hasil 2, hasil 3, dan hasil 4
- Nilai terkecil menjadi nilai “hasil baru”
- Jika nilai “hasil baru” < “hasil sekarang” maka hasil sekarang adalah hasil baru (hasil baru menjadi hasil sekarang).
- Jika nilai “hasil baru” > “hasil sekarang”, maka hasil sekarang “tetap”.
- Membandingkan “hasil sekarang” dengan “hasil 1”, “hasil 2”, “hasil 3”, “hasil 4”
- Memberikan kode “arah” untuk koordianat sekarang.

Proses saat hasil baru menjadi hasil sekarang (“hasil baru” < “hasil sekarang”)

- Hitung hasil 1, hasil 2, hasil 3, hasil 4 secara eksponensial dan random.
- Simpan hasilnya di play 1, play 2, play 3, play 4.
- Decremen suhu T.
- Bandingkan play 1, play 2, play 3, play 4.
- Bila “play 1” terbesar, maka “hasil sekarang” adalah hasil 1.
- Bila “play 2” terbesar, maka “hasil sekarang” adalah hasil 2.
- Bila “play 3” terbesar, maka “hasil sekarang” adalah hasil 3.
- Bila “play 4” terbesar, maka “hasil sekarang” adalah hasil 4.
- Bandingkan “hasil sekarang” dengan hasil 1, 2, 3, 4.
- Memberikan kode “arah” untuk koordinat sekarang.
- Simpan kode “arah” di memori.

- Apakah koordinat sekarang = Goal / akhir.
- Jika tidak, kembali ke hitung  $K=0$ .
- Jika = , jalankan mobil (Tracking).
- Selesai.

Inisialisasi awal :

- Terdiri dari penentuan arah mobil pertama kali
- Posisi awal mobil
- Nilai goal / tujuan

Pembatasan Area dan Menghitung jarak tiap titik terhadap goal, terdiri dari 4 tahap yaitu:

- Tahap 1 ( $k=0$ ), Arah +X
- Tahap 2 ( $k=1$ ), arah +Y
- Tahap 3 ( $k=2$ ), arah -X
- Tahap 4 ( $k=3$ ), arah -Y

$K = 0$  (Arah + X)

- Menentukan titik-titik koordinat “buntu”.
- Menentukan titik koordinat dengan incremen / kenaikan titik koordinat 2 kali.

$$x^2 + y^2 =$$

- Menghitung pitagoras posisi sekarang terhadap goal.
- Hasilnya disimpan di “hasil 1”

$$K = 1 (\text{Arah} + Y)$$

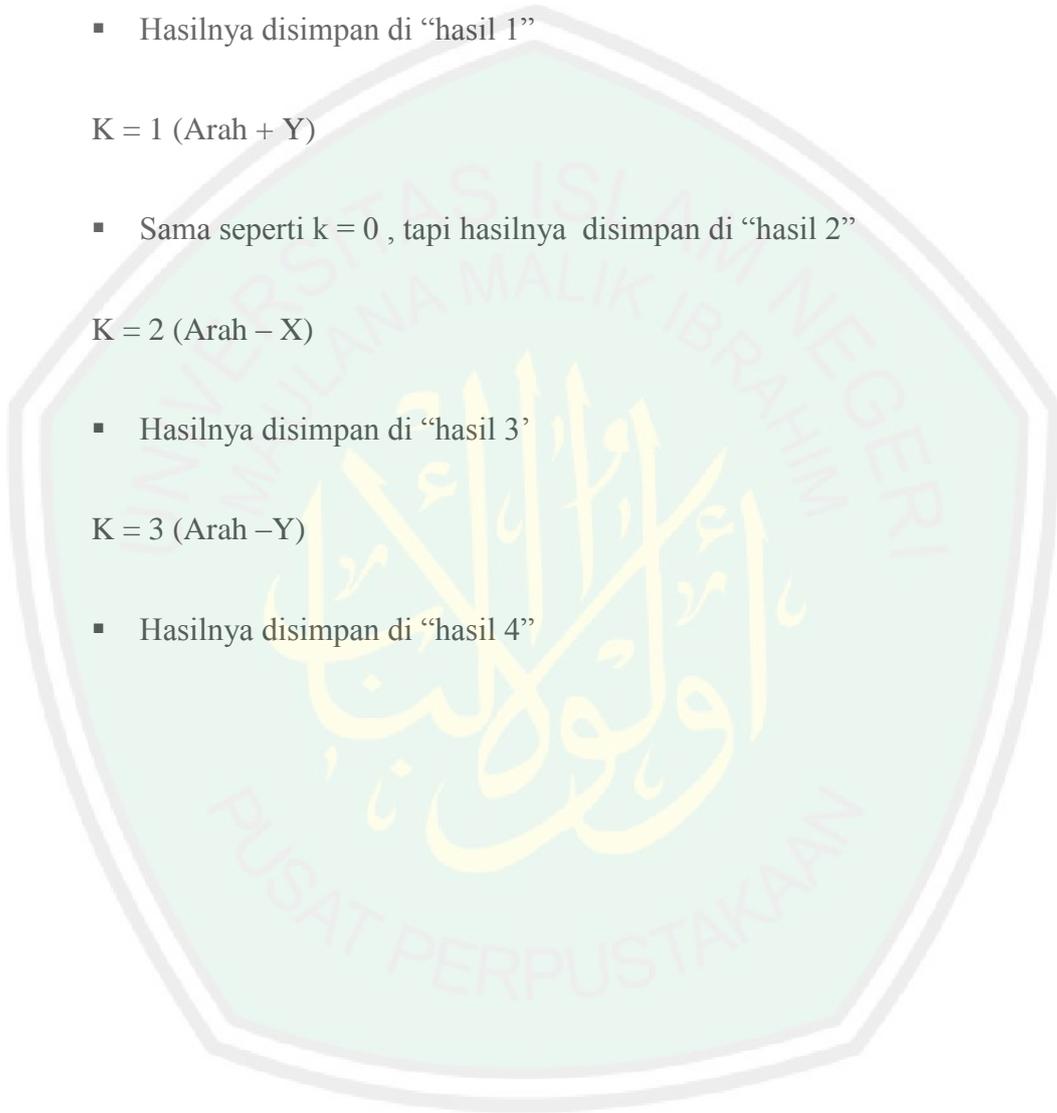
- Sama seperti  $k = 0$  , tapi hasilnya disimpan di “hasil 2”

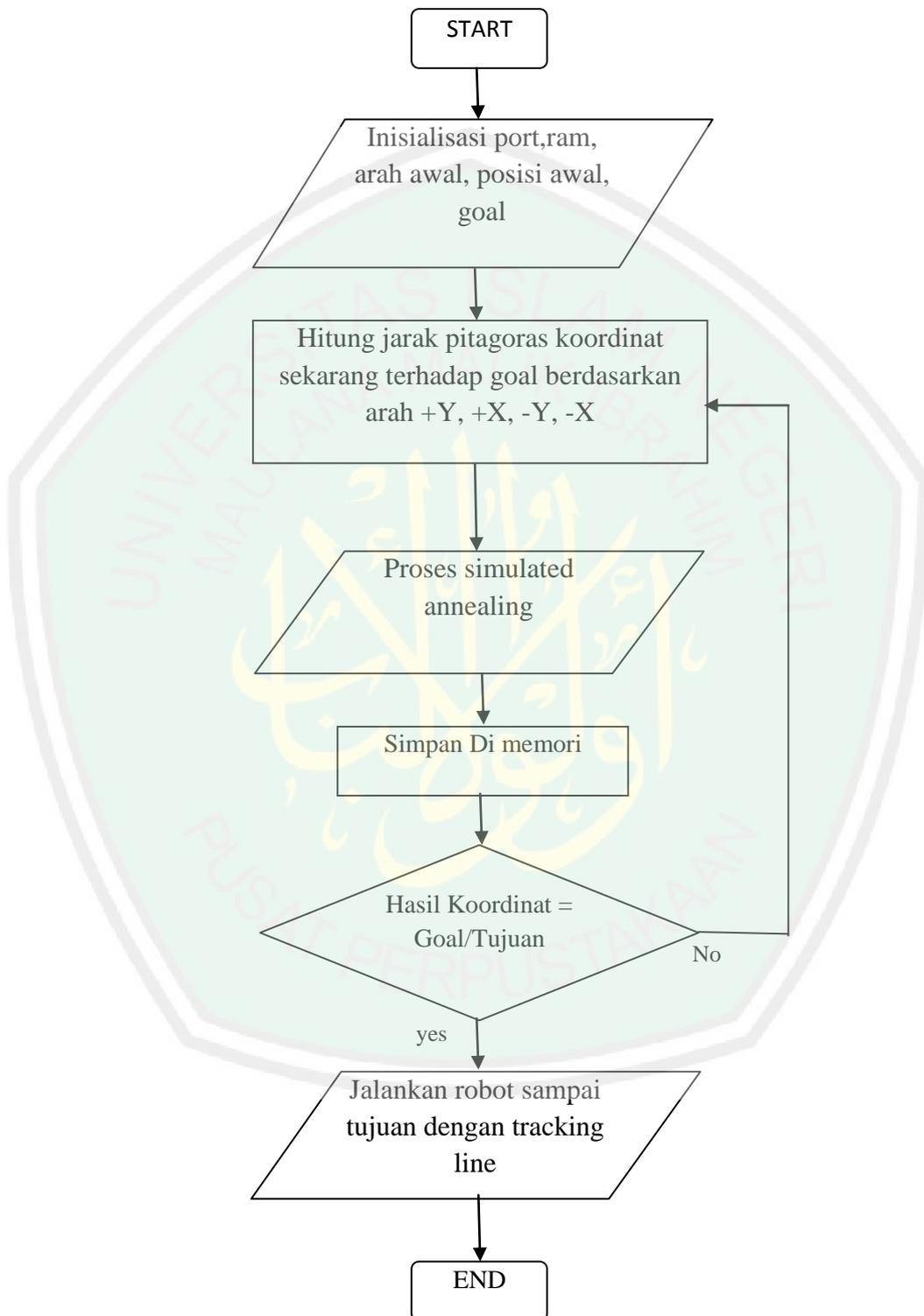
$$K = 2 (\text{Arah} - X)$$

- Hasilnya disimpan di “hasil 3”

$$K = 3 (\text{Arah} - Y)$$

- Hasilnya disimpan di “hasil 4”





