

Navigasi Pada *Mobile Robot Omnidirectional* Dalam Menjelajah Ruang Menggunakan *Support Vector Machine*

Rendyansyah*, Aditya P. P. Prasetyo, Kemahyanto Exaudi, Fikri A. P. Lubis, dan Sartika Sari

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya, Palembang, Sumatera Selatan.

Informasi Artikel

Naskah Diterima : 01 April 2021

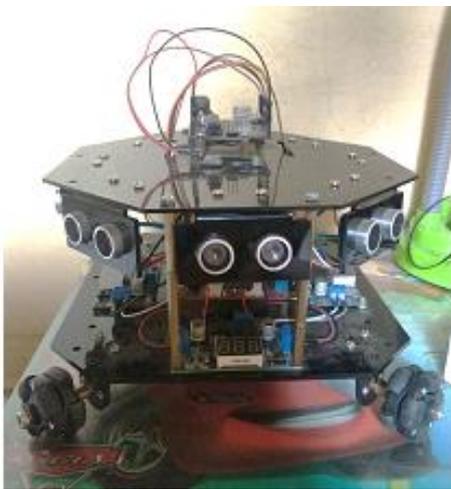
Direvisi : 15 Juni 2021

Disetujui : 16 Juni 2021

doi: 10.36055/setrum.v10i1.10893

*Korespondensi Penulis :
rendyansyah@ilkom.unsri.ac.id

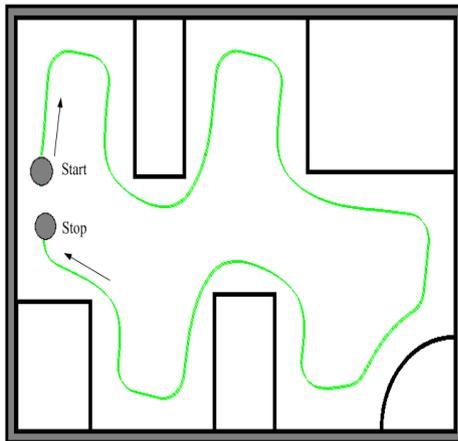
Graphical abstract



Abstract

Robot technology is currently very developed, this can be seen from several studies that discuss robotics, such as robot control techniques, intelligent systems, sensor technology, and machine vision. In this study, the *Mobile robot omnidirectional* has been designed to explore a room, where the concept of movement is in various directions. This *Mobile robot* is designed with an octagonal shape, five proximity sensors are installed on the front, and an *Omni wheel* as many as four pieces is placed on each side to form a 90° angle. The method for robot movement uses a *Support Vector Machine (SVM)*. The *SVM* program is designed on a computer for both training and testing. The data generated by the *SVM* in the form of a final decision is transferred to the robot as a command for navigation. Communication media from computer to robot using *Xbee* wireless devices. In this experiment, the robot is in an environment with predetermined conditions. The results of the experiment on the robot omnidirectional in navigating in the environment can avoid obstacles and objects and can follow walls. The Experiments on the robot were carried out 40 times, both from the right side and the left side of the robot for each of the environmental conditions that have been determined with success reaching 87.5%.

Keywords: *Mobile robot Omnidirectional, Navigation, Support Vector Machine*



Abstrak

Teknologi robot saat ini sangat berkembang, hal ini dapat dilihat dari beberapa penelitian yang membahas tentang ilmu robotika, seperti teknik kendali robot, sistem cerdas, teknologi sensor dan bahkan mesin vision. Di dalam penelitian ini, *Mobile robot omnidirectional* telah dirancang untuk menjelajah ruangan, dimana konsep pergerakannya ke berbagai arah. *Mobile robot* ini di-desain dengan bentuk segi delapan, dibagian depan dipasang lima buah sensor jarak, dan roda omni sebanyak empat buah ditempatkan pada masing-masing sisi membentuk sudut 90°. Adapun metode untuk pergerakan robot menggunakan *Support Vector Machine (SVM)*. Program *SVM* dirancang di dalam komputer baik training maupun testing. Data yang dihasilkan oleh *SVM* berupa keputusan akhir ditransfer ke robot sebagai perintah untuk ber-navigasi. Media komunikasi dari komputer ke robot menggunakan perangkat *wireless Xbee*. Di dalam percobaan ini, robot berada di lingkungan dengan kondisi yang telah ditentukan. Adapun hasil percobaan pada robot omnidirectional dalam ber-navigasi di lingkungan mampu menghindari halangan dan objek, dan dapat mengikuti dinding. Percobaan pada robot dilakukan sebanyak 40 kali, baik dari sisi kanan maupun sisi kiri robot untuk masing-masing kondisi lingkungan yang telah ditentukan dengan keberhasilan mencapai 87.5%.

