

Sistem Navigasi Robot Hexapod Menggunakan Behavior Dan Learning Vector Quantization

Rendyansyah¹⁾, Kanda Januar Miraswan²⁾, Aditya P.P. Prasetyo³⁾, Kemahyanto Exaudi⁴⁾, Bangun Sudrajat⁵⁾ dan Abdul Wahid Sempurna⁶⁾

^{1,5,6)} Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya, Indonesia

²⁾ Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya, Indonesia

^{3,4)} Jurusan Teknik Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya, Indonesia

email: ¹⁾rendyansyah@ilkom.unsri.ac.id, ²⁾kandajm@ilkom.unsri.ac.id, ³⁾aditrecca@gmail.com,

⁴⁾kemahyanto@ilkom.unsri.ac.id

Abstrak– Robot banyak digunakan dalam berbagai bidang pekerjaan, salah satunya seperti pada *mobile robot* jenis berkaki untuk navigasi di dalam lingkungan yang kompleks. Robot berkaki atau dikenal dengan robot hexapod merupakan robot yang meniru pola gerak makhluk hidup. Pada penelitian ini telah dirancang robot hexapod yang dilengkapi dengan lima buah sensor jarak ultrasonik untuk bernavigasi di dalam lingkungan. Adapun tujuan robot hexapod ini bernavigasi untuk aplikasi robot patroli yang bekerja di lingkungan yang sulit diprediksi. Sistem navigasi pada robot hexapod menggunakan metode *behavior based* dan *Learning Vector Quantization* (LVQ). Pada robot hexapod memiliki lima *behavior*, diantaranya *behavior* bergerak maju, mengikuti dinding kiri, mengikuti dinding kanan, mengikuti jalur koridor dan menghindari halangan. Pada masing-masing *behavior* tersebut untuk bernavigasi menggunakan LVQ. Salah satu *behavior* akan diaktifkan jika robot menerima masukan (stimuli) nilai jarak tertentu dari sensor jarak. Percobaan dilakukan dalam arena dengan kondisi yang telah ditentukan. Pada percobaan pertama, posisi robot dalam kondisi tanpa ada halangan, dan aksi robot tersebut berjalan maju sampai mendeteksi dinding atau halangan, dan selanjutnya robot melakukan aksi manuver kiri atau kanan berdasarkan *behavior* yang aktif. Pada percobaan kedua, posisi robot berada pada jalur koridor dan bernavigasi mengikuti jalur koridor tersebut. Selanjutnya pada percobaan ketiga, robot berada dalam lingkungan kompleks dimana robot tersebut ditempatkan pada posisi yang berbeda-beda, dan robot dapat bernavigasi dengan baik tanpa menabrak objek atau dinding.

Kata Kunci: *Behavior based, Learning Vector Quantization, Navigasi, Robot hexapod*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan robot yang sangat pesat menjadikan robot sangat berguna dalam aspek kehidupan. Salah satu kegunaan robot dalam bidang keamanan yaitu seperti *mobile robot* untuk inspeksi target yang dicurigai [1]. Pada umumnya *mobile robot* ada yang beroda dan ada yang berkaki. Pada *mobile robot* yang beroda sistem gerak menggunakan motor listrik DC dengan kendali kecepatan menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM), dan untuk *steering* berbasis perbandingan kecepatan roda kiri dan kanan [2], atau bahkan menggunakan sudut belok pada roda bagian depan [3]. Namun pada *mobile robot* jenis berkaki (robot hexapod)

cenderung meniru pola gerak makhluk hidup, seperti laba-laba [4]. Sistem gerak robot berkaki umumnya menggunakan motor servo atau stepper.

Penelitian tentang robot hexapod telah dilakukan oleh Wicaksono dkk [4] dengan menerapkan perilaku sebagai aksi pergerakan robot ketika mendapat stimuli dari lingkungan sekitarnya. Darwison dan Wahyudi [5] merancang robot hexapod untuk pemadam api menggunakan sistem cerdas logika fuzzy, dan robot bernavigasi dengan perubahan kecepatan yang halus. Disisi lain, Wahyudi dkk [6] juga merancang sistem navigasi robot menggunakan kendali *Proportional-Derivative* untuk pergerakan robot mengikuti dinding.

