

Metode *Potential Field* sebagai Kendali Robot Roda Omni untuk Menuju Target dan Menghindari Rintangan

FAISAL WAHAB

Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia
Email: faisal.wahab@unpar.ac.id

Received 26 Juli 2021 | *Revised* 23 Agustus 2021 | *Accepted* 19 September 2021

ABSTRAK

Robot roda omni (OMR) merupakan salah satu jenis robot tipe holonomic, yaitu robot yang dapat bergerak ke segala arah tanpa harus mengubah orientasi dari robot itu sendiri. Dalam pengembangannya, OMR dapat ditambahkan kemampuan lain seperti menuju ke titik yang diinginkan dan menghindari rintangan. Pada makalah ini akan merancang dan mensimulasikan OMR dengan konfigurasi tiga buah roda omni menggunakan metode potential field yang dapat bergerak menuju titik yang diinginkan dan menghindari rintangan. Perancangan diawali dengan menentukan kinematika dari OMR, setelah itu diterapkan metode potential field dan terakhir pengujian secara simulasi dalam tampilan dua dimensi menggunakan perangkat lunak MATLAB dan analisis. Hasil simulasi pertama menunjukkan OMR dapat bergerak ke segala arah tanpa mengubah orientasi robot berdasarkan kinematika yang telah dirancang. Hasil simulasi kedua OMR berhasil menuju titik yang diinginkan serta dapat menghindari dua buah rintangan.

Kata kunci: robot roda omni, kinematika, potential field, penghindar rintangan, simulasi

ABSTRACT

An Omni-directional wheel mobile robot (OMR) is a type of holonomic robot, which can move in any direction without changing the orientation of the robot. In the development of OMR, other capabilities can also be added, such as the ability to reach the desired position and avoid obstacles. In this paper, we will design and simulate OMR with three omni wheel configurations using the potential field method which can move to the desired point and avoid obstacles. The design begins with determining the kinematics of the OMR, then the potential field method is applied and the last is simulation in a two-dimensional view using MATLAB software and analysis. The results of the first simulation show that OMR can move in all directions without changing the orientation of the robot based on the kinematics that has been designed. The results of the second simulation of OMR successfully reach the desired point and can avoid two obstacles.

Keywords: omni directional wheel, kinematics, potential field, obstacle avoidance, simulation

1. PENDAHULUAN

Robot roda omni atau *Omni-directional Mobile Robot* (OMR) adalah sebuah robot yang memiliki roda yang dirancang khusus dengan sebuah roda tunggal dan dikelilingi roda tambahan di sekeliling roda inti. Pergerakan OMR mampu bergerak maju, mundur, putar kiri dan putar kanan. Namun kelebihan utama dari OMR adalah mampu bergeser kiri dan kanan atau bergerak kesegala arah tanpa mengubah orientasi dari robot itu sendiri. Karena kemampuan tersebut, OMR termasuk kategori pergerakan *holonomic* yaitu kemampuan bergerak kesegala arah (Afridi & Usman, 2019). Pergerakan ini tidak dapat diselesaikan dengan roda *differensial* atau *non-holonomic* biasa yang mengubah orientasi robot saat menuju titik yang diinginkan. Tidak hanya fleksibilitas, kemampuan dari OMR juga dapat mencapai posisi yang diinginkan secara cepat. OMR mempunyai beberapa konfigurasi, diantaranya menggunakan robot dengan tiga buah roda omni yang dipasang dengan perbedaan sudut 120 derajat (Gavani, dkk, 2019) dan empat buah roda omni dengan perbedaan sudut 90 derajat (Phunopas & Inoue, 2017). Dengan perbedaan konfigurasi ini, maka akan berbeda pula persamaan kinematika dari setiap konfigurasinya.

Penerapan OMR banyak digunakan pada berbagai kebutuhan manusia. Seperti diterapkan pada bidang kesehatan yaitu kursi roda menggunakan roda omni (Kundu, dkk, 2017), bidang industri diterapkan pada pembersih surya sel (Sorndach, dkk, 2018) dengan kemampuan robot dapat berputar dan bergerak dengan bebas sehingga proses pembersihan semakin cepat, penerapan pada dunia pendidikan, yaitu OMR digunakan pada kompetisi robot pemain bola (Taufiqqurohman & Sari, 2018) dan pendidikan untuk anak sekolah (Islamgozhayev, dkk, 2015).

Selain memiliki kemampuan manuver yang baik, OMR juga dapat diberikan sebuah tugas tertentu, seperti menuju target atau posisi yang diinginkan. Untuk mencapai ini, diperlukan sebuah pengendali supaya dapat menyelesaikan tugas tersebut. Terdapat bermacam-macam pengendali yang dapat digunakan, salah satunya adalah *tracking trajectory* menggunakan odometri (Taufiqqurohman & Sari, 2018), menggunakan *neural network* (Asai, dkk, 2019) dan menggunakan *Model Predictive Control* (Wang, dkk, 2018).