Kata kunci: *Mobile robot Omnidirectional, Navigasi, Support Vector Machine*

© 2021 Penerbit Jurusan Teknik Elektro UNTIRTA Press. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Mobile robot merupakan jenis robot yang dapat bergerak dari satu posisi menuju posisi lainnya. *Mobile robot* banyak mendapatkan perhatian dari beberapa peneliti untuk membuktikan teori “Sistem Kecerdasan Buatan”, termasuk juga beberapa komponen penting seperti teknologi sensor dan

aktuator. Secara umum, *Mobile robot* terdiri dari jenis robot berkaki dan beroda. Pada robot berkaki memiliki struktur mekanik meniru cara bergerak makhluk hidup seperti contoh gerak berjalan, gerak laba-laba, gerak berenang, dan lain-lain. Sedangkan pada jenis robot beroda menggunakan aktuator berupa motor listrik yang umumnya dipasang pada sisi kiri dan kanan robot. Robot beroda memiliki beberapa jenis mengemudi dalam bermanuver, seperti *Differential drive*, *Tricycle drive*, *Synchronous drive*, dan *Holonomic drive*. Sistem kemudi tersebut telah banyak dikembangkan untuk berbagai aplikasi berbasis *mobile robot*. *Mobile robot* beroda dapat bergerak secara bebas, efisien, dan respon cepat. Adapun pergerakan robot beroda yang dapat bergerak ke berbagai arah yaitu dengan sistem *Holonomic drive*. Pada robot beroda yang menggunakan tipe ini menggunakan roda Omni-directional, yang memiliki konfigurasi untuk pergerakan rotasi dan translasi. Robot ini juga dikenal dengan istilah *Mobile robot omnidirectional*.

Mobile robot omnidirectional umumnya terdiri dari tiga aktuator [1] dan/atau empat aktuator [2], dan masing-masing aktuator dipasang roda omni. *Mobile robot* dapat dikatakan bernavigasi otomatis jika dilengkapi dengan sensor dan implementasi sistem cerdas. *Mobile robot* cerdas perlu diimplementasikan komputasi berbasis *Artificial Intelligence* dengan mengoptimalkan informasi yang diperoleh dari sensor. Pambudi [3], telah merancang robot omnidirectional dengan tiga roda omni, dimana sistem navigasi pada robot tersebut menggunakan PID sebagai *internal control* dan *Fuzzy Logic Controller* untuk *external control* dengan informasi data diperoleh dari sensor jarak dan kamera. Penelitian sejenis juga dilakukan oleh Rahman dan Aprilianto [4], mereka merancang robot omnidirectional yang dilengkapi dengan tujuh sensor jarak, adapun sistem navigasi untuk pergerakan robot mereka menggunakan metode *Fuzzy Logic*. Adapun penggunaan *Fuzzy Logic* memungkinkan pemberian aturan yang rumit jika diaplikasikan pada robot dengan jumlah sensor yang banyak dan berbagai kondisi lingkungan.

Perkembangan sistem cerdas pada robot sudah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti, seperti PID, *Fuzzy Logic*, *Backpropagation*, *Fuzzy Kohonen*, dan lain sebagainya. Penerapan metode-metode tersebut digunakan dalam berbagai kasus, seperti navigasi otonom, penghindaran halangan, pengikut dinding, deteksi objek, pengenalan pola, dan lain-lain. Adapun tujuan penggunaan sistem cerdas untuk memudahkan sistem dalam menjalankan visi atau tugas dari operator supaya bekerja secara otomatis, efisien dan respon yang cepat. Disisi lain, perkembangan metode kecerdasan buatan sudah menuju pada pembelajaran mesin (*Machine Learning*), yang umum digunakan untuk pengenalan pola. Adapun salah satu metode *Machine Learning* untuk pengenalan pola adalah *Support Vector Machine* [5][6], disingkat SVM. Metode SVM merupakan suatu teknik yang sering digunakan dalam pengenalan pola dengan cara mengklasifikasi data dengan bidang hyperplane. Pembelajaran SVM ini mirip seperti *Backpropagation* karena bersifat pembelajaran terawasi, namun dalam beberapa kasus SVM memiliki akurasi yang baik untuk mengklasifikasi data atau pengenalan pola, seperti percobaan yang telah dilakukan oleh Hasan dkk [7], Fachri dkk [8] dan Lima dkk [9].

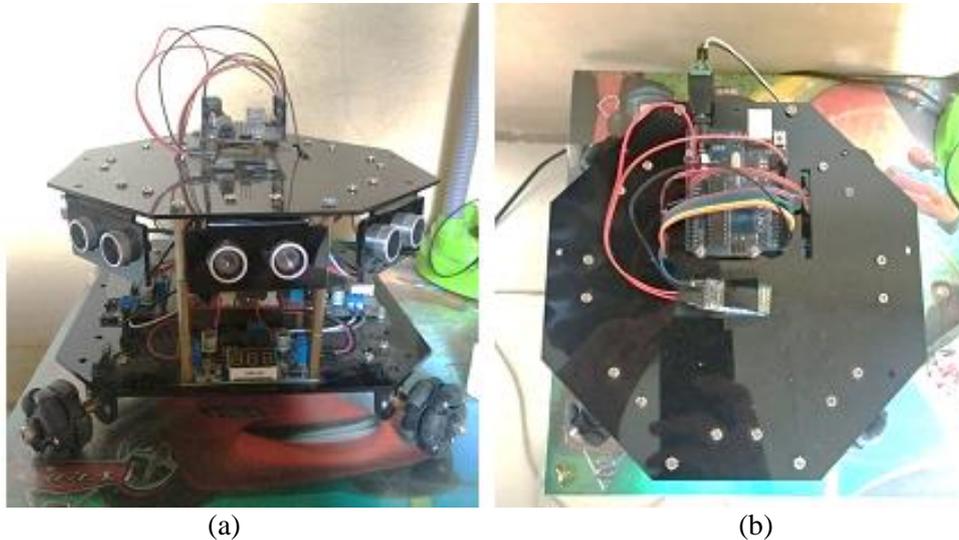
Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis merancang *Mobile robot omnidirectional* untuk menjelajah ruangan. Adapun metode yang dipilih adalah *Support Vector Machine* untuk mengklasifikasi pola pergerakan pada robot. Motivasi penelitian ini didasarkan pada cara *Mobile robot* dalam ber-navigasi di dalam ruangan yang sulit diprediksi, sehingga sistem dapat mengambil keputusan dengan cepat ketika ber-manuver dalam berbagai kondisi lingkungan. Dimana tujuan perancangan *Mobile robot omnidirectional* ini untuk diaplikasikan pada sistem monitoring dan keamanan di dalam gedung seperti robot patroli.

