

PERENCANAAN JALUR *MOBILE ROBOT* PADA LINGKUNGAN DINAMIS BERBASIS COMPACT GENETIC ALGORITHM

Bima Sena Bayu Dewantara¹⁾, Djoko Purwanto²⁾

⁽¹⁾ Mahasiswa Program Pasca Sarjana Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro ITS

⁽²⁾ Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro ITS

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Kampus ITS Keputih Sukolilo Surabaya

e-mail : bima@eepis-its.edu, bima@elect-eng.its.ac.id

Abstrak

Permasalahan yang timbul pada sebuah pencarian dan pembentukan jalur optimal pada sebuah mobile robot adalah kemampuan untuk menghindarkan diri dari halangan, kecepatan algoritma dan jarak jalur yang dibentuk. Beberapa metode sebelumnya : novel (seperti Adaptif Path Planner, Potential Field Method, Road Map dan Djikstra) kebanyakan hanya mampu menyelesaikan dua diantara ketiga parameter yang dipersyaratkan tersebut, yaitu kecepatan algoritma dan kemampuan menghindari tumbukan. Sedangkan Algoritma Genetika juga hanya mampu menyelesaikan dua parameter yaitu kemampuan menghindari tumbukan dan jarak terpendek, namun gagal di kecepatan algoritma sehingga sulit untuk dijadikan sebuah sistem online. Untuk itu perlu digunakan sebuah sistem baru yang lebih cepat namun tetap mampu menghindari halangan dan jarak terpendek tercapai, yaitu dengan Algoritma Genetika Kompak (cGA).

Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi area kosong dan halangan (obstacle) yang bersifat dinamis dimana posisinya dalam area dapat berpindah. Setelah area dan halangan diketahui, maka Algoritma Genetika Kompak (cGA) akan mulai membangun jalur terpendek dan paling aman (tidak menumbuk halangan) dengan memanfaatkan beberapa via point yang diberikan secara acak diluar area halangan (obstacle).

Setelah jalur dengan jarak terpendek dan teraman ditemukan, maka sebuah simulator robot akan berjalan sebagai visualisasi gerakan yang menggambarkan gerakan pada robot sesungguhnya.

Dengan menggunakan metode cGA yang telah diaplikasikan pada sistem, diperoleh hasil yang sama dengan Algoritma Genetika konvensional dalam hal penghindaran halangan dan jarak yang diperoleh adalah yang terpendek, serta satu lagi parameter waktu pencarian solusi yang lebih cepat.

Kata kunci : jalur terpendek, simulator robot, Algoritma Genetika Kompak, halangan, via point.

1. PENDAHULUAN

Sistem navigasi pada sebuah kendaraan saat ini memegang peranan yang sangat penting agar kendaraan dapat dikendalikan sesuai dengan jalur yang paling optimal, yaitu paling aman dan paling pendek, dimana jalur yang aman mutlak diperlukan agar kendaraan tidak mengalami tabrakan baik dengan kendaraan atau penghalang lain. Sedangkan jarak yang paling pendek, memiliki korelasi dengan pemakaian bahan bakar yang saat ini semakin mahal. Mungkin untuk beberapa jenis kendaraan seperti mobil atau motor, hal ini tidak begitu penting. Tetapi untuk kendaraan seperti pesawat terbang dan kapal laut, sebuah system navigasi yang handal sangat mutlak diperlukan untuk membantu kerja awaknya. Yang menjadi persoalan dari jenis kendaraan tersebut adalah bagaimana memilih mana dari sekian banyak solusi perjalanan yang paling optimal. Dan seringkali pula sang awak tidak memiliki keyakinan untuk menentukan pilihan tersebut, bahwa pilihan itu adalah yang paling baik, dalam hal ini paling optimal hasilnya. Jika permasalahan pada kendaraan dengan awak diatas diaplikasikan pada sebuah kendaraan tanpa awak, maka hal ini akan menjadi sangat menarik untuk dipertimbangkan.

Berangkat dari permasalahan sederhana seperti ini, dapat dikembangkan permasalahan baru bahwa bagaimana jika permasalahan diatas diaplikasikan pada sebuah mobile robot dimana halangan-halangan yang ada merupakan obyek yang dapat dipindahkan secara dinamis. Permasalahan yang kompleks akan muncul karena sebuah mobile robot perlu selalu dibuatkan jalur teraman dan terpendek serta sekaligus dikendalikan apakah jalur yang dilewati telah sesuai jalur yang diinginkan atau tidak.