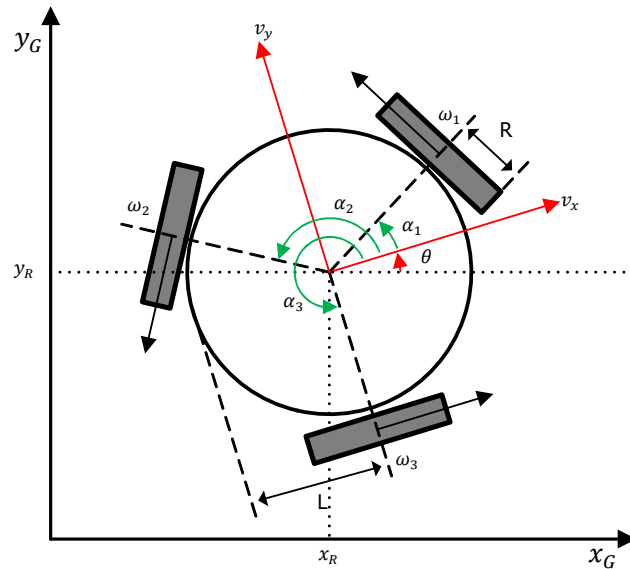
Saat menuju posisi yang diinginkan, kemungkinan terdapat rintangan sehingga OMR harus dapat melewati rintangan tersebut. Maka, diperlukan kemampuan tambahan untuk menghindari rintangan (*obstacle avoidance*). Terdapat beberapa metode penghindar rintangan, mulai dari yang konvensional dengan menggunakan *if else* sampai dengan algoritma tertentu (Rodríguez-Seda, dkk, 2014)(Lin, dkk, 2018) dan (Luo & Zhang, 2014). Pada umumnya, kendali untuk menuju titik target dan kemampuan menghindari rintangan dilakukan secara terpisah. Oleh karena itu diperlukan metode yang dapat mencapai posisi yang diinginkan dan dapat menghindari rintangan, salah satunya adalah metode *potential field* (Li, dkk, 2017) dan (Chen & Zhang, 2014). Metode *potential field* menggunakan konsep muatan elektrik positif dan muatan elektrik negatif, dimana muatan positif akan meninggalkan sumber sedangkan muatan negatif yang arahnya akan menuju sumber. Jika muatan saling berlawanan, maka akan terjadi gaya tarik menarik (Budiyanto, 2016).

Makalah ini akan memaparkan penerapan metode *potential field* pada OMR dengan kemampuan menuju titik yang diinginkan dan kemampuan untuk menghindari rintangan. OMR yang diimplementasikan pada penelitian ini menggunakan konfigurasi tiga buah roda omni yang dipasang dengan perbedaan sudut 120 derajat. Penerapan metode *potential field* ke dalam OMR akan disimulasikan dalam dua dimensi menggunakan perangkat lunak MATLAB sehingga dapat diketahui performansi dari penerapan metode tersebut.

2. METODE

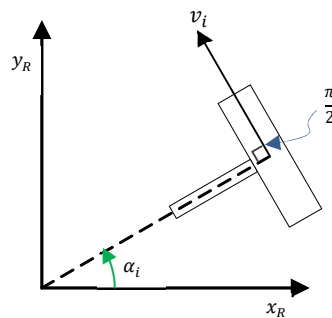
2.1 Kinematika OMR

Pada bagian ini akan membahas kinematika OMR. Kinematika ini digunakan untuk mengetahui gerak OMR tanpa memperlumahkan gaya penyebab gerakan. Spesifikasi OMR yang digunakan adalah menggunakan model "Y" dengan tiga buah roda omni dimana setiap sudut penempatannya α berbeda 120 derajat yaitu $\alpha_1 = 30^\circ$, $\alpha_2 = 150^\circ$ dan $\alpha_3 = 270^\circ$. Pada Gambar 1 menunjukkan kinematika dari OMR yang dirancang, dimana panjang dari titik pusat OMR dengan pusat roda adalah L dan panjang jari-jari roda omni adalah R .



Gambar 1. Kinematika Robot Roda Omni

Penggunaan kinematika dari OMR terdiri dari dua bentuk, yaitu kinematika maju (*forward kinematics*) dan kinematika mundur (*inverse kinematics*). Kinematika maju digunakan untuk menentukan kecepatan robot ($v_x, v_y, \dot{\theta}$) terhadap kerangka koordinat global yang didapatkan dari kecepatan masing-masing roda omni, ($\omega_1, \omega_2, \omega_3$). Kinematika mundur digunakan untuk menentukan kecepatan masing-masing roda omni ($\omega_1, \omega_2, \omega_3$) dari kecepatan robot ($v_x, v_y, \dot{\theta}$). Karena roda omni berbeda dengan roda differensial biasa, maka diperlukan kinematika dari roda omni yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kinematika Roda Omni

Penguraian vektor kecepatan tangensial/linier roda omni (v_i) diuraikan pada kerangka koordinat lokal yaitu x dan y menggunakan Persamaan (1) (Yunardi, dkk, 2021).