Pergerakan robot berkaki sama seperti pada robot beroda yaitu memiliki sistem navigasi untuk menjelajah area yang dituju. Navigasi merupakan teknik dalam mengontrol pergerakan robot secara otonom baik untuk robot beroda maupun berkaki. Sistem navigasi pada robot memiliki beberapa metode, salah satunya yaitu *behavior based* [4,7]. Metode berbasis *behavior* ini sebagai aksi ketika menjelajah keadaan lingkungan yang tak dikenal. Metode ini dapat digabungkan dengan metode kecerdasan buatan karena mempermudah dan menghasilkan respon yang baik [7,8]. Salah satu metode kecerdasan buatan dalam pengenalan pola yaitu *Learning Vector Quantization* (LVQ) [9,10]. Metode LVQ ini merupakan salah satu metode yang menerapkan proses belajar (*learning*), yang mana data masukan (respon sensor jarak) dan keluaran (pergerakan) untuk dilakukan pelatihan dan pengujian berbasis komputer.

Berdasarkan latar belakang ini penulis melakukan penelitian di bidang robot berkaki yaitu robot hexapod. Robot hexapod ini bertujuan untuk bernavigasi pada lingkungan *indoor* dengan menggunakan *behavior based* dan metode LVQ, dan sebagai langkah awal untuk aplikasi robot patroli. Penerapan metode LVQ ini bertujuan supaya robot memiliki respon cepat dalam pengambilan keputusan pada saat bernavigasi. Adapun motivasi penggunaan robot hexapod ini untuk diaplikasikan pada lingkungan dengan permukaan kasar.

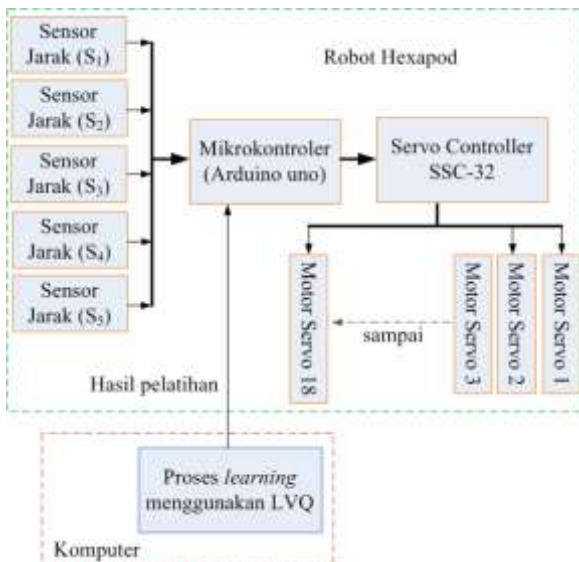
II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Robot hexapod

Pada penelitian ini dirancang robot hexapod yang dilengkapi dengan lima buah sensor jarak ultrasonik HC-SR04, mikro arduino, driver motor servo SSC-32, motor servo sebanyak 18 buah, dan rangkaian catu daya. Gambar 1 menunjukkan bentuk fisik robot hexapod. Gambar 2 merupakan *skematik hardware* pada robot hexapod. Robot hexapod ini memiliki 6 kaki dan masing-masing kaki terdiri dari 3 servo, sehingga total servo berjumlah 18 buah servo. Robot dirancang dengan ukuran tinggi 14.5 cm, panjang dan lebar 20 cm.



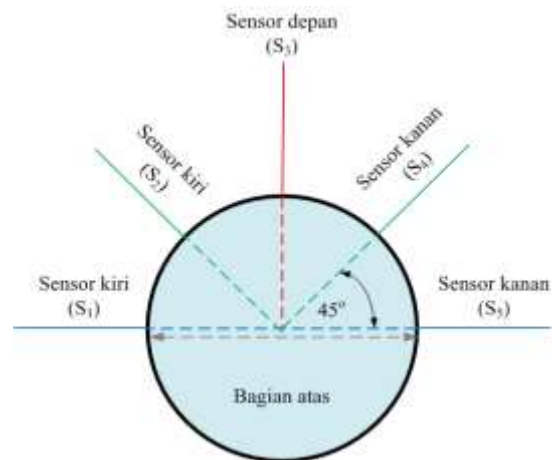
Gambar 1. Robot hexapod



Gambar 2. Skematik *hardware* pada robot hexapod

Berdasarkan pada Gambar 1, robot dilengkapi dengan lima buah sensor jarak dan dipasang di bagian atas robot. Adapun penempatan sensor jarak tersebut membentuk setengah lingkaran yaitu dari sudut 0° sampai 180° dengan interval sudut 45° seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Fungsi sensor jarak untuk mendeteksi halangan objek ataupun dinding supaya robot dapat melakukan navigasi dalam menghindari halangan, mengikuti dinding ataupun jalur koridor berbasis *behavior* dan metode LVQ.