**Gambar 3.16 Flowchart Simulated Annealing**

Pertama-tama setelah robot mobil dinyalakan, tombol start diaktifkan lalu robot akan menyimpan variabel-variabel memori posisi awal, koordinat awal, dan goal. Setelah itu akan di hitung jarak pitagoras koordinat sekarang terhadap goal berdasarkan arah  $+Y$ ,  $+X$ ,  $-Y$ ,  $-X$ . Setelah itu akan dianalisa oleh proses annealing untuk menentukan jarak terdekat koordinat terhadap goal dan hasilnya akan disimpan di memori sebagai acuan aksi yang akan dilakukan. Apabila koordinat tidak sama dengan goal maka proses perhitungan dan annealing dilanjutkan ke koordinat selanjutnya sampai koordinat sama dengan goal, kalau sudah sama dengan goal maka proses tracking dimulai sampai tujuan.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini dibahas mengenai hasil uji coba sistem yang telah dibuat. Uji coba dilakukan untuk mengetahui kerja dari perangkat keras dan perangkat lunak sistem, apakah dapat berjalan sesuai dengan spesifikasi perencanaan yang telah ditentukan.

#### 4.1 Lingkungan Uji coba

Lingkungan ujicoba meliputi perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*) yang digunakan. Spesifikasi perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan dalam ujicoba antara lain adalah:

1. Perangkat keras (*Hardware* yang dipakai pada komputer)
  - a. Processor Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU 2.0 GHz.
  - b. Memory 1.5 GB.
  - c. Hardisk 160 GB.
  - d. Mouse, keyboard, dan monitor
  - e. VGA Intel 512 Gb
2. Perangkat Lunak (*Software*)
  - a. Windows 7 32 bit

b. AVR ISP

c. CodeVisionAVR

### 3. Perangkat keras robot

a. Microcontroller

b. Sensor Garis

c. Motor DC

d. LCD

### 4.2 Analisa

Banyak kemampuan dari berbagai mobile robot dengan tingkat dan jenis keperluan dimana dalam hal ini robot yang dipakai adalah robot line follower. Robot line follower yang biasa disebut juga dengan robot pengikut garis merupakan suatu jenis robot beroda yang memiliki sensor untuk mendeteksi suatu garis dengan pola tertentu kemudian bergerak mengikuti garis tersebut. Kelebihan dari robot ini yaitu dapat mengetahui rute atau jalur tercepat melalui sensor yang dimiliki oleh robot tersebut. Ada berbagai sensor yang dimiliki oleh robot yang biasa digunakan, diantaranya sensor api (flame detector), sensor proximity, sensor ultrasonic, rotary encoder, kamera, magnetic compass, dan lain-lain. Sensor yang digunakan dalam robot line follower ini yaitu sensor proximity. Sensor ini adalah sensor yang cocok digunakan untuk robot line follower karena sensor ini hanya

mendeteksi ada atau tidaknya suatu objek atau dalam permasalahan yang dikaji dalam skripsi ini hanya mendeteksi garis hitam atau putih.

Dalam membuat robot line follower ini memerlukan berbagai rangkaian elektronika, rangkaian elektronika yang digunakan pada robot line follower ini menggunakan rangkaian sensor, komparator, driver motor dan ATmega 8535 sebagai fungsi otak pada robot. Sistem navigasi robot yang digunakan dalam robot line follower ini menggunakan sistem kontrol konvensional, kontrol P, kontrol I, kontrol D atau gabungan kontrol PID. Sistem kontrol PID (Proportional Integral Derivative) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem robot line follower. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan. Kelebihan sistem PID dalam robot line follower ini yaitu robot dapat berjalan dengan baik dan halus (pergerakan robot stabil).

### **4.3 Pembahasan**

#### **4.3.1 Perancangan Robot Line Follower**

Robot line follower yang akan dirancang terdiri dari rangkaian elektronika, rangkaian sensor, motor dc, baterai, LCD, tombol switch dan menggunakan ATmega 8535 ditunjukkan pada gambar berikut ini :



**Gambar 4.1. Robot tampak atas dan bawah**

.Dalam pembuatan robot ini menggunakan 8 buah sensor LDR yang dipasang berjajar di bawah bodi robot untuk mendeteksi garis hitam. Sensor dipasang untuk menghasilkan keluaran berupa logika “0” dan “1”. Keluaran dari rangkaian sensor ini dihubungkan ke mikrokontroler ATmega8535. Pertama-tama masukan awal dari pembacaan sensor adalah nilai tegangan ADC yang dihasilkan oleh led. Kemudian nilai tegangan ADC dibaca oleh sistem dan sistem memeriksa nilai tegangan untuk sensor garis. Ketetapan nilai yang diperiksa untuk untuk sensor antara 150 sampai 255. Jika nilai diantara 150 sampai 255 maka sensor dianggap berada diatas garis dan nilai 1 dimasukkan ke dalam array sesuai dengan indeks sensor. Jika nilai sensor diluar nilai yang ditetapkan maka nilai 0 akan dimasukkan kedalam array sesuai dengan indeks sensor. Nilai-nilai array tersebut menjadi data sensor untuk parameter pergerakan robot. Berikut gambar source code nya :

```

if (s[0]>=150 && s[0]<=255){sen[0]=1;}      else {sen[0]=0;}
if (s[1]>=150 && s[1]<=255){sen[1]=1;}      else {sen[1]=0;}
if (s[2]>=150 && s[2]<=255){sen[2]=1;}      else {sen[2]=0;}
if (s[3]>=150 && s[3]<=255){sen[3]=1;}      else {sen[3]=0;}
if (s[4]>=150 && s[4]<=255){sen[4]=1;}      else {sen[4]=0;}
if (s[5]>=150 && s[5]<=255){sen[5]=1;}      else {sen[5]=0;}
if (s[6]>=150 && s[6]<=255){sen[6]=1;}      else {sen[6]=0;}
if (s[7]>=150 && s[7]<=255){sen[7]=1;}      else {sen[7]=0;}

```

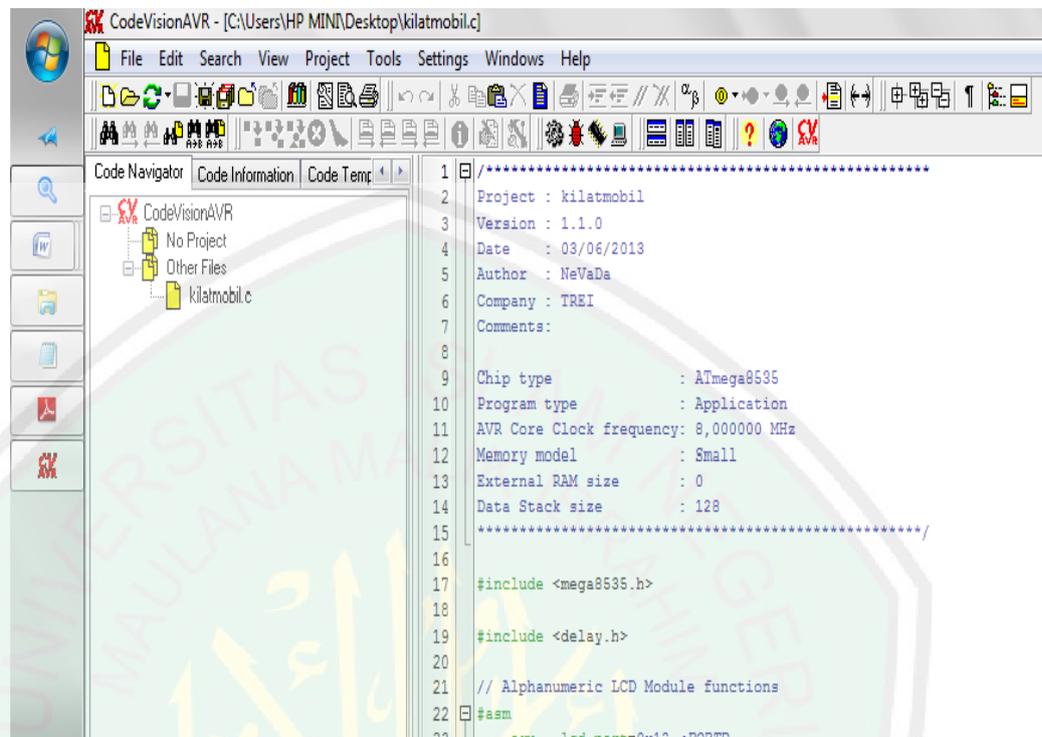
**Gambar 4.2 source code baca sensor**

#### 4.3.2 Rangkaian Elektronika pada robot

Dalam membuat robot line follower ini memerlukan berbagai rangkaian elektronika, rangkaian elektronika yang digunakan pada robot line follower ini menggunakan rangkaian sensor, driver motor dan mikrokontroler ATmega 8535 sebagai fungsi otak pada robot.