$$\begin{aligned} \dot{x}_i &= v_i \cos\left(\alpha_i + \frac{\pi}{2}\right) \\ \dot{y}_i &= v_i \sin\left(\alpha_i + \frac{\pi}{2}\right) \end{aligned} \quad (1)$$

Dimana v_i merupakan kecepatan tangensial/linier setiap roda omni dan α_i ($i = 1,2,3$) sudut yang terbentuk berdasarkan sudut referensi atau sumbu x . Untuk menentukan kecepatan tangensial/linier roda omni (v_i) dari kecepatan angular/sudut roda omni (ω_i), digunakan Persamaan (2).

$$v_i = R\omega_i, (i = 1,2,3) \quad (2)$$

Selanjutnya, untuk menentukan kecepatan angular/sudut *body* robot ($\dot{\theta}$) dari kecepatan tangensial/linear roda omni (v_i), digunakan Persamaan (3).

$$\dot{\theta} = \frac{v_i}{L}, (i = 1,2,3) \quad (3)$$

Jika Persamaan (2) dan Persamaan (3) disubsitusikan, maka didapatkan Persamaan (4) yaitu kecepatan putar *body* robot ($\dot{\theta}$) dari kecepatan sudut roda omni (ω_i).

$$\dot{\theta} = \frac{R}{L}\omega_i, (i = 1,2,3) \quad (4)$$

Dari Persamaan (1) dan Persamaan (4), maka didapatkan kinematika maju OMR dengan konfigurasi 3 buah roda omni pada Persamaan (5).

$$\begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} \cos\left(\alpha_1 + \frac{\pi}{2}\right) & \cos\left(\alpha_2 + \frac{\pi}{2}\right) & \cos\left(\alpha_3 + \frac{\pi}{2}\right) \\ \sin\left(\alpha_1 + \frac{\pi}{2}\right) & \sin\left(\alpha_2 + \frac{\pi}{2}\right) & \sin\left(\alpha_3 + \frac{\pi}{2}\right) \\ \frac{1}{L} & \frac{1}{L} & \frac{1}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Untuk menentukan kinematik mundur, dilakukan *invers* dari kinematika maju Persamaan (5). Dengan memasukkan semua parameter yang dibutuhkan, yaitu $\alpha_1 = 30^\circ$, $\alpha_2 = 150^\circ$ dan $\alpha_3 = 270^\circ$, $L = 0.25$ meter dan $R = 0.1$ meter, Maka didapatkan Persamaan (6) kinematika mundur.

$$\begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \omega_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -3.33 & 5.773 & 0.83 \\ -3.33 & -5.773 & 0.83 \\ 6.67 & 0 & 0.83 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} \quad (6)$$

2.2 Metode *Potential Field*

Metode *potential field* pertama kali diperkenalkan oleh Khatib tahun 1986. Metode ini terdiri dari dua macam, yaitu *attractive* yang berfungsi menuju ke titik yang diinginkan dan *repulsive* berfungsi untuk dapat menghindari rintangan (Goodrich, 2002). Dengan menggabungkan kedua macam tersebut, maka robot dapat menuju titik yang diinginkan dan saat perjalanan dapat menghindari rintangan yang ada. Rintangan yang digunakan dapat berupa rintangan statis dan dinamis.

Berikut adalah Persamaan (7) *attractive* dari metode *potential field* yang digunakan untuk mengarahkan robot menuju ke titik yang diinginkan.

$$\Delta x_r, y_r = \begin{cases} 0 & d < r \\ \alpha(d-r) \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{bmatrix} & r \leq d \leq s+r \\ \alpha s \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{bmatrix} & d > s+r \end{cases} \quad (7)$$

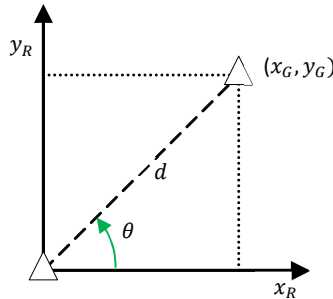
Dimana, r adalah radius sebuah lingkaran dari titik tujuan, d adalah jarak dari robot aktual dengan posisi yang diinginkan, s adalah sebaran dari titik yang diinginkan dan $\alpha > 0$ adalah konstanta yang dapat meningkatkan kemampuan *attractive potential field*. Jika jarak robot lebih dari radius dan sebaran, maka robot akan bergerak menuju ke posisi yang diinginkan, namun jika jarak robot diantara radius dan sebaran, maka robot mengalami penurunan kecepatan dan jika jarak robot kurang dari radius, maka tidak ada gaya yang terjadi, dan Δx dan Δy diatur ke nol. Untuk menentukan jarak robot aktual (x_R, y_R) dengan posisi yang diinginkan (x_G, y_G) menggunakan Persamaan (8).

$$d = \sqrt{(x_G - x_R)^2 + (y_G - y_R)^2} \quad (8)$$

Untuk menentukan sudut robot aktual dengan posisi yang diinginkan, digunakan Persamaan (9).

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y_G - y_R}{x_G - x_R} \quad (9)$$

Berikut pada Gambar 3 menunjukkan ilustrasi penentuan jarak dan sudut antara titik aktual robot (x_R, y_R) dengan titik yang diinginkan (x_G, y_G) .