2. METODE PENELITIAN

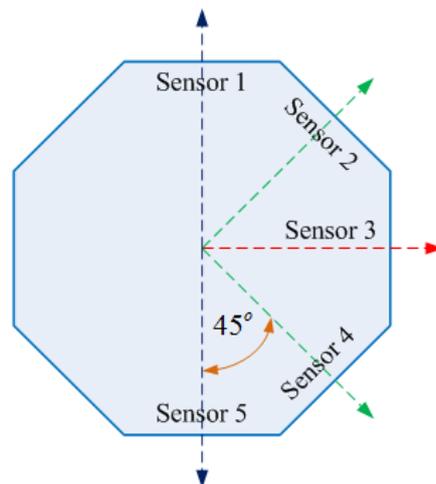
2.1 *Mobile Robot Omnidirectional*

Mobile robot omnidirectional merupakan jenis *Mobile robot* beroda yang dapat bergerak segala arah, atau dikenal dengan istilah holonomik. Secara umum, *Mobile robot omnidirectional* dirancang dengan bentuk bulat atau segi delapan karena memudahkan dalam penempatan sensor-sensor dan pergerakan yang baik saat ber-manuver. Pergerakan pada robot omnidirectional berdasarkan konfigurasi pada tata letak aktuator, ada yang menggunakan tiga aktuator atau empat aktuator, yang masing-masing dipasang roda omni. Konfigurasi tersebut secara teori memerlukan formula dari analisa kinematik. Tujuannya untuk membantu dalam menghasilkan pergerakan atau sistem navigasi yang otomatis dengan kombinasi sistem cerdas. Di dalam studi ini, *Mobile robot omnidirectional* telah dirancang dengan bentuk segi delapan, ber-diameter 40 cm dengan tinggi adalah 30 cm. Robot yang dikembangkan ini adalah jenis robot omnidirectional dengan empat buah aktuator,

dan masing-masing actuator dipasang roda omni. Adapun bentuk *Mobile robot* omnidirectional yang dirancang di dalam penelitian ini seperti ditunjukkan pada Gambar 1. *Mobile robot* ini memiliki dua tingkat, pertama; untuk base actuator dan driver, dan kedua; untuk bagian sensor jarak berjumlah lima buah sensor, modul mikro, dan perangkat elektronik lainnya. Sensor-sensor jarak ditempatkan pada posisi depan robot dan membentuk sudut 45° dapat dilihat pada Gambar 2, dan pada aktuator membentuk sudut 90° (sisi kiri, kanan, depan dan belakang).



Gambar 1. *Mobile robot* omnidirectional, (a) Tampak depan, dan (b) atas



Gambar 2. Penempatan posisi sensor-sensor jarak

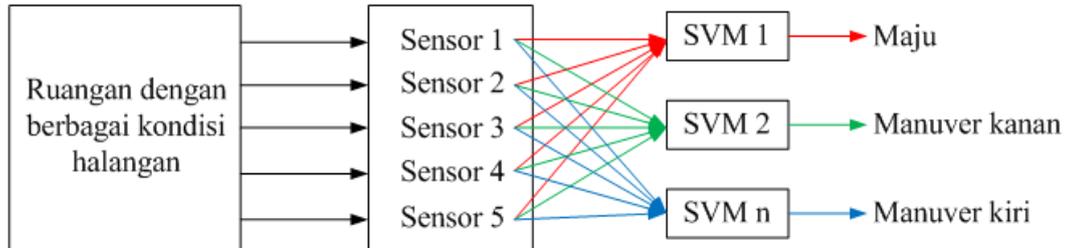
Adapun perumusan secara kinematik untuk pergerakan robot omnidirectional dalam menghasilkan posisi aktual menggunakan Persamaan (1).

$$\begin{bmatrix} \dot{x}(t) \\ \dot{y}(t) \\ \dot{\theta}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} \cos(90-\theta)(t) & -\frac{1}{2} \cos \theta(t) & \frac{1}{2} \cos(90-\theta)(t) & \frac{1}{2} \cos \theta(t) \\ \frac{1}{2} \sin(90-\theta)(t) & -\frac{1}{2} \sin \theta(t) & -\frac{1}{2} \sin(90-\theta)(t) & \frac{1}{2} \sin \theta(t) \\ \frac{1}{4L} & \frac{1}{4L} & \frac{1}{4L} & \frac{1}{4L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1(t) \\ v_2(t) \\ v_3(t) \\ v_4(t) \end{bmatrix} \quad (1)$$

Pada Persamaan (1) menunjukkan bahwa posisi dan sudut merupakan keluaran sistem dan kecepatan v_1 , v_2 , v_3 dan v_4 merupakan masukan sistem.