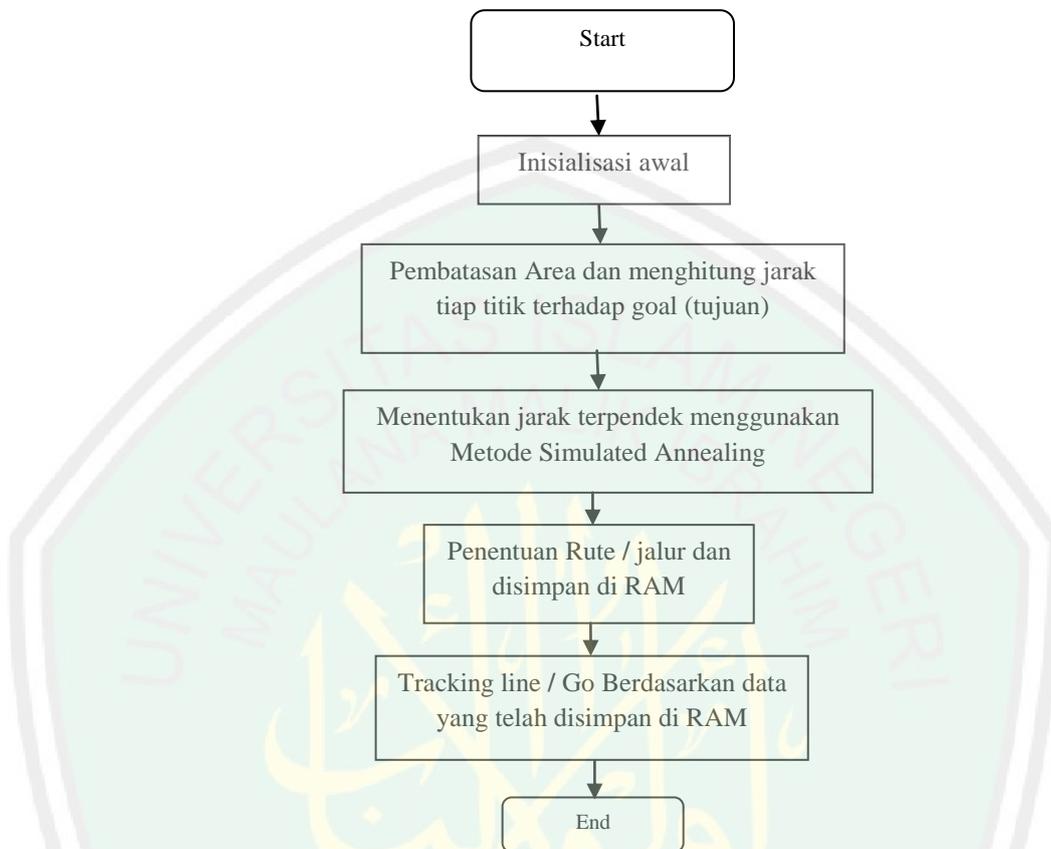
#### 4.4 Desain software secara keseluruhan

Perancangan *software* merupakan bagian paling penting dalam mobil robot. Pada bagian ini akan dijelaskan alur dari program. Dalam pemrograman digunakan bahasa C dengan compiler *Code Vision AVR*, ini adalah tampilan dari program *Code Vision AVR*:



**Gambar 4.3 Aplikasi Code Vision AVR**

Pada aplikasi ini peneliti mengatur konfigurasi pada mikrokontroler melalui tool yang tersedia pada *Code vision avr* dan menuliskan *source code* yang akan dimasukkan ke dalam IC mikrokontroler ATmega 8535. Berikut alur program secara keseluruhan :



**Gambar 4.4 Desain *software***

Pemetaan merupakan hal yang penting yang pertama kali dilakukan dalam alur program. Berhasil atau tidaknya pencarian benda ataupun penentuan jalur tercepat tidak lepas dari pemetaan ini. Dengan pemetaan ini maka seluruh area yang ada akan digambarkan. Hasil yang didapat dari pemetaan tersebut akan dijadikan acuan untuk menghitung kuadrat jarak lurus setiap titik yang ada pada area terhadap titik tujuan. Dengan menggunakan area dari lintasan, kemudian sensor mengirim nilai hasil pemetaan kedalam *microcontroller*. Dan nilai tersebut kemudian akan dianalisa dengan menggunakan metode *Simulated Annealing*. Dengan metode ini maka akan didapatkan rute yang tercepat menuju titik tujuan. Namun, rute ini masih berupa alamat RAM bukan nilai *output port* yang

sesungguhnya. Oleh karena itu perlu diubah menjadi *output port*. Barulah robot tersebut dapat menelusuri jalur yang telah didapat. Jalur tersebut merupakan jalur tercepat menuju tujuan yang diinginkan.

#### 4.5 Hubungan robot dengan metode *Simualted Annealing*

##### 4.5.1 Menentukan jarak terdekat dengan metode *Simulated Annealing*

- Membandingkan hasil 1, hasil 2, hasil 3 , dan hasil 4
- Nilai terkecil menjadi nilai “hasil baru”
- Jika nilai “hasil baru” < “hasil sekarang” maka hasil sekarang adalah hasil baru (hasil baru menjadi hasil sekarang).
- Jika nilai “hasil baru” > “hasil sekarang”, maka hasil sekarang “tetap”.
- Membandingkan “hasil sekarang” dengan “hasil 1”, “hasil 2”, “hasil 3”, “hasil 4”
- Memberikan kode “arah” untuk koordianat sekarang.

Proses saat hasil baru menjadi hasil sekarang (“hasil baru” < “hasil sekarang”)

- Hitung hasil 1 , hasil 2, hasil 3, hasil 4 secara eksponensial dan random.
- Simpan hasilnya di play 1, play 2, play 3, play 4.
- Decremen suhu T.
- Bandingkan play 1, play 2, play 3, play 4.
- Bila “play 1” terbesar, maka “hasil sekarang” adalah hasil 1.
- Bila “play 2” terbesar, maka “hasil sekarang” adalah hasil 2.
- Bila “play 3” terbesar, maka “hasil sekarang” adalah hasil 3.
- Bila “play 4” terbesar, maka “hasil sekarang” adalah hasil 4.

- Bandingkan “hasil sekarang” dengan hasil 1, 2, 3, 4.
- Memberikan kode “arah” untuk koordinat sekarang.
- Simpan kode “arah” di memori.
- Apakah koordinat sekarang = Goal / akhir.
- Jika tidak, kembali ke hitung  $K=0$ .
- Jika = , jalankan mobil (Tracking).
- Selesai.

Inisialisasi awal :

- Terdiri dari penentuan arah mobil pertama kali
- Posisi awal mobil
- Nilai goal / tujuan

Pembatasan Area dan Menghitung jarak tiap titik terhadap goal, terdiri dari 4 tahap yaitu:

- Tahap 1 ( $k=0$ ), Arah +X
- Tahap 2 ( $k=1$ ), arah +Y
- Tahap 3 ( $k=2$ ), arah -X
- Tahap 4 ( $k=3$ ), arah -Y

$K = 0$  (Arah + X)

- Menentukan titik-titik koordinat “buntu”.
- Menentukan titik koordinat dengan incremen / kenaikan titik koordinat 2 kali.

$$x^2 + y^2 =$$

- Menghitung pitagoras posisi sekarang terhadap goal.
- Hasilnya disimpan di “hasil 1”

$$K = 1 \text{ (Arah + Y)}$$

- Sama seperti  $k = 0$  , tapi hasilnya disimpan di “hasil 2”

$$K = 2 \text{ (Arah - X)}$$

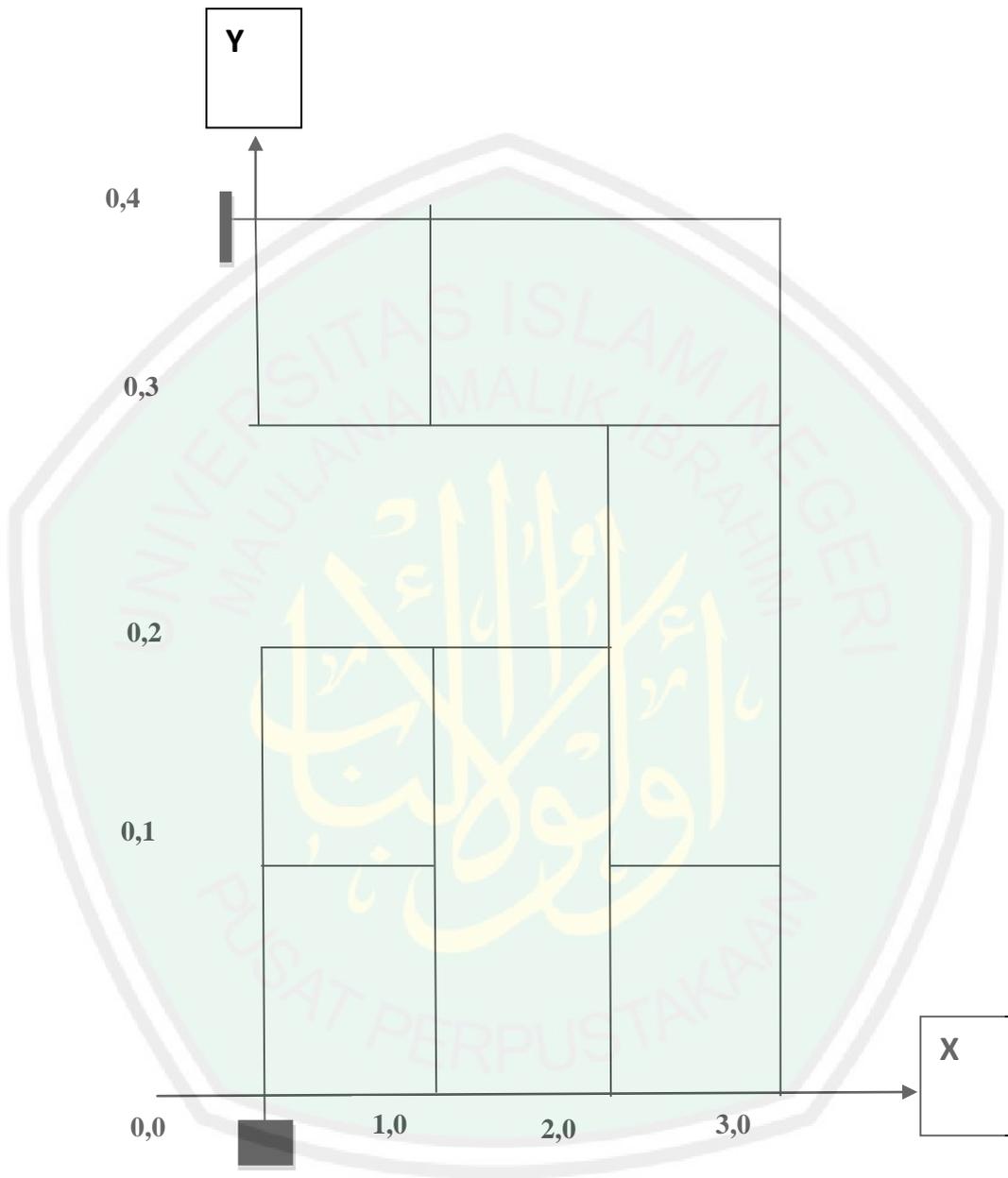
- Hasilnya disimpan di “hasil 3”

$$K = 3 \text{ (Arah - Y)}$$

- Hasilnya disimpan di “hasil 4”