Beberapa teori, metode dan aplikasi telah dikembangkan untuk membantu mengatasi permasalahan tersebut, diantaranya adalah Gihan Nagib dan W. Gharieb [1], menyajikan algoritma baru untuk path planning global mencapai tujuan untuk sebuah mobil robot menggunakan Algoritma Genetika (GA). Algoritma Genetika digunakan untuk menemukan jalur yang paling optimal untuk mobil robot agar dapat bergerak pada lingkungan statis yang dinyatakan oleh peta dengan titik dan penghubung. Lokasi target dan obstacle diberikan dalam sebuah bidang kerja 2 dimensi. Setiap titik dalam jaringan adalah gen yang dinyatakan dalam kode biner. Jumlah gen dalam satu kromosom adalah fungsi dari jumlah obstacle dalam peta. Dalam teknik ini, digunakan kromosom dengan panjang tetap. Pembangkitan jalur robot adalah optimal dalam hal jarak terpendek. Robot bergerak dari titik awal ke target dengan asumsi bahwa robot hanya melewati setiap titik sekali atau tidak

semuanya. Hasil yang didapatkan dalam simulasi menunjukkan potensi hasil yang diharapkan sehingga algoritma yang diajukan adalah layak untuk diterima.

Seiring dengan semakin kompleksnya permasalahan yang harus dihadapi sebuah mobil robot dalam lingkungan dinamis, maka Boris Baginski [2], menghasilkan sebuah metode baru untuk merencanakan jalur bebas tumbukan untuk robot dengan beberapa derajat kebebasan pada lingkungan dinamis. Metode ini menjadi sangat efisien jika digunakan pada daerah pencarian dengan dimensi tinggi. Kompleksitasnya linier terhadap jumlah derajat kebebasan. Pra proses dari data geometri robot atau lingkungan tidak diperlukan. Dengan waktu sebagai dimensi tambahan dari daerah pencarian, memungkinkan metode ini untuk digunakan dalam lingkungan dinamis yang diketahui atau untuk pembagian kerja banyak robot pada satu pekerjaan. Adapun cara kerja dari metode Z^3 ini adalah dengan mendefinisikan banyak sub-tujuan local secara acak sebagai perencanaan langsung. Setiap sub-tujuan akan dicari kemungkinan yang dapat dihubungkan ke sub-tujuan berikutnya hingga akhirnya dapat menghubungkan lokasi awal sampai lokasi tujuan yang sebenarnya.

Permasalahan lingkungan dinamis tampaknya menjadi semakin menarik, terbukti dengan hadirnya beberapa metode lain seperti yang dikemukakan oleh Jacky Baltes, Nicholas Hildreth [3], dimana mereka mendeskripsikan perencanaan jalur yang adaptif, sebuah pendekatan baru (novel approach) untuk perencanaan jalur sebuah mobil robot menyerupai kendaraan. Menciptakan rencana baru dari perubahan lingkungan yang terjadi pada rencana saat ini, perencanaan jalur adaptif mampu mengadaptasikan rencana lama pada situasi yang baru. Makalah ini mengajukan penyajian yang efisien untuk jalur yang mampu beradaptasi. Isi dari perencanaan jalur ini adalah strategi perbaikan. Strategi perbaikan adalah metode local untuk menetapkan rencana untuk mengkompensasi pergerakan obyek dalam area. Strategi perbaikan secara spesifik memiliki kemungkinan yang tinggi untuk mampu menetapkan rencana. Evaluasi empiris menunjukkan bahwa perencanaan jalur adaptif sesuai untuk area dengan tingkat dinamis yang tinggi, seperti RoboCup. Perencana jalur adaptif ini mampu mengurangi waktu perencanaan kumulatif sebesar 2:7 kali lebih cepat dibandingkan perencana Bicchì. Dan pada waktu yang sama, kualitas rencana yang dibangkitkan sama dengan perencana Bicchì.