Gambar 3. Penentuan Jarak dan Sudut Robot dengan Target

Persamaan (10) *repulsive* pada *potential field* digunakan untuk menghindari rintangan berupa statis atau dinamis.

$$\Delta_{x,y} = \begin{cases} -\text{sign} \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{bmatrix} & d < r \\ -\beta(s+r-d) \begin{bmatrix} \cos \theta \\ \sin \theta \end{bmatrix} & r \leq d \leq s+r \\ 0 & d > s+r \end{cases} \quad (10)$$

Dimana, r adalah radius sebuah lingkaran dari titik rintangan, d adalah jarak dari robot aktual dengan titik rintangan, s adalah sebaran dari rintangan dan $\beta > 0$ adalah konstanta yang dapat meningkatkan kemampuan *repulsive potential field*. Jika jarak robot lebih besar dari radius

dan sebaran rintangan, maka tidak ada gaya yang terjadi. Jika jarak robot diantara radius dan radius ditambah sebaran, maka robot mengalami terdapat gaya untuk menghindari rintangan. Jika jarak robot lebih kecil dari radius maka akan keluar dari pusat rintangan. Tanda *sign* menunjukkan tanda nilai bilangan yang dimasukkan. Untuk menentukan jarak robot aktual (x_R, y_R) dengan titik rintangan (x_O, y_O) menggunakan Persamaan (11)

$$d = \sqrt{(x_O - x_R)^2 + (y_O - y_R)^2} \quad (11)$$

Untuk menentukan sudut robot aktual dengan posisi yang diinginkan, digunakan Persamaan (12)

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y_O - y_R}{x_O - x_R} \quad (12)$$

Penentuan jarak dan sudut robot aktual ini, serupa dengan ilustrasi pada Gambar 3. Dengan mengkombinasikan Persamaan (7) dan Persamaan (10), maka persamaan pergerakan robot menjadi Persamaan (13)

$$\begin{aligned} \Delta x &= \Delta_O x + \Delta_G x \\ \Delta y &= \Delta_O y + \Delta_G y \end{aligned} \quad (13)$$

Dimana Δx dan Δy merupakan posisi robot saat ini. Jika terdapat beberapa rintangan, maka Persamaan (13) dapat ditambahkan Persamaan (10) kembali. Posisi robot ini berada pada kerangka koordinat lokal, untuk mengetahui posisi robot secara global harus digunakan matriks rotasi. Jika hubungan antara kerangka koordinat global dengan kerangka koordinat lokal digunakan Persamaan (14) matriks rotasi.

$$\begin{bmatrix} x_R \\ y_R \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_G \\ y_G \\ \theta \end{bmatrix} \quad (14)$$

Untuk menentukan hubungan antara kerangka koordinat global dengan kerangka koordinat lokal digunakan Persamaan (15). Kerangka koordinat lokal digunakan untuk menerapkan kinematika dari robot roda omni dan setelah itu kembali ke kerangka koordinat global supaya dapat terlihat dalam 2 dimensi, yaitu x dan y .

$$\begin{bmatrix} x_G \\ y_G \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_R \\ y_R \\ \theta \end{bmatrix} \quad (15)$$

Pada tahap akhirnya, posisi robot aktual pada kerangka koordinat lokal harus ditentukan dalam kerangka koordinat global ditambah dengan posisi robot lama, sehingga digunakan Persamaan (16)

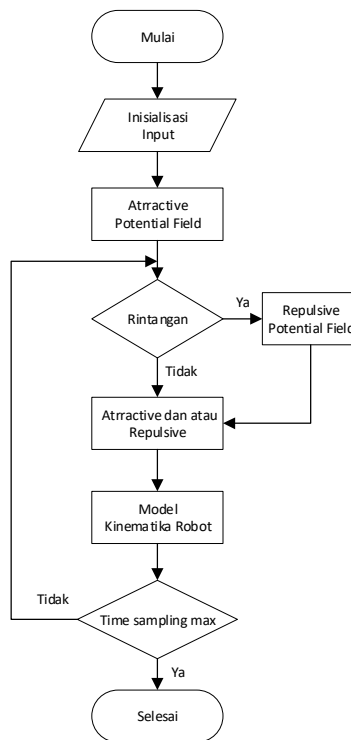
$$\begin{bmatrix} x_{baru} \\ y_{baru} \\ \theta_{baru} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{lama} \\ y_{lama} \\ \theta_{lama} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_R \\ y_R \\ \theta \end{bmatrix} \quad (16)$$

Pada posisi robot lama x_{lama} , y_{lama} dan θ_{lama} merupakan posisi aktual robot dan x_{baru} , y_{baru} dan θ_{baru} menunjukkan posisi baru robot dan digunakan saat iterasi selanjutnya. Kedua posisi ini akan di plot pada simulasi sehingga dapat terlihat pergerakan dari posisi robot lama menuju posisi robot baru pada kerangka koordinat global.