#### 4.6 Kondisi dan proses robot pada arena

Sebelum memetakan lintasan dengan matrix 3X4 sampai menemukan tujuan akhir dari objek yang dituju.



**Gambar 4.5 Gambar lintasan dengan matrix 3x4**

Sebelum robot maju dalam lintasan robot mempunyai nilai awalan sebagai

Berikut gambar source code nya :

```
// nilai awal
posisi_x=0;
posisi_y=0;
akhir_x=0;
akhir_y=4;
arah=2;
sampai=1;
ulangan=1;
set_pwm(180,180);
```

**Gambar 4.6 source code inisialisasi awal**

Pada gambar 4.6 pada proses inisialisasi awal robot berada pada posisi koordinat matrix pada sumbu x dan y (0,0) dan akan berhenti pada koordinat (0,4), pada arah 2 robot akan melakukan proses maju untuk pertama kalinya. Setelah melakukan inisialisasi awal robot melakukan loping sampai tujuan lalu melakukan perhitungan pitagoras untuk nilai hasil sekarang, jika hasil sekarang sama dengan 0 maka robot akan langsung jalan dan proses loping perhitungan sampai dengan tracking robot dengan melihat jarak pitagoras untuk tiap koordinat terhadap tujuan, arah. Dengan menghitung dan membandingkan tiap koordinat dengan menggunakan metode simulated annealing dan menyimpan nilai untuk kode belok kiri, kanan, maju, dan mundur di Ram sesuai dengan koordinat yang dipilih.

```

while (sampai!=0) // start
{
// proses keadaan sekarang
hitung();
hasil_sekarang=hasil_pitagoras;
// hasil_sekarang=0;
if (hasil_sekarang==0 )
{ data_jalan[0]=0;
tracking(); }
else
{ do
{ cek_jarak();
bandingkan();

data_jalan[ulangan]=nilai;
ulangan++;
}
}
}

```

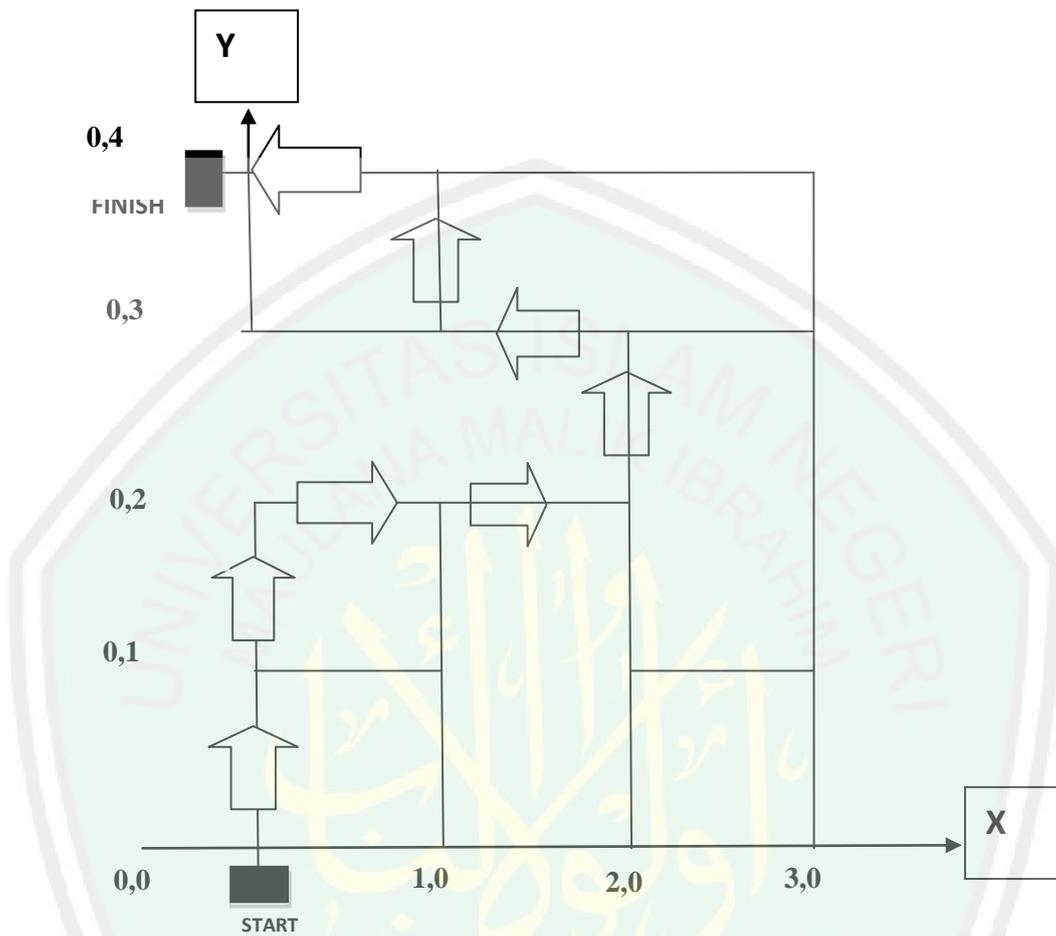
**Gambar 4.7** source code proses untuk menemukan tujuan dengan menggunakan metode *simulated annealing*

#### 4.7 Hasil pengujian

Pengujian sistem telah dilakukan dengan variasi posisi start dan posisi tujuan untuk melihat performans sistem apakah dapat mencari rute terdekat. Beberapa pengujian yang dilakukan antara lain posisi start (0,0) dan posisi tujuan (0,4), posisi start (0,0) dan posisi tujuan (2,3), posisi start (1,0) dan posisi tujuan (1,4), posisi start (2,0) dan posisi tujuan (1,3). Semua dari hasil pengujian yang didapatkan oleh robot mobil pencari rute terdekat dengan menggunakan metode *Simulated Annealing*. Seperti gambar berikut :



Gambar 4.8 hasil pengujian posisi start (0,0) dan posisi tujuan (0,4)



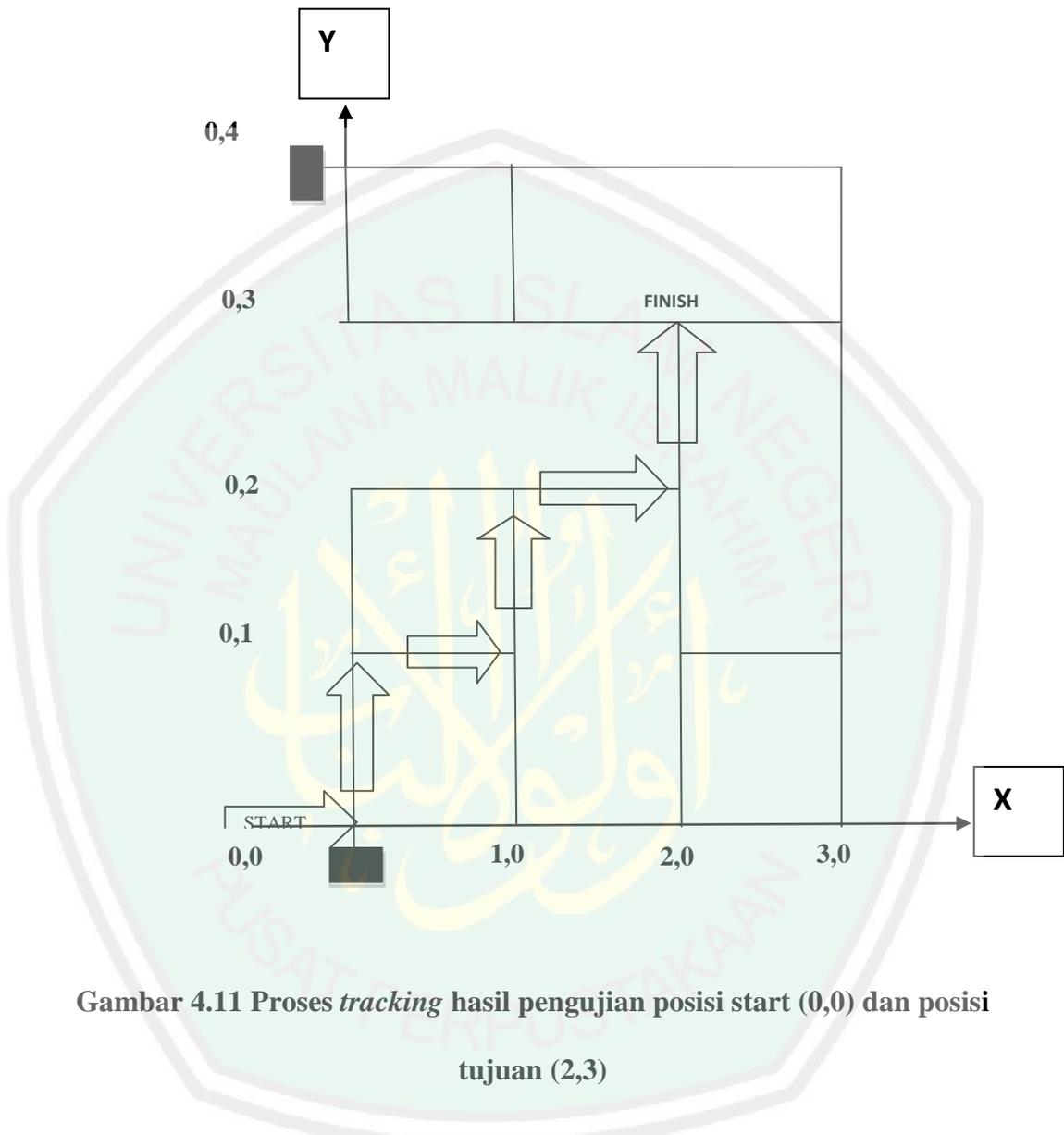
**Gambar 4.9** Proses *tracking* hasil pengujian posisi start (0,0) dan posisi tujuan (0,4)