Frank Lingelbach [4], dalam tesisnya menyajikan metode perencanaan jalur baru diberi nama Probabilistic Cell Decomposition (PCD). Pendekatan ini mengkombinasikan metode underlying dari dekomposisi sel dengan konsep sampling kemungkinan. Dekomposisi sel secara iterasi diperbaiki sampai jalur bebas tumbukan ditemukan. Dalam setiap langkah dekomposisi sel saat ini digunakan sebagai bantuan sampling kemungkinan pada area yang penting. Dasar dari algoritma PCD dapat didekomposisi menjadi sejumlah komponen seperti pencarian grafik, pemecahan sel dan sampling kemungkinan. Untuk setiap komponen, pendekatan berbeda dijelaskan. Performa dari PCD selanjutnya di tes pada satu set problem. Hasilnya telah dibandingkan dengan metode perencanaan jalur yang menggunakan kemungkinan, bernama Rapidly-exploring Random Trees. Hasil menunjukkan bahwa PCD secara efisien mampu menyelesaikan berbagai masalah perencanaan jalur.

Dennis Nieuwenhuisen [5], dalam tesisnya juga menjelaskan tentang lingkungan dinamis. Algoritma navigasi mereka berbasis pada metode PRM. Pada makalah ini, diajukan variasi dari metode ini yang berbasis pada perencanaan jalur untuk lingkungan yang dapat berubah-ubah. Untuk mengecek bebas tumbukan, PRM roadmap selalu tidak berulang. Sebagai hasilnya hanya ada satu konfigurasi jalur saja berbeda dengan lainnya. Jika jalur diblok oleh obstacle yang bergerak, metode berakhir dengan gagal. Penambahan batasan tambahan (kemudian membuat perulangan) kelihatan sebagai solusi yang lebih baik, tetapi secara komputasi sangat berat. Diperlukan pemilihan batas secara hati-hati dan hanya dengan menambahkan batas tersebut yang akan memberikan kontribusi untuk membuat roadmap lebih handal terhadap jalur menjadi lebih pendek karena robot memiliki pilihan antara beberapa rute alternatif. Algoritma ini mampu menciptakan roadmap yang hanya mengandung perulangan yang berguna sehingga hanya sedikit menaikkan waktu running. Perulangan yang berguna adalah perulangan yang memiliki kemungkinan besar untuk memberikan kontribusi untuk menciptakan jalur alternatif. Percobaan menunjukkan bahwa roadmap lebih handal terhadap perubahan penempatan obstacle dibandingkan roadmap tanpa perulangan yang berguna. Disini juga ditunjukkan sebuah batas panjang jalur dibandingkan dengan teori optimasi jalur yang lain.

Menilik dari hasil yang telah dicapai oleh beberapa peneliti sebelumnya, maka dapat diperoleh sebuah kesimpulan seperti yang ditunjukkan pada table 1.1

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penerapan Algoritma Genetika Dalam Permasalahan Optimasi Jalur

Gihan Nagib, dkk [1] menyatakan bahwa Algoritma Genetika (GA) adalah teknik pencarian global dan optimasi dari seleksi natural, genetik dan evolusi. Simulasi GA menggunakan coding dan operator khusus. Algoritma Genetika mempertahankan populasi dari kandidat solusi, dimana setiap kandidat solusi dikodekan dalam biner disebut sebagai kromosom. Satu set kromosom sebuah populasi, dievaluasi dan diranking oleh fungsi evaluasi fitness, dimana fungsi evaluasi fitness memainkan peranan yang penting dalam GA karena fungsi ini merupakan informasi sebaik apa masing-masing kandidat. Populasi awal biasanya dibangkitkan secara acak. Evolusi dari satu generasi ke generasi berikutnya melalui 3 langkah utama : evaluasi fitness, seleksi dan reproduksi.