2.2 Navigasi berbasis *Support Vector Machine*

Navigasi merupakan suatu cara untuk menggerakkan robot secara otomatis tanpa campur tangan manusia. Navigasi ini akan melakukan respon gerak jika menerima input dari sensor. Pada umumnya sistem navigasi dibentuk berdasarkan meniru pola atau perilaku dari makhluk hidup. Pada studi ini, kami merancang sistem navigasi pada robot omni menggunakan basis perilaku, dimana masing-masing perilaku tersebut dikombinasikan dengan SVM. SVM banyak digunakan untuk aplikasi pengenalan pola, oleh karena itu dapat juga pada robot omnidirectional untuk ber-navigasi di dalam lingkungan yang tidak terstruktur. Gambar 3 menunjukkan arsitektur SVM one vs others untuk pergerakan pada robot omnidirectional.



Gambar 3. Arsitektur SVM one vs others pada robot omnidirectional

Dari arsitektur pada Gambar 3 bahwa masing-masing SVM akan menentukan target yang diinginkan. Proses SVM yaitu menghitung Quadrating Programming bentuk ganda seperti pada Persamaan (2) sampai (4), untuk menghasilkan nilai support vector ($\alpha \neq 0$).

$$\max_a \sum_{k=1}^l a_k - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^l a_i a_j y_i y_j K \langle x_i, x_j \rangle \quad (2)$$

$$\text{subject to: } \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i = 0 \quad (3)$$

$$0 \leq \alpha_i \leq C, i = 1, \dots, l \quad (4)$$

Solusi pada Persamaan (2) sampai (4) dapat diselesaikan dengan metode sequential SVM [10][11], sebagai berikut :

1. Inisialisasi nilai $\alpha_i = 0$
2. Menghitung matrik D_{ij}

$$D_{ij} = y_i y_j \left(K \langle x_i, x_j \rangle + \lambda^2 \right) \quad (5)$$

untuk $i, j = 1 \dots l$, dan l banyaknya data, dan paramater λ yaitu konstanta.

3. Setiap pola yang akan di-cluster dihitung menggunakan Persamaan (6) sampai (8), dimana data pelatihan dari $i = 1$ sampai l .

$$E_i = \sum_{j=1}^l \alpha_j D_{ij} \quad (6)$$

$$\delta \alpha_i = \min \left\{ \max \left[\gamma (1 - E_i), -\alpha_i \right], C - \alpha_i \right\} \quad (7)$$

$$\alpha_i = \alpha_i + \delta \alpha_i \quad (8)$$

Adapun γ merupakan learning rate.

4. Jika selama proses pelatihan sudah terlihat konvergen maka proses tersebut dihentikan. Sebaliknya jika belum konvergen maka ulangi lagi proses pada Persamaan (6) sampai (8). Indikator tercapai konvergen apabila tingkat perubahan nilai kecil hampir mendekati nol.

Algoritma ini akan menghasilkan nilai lagrange α yang optimal untuk data yang akan di-cluster, dimana data input diubah ke fitur berdimensi tinggi menggunakan fungsi kernel, salah satunya kernel Radial Basis Function (RBF) seperti pada Persamaan (9). Untuk γ merupakan parameter kernel dengan nilai yang ditentukan.

$$K(\bar{x}, \bar{y}) = \exp\left(-\gamma \|\bar{x} - \bar{y}\|^2\right) \tag{9}$$

Dari hasil proses pelatihan tersebut maka dilakukan pengujian data untuk di-cluster. Adapun tahap pengujian atau implementasi adalah sebagai berikut :

1. Menentukan jumlah kelas pada masing-masing SVM yaitu cluster +1 dan -1.
2. Memetakan data input x ke dalam bentuk *feature space* menggunakan kernel RBF pada Persamaan (9).
3. Menghitung fungsi pengambilan keputusan terakhir [10][11], menggunakan Persamaan (10) dan (11).

$$f(x) = \text{sign}\left(\sum_{i \in SV} \alpha_i y_i K(x_i, x) + \alpha_i y_i \lambda^2\right) \tag{10}$$

$$\text{sign}(k) = \begin{cases} -1 & ; k < 0 \\ 1 & ; k \geq 0 \end{cases} \tag{11}$$

Nilai SV merupakan banyaknya *support vector*, dan $\text{sign}(k)$ digunakan untuk menentukan data klasifikasi.

Tabel 1. Pola halangan untuk navigasi robot omnidirectional

No	Sensor					Manuver	No	Sensor					Manuver
	S1	S2	S3	S4	S5			S1	S2	S3	S4	S5	
1	0	0	0	0	0	maju	28	0	0	0	2	2	Kanan
2	1	2	2	0	0	Maju	29	0	0	0	0	1	Kanan
3	2	2	2	0	0	Maju	30	0	0	0	0	2	Kanan
4	0	1	2	1	0	Maju	31	0	1	2	2	1	Kiri
5	0	2	2	2	0	Maju	32	0	2	2	2	1	Kiri
6	0	0	2	2	1	Maju	33	1	0	0	0	0	Kiri
7	0	0	2	2	2	Maju	34	2	0	0	0	0	Kiri
8	1	2	2	1	0	Kanan	35	1	2	0	0	0	Kiri
9	1	2	2	2	0	Kanan	36	2	2	0	0	0	Kiri
10	1	1	1	1	0	Kanan	37	0	2	1	1	0	Kiri
11	1	1	1	2	0	Kanan	38	0	2	1	2	0	Kiri
12	1	1	2	1	0	Kanan	39	0	2	2	1	0	Kiri
13	1	1	2	2	0	Kanan	40	0	0	0	1	1	Kiri
14	1	2	1	1	0	Kanan	41	0	0	0	1	2	Kiri
15	1	2	1	2	0	Kanan	42	0	0	1	1	1	Kiri
16	1	1	1	0	0	Kanan	43	0	0	2	1	1	Kiri
17	1	1	2	0	0	Kanan	44	0	0	1	2	1	Kiri
18	1	2	1	0	0	Kanan	45	0	0	1	1	2	Kiri
19	2	1	1	0	0	Kanan	46	0	0	2	1	2	Kiri
20	2	1	2	0	0	Kanan	47	0	0	1	2	2	Kiri
21	2	2	1	0	0	Kanan	48	0	1	1	1	1	Kiri
22	1	1	0	0	0	Kanan	49	0	2	1	1	1	Kiri
23	2	1	0	0	0	Kanan	50	0	1	2	1	1	Kiri
24	0	1	1	1	0	Kanan	51	0	2	2	1	1	Kiri
25	0	1	1	2	0	Kanan	52	0	1	1	2	1	Kiri
26	0	1	2	2	0	Kanan	53	0	2	1	2	1	Kiri
27	0	0	0	2	1	Kanan							