Pada gambar 4.8 dan gambar 4.9 pada proses inialisasi awal robot berada pada posisi koordinat matrix pada sumbu x dan y (0,0) dan akan berhenti pada koordinat (0,4), pada arah 2 robot akan melakukan proses maju untuk pertama kalinya. Setelah melakukan inialisasi awal robot melakukan loping sampai tujuan lalu melakukan perhitungan pitagoras untuk nilai hasil sekarang, jika hasil sekarang sama dengan 0 maka robot akan langsung jalan dan proses loping perhitungan sampai dengan tracking robot dengan melihat jarak pitagoras untuk

tiap koordinat terhadap tujuan, arah. Dengan menghitung dan membandingkan tiap koordinat dengan menggunakan metode simulated annealing dan menyimpan nilai untuk kode belok kiri, kanan, maju, dan mundur di Ram sesuai dengan koordinat yang dipilih.



**Gambar 4.10** hasil pengujian posisi start (0,0) dan posisi tujuan (2,3)



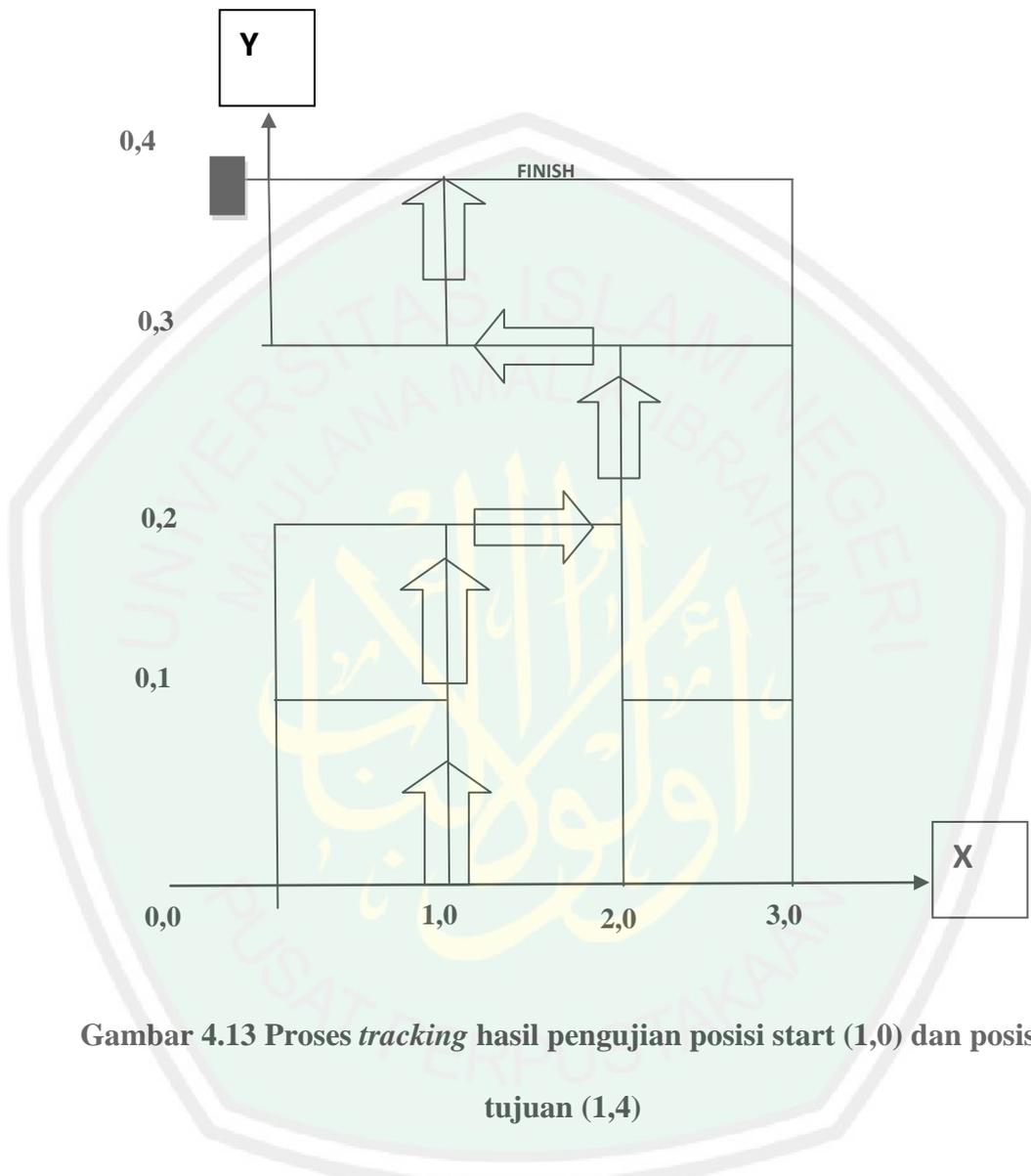
**Gambar 4.11** Proses *tracking* hasil pengujian posisi start (0,0) dan posisi tujuan (2,3)

Pada gambar 4.10 dan gambar 4.11 pada proses inialisasi awal robot berada pada posisi koordinat matrix pada sumbu x dan y (0,0) dan akan berhenti pada koordinat (2,3), pada arah 1 robot akan melakukan proses maju untuk pertama kalinya. Setelah melakukan inialisasi awal robot melakukan loping sampai tujuan lalu melakukan perhitungan pitagoras untuk nilai hasil sekarang, jika hasil sekarang sama dengan 0 maka robot akan langsung jalan dan proses

loping perhitungan sampai dengan tracking robot dengan melihat jarak pitagoras untuk tiap koordinat terhadap tujuan, arah. Dengan menghitung dan membandingkan tiap koordinat dengan menggunakan metode simulated annealing dan menyimpan nilai untuk kode belok kiri, kanan, maju, dan mundur di Ram sesuai dengan koordinat yang dipilih.



**Gambar 4.12** hasil pengujian posisi start (1,0) dan posisi tujuan (1,4)



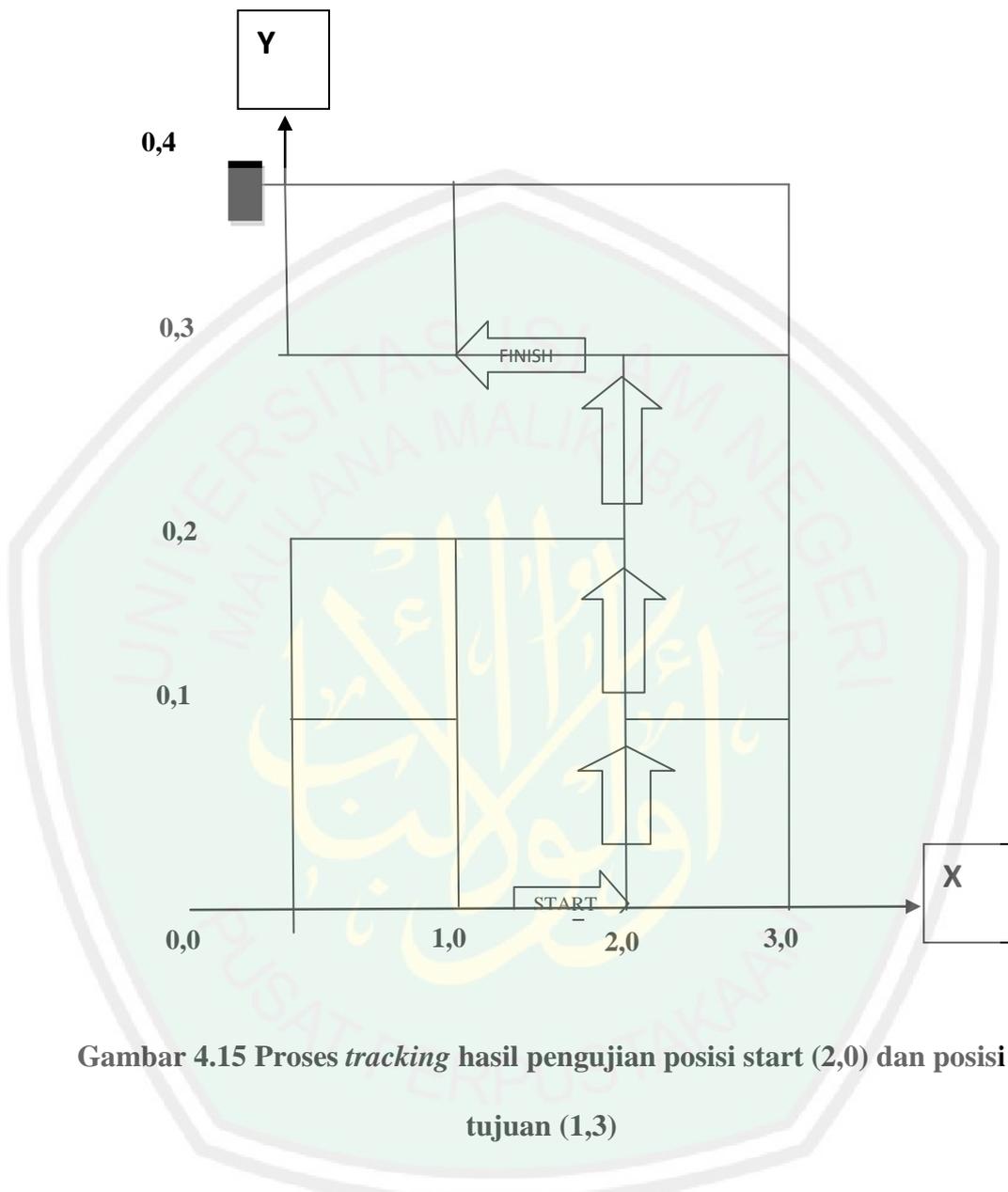
**Gambar 4.13** Proses *tracking* hasil pengujian posisi start (1,0) dan posisi tujuan (1,4)