2.3 Tahapan Penelitian dan Diagram Alir Sistem

Tahapan penelitian dimulai dari penentuan metode gerak atau kinematika dari OMR. Tujuan ditentukan kinematika OMR ini adalah untuk menentukan kecepatan *body* OMR dan kecepatan setiap roda omni. Selanjutnya adalah penerapan kinematika OMR yang ditambahkan metode *potential field* sehingga robot dapat bergerak sesuai dengan karakteristik roda omni dan juga robot dapat menuju posisi yang diinginkan serta dapat menghindari rintangan. Pada penerapannya, kinematika OMR diterapkan pada kerangka koordinat lokal, sedangkan metode *potential field* diterapkan pada kerangka koordinat global sehingga diperlukan sebuah matriks rotasi untuk menghubungkan keduanya. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan secara simulasi dengan beberapa tahapan, diantaranya menguji kinematika yang sudah dirancang dan menguji kinematika yang sudah ditambah dengan metode *potential field*. Analisis akan dilakukan berdasarkan grafik dari hasil simulasi yang dihubungkan dengan teori yang sudah dijelaskan.

Diagram alir sistem OMR yang diterapkan dengan metode *potential field* yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir *Potential Field*

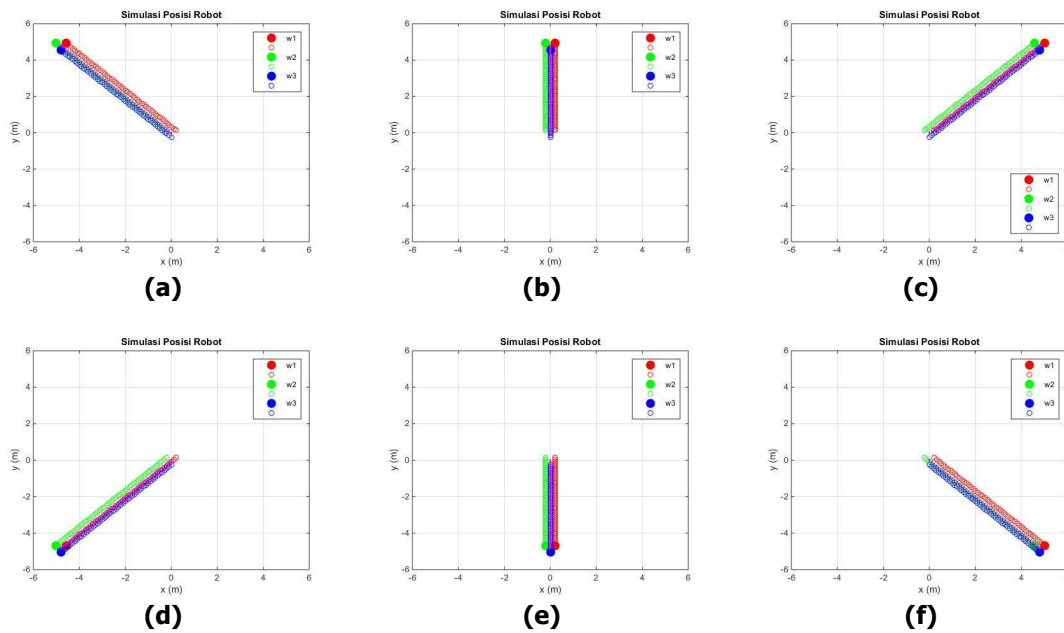
Diagram alir pada Gambar 4 diawali dengan inisialisasi masukan yang dibutuhkan. Selanjutnya penggunaan metode *potential field* yaitu *attractive* agar OMR dapat bergerak menuju titik yang diinginkan. Kondisi *repulsive* akan aktif jika jarak OMR dengan rintangan mendekati nilai tertentu yang sudah ditentukan sebelumnya. Jika jarak OMR dengan rintangan sudah memasuki jarak aman, maka program akan kembali pada kondisi *attractive*. Kinematika OMR akan berjalan dalam kondisi *attractive* dan juga *repulsive*. Pada simulasi ini, sistem bekerja berdasarkan *time sampling* atau *timestep* yang telah ditentukan sebelumnya. Jika *timestep* belum terpenuhi, maka program akan terus berjalan meskipun OMR telah mencapai titik yang diinginkan. Sebaliknya jika *timestep* telah terpenuhi, maka program akan selesai dengan mengabaikan proses yang masih berjalan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, akan digunakan beberapa tahapan pengujian. Pengujian pertama untuk menguji dari kinematika dari OMR dan pengujian kedua untuk menerapkan metode *potential field*. Spesifikasi OMR yang digunakan adalah memiliki radius roda $r = 0.1$ meter dan radius robot $L = 0.25$ meter.

3.1 Pengujian Kinematika OMR

Pengujian pertama adalah membuktikan bahwa kinematika OMR yang sudah dirancang pada pembahasan sebelumnya dapat menggerakkan OMR sesuai dengan masukan dan tujuan yang diberikan tanpa menggunakan metode *potential field*. Pengujian ini mengatur OMR dapat bergerak ke arah maju, mundur, geser kiri, geser kanan, serong kiri dan kanan tanpa mengubah orientasi OMR yang ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil simulasi menunjukkan bahwa OMR dapat bergerak ke segala arah tanpa merubah orientasi dari robot itu sendiri.