Program SVM untuk pelatihan dan implementasi dirancang di dalam komputer dengan tujuan untuk mengetahui respon pembelajaran apakah mencapai konvergen atau tidak. Setelah proses pelatihan selesai, maka diperoleh hasil support vector yang terakhir dan kemudian dilakukan tahap



program implementasi menggunakan Persamaan (10) dan (11). Adapun komunikasi untuk pengiriman data antara robot dengan komputer menggunakan perangkat xbee. Adapun pola halangan dan dinding menjadi masukan untuk data pelatihan, dimana pola tersebut merupakan kombinasi dari lima buah sensor jarak. Sedangkan untuk keluaran merupakan aksi pergerakan robot seperti bergerak maju, manuver belok kanan, dan belok kiri. Pengambilan pola halangan dan dinding dilakukan secara offline, dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1. Di dalam penelitian ini, sensor-sensor jarak dilakukan kuantisasi dengan tujuan untuk mempercepat proses komputasi berdasarkan SVM, dapat dilihat pada Persamaan (12).

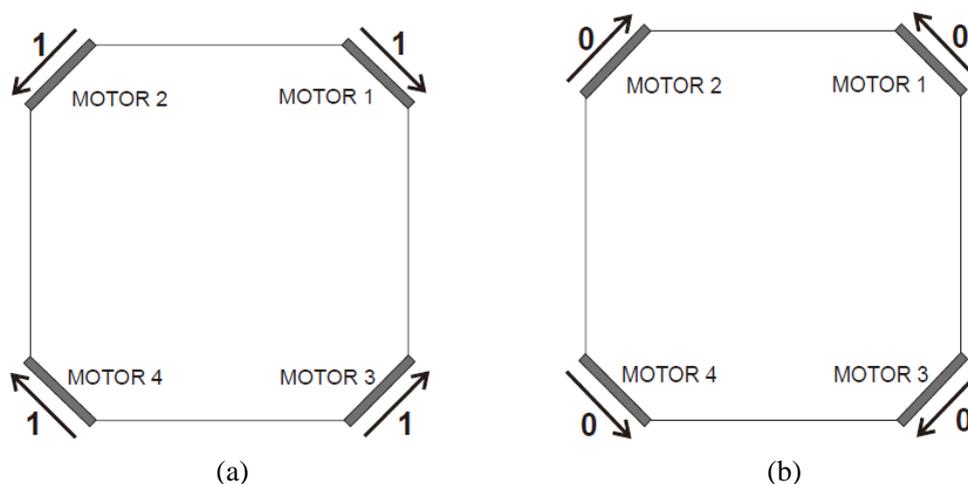
$$Kuantisasi = \begin{cases} 1 & ; \quad 0 \text{ cm} \leq \text{jarak} \leq 30 \text{ cm} \\ 2 & ; \quad 30 < \text{jarak} \leq 50 \text{ cm} \\ 0 & ; \quad \text{jarak} > 50 \text{ cm} \end{cases} \quad (12)$$

Berdasarkan pada Persamaan (12), jika jarak yang terdeteksi melebihi 50 cm maka kuantisasi jarak menjadi nol, karena robot memperkirakan jarak halangan atau dinding masih jauh. Kuantisasi jarak bernilai “1” menunjukkan jarak yang terdeteksi dekat, sedangkan kuantisasi jarak bernilai “2” artinya sedang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