Secara umum, terdapat tiga perbedaan tujuan optimasi yang dapat didesain untuk menemukan jalur optimal bebas tumbukan :

1. meminimumkan jarak jalur (shortest path)
2. menghaluskan lintasan (smooth trajectory)
3. mencari daerah kosong (the robot should not approach the obstacles too closely)

Tabel 1.1 Perbandingan Metode Pembentukan Jalur Dinamis

| No | Nama Metode | Kecepatan | Kemampuan menghindari tumbukan | Jarak terpendek | Implementasi di pembentukan jalur dinamis |
|----|---------------------------|-----------|--------------------------------|-----------------|---|
| 1 | Bicchi's Planner | √ | √ | x | √ |
| 2 | Adaptive Path Planner | √ | √ | x | √ |
| 3 | Genetic Algorithm | x | √ | √ | √ |
| 4 | Z3 Method | x | √ | x | √ |
| 5 | Potential Field Method | √ | √ | x | √ |
| 6 | Road Map | √ | √ | x | √ |
| 7 | Dijkstra | x | √ | √ | √ |
| 8 | Compact Genetic Algorithm | x | √ | √ | belum ada |

2.1 Compact Genetic Algorithm (cGA)

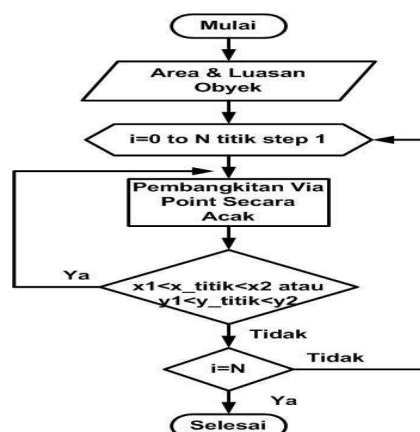
Georges R. Harik, dkk [7], dalam papernya memperkenalkan Compact Genetic Algorithm (cGA) yang menyatakan populasi sebagai distribusi probabilitas terhadap satu set solusi dan secara operasional sama dengan GA sederhana orde satu dengan crossover seragam. cGA memproses setiap gen secara independen dan memerlukan lebih sedikit memory daripada GA sederhana. Dalam papernya, Harik dkk menganalisa pertumbuhan gen khusus dalam populasi random walk satu dimensi. Pada progress GA, gen-gen akan bertarung dengan pesaingnya dan jumlah mereka di populasi dapat bertambah atau berkurang tergantung pada GA membuat keputusan yang baik atau jelek. Keputusan ini dibuat oleh GA secara implisit pada proses seleksi. Pada proses seleksi tidak selamanya hasil yang didapatkan selalu lebih baik, ini karena gen selalu dievaluasi dalam konteks sebagai individual terbesar. Dengan menggunakan skema yang sama dengan steady state binary tournament, proporsi dari pemenang akan ditambah sebesar $\frac{1}{n}$ dan yang kalah, akan dikurangi sebesar $\frac{1}{n}$ juga. Sehingga proporsi probabilitas terbesar lah yang akan keluar sebagai pemenang.

3. METODE PENELITIAN

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pembuatan simulasi yang telah dibuat :

PERSIAPAN

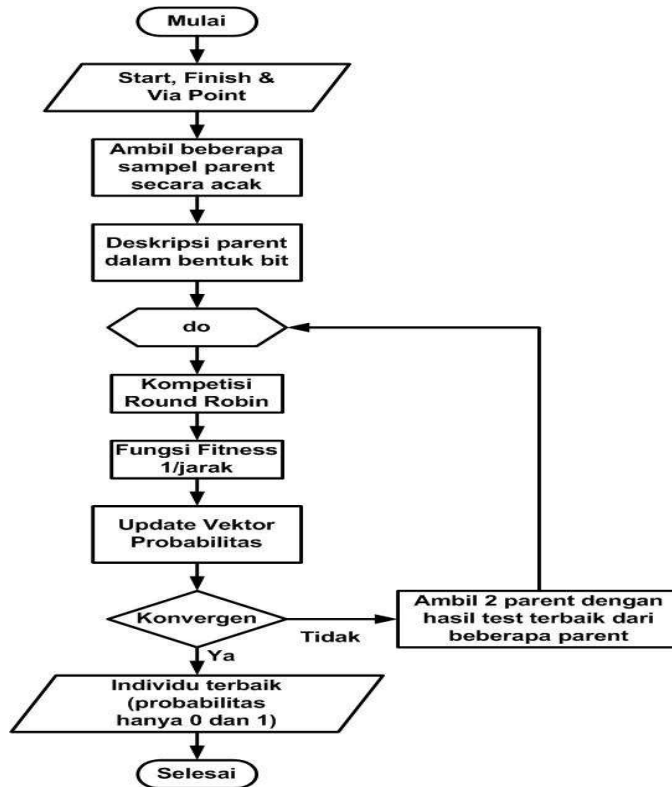
Pada tahap persiapan ini, digunakan untuk menentukan titik-titik bantu / via point yang akan digunakan sebagai titik bantuan jalur yang akan menghubungkan titik start dan titik finish. Sebelum titik-titik dibangkitkan, terlebih dahulu area, posisi inisial robot, posisi akhir dan obyek penghalang ditentukan secara manual. Kemudian setelah posisi obyek penghalang diketahui beserta luasannya, maka dibangkitkan titik-titik bantu / via point tersebut. Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir proses pada tahap persiapan.