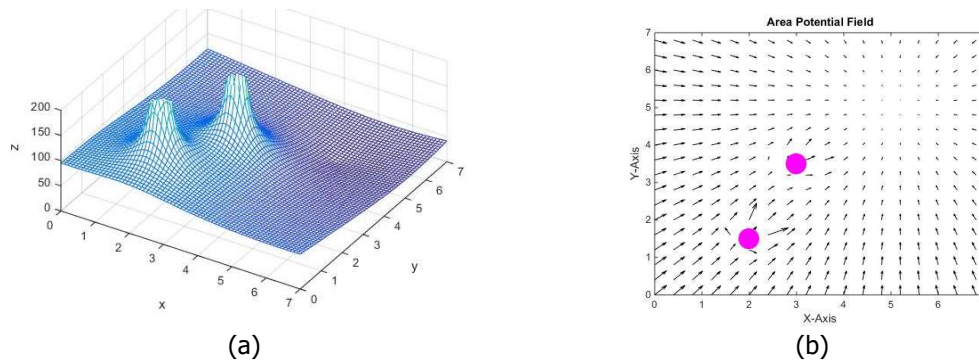


Gambar 5. Tampilan a-f Simulasi Pergerakan Berdasarkan Kinematika OMR

3.2 Pengujian Metode *Potential Field* pada OMR

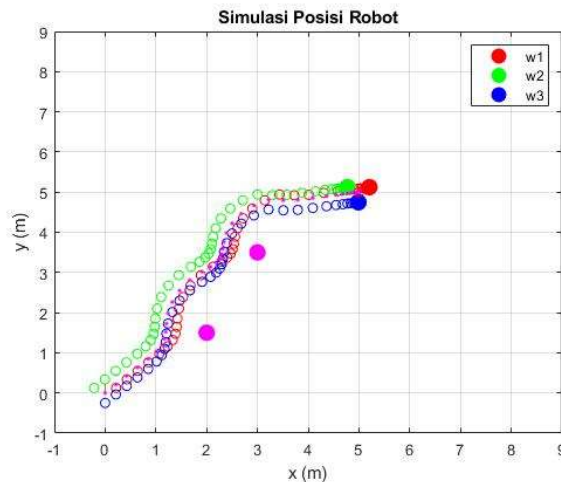
Pengujian kedua adalah menambahkan metode *potential field* supaya OMR dapat menuju titik yang diinginkan dan juga dapat menghindari rintangan. Rintangan yang digunakan berjumlah dua buah dan satu posisi yang diinginkan. Posisi OMR yang diinginkan berada titik (5,5), rintangan yang pertama (2,1.5) dan rintangan yang kedua (3,3.5) yang disimpan pada kerangka koordinat global. Setiap rintangan yang digunakan memiliki radius 0.3 meter yang berbentuk lingkaran. Untuk mengilustrasikan penggunaan metode *potential field* dalam tiga dimensi ditunjukkan dalam bentuk *meshgrid* dan vektor *potential field* pada Gambar 6.

Metode *Potential Field* sebagai Kendali Robot Roda Omni untuk Menuju Target dan Menghindari Rintangan



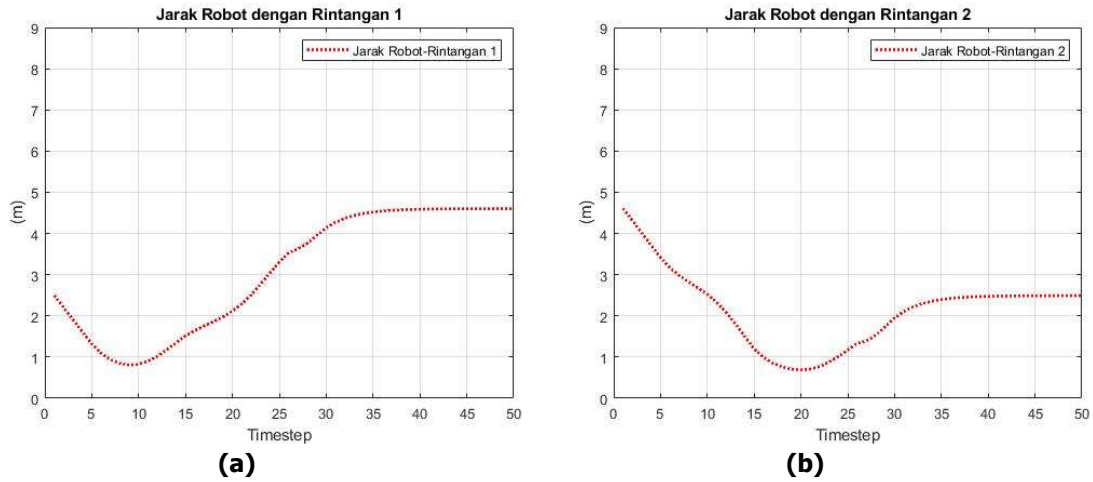
Gambar 6. Tampilan (a) Meshgrid dan (b) Vektor *Potential Field*