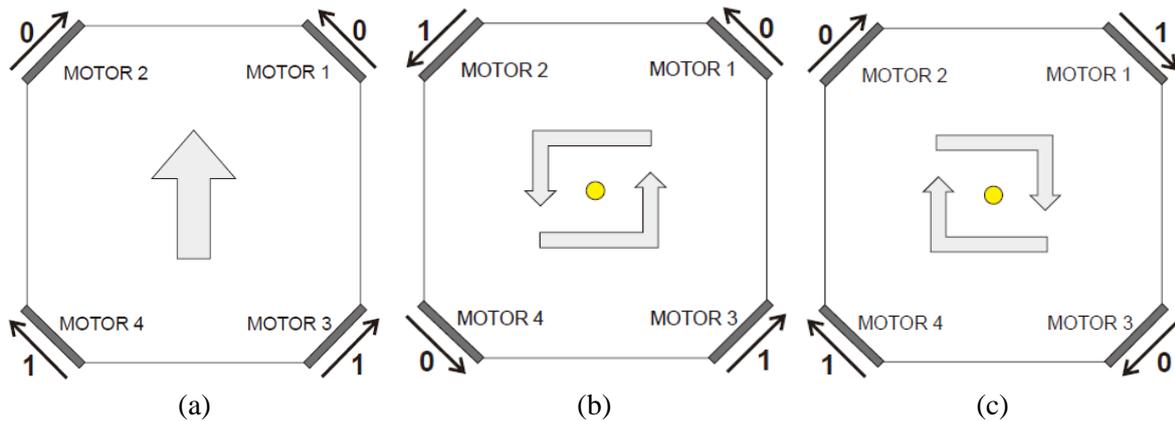
3.1 Pengujian Pergerakan Aktuator

Pengujian ini berfokus pada empat direction pin yang ada pada driver motor DC yang digunakan pada penelitian ini. Pengujian bertujuan untuk mengetahui arah rotasi yang dihasilkan setiap direction pin pada setiap motor DC, agar secara keseluruhan kita dapat mengontrol arah pergerakan robot. Pengujian dilakukan dengan memberikan logika 1 (*high*) dan logika 0 (*low*) dari mikrokontroler pada setiap direction pin dan melihat arah rotasi yang dihasilkan pada motor DC. Pengujian langsung dilakukan terhadap badan robot berbentuk segi delapan, yang sudah dijelaskan dari desain robot pada sebelumnya, dimana direction pin 1 terhubung dengan kendali motor 1, direction pin 2 terhubung dengan kendali motor 2, direction pin 3 terhubung dengan kendali motor 3 dan direction pin 4 terhubung dengan kendali motor 4. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Arah putar pergerakan actuator, (a) logika high, dan (b) logika low

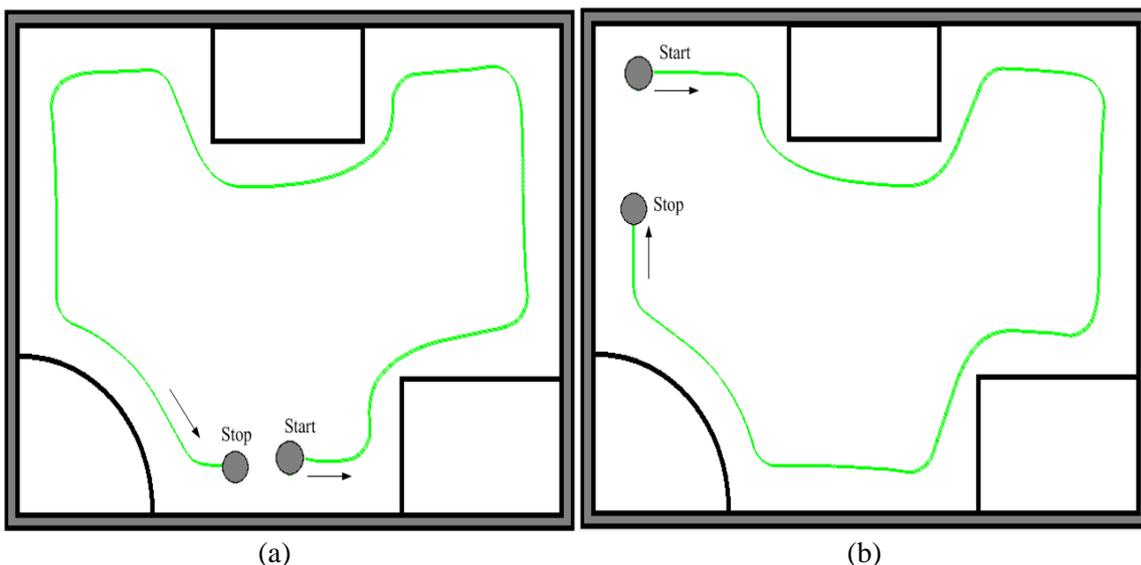
Dengan peletakan motor DC terhadap badan robot yang terlihat pada Gambar 4, didapatkan hasil apabila empat direction pin pada driver motor diset logika 1 (*high*) atau logika 0 (*low*), arah rotasi pada motor 1 sama dengan motor 2 dan arah rotasi motor 3 sama dengan motor 4. Oleh karena itu agar robot dapat bergerak lurus kedepan, belok kiri dan belok kanan maka kombinasi logika kontrol dari empat motor DC dapat dilihat pada Gambar 5. Pada Gambar 5.a posisi robot bergerak maju dengan aturan pemberian pin logika motor1=0, motor2=0, motor3=1 dan motor4=1, pada Gambar 5.b pergerakan robot akan ber-manuver ke kiri dengan pengaturan nilai yaitu (0,1,1,0) untuk masing-masing motor, dan pergerakan belok kanan yaitu (1,0,0,1) untuk masing-masing motor seperti terlihat pada Gambar 5.c.