Gambar 3.1 Diagram alir proses pada tahap persiapan

PENCARIAN JALUR MENGGUNAKAN cGA

Setelah semua titik bantu diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah mencari solusi terbaik dari beberapa kandidat jalur yang dibentuk dari proses pengacakan hubungan antar titik bantu, dengan parameter jarak terpendek dan jalur teraman. Gambar 3.2 menunjukkan proses pencarian jalur paling optimal dengan menggunakan metode Compact Genetic Algorithm (cGA).



Gambar 3.2 Proses pencarian jalur paling optimal dengan menggunakan metode Compact Genetic Algorithm (cGA)

Dapat dijelaskan disini bahwa proses pencarian dengan menggunakan metode cGA mengikuti langkah-langkah dalam pseudo-code berikut :

- 1) Inisialisasi vector probabilitas
 untuk $i = 1$ sampai l lakukan $p[i] = 0.5$
- 2) Bangkitkan M individu dari vector
 $M(j) = \text{bangkitkan}(p[i])$
- 3) Kompetisikan menggunakan metode round robin
 Untuk $j=1$ sampai J lakukan
 Untuk $k=j+1$ sampai K lakukan
 mulai

$\text{pemenang,pecundang} = \text{kompetisi}(M(j),M(k))$
 Update vector probabilitas hingga mendapatkan satu terbaik
 untuk $i = 1$ sampai l lakukan
 jika $\text{pemenang}[i] \neq \text{pecundang}[i]$ maka
 jika $\text{pemenang}[i] = 1$ maka
 $p[i] = p[i] + \frac{1}{n}$
 jika tidak
 $p[i] = p[i] - \frac{1}{n}$

 Cek jika vector telah konvergen
 untuk $l = 1$ sampai l lakukan
 jika $p[i] > 0$ dan $p[i] < 1$, maka
 kembali ke langkah 2
 p menyatakan solusi akhir

selesai

parameter cGA :