Pada Gambar 7 menunjukkan pergerakan OMR dari titik awal berada pada posisi (0,0) menuju titik yang diinginkan (5,5). Pada setiap rintangan, ditentukan parameter s bernilai 1 meter dan β bernilai 0.3 meter, sehingga jarak radius pendeteksian rintangan dengan titik pusat OMR adalah 1.3 meter. Saat jarak OMR kurang dari 1.3 meter maka metode penghindar rintangan akan aktif. Gambar 7 menunjukkan OMR berhasil menghindari rintangan pertama dan kedua dengan mempertahankan orientasi OMR tidak berubah sampai menuju titik yang diinginkan. Pada simulasi ini menggunakan *timestep* berjumlah 50 step.



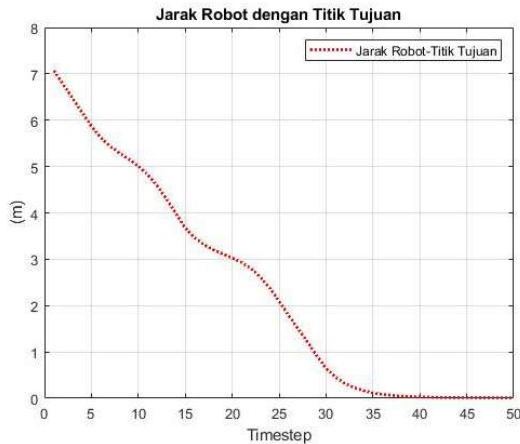
Gambar 7. Hasil Pergerakan OMR

Untuk mengetahui jarak titik pusat OMR aktual dengan rintangan 1 dan rintangan 2, terlihat pada Gambar 8 (a) dan (b). Pada Gambar 8 untuk rintangan 1 (a) pada *timestep* 10, terlihat jarak OMR kurang dari 1 meter, kondisi ini akan mengaktifkan persamaan *repulsive* sehingga secara perlahan OMR menjauhi rintangan 1 menuju titik yang diinginkan. Pada Gambar 8 (b) di rintangan 2 pada *timestep* 20 terjadi hal serupa, dimana jarak OMR dengan rintangan kedua kurang dari 1 meter, hal ini akan mengaktifkan persamaan *repulsive* dan secara perlahan OMR kembali berhasil menjauhi rintangan 2 dan menuju titik yang diinginkan. Pada *timestep* 35 sampai dengan *timestep* 50 terlihat jarak OMR dengan rintangan 1 dan rintangan 2 secara konstan, hal ini menandakan bahwa OMR telah mencapai titik yang diinginkan namun iterasi *timestep* belum mencapai nilai maksimumnya, yaitu 50 sehingga proses simulasi tetap berjalan.

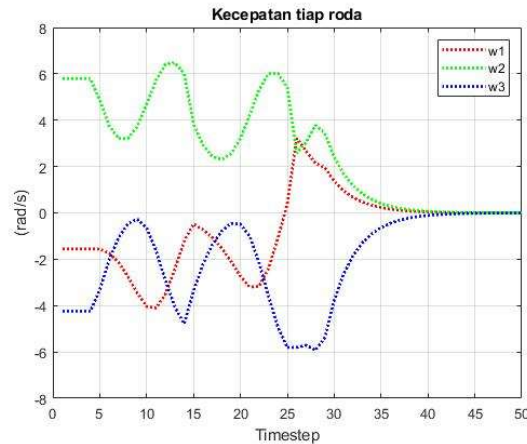


Gambar 8. Jarak OMR dengan Rintangan 1 (a) dan Rintangan 2 (b)

Gambar 9 menunjukkan jarak OMR aktual dengan posisi yang diinginkan. Pada posisi awal OMR berjarak 7 meter dari posisi yang diinginkan. Saat bermanuver, *timestep* 10 dan *timestep* 22 OMR sedikit menjauh dari lintasan menuju posisi yang diinginkan. Hal ini dikarenakan OMR menjauh untuk menghindari rintangan 1 dan 2. Pada *timestep* 39, OMR telah berhasil pada posisi yang diinginkan dengan jarak antara OMR aktual dan posisi yang diinginkan adalah nol. Hal ini menandakan bahwa persamaan *attractive* dan *repulsive* pada metode *potential field* telah berhasil diterapkan.



Gambar 9. Jarak OMR dengan Titik Tujuan



Gambar 10. Kecepatan Setiap Roda Omni

Pada penerapan OMR secara nyata, diperlukan masukan sebuah informasi berupa kecepatan setiap roda omni. Kecepatan roda omni digunakan untuk mengendalikan DC motor yang terhubung dengan roda omni sehingga OMR dapat bergerak sesuai dengan posisi yang diinginkan dan rintangan yang perlu dilewati. Pada Gambar 10 menunjukkan grafik kecepatan masing-masing roda ($\omega_1, \omega_2, \omega_3$). Jika kecepatan lebih besar dari nol, maka menandakan pergerakan motor adalah *clockwise* sedangkan kecepatan lebih kecil dari nol menandakan pergerakan motor adalah *counterclockwise*. Pada *timestep* 40 kecepatan setiap roda omni menjadi 0, dikarenakan OMR sudah mencapai titik yang diinginkan.