Pada gambar 4.12 dan gambar 4.13 pada proses inialisasi awal robot berada pada posisi koordinat matrix pada sumbu x dan y (1,0) dan akan berhenti pada koordinat (1,4), pada arah 2 robot akan melakukan proses maju untuk pertama kalinya. Setelah melakukan inialisasi awal robot melakukan loping sampai tujuan lalu melakukan perhitungan pitagoras untuk nilai hasil sekarang, jika hasil sekarang sama dengan 0 maka robot akan langsung jalan dan proses

loping perhitungan sampai dengan tracking robot dengan melihat jarak pitagoras untuk tiap koordinat terhadap tujuan, arah. Dengan menghitung dan membandingkan tiap koordinat dengan menggunakan metode simulated annealing dan menyimpan nilai untuk kode belok kiri, kanan, maju, dan mundur di Ram sesuai dengan koordinat yang dipilih.



**Gambar 4.14** hasil pengujian posisi start (2,0) dan posisi tujuan (1,3)



**Gambar 4.15** Proses *tracking* hasil pengujian posisi start (2,0) dan posisi tujuan (1,3)

Pada gambar 4.14 dan gambar 4.15 pada proses inialisasi awal robot berada pada posisi koordinat matrix pada sumbu x dan y (2,0) dan akan berhenti pada koordinat (1,3), pada arah 1 robot akan melakukan proses maju untuk pertama kalinya. Setelah melakukan inialisasi awal robot melakukan loping sampai tujuan lalu melakukan perhitungan pitagoras untuk nilai hasil sekarang, jika hasil sekarang sama dengan 0 maka robot akan langsung jalan dan proses

loping perhitungan sampai dengan tracking robot dengan melihat jarak pitagoras untuk tiap koordinat terhadap tujuan, arah. Dengan menghitung dan membandingkan tiap koordinat dengan menggunakan metode simulated annealing dan menyimpan nilai untuk kode belok kiri, kanan, maju, dan mundur di Ram sesuai dengan koordinat yang dipilih.

Pada gambar 4.8 sampai gambar 4.15, Pertama-tama ditentukan posisi start dan tujuan robot lalu robot akan secara otomatis menentukan rute dari start sampai tujuan dengan metode Simulated Annealing. Robot akan berjalan secara tracking line menuju ke tujuan. Robot tersebut dengan metode kecerdasan buatan akan menentukan jalur yang terdekat untuk mencapai titik tujuan tersebut dan rute terpendek adalah rute tercepat. Dalam pemetaan ini area yang ada dianalogikan memiliki koordinat x dan y. Setiap persimpangan dari area tersebut disimbolkan sebagai titik dari koordinat x dan y. Area yang digunakan terbuat dari bujur sangkar dan persegi panjang. Dengan nilai koordinat maksimum x dan y adalah 3,4. Pemetaan merupakan hal yang penting yang pertama kali dilakukan dalam alur program. Berhasil atau tidaknya pencarian benda ataupun penentuan jalur terpendek tidak lepas dari pemetaan ini. Dengan pemetaan ini maka seluruh area yang ada akan digambarkan. Dan berikut hasil waktunya :

**Tabel 4.1 Hasil waktu proses *tracking***

<b>Koordinat start dan tujuan</b>	<b>Waktu</b>
(0,0)→(0,4)	18.74 detik
(0,0)→(2,3)	13.49 detik
(1,0)→(1,4)	16.54 detik
(2,0)→(1,3)	08.21 detik

Pada Tabel 4.1 diperoleh hasil waktu pada proses *tracking* dari posisi start sampai tujuan. Pada posisi koordinat awal (0,0) dan tujuan (0,4) diperoleh waktu 18.74 detik, koordinat awal (0,0) dan tujuan (2,3) diperoleh waktu 13.49 detik, koordinat awal (1,0) dan tujuan (1,4) diperoleh waktu 16.59 detik, koordinat awal (2,0) dan tujuan (1,3) diperoleh waktu 08.21 detik.

## BAB V

### PENUTUP

Pada bab terakhir ini dijelaskan mengenai kesimpulan yang didapat dari pengerjaan skripsi ini, beserta saran-saran yang perlu diperhatikan untuk pengembangan selanjutnya.

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan beberapa kali pengujian, diambil kesimpulan sebagai berikut :

- metode *Simulated Annealing* berhasil diterapkan untuk pencarian rute terdekat pada robot *line follower*.

#### 5.2 Saran

Saran yang hendak disampaikan terkait dengan pengerjaan skripsi ini adalah :

- Perhitungan jarak antar titik disarankan tidak hanya menggunakan pytagoras tetapi juga dengan cara perhitungan yang lain untuk mengetahui hasilnya dengan cara yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alejandro R. Mosteo and Luis Montano. *Simulated annealing for multi-robot hierarchical task allocation with flexible constraints and objective functions*. Departamento de Inform'atica e Ingenier'ia de Sistemas. Universidad de Zaragoza Instituto de Investigaci'on en Ingenier'ia de Arag'on, I3A.
- Azhar Arsyad. 2011. *Buah cemara integrasi dan interkoneksi sains dan ilmu agama*. Uin Alauddin Makassar.
- Didik Wiyono, S.T. 2007. *Panduan praktis mikrokontroller keluarga avr*. Surabaya : Innovative Electronics.
- Fransiskus Xaverius Ivan. 2005. *Rumus parameter bagi persamaan super*. Jakarta : Fakultas Teknobiologi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya.
- Munawar Rahmat. *Islam satu-satunya hidayah*
- Prihono, S.T, M.T, dkk . 2009. *Jago elektronika secara otodidak*. PT Kawan Pustaka
- S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt, and M. P. Vecchi. *Optimization by simulated annealing*. Science, vol. 4598, no. 220, pp. 671–680, May 1983.
- Sulhan Setiawan. 2006,2008. *Mudah dan menyenangkan belajar mikrokontroller*. Yogyakarta : C.V Andi Offset
- Thiang, Dhany Indrawan. 2008. *Implementasi Metode Simulated Annealing pada Robot Mobil untuk Mencari Rute Terpendek*. Surabaya : Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra.
- Widodo Budiharto. 2008. *10 proyek robot spektakuler*. Jakarta : PT elex media komputindo.

# ROBOT LINE FOLLOWER PENCARI RUTE TERDEKAT MENGGUNAKAN METODE SIMULATED ANNEALING

Muhamad Kilat Adinugroho Syaifullah

Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang

[kiblexpusserangin@gmail.com](mailto:kiblexpusserangin@gmail.com)

## Abstrak

**Kata Kunci :** *Simulated Annealing*, Mikrokontroler ATmega 8535, Robot *Line Follower*

Penelitian ini menerapkan sebuah metode, yaitu menggunakan metode *Simulated Annealing* untuk menentukan rute tercepat dari robot *line follower* yang mana dengan penerapan metode ini diharapkan bisa mempercepat robot *line follower* dalam menyelesaikan rute perjalanannya. Ide dasar *simulated annealing* terbentuk dari pemrosesan logam. *Annealing* (memanaskan kemudian mendinginkan) dalam pemrosesan logam ini adalah suatu proses bagaimana membuat bentuk cair berangsur-angsur menjadi bentuk yang lebih padat seiring dengan penurunan temperatur. *Simulated annealing* biasanya digunakan untuk penyelesaian masalah yang mana perubahan keadaan dari suatu kondisi ke kondisi yang lainnya membutuhkan ruang yang sangat luas. Pembuatan robot ini menggunakan sebuah mikrokontroler tipe ATmega 8535 yang berfungsi sebagai pengatur dan pengolah data. Setiap titik persimpangan dalam area dihitung berdasarkan nilai jarak tiap titik tersebut terhadap titik tujuan pada area. Metode *Simulated Annealing* digunakan untuk mengevaluasi nilai jarak tiap titik tersebut. Nilai yang di dapat merupakan acuan robot untuk mengambil keputusan untuk menentukan rute terdekat.

## 1. PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi mendorong manusia untuk mengatasi permasalahan yang timbul di sekitarnya. Seperti robot pencari rute terdekat dapat membantu menemukan rute yang paling dekat dengan cara pemetaan terlebih dahulu untuk mendapatkan informasi-informasi yang tepat untuk mencapai tujuan.