Gambar 5. Logika arah pergerakan robot, (a) maju, (b) belok kiri, dan (c) belok kanan

3.2 Pengujian Pergerakan *Mobile robot* Omnidirectional

Mobile robot omnidirectional dilakukan tahap percobaan di ruangan yang telah dikondisikan, dimana ruangan tersebut di dalam skala Laboratorium Robotika Failkom UNSRI. Arena lingkungan yang berukuran panjang 300 cm dan lebar 250 cm. Pada Gambar 6 menunjukkan percobaan robot dalam bernavigasi pada arena dengan kondisi sederhana. *Mobile robot* diuji pada dua keadaan yaitu pergerakan pada sisi kanan robot terhadap dinding, dan pergerakan sisi kiri robot terhadap dinding. Gambar 6.a merupakan navigasi *Mobile robot* omnidirectional pada saat pergerakan sisi kanan robot terhadap dinding. Gambar 6.b merupakan navigasi robot dari sisi kiri terhadap dinding. Berdasarkan percobaan pada Gambar 6 bahwa robot ber-navigasi mengikuti dinding dan ber-manuver jika terdapat halangan, robot mengikuti dinding dan mempertahankan posisi jarak pada 20 cm sampai 25 cm. Adapun robot melakukan aksi manuver belok jika jarak antara robot dengan halangan dibawah 50 cm. Selama robot berinteraksi di lingkungan, robot mampu menghindari halangan maupun dinding dan robot mampu mengenali pola lingkungan yang telah diberikan sehingga menghasilkan pergerakan yang bagus. Dimana pola lingkungan tersebut disusun berdasarkan perilaku atau keadaan dari robot ketika robot menerima stimuli dari berbagai kondisi lingkungan. Adapun metode SVM dapat bekerja pada *Mobile robot* omnidirectional dalam menghasilkan navigasi yang baik.

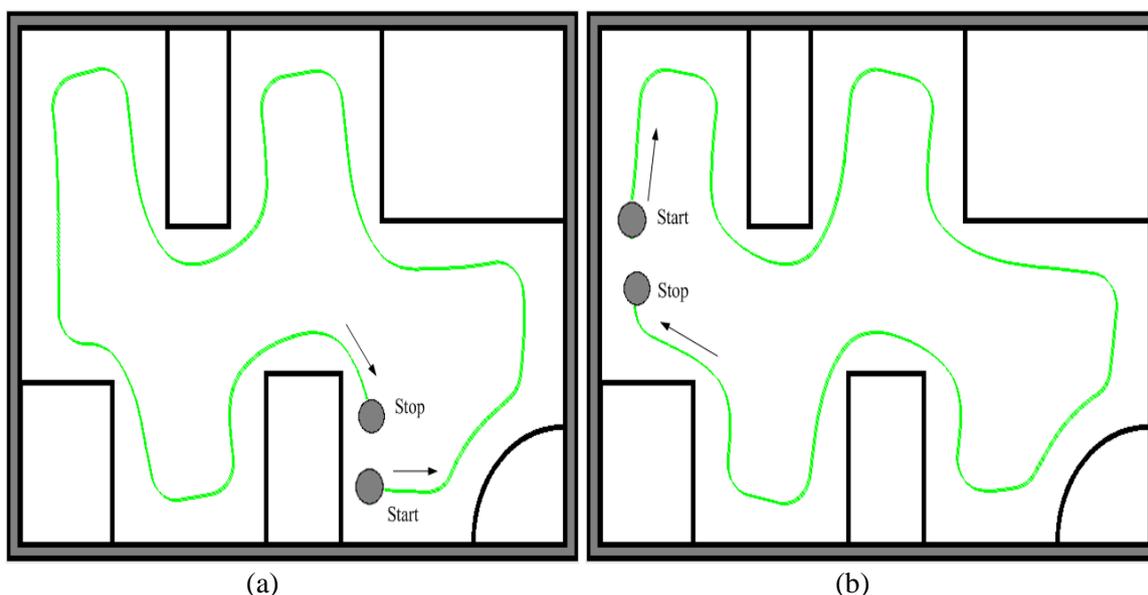


Gambar 6. Navigas robot omnidirectional di dalam lingkungan sederhana, (a) pergerakan dari sisi kanan, dan (b) sisi kiri

Selanjutnya, *Mobile robot* ditempatkan pada lingkungan kompleks yang terdapat lima objek yang didekatkan pada dinding. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui respon robot dalam bernavigasi di dalam lingkungan ini. Sama seperti pada percobaan sebelumnya, robot ditempatkan pada sisi kanan dan kiri pada robot terhadap dinding. Gambar 7 menunjukkan navigasi *Mobile robot*

omnidirectional di dalam lingkungan kompleks. Pada Gambar 7.a, *Mobile robot* diuji dari sisi kanan robot terhadap dinding, robot ber-navigasi mengikuti dinding, dan mampu menelusuri tiap sudut yang dibentuk baik itu halangan atau dinding. Dari hasil percobaan tersebut menunjukkan bahwa *Mobile robot* berhasil dalam ber-navigasi dengan pergerakan yang baik. Selanjutnya dilakukan percobaan dari sisi kiri robot terhadap dinding (lihat Gambar 7.b), *Mobile robot* ber-navigasi dalam menelusuri setiap sudut dinding dan menghindari halangan. Percobaan tersebut berhasil dengan pergerakan robot yang baik. Selama bernavigasi, *Mobile robot* berupaya mempertahankan posisi jarak antara robot dengan dinding yaitu 20 cm sampai 25 cm, dan menghindari halangan atau dinding jika jarak lebih kecil dari 50 cm. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan ini dapat dikatakan bahwa *Mobile robot* omnidirectional yang di-implementasikan dengan metode SVM juga menghasilkan sistem navigasi yang baik untuk pergerakan robot di lingkungan sederhana maupun kompleks.