4. KESIMPULAN

Makalah ini menyajikan simulasi *Omni-directional Mobile Robot* (OMR) dengan konfigurasi tiga roda omni yang memiliki kemampuan menuju posisi yang diinginkan dan kemampuan untuk menghindari rintangan menggunakan metode *potential field*. Dari hasil perancangan kinematika OMR, menunjukkan bahwa kinematik yang telah dirancang dapat mereperesentasikan pergerakan OMR sehingga dalam simulasi OMR dapat bergerak ke segala arah tanpa merubah orientasi robot itu sendiri. Dalam penerapan metode *potential field*, OMR telah berhasil menuju titik yang diinginkan dan mampu untuk menghindari dua buah rintangan yang disimpan secara acak. Pada tahap selanjutnya adalah mengimplementasikan kendali yang telah dirancang dan disimulasikan dengan menggunakan OMR secara nyata sehingga didapatkan perbandingan performa antara simulasi dan penerapan secara nyata.

DAFTAR RUJUKAN

- Afridi, M. M., & Usman, J. (2019). Control and Efficiency Analysis of Multi-Motion of Four Wheel Drive Omni-Directional Robot. *2019 International Conference on Robotics and Automation in Industry*, (pp. 3–8).
- Asai, M., Chen, G., & Takami, I. (2019). Neural network trajectory tracking of tracked mobile robot. *16th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices*, (pp. 225–230).
- Budiyanto, A. (2016). Leader Follower Pesawat Tanpa Awak Berbasis Potential Field. *Amplifier*, 6, 1–7.
- Chen, T., & Zhang, Q. (2014). Robot motion planning based on improved artificial potential field. *Proceedings of 2013 3rd International Conference on Computer Science and Network Technology*, (pp. 1208–1211).
- Gavani, M., Tanpure, D., & Falake, P. (2019). Path Planning of Three Wheeled Omni-Directional Robot Using Bezier Curve Tracing Technique and PID control Algorithm. *2019 IEEE Pune Section International Conference*, (pp. 1–6).
- Goodrich, M. (2002). Potential fields tutorial. *Class Notes*, 1–9.
- Islamgozhayev, T. U., Mazhitov, S. S., Zholmyrzayev, A. K., & Toishybek, E. T. (2015). IICT-bot: Educational robotic platform using omni-directional wheels with open source code and architecture. *2015 International Siberian Conference on Control and Communications*, (pp. 15–17).
- Kundu, A. S., Mazumder, O., Lenka, P. K., & Bhaumik, S. (2017). Design and Performance Evaluation of 4 Wheeled Omni Wheelchair with Reduced Slip and Vibration. *Procedia Computer Science*, 105, 289–295.
- Li, W., Yang, C., Jiang, Y., Liu, X., & Su, C. Y. (2017). Motion planning for omnidirectional wheeled mobile robot by potential field method. *Journal of Advanced Transportation*, 1-

11.

- Lin, M., Xiaoming, J., & Fei, Q. (2018). A Robot Obstacle Avoidance Method Based on Improved Genetic Algorithm. *Proceedings - 11th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, (pp. 327–331).
- Luo, Q., & Zhang, X. (2014). An improved BCM obstacle avoidance algorithm for outdoor patrol robot. *Proceedings - 2014 6th International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*, (pp. 87–90).
- Phunopas, A., & Inoue, S. (2017). Motion Improvement of Four-Wheeled Omnidirectional Mobile Robots for Indoor Terrain. *Proceedings of International Conference on Artificial Life and Robotics*, (pp. 607–612).
- Rodríguez-Seda, E. J., Tang, C., Spong, M. W., & Stipanović, D. M. (2014). Trajectory tracking with collision avoidance for nonholonomic vehicles with acceleration constraints and limited sensing. *International Journal of Robotics Research*, 33(12), 1569–1592.
- Sorndach, T., Pudchuen, N., & Srisungsitthisunti, P. (2018). Rooftop Solar Panel Cleaning Robot Using Omni Wheels. *2018 2nd International Conference on Engineering Innovation*, (pp. 7–12).
- Taufiqurohman, M., & Sari, N. F. (2018). Odometry Method and Rotary Encoder for Wheeled Soccer Robot. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, (pp. 1-7).
- Wang, C., Liu, X., Yang, X., Hu, F., Jiang, A., & Yang, C. (2018). Trajectory tracking of an omni-directional wheeled mobile robot using a model predictive control strategy. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(2), 1-15.
- Yunardi, R. T., Arifianto, D., Bachtiar, F., & Prananingrum, J. I. (2021). Holonomic Implementation of Three Wheels Omnidirectional Mobile Robot using DC Motors. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2(2), 65-71.