Robot *line follower* ini adalah sebuah robot yang termasuk kategori robot *mobile* yang didesain bekerja secara otomatis. Robot ini bekerja dengan sistem mengikuti atau biasa disebut juga dengan *Line tracer* merupakan suatu robot yang mampu bergerak (*mobile*) mengikuti jalur panduan garis. Garis panduan yang digunakan dalam hal ini adalah garis putih yang ditempatkan dalam permukaan yang gelap atau sebaliknya garis gelap yang ditempatkan dalam permukaan yang putih. Prinsip kerja pendeteksian garis panduan dari robot tersebut adalah bahwa tiap-tiap warna permukaan memiliki kemampuan untuk memantulkan cahaya yang berbeda-beda. Warna putih memiliki kemampuan memantulkan cahaya lebih banyak, sebaliknya warna hitam memiliki kemampuan memantulkan cahaya sangat sedikit. Hal itulah yang digunakan untuk mendeteksi garis panduan tersebut. Kebanyakan robot *line follower* masih bekerja hanya mengikuti garis yang telah ditentukan

saja. Jika garis yang ditentukan sangat panjang tentu saja dapat menyita waktu yang banyak, untuk itulah perlu dibuat sebuah metode yang mana bisa membuat robot bisa dengan cepat menyelesaikan pekerjaannya.

Untuk itu peneliti disini akan menerapkan metode, yaitu menggunakan metode *Simulated Annealing* untuk menentukan rute tercepat dari robot *line follower* yang mana dengan penerapan metode ini diharapkan bisa mempercepat robot *line follower* dalam menyelesaikan rute perjalanannya. Dalam penerapan metode *Simulated Annealing* peneliti pertama-tama menentukan posisi start dan tujuan robot, lalu robot akan menentukan rute dari start sampai tujuan dengan metode *Simulated Annealing* yang digunakan untuk menganalisa rute tersebut. Lalu robot akan berjalan secara *tracking* menuju ke tujuan. Dengan metode kecerdasan buatan robot akan menentukan jalur yang terdekat untuk mencapai titik tujuan tersebut.

## 2. SIMULATED ANNEALING DAN ROBOT LINE FOLLOWER

Algoritma *Simulated Annealing* diperkenalkan oleh Metropolis et al. Pada tahun 1953, dan aplikasinya dalam masalah optimasi dilakukan pertama kali oleh Kirkpatrick et al. Tahun 1983. Algoritma ini beranalogi dengan proses *annealing*

(pendinginan) yang diterapkan dalam pembuatan material glassy (terdiri dari butir kristal). Dari sisi ilmu fisika, tujuan sistem ini adalah untuk meminimasi energi potensial. Ide dasar simulated annealing terbentuk dari pemrosesan logam. Annealing (memanaskan kemudian mendinginkan) dalam pemrosesan logam ini adalah suatu proses bagaimana membuat bentuk cair berangsur-angsur menjadi bentuk yang lebih padat seiring dengan penurunan temperatur. Simulated annealing biasanya digunakan untuk penyelesaian masalah yang mana perubahan keadaan dari suatu kondisi ke kondisi yang lainnya membutuhkan ruang yang sangat luas. *Simulated Annealing* mempunyai 3 komponen untuk melakukan *annealing schedule*. Pertama adalah *temperature*, kedua adalah berapa *temperature* itu akan berkurang, ketiga adalah berapa besar *temperature* tersebut berkurang setiap terjadi perubahan. Juga yang tidak boleh dilupakan kapan *temperature* tersebut berhenti berkurang. Temperatur dalam penelitian ini dianalogikan pada nilai yang ada pada setiap jalur. Nilai jalur tersebut didapatkan saat robot melalui jalur tersebut.

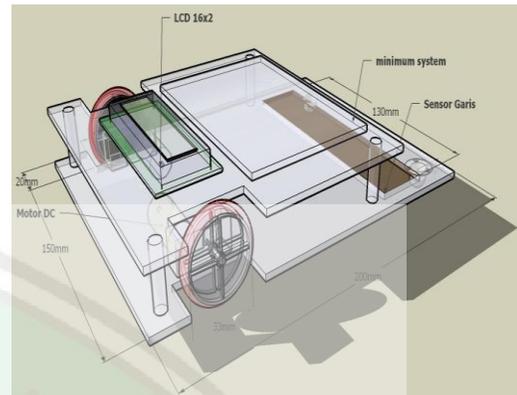
Line follower adalah suatu robot berbentuk umumnya menyerupai mobil kecil, yang bekerja mengikuti garis hitam atau putih. Hasil dari perubahan warna tersebut menyebabkan nilai pada photo diode berubah sehingga menyebabkan nilai yang masuk ke dalam port ADC pada mikrokontroler berubah, dan nilai ADC tersebut yang di olah menjadi sebuah input. Robot mendeteksi garis tersebut menggunakan sensor yang terdiri dari infra merah (led juga bisa) sebagai transmitter dan photo dioda sebagai penerimanya. Untuk mengikuti garis tersebut, robot bergerak secara otomatis yang digerakkan oleh motor DC dan rangkaian programnya, dan untuk semua proses itu dikendalikan oleh microcontroller.

### 3. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

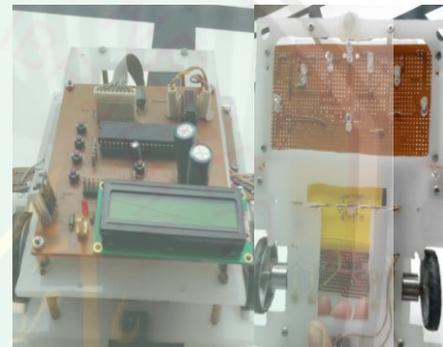
Pada awalnya, robot diberitahu informasi peta, posisi start dan posisi tujuan. Dengan menggunakan metode *Simulated Annealing*, robot akan mencari rute terdekat dari posisi start sampai posisi tujuan, kemudian robot akan bergerak sesuai dengan rute yang telah didapat secara *tracking line* menuju ke tujuan. Dalam pemetaan ini area yang ada dianalogikan memiliki koordinat x dan y. Setiap persimpangan dari area tersebut disimbolkan sebagai titik dari koordinat x dan y.

Bentuk dasar robot dari *Acrylic* bening dengan tebal 3mm kotak persegi dengan 3 buah roda sebagai penggerak. Robot line follower ini terdiri dari rangkaian elektronika, rangkaian sensor, motor dc,

batrai, LCD, tombol switch dan menggunakan ATmega 8535.



Gambar 1. Desain Hardware



Gambar 2. Robot tampak atas dan bawah

Rangkaian yang digunakan untuk robot ini adalah rangkaian ATMEGA8535 sebagai otak sistem, rangkaian sensor menggunakan cahaya LDR dengan sebuah LED, motor menggunakan rangkaian *H-bridge*. Sensor digunakan sebagai input dari robot, lalu hasil inputan akan di proses oleh mikrokontroler dan hasil output diterima oleh driver motor. Untuk menggerakkan motor, diperlukan sebuah komponen perantara dari mikrokontroler ke motor sehingga digunakan IC LM293d untuk menggerakkan motor penggerak. Dengan driver motor tegangan masukan dapat dikendalikan. Dalam pembuatan robot ini menggunakan 8 buah sensor LDR yang dipasang berjajar di bawah bodi robot untuk mendeteksi garis hitam. Pada robot ini pertama-tama masukan awal dari pembacaan sensor adalah nilai tegangan ADC yang dihasilkan oleh led. Kemudian nilai tegangan ADC dibaca oleh sistem dan sistem memeriksa nilai tegangan untuk sensor garis.

Ketetapan nilai yang diperiksa untuk untuk sensor antara 150 sampai 255. Jika nilai diantara 150 sampai 255 maka sensor dianggap berada diatas garis dan nilai 1 dimasukkan ke dalam array sesuai dengan indeks sensor. Jika nilai sensor diluar nilai yang

ditetapkan maka nilai 0 akan dimasukkan kedalam array sesuai dengan indeks sensor. Nilai-nilai array tersebut menjadi data sensor untuk parameter pergerakan robot.

Rangkaian mikrokontroler merupakan rangkaian utama dari sistem atau bisa dikatakan otak dari sistem secara keseluruhan, karena semua masukan dan keluaran diproses dalam mikrokontroler ATMEGA8535 ini. Mikrokontroler AVR ATmega8535 memiliki fitur yang cukup lengkap. Mikrokontroler AVR ATmega8535 telah dilengkapi dengan ADC internal, EEPROM internal, Timer/Counter, PWM, analog comparator, dll. Sehingga dengan fasilitas yang lengkap ini memungkinkan kita belajar mikrokontroler keluarga AVR dengan lebih mudah dan efisien, serta dapat mengembangkan kreativitas penggunaan mikrokontroler ATmega8535.

Tabel 1. koneksi mikrokontroler

Kaki Port	Fungsi
Port D	LCD
Port A 0-7	Inputan Sensor
Port B.0	Start
Port B.1	Stop
Port B.2	Clear EEPROM
Port B.3	Cadangan
Port C.0	Inputan Motor 1A
Port C.1	Inputan Motor 2A
Port C.2	Inputan Motor Enable 1,2 (PWM motor kanan)
Port C.3	Inputan Motor 3A
Port C.4	Inputan Motor 4A
Port C.5	Inputan Motor Enable 3,4 (PWM motor kiri)

Menentukan jarak terdekat dengan metode *Simulated Annealing* :

- Membandingkan hasil 1, hasil 2, hasil 3 , dan hasil 4
- Nilai terkecil menjadi nilai “hasil baru”
- Jika nilai “hasil baru” < “hasil sekarang” maka hasil sekarang adalah hasil baru (hasil baru menjadi hasil sekarang).
- Jika nilai “hasil baru” > “hasil sekarang”, maka hasil sekarang “tetap”.
- Membandingkan “hasil sekarang” dengan “hasil 1”, “hasil 2”, “hasil 3”, “hasil 4”
- Memberikan kode “arah” untuk koordianat sekarang.