Gambar 3. Penempatan sensor jarak pada robot hexapod

B. Sistem navigasi berbasis *behavior*

Pada tahap ini dilakukan perancangan *behavior* untuk menentukan aksi pergerakan robot. *Behavior* yang dibentuk pada robot yaitu bergerak maju, mengikuti dinding kiri, mengikuti dinding kanan, mengikuti jalur koridor, dan menghindari halangan. Respon aksi ini karena adanya stimuli dari sensor jarak. Adapun urutan prioritas dalam mengaktifkan perilaku untuk navigasi pada robot yaitu:

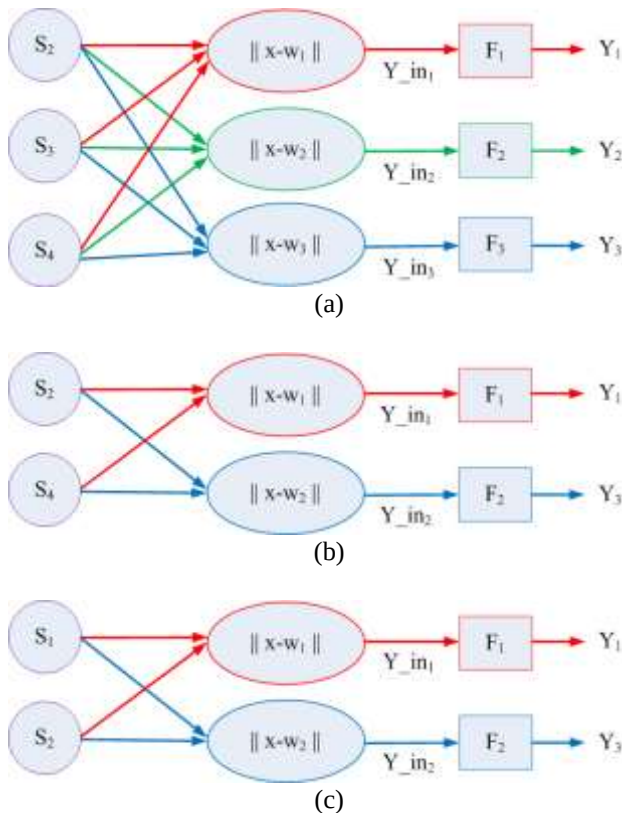
1. Prioritas pertama (tertinggi); *behavior* menghindari halangan. *Behavior* ini aktif jika sensor depan (S_3) mendeteksi jarak halangan kurang dari 50 cm.
2. Prioritas kedua; *behavior* mengikuti jalur koridor. *Behavior* ini aktif jika sensor kiri (S_1) dan kanan (S_5) mendeteksi jarak kurang dari 40 cm, dan juga sensor kiri (S_2) dan kanan (S_4) dengan jarak kurang dari 50 cm.
3. Prioritas ketiga; *behavior* mengikuti dinding kiri. *Behavior* ini aktif jika sensor kiri (S_1) deteksi kurang dari 40 cm dan sensor (S_2) deteksi kurang dari 50 cm.
4. Prioritas keempat; *behavior* mengikuti dinding kanan. *Behavior* ini aktif jika sensor kanan (S_5) deteksi kurang dari 40 cm dan sensor (S_4) deteksi kurang dari 50 cm.
5. Prioritas kelima (terendah); *behavior* bergerak maju. *Behavior* ini aktif jika semua sensor belum mendeteksi jarak dengan ambang batas tertentu terhadap objek atau dinding.

C. Learning vector quantization

Metode *Learning Vector Quantization* (disingkat LVQ) di-implementasikan ke dalam masing-masing perilaku robot. LVQ terdiri dari dua tahapan yaitu proses pelatihan dan pengujian. Pada tahap pelatihan data, program dirancang di dalam komputer dan menghasilkan bobot baru. Program pengujian juga dibuat di dalam komputer. Setelah selesai tahap program pelatihan maupun pengujian, maka program pelatihan di-*embed* ke dalam mikrokontroler. Implementasi LVQ pada mikrokontroler robot hexapod

supaya robot dapat bernavigasi secara otomatis.