n = jumlah populasi

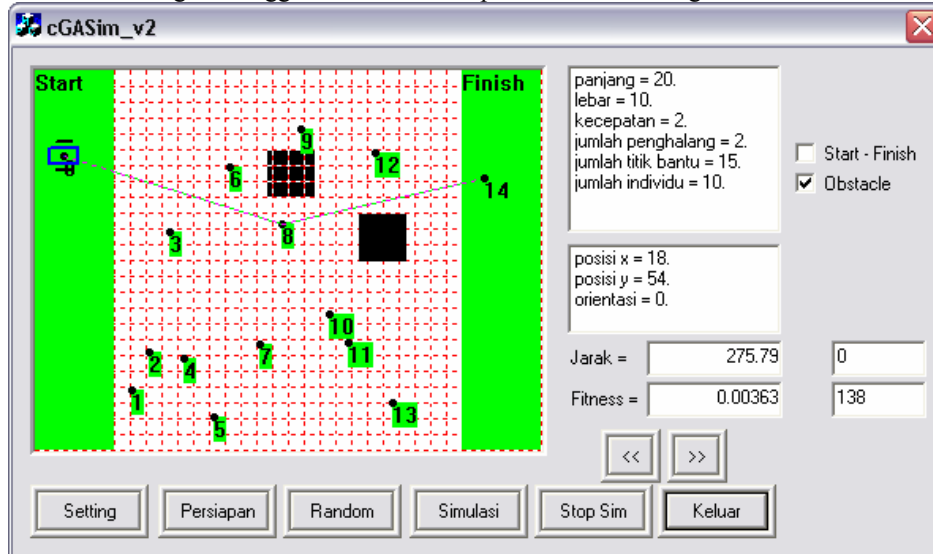
l = panjang kromosom

J = K = jumlah individu

M(i) = individu ke-i

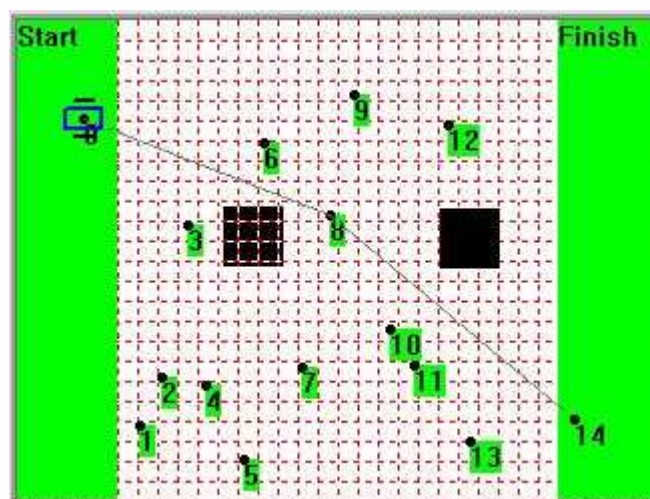
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4.1 berikut ini merupakan hasil simulasi yang telah dibuat dengan menggunakan program developer Microsoft Visual C++ 6 dengan menggunakan mode tampilan berbasis dialog.



Gambar 4.1 Simulator mobile robot dengan system navigasi berbasis metode cGA

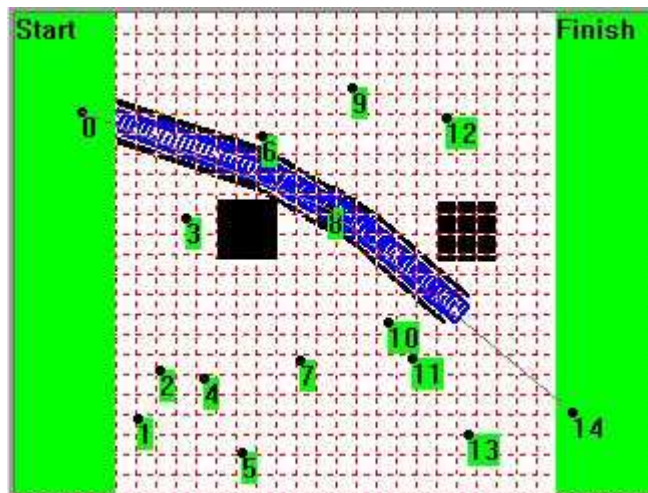
Gambar 4.2 menunjukkan pengaturan posisi inisial (awal) robot yang ditunjukkan dengan titik nomor 0 dan posisi finish (akhir) yang ditandai dengan nomor akhir (14) dimana keduanya berada pada daerah berwarna hijau, serta beberapa titik bantu (via point) dalam area kosong berwarna putih. Sedangkan obyek penghalang (obstacle) merupakan sebuah obyek berupa bujursangkar dengan panjang 30 pixel x lebar 30 pixel berwarna hitam.



Gambar 4.2 Penentuan posisi inisial (awal) robot, posisi finish (akhir), via point dan obyek penghalang

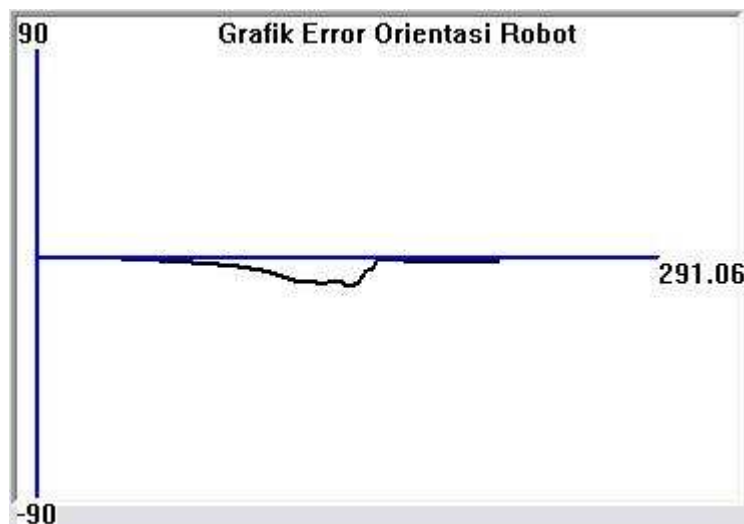
Dari hasil proses cGA didapatkan bahwa jalur teraman dan dianggap yang terpendek adalah 0 – 8 – 14, dimana memiliki jarak total dari titik awal (0) ke titik akhir (14) adalah 291,06.