Proses saat hasil baru menjadi hasil sekarang (“hasil baru” < “hasil sekarang”)

- Hitung hasil 1 , hasil 2, hasil 3, hasil 4 secara eksponensial dan random.
- Simpan hasilnya di play 1, play 2, play 3, play 4.
- Decremen suhu T.
- Bandingkan play 1, play 2, play 3, play 4.
- Bila “play 1” terbesar, maka “hasil sekarang” adalah hasil 1.
- Bila “play 2” terbesar, maka “hasil sekarang” adalah hasil 2.
- Bila “play 3” terbesar, maka “hasil sekarang” adalah hasil 3.
- Bila “play 4” terbesar, maka “hasil sekarang” adalah hasil 4.
- Bandingkan “hasil sekarang” dengan hasil 1, 2, 3, 4.
- Memberikan kode “arah” untuk koordinat sekarang.
- Simpan kode “arah” di memori.
- Apakah koordinat sekarang = Goal / akhir.
- Jika tidak, kembali ke hitung K=0.
- Jika = , jalankan mobil (Tracking).
- Selesai.

Inisialisasi awal :

- Terdiri dari penentuan arah robot pertama kali
- Posisi awal robot
- Nilai goal / tujuan

Pembatasan Area dan Menghitung jarak tiap titik terhadap goal, terdiri dari 4 tahap yaitu:

- Tahap 1 (k=0), Arah +X
- Tahap 2 (k=1), arah +Y
- Tahap 3 (k=2), arah -X
- Tahap 4 (k=3), arah -Y

K = 0 (Arah + X)

- Menentukan titik-titik koordinat “buntu”.
- Menentukan titik koordinat dengan incremen / kenaikan titik koordinat 2 kali.

$$x^2 + y^2 =$$

- Menghitung pitagoras posisi sekarang terhadap goal.
- Hasilnya disimpan di “hasil 1”

K = 1 (Arah + Y)

- Sama seperti k = 0 , tapi hasilnya disimpan di “hasil 2”

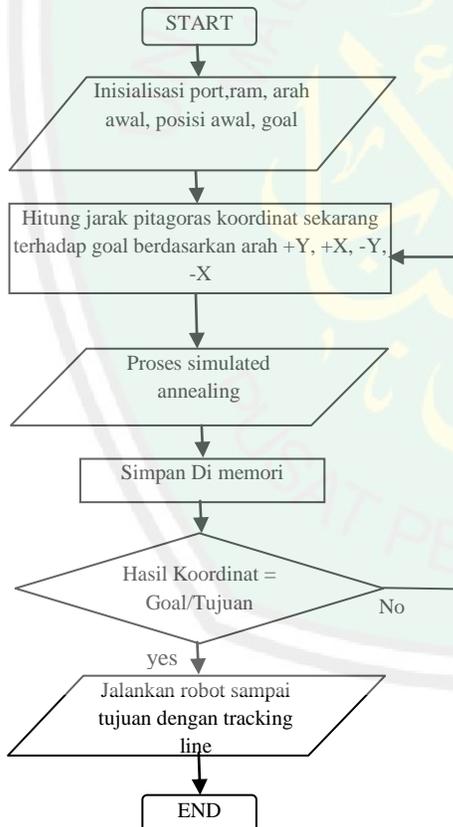
$K = 2$  (Arah - X)

- Hasilnya disimpan di "hasil 3"

$K = 3$  (Arah -Y)

- Hasilnya disimpan di "hasil 4"

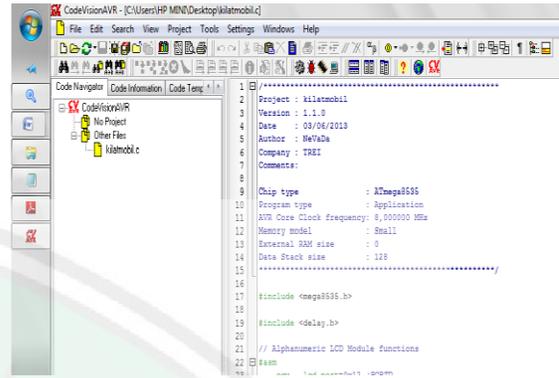
Pertama-tama setelah robot mobil dinyalakan, tombol start diaktifkan lalu robot akan menyimpan variabel-variabel memori posisi awal, koordinat awal, dan goal. Setelah itu akan di hitung jarak pitagoras koordinat sekarang terhadap goal berdasarkan arah +Y, +X, -Y,-X. Setelah itu akan akan dianalisa oleh proses annealing untuk menentukan jarak terdekat koordinat terhadap goal dan hasilnya akan disimpan di memori sebagai acuan aksi yang akan dilakukan. Apabila koordinat tidak sama dengan goal maka proses perhitungan dan annealing dilanjutkan ke koordinat selanjutnya sampai koordinat sama dengan goal, kalau sudah sama dengan goal maka proses tracking dimulai sampai tujuan.



Gambar 3. Flowchart Simulated Annealing

Perancangan *software* merupakan bagian paling penting dalam mobil robot. Pada bagian ini akan dijelaskan alur dari program. Dalam

pemrograman digunakan bahasa C dengan compiler *Code Vision AVR*,



Gambar 4. Aplikasi Code Vision AVR

Pada aplikasi ini peneliti mengatur konfigurasi pada mikrokontroler melalui tool yang tersedia pada *Code vision avr* dan menuliskan *source code* yang akan dimasukkan ke dalam IC mikrokontroler ATmega 8535.

#### 4. HASIL PENGUJIAN

Pengujian sistem telah dilakukan dengan variasi posisi start dan posisi tujuan untuk melihat performans sistem apakah dapat mencari rute terdekat. Beberapa pengujian yang dilakukan antara lain posisi start (0,0) dan posisi tujuan (0,4), posisi start (0,0) dan posisi tujuan (2,3), posisi start (1,0) dan posisi tujuan (1,4), posisi start (2,0) dan posisi tujuan (1,3). Semua dari hasil pengujian yang didapatkan oleh robot mobil pencari rute terdekat dengan menggunakan metode *Simulated Annealing*. Seperti gambar berikut :



Gambar 5. hasil pengujian posisi start (0,0) dan posisi tujuan (0,4)



**Gambar 6.** hasil pengujian posisi start (0,0) dan posisi tujuan (2,3)



**Gambar 7.** hasil pengujian posisi start (1,0) dan posisi tujuan (1,4)



**Gambar 8.** hasil pengujian posisi start (2,0) dan posisi tujuan (1,3)

Pada gambar 5 sampai gambar 8, Pertama-tama ditentukan posisi start dan tujuan robot lalu robot akan secara otomatis menentukan rute dari start sampai tujuan dengan metode Simulated Annealing. Robot akan berjalan secara tracking line menuju ke tujuan. Robot tersebut dengan metode kecerdasan buatan akan menentukan jalur yang terdekat untuk mencapai titik tujuan tersebut dan rute terpendek adalah rute tercepat. Dalam pemetaan ini area yang ada dianalogikan memiliki koordinat  $x$  dan  $y$ . Setiap persimpangan dari area tersebut disimbolkan sebagai titik dari koordinat  $x$  dan  $y$ . Area yang digunakan terbuat dari bujur sangkar dan persegi panjang. Dengan nilai koordinat maksimum  $x$  dan  $y$  adalah 3,4. Pemetaan merupakan hal yang penting yang pertama kali dilakukan dalam alur program. Berhasil atau tidaknya pencarian benda ataupun penentuan jalur terpendek tidak lepas dari pemetaan ini. Dengan pemetaan ini maka seluruh area yang ada akan digambarkan. Dan berikut hasil waktunya :

**Tabel 2.** Hasil waktu proses *tracking*

Koordinat start dan tujuan	Waktu
(0,0)→(0,4)	18.74 detik
(0,0)→(2,3)	13.49 detik
(1,0)→(1,4)	16.54 detik
(2,0)→(1,3)	08.21 detik

Pada Tabel 2 diperoleh hasil waktu pada proses *tracking* dari posisi start sampai tujuan. Pada posisi koordinat awal (0,0) dan tujuan (0,4) diperoleh waktu 18.74 detik, koordinat awal (0,0) dan tujuan (2,3) diperoleh waktu 13.49 detik, koordinat awal (1,0) dan tujuan (1,4) diperoleh waktu 16.59 detik, koordinat awal (2,0) dan tujuan (1,3) diperoleh waktu 08.21 detik.

## 5. KESIMPULAN

Setelah melakukan beberapa kali pengujian, diambil kesimpulan bahwa metode *Simulated Annealing* berhasil diterapkan untuk pencarian rute terdekat pada robot *line follower*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alejandro R. Mosteo and Luis Montano. *Simulated annealing for multi-robot hierarchical task allocation with flexible constraints and objective functions*. Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas. Universidad de Zaragoza Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón, I3A.
- Didik Wiyono, S.T. 2007. *Panduan praktis mikrokontroler keluarga avr*. Surabaya : Innovative Electronics.
- Fransiskus Xaverius Ivan. 2005. *Rumus parameter bagi persamaan super*. Jakarta : Fakultas Teknobiologi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya.
- Prihono, S.T, M.T, dkk . 2009. *Jago elektronika secara otodidak*. PT Kawan Pustaka
- S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt, and M. P. Vecchi. *Optimization by simulated annealing*. Science, vol. 4598, no. 220, pp. 671–680, May 1983.
- Sulhan Setiawan. 2006,2008. *Mudah dan menyenangkan belajar mikrokontroler*. Yogyakarta : C.V Andi Offset
- Thiang, Dhany Indrawan. 2008. *Implementasi Metode Simulated Annealing pada Robot Mobil untuk Mencari Rute Terpendek*. Surabaya : Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra.
- Widodo Budiharto. 2008. *10 proyek robot spektakuler*. Jakarta : PT elex media komputindo.