Percobaan pada Gambar 6 dan 7 telah dilakukan sebanyak 40 kali, baik itu pergerakan dari sisi kanan maupun sisi kiri. Dalam percobaan tersebut robot mengalami lima kali menabrak halangan bagian sudut. Hal ini dikarenakan sensor jarak sulit mendeteksi objek atau dinding, namun secara tracking pada robot masih mampu menyesuaikan posisi dalam menghindari dan mengikuti dinding. Adapun keberhasilan yang dicapai oleh robot di dalam percobaan ini yaitu 87.5%.



Gambar 7. Navigasi robot omnidirectional di dalam lingkungan kompleks, (a) pergerakan dari sisi kanan, dan (b) sisi kiri

4. KESIMPULAN

Mobile robot omnidirectional telah dirancang di dalam penelitian ini. *Mobile robot* berbentuk segi delapan dimana sensor-sensor jarak ditempatkan di bagian depan pada tiap sisi yang membentuk sudut 45°. Adapun jenis motor yang digunakan adalah tipe metalgear motor DC yang berjumlah sebanyak empat buah. Tugas *Mobile robot* ini untuk menjelajah ruangan dan dapat digunakan sebagai robot patroli. Adapun metode sistem navigasi yang digunakan adalah *Support Vector Machine*. Dalam pembelajaran SVM dapat menggunakan Algoritma Sequential SVM dengan konsep one vs others, serta kernel Radial Basis Function untuk soft hyperplane dalam memisahkan kasus banyak kelas. Program SVM untuk training dan testing dirancang di dalam komputer, dan komunikasi antara robot dengan pengguna (komputer) melalui wireless xbee. *Mobile robot* omnidirectional telah dilakukan percobaan di dalam arena dengan kondisi ruangan yang telah ditentukan, dan robot dapat bernavigasi dengan baik dalam menghindari halangan, mengikuti dinding dan ber-manuver. Percobaan robot telah dilakukan sebanyak 40 kali, dan diperoleh tingkat keberhasilan selama percobaan sebesar 87.5%. Adapun motivasi *Mobile robot* omnidirectional menjelajah ruangan didasarkan cara seorang berpatroli di dalam ruangan atau gedung layaknya petugas keamanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan penelitian ini mendapat dukungan dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sriwijaya. Penelitian ini dilaksanakan di dalam Laboratorium Robotika Jurusan Sistem Komputer, Universitas Sriwijaya. Terima kasih disampaikan kepada LPPM dan Jurusan Sistem Komputer yang telah membantu dalam melaksanakan kegiatan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] P. J. Costa, N. Moreira, D. Campos, J. Gonçalves, J. Lima, and P. L. Costa, "Localization and Navigation of an Omnidirectional Mobile Robot: The Robot@Factory Case Study," *Rev. Iberoam. Tecnol. del Aprendiz.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–9, 2016, doi: 10.1109/RITA.2016.2518420.
- [2] M. A. Al Mamun, M. T. Nasir, and A. Khayyat, "Embedded System for Motion Control of an Omnidirectional Mobile Robot," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 6722–6739, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2794441.
- [3] W. S. Pambudi, "Rancang Bangun 3 Wheels Omni-Directional Mobile Robot Menggunakan Sensor Position Sensitive Device (PSD) Serta Sensor Vision Dengan Metode Kendali Fuzzy Logic Controller (FLC) Untuk Menghindari Halangan," in *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi Terapan*, 2011, vol. 1, no. 1, [Online]. Available: <http://publikasi.dinus.ac.id/index.php/semantik/article/view/43>.
- [4] M. Rahman and H. Aprilianto, "Penerapan Metode Fuzzy Pada Robot Beroda Menggunakan Omni-Directional Wheels," *J. Ilm. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 5, no. 2, pp. 1075–1082, 2016.
- [5] Husnawati and R. R. Putra, "Sistem Klasifikasi Jenis Gas Alkohol dan Butana Menggunakan Metode Suport Vector Machine," in *Prosiding Annual Research Seminar*, 2018, vol. 4, no. 1, pp. 305–310.
- [6] K. Mujib, A. Hidayatno, and T. Prakoso, "Pengenalan Wajah Menggunakan Local Binary Pattern (LBP) Dan Support Vector Machine (SVM)," *Transient*, vol. 7, no. 1, pp. 123–130, 2018, doi: 10.14710/transient.7.1.123-130.
- [7] N. ul Hasan, N. Ejaz, W. Ejaz, and H. S. Kim, "Malicious Odor Item Identification using an Electronic Nose Based on Support Vector Machine Classification," in *The 1st IEEE Global Conference on Consumer Electronics*, 2012, pp. 399–400, doi: 10.1109/GCCE.2012.6379638.
- [8] K. M. Fachri, N. L. Husni, and E. Prihatini, "Robot Classifying of Gas Using Support Vector Machine Method," *VOLT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 1–12, 2018, doi: 10.30870/volt.v3i1.2010.
- [9] N. V. de Lima, L. Novamizanti, and E. Susatio, "Sistem Pengenalan Wajah 3D Menggunakan ICP dan SVM," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 6, pp. 601–610, 2019.
- [10] S. Vijayakumar and S. Wu, "Sequential Support Vector Classifiers and Regression," in *Proc. International Conference on Soft Computing*, 1999, vol. 619, pp. 610–619.
- [11] Rendyansyah, A. P. P. Prasetyo, and K. Exaudi, "Implementasi Electronic Nose Dan Support Vector Machine Pada Aplikasi Olfactory Mobile Robot Dalam Mengenali Gas," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 69–79, 2018, doi: 10.25077/jnte.v7n1.475.2018.