Gambar 4.3 menunjukkan hasil simulasi, dimana simulator robot bergerak menyusuri jalur yang telah dibuat dengan gambaran silhouette (gambar bergerak dengan tetap menampilkan berkas posisi sebelumnya).



Gambar 4.3 Running simulasi robot simulator

Dari gambar diatas terlihat jelas bahwa robot mampu menyusuri secara halus jalur yang telah dibuat. Namun jika ditilik secara lebih jelas pada rekaman jejak jalur yang dilewati oleh titik berat robot, maka akan didapatkan ilustrasi grafik seperti pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Grafik error orientasi robot simulator terhadap orientasi jalur sesungguhnya

Dari gambar terlihat bahwa jalur yang dilewati oleh titik berat (dalam hal ini titik tengah) robot menunjukkan terdapat error orientasi yang cukup besar sekitar -15° sebelum robot simulator mencapai via point pertama (no 8). Namun setelah itu error orientasi robot mendekati nol (hampir sama dengan orientasi jalur).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Program simulator yang telah dibuat merupakan versi pertama dan masih akan terus dikembangkan terus untuk penelitian berikut yang lebih kompleks.
2. Algoritma cGA yang dipilih sebagai metode pencarian jalur optimal "cukup baik", ditinjau dari parameter pilihan jalur teroptimal yang dihasilkan dan waktu proses yang relative lebih singkat dibandingkan dengan simple GA dengan jumlah individu dan allele yang sama.
3. Dalam cGA, tidak terdapat proses mutasi dan crossover seperti pada simple GA sehingga mampu mengurangi waktu komputasinya.
4. Fungsi fitness yang digunakan dalam simulator ini masih menggunakan satu parameter saja yaitu jarak, dan ternyata sudah cukup memberikan hasil yang dipandang baik. Untuk pengembangan selanjutnya, akan dibuat korelasi jarak terhadap parameter yang lain.

5. Simulator versi pertama ini masih belum dilengkapi dengan kontroler, sehingga error orientasi yang muncul seperti pada gambar 4.4 belum dapat direduksi. Untuk pengembangan berikutnya, akan dicoba dengan metode kontroler yang ada seperti PID dan Fuzzy.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gihan Nagib and W. Gharieb, "Path Planning For A Mobile Robot Using Genetic Algorithm", Electrical Engineering Dept., Faculty of Engineering Cairo University - Fayoum Branch.
- [2] Boris Baginski, 1996 "The Z³-Method For Fast Path Planning In Dynamic Environments", In Proceedings of IASTED Conference Applications of Control and Robotics
- [3] Jacky Baltes, Nicholas Hildreth , 2001 "Adaptive Path Planner for Highly Dynamic Environments", *RoboCup-2000: Robot Soccer World Cup IV*, pages 76-85. Springer Verlag, Berlin
- [4] Frank Lingelbach, 2005, "Path Planning Using Probabilistic Cell Decomposition", Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation
- [5] Dennis Nieuwenhuisen , 2007 "Path Planning in Changeable Environments", Thesis
- [6] Bima Sena Bayu D., 2004. "Aplikasi Pengenalan Wicara Untuk Perintah Nirkabel Robot Mikro Mouse", IES
- [7] Georges R. Harik, Fernando G. Lobo, David E. Goldberg, "The Compact Genetic Algorithm", IEEE Transactions On Evolutionary Computations, Vol. 3, No. 4, November 1999
- [8] K. A. De Jong , 1975 "An analysis of the behaviour of a class of genetic adaptive systems", Ph.D dissertation, Univ. Michigan, Ann Harbor
- [9] Wan-de Weng, Rui-chang Lin, Chung-ta Hsueh, (2005) "The Design of an SCFNN Based Nonlinear Channel Equalizer", Journal Of Information Science And Engineering 21, 695-709