Pada rancangan LVQ untuk proses pembelajaran perlu dirancang arsitektur LVQ yang terdiri dari *input*, layer *hidden*, dan *output*. *Input* berupa nilai jarak dari sensor jarak, dan *output* merupakan target pola yang telah ditentukan. Selama proses pembelajaran LVQ akan mencari nilai jarak antara suatu vektor *input* menuju bobot [10]. Adapun arsitektur LVQ untuk perilaku menghindari halangan, koridor, dan mengikuti dinding masing-masing seperti ditunjukkan Gambar 4. Di dalam penelitian ini variabel bobot yaitu W_1 , W_2 dan W_3 .



Gambar 4. Arsitektur LVQ untuk navigasi robot hexapod, (a) prilaku menghindari halangan, (b) prilaku mengikuti jalur koridor, dan (c) prilaku mengikuti dinding kiri dan untuk dinding kanan digunakan sensor kanan (S4 dan S5)

Setiap keluaran pada neuron menyatakan kelas, sehingga pola masukan dari sensor jarak dapat dikenali. Keluaran pada neuron Y_1 merupakan aksi robot untuk belok kiri, neuron Y_2 untuk pergerakan maju, dan Y_3 untuk belok kanan. Arsitektur pada Gambar 4 terdiri dari algoritma pelatihan berbasis LVQ [10,11]:

1. Tetapkan:
 - a. nilai bobot (w)
 - b. Maksimum epoch (MaxEpoch)
 - c. Error minimum yang diinginkan (ε)
 - d. Learning rate (α)
2. Masukkan:
 - a. Input : $x(m,n)$
 - b. Target : $T(1,n)$
3. Tetapkan kondisi awal:

- a. Epoch = 0
- b. Tentukan nilai error
4. Kerjakan jika: (epoch < MaxEpoch) atau ($\alpha > \varepsilon$)
 - a. Epoch = epoch + 1
 - b. Kerjakan untuk nilai $i = 1$ sampai n
 - Tentukan j sedemikian hingga $\|x - w_j\|$ minimum (sebut sebagai c_j)
 - Perbaiki w_j dengan ketentuan:
 - Jika $T = C_j$ maka :

$$w_{j(\text{baru})} = w_{j(\text{lama})} + \alpha(x - w_{j(\text{lama})})$$
 - Jika $T \neq C_j$ maka :

$$w_{j(\text{baru})} = w_{j(\text{lama})} - \alpha(x - w_{j(\text{lama})})$$
- c. Perbarui atau kurangi nilai α
 Pada pengurangan nilai α dilakukan dengan cara $\alpha = \alpha - (\text{dec } \alpha)$ atau $\alpha = \alpha * (\text{dec } \alpha)$.

Tabel 1. Pola lingkungan untuk prilaku menghindari halangan

Sensor depan			Target	Keterangan
S ₂	S ₃	S ₄		
1	1	1	Y ₁	Belok kiri
3	1	1		
3	2	1		
4	1	1		
4	2	1	Y ₂	Maju
2	3	2		
2	3	3		
3	3	2		
3	3	3	Y ₃	Belok kanan
4	4	4		
1	1	3		
1	2	3		
1	1	4	Y ₃	Belok kanan
1	2	4		

Tabel 2. Pola untuk prilaku mengikuti jalur koridor

Sensor		Target	Keterangan
S ₂	S ₄		
2	1	Y ₁	Belok kiri
3	1		
3	2		
1	2	Y ₃	Belok kanan
1	3		
2	3		

Setelah dilakukan tahap pelatihan maka diperoleh data bobot yang terbaru. Bobot-bobot ini digunakan untuk proses pengujian secara *real time* berbasis robot hexapod. Adapun

data pelatihan merupakan pola dari keadaan lingkungan. Data pola ditentukan berdasarkan kuantisasi dari nilai jarak yaitu; bagian sensor depan (S_2 , S_3 , dan S_4) menjadi level kuantisasi pada Persamaan (1). Bagian sensor kiri (S_1 dan S_2) dan kanan (S_4 dan S_5) seperti pada Persamaan (2), dan bagian sensor untuk deteksi koridor (S_2 dan S_4) seperti pada Persamaan (3). Pada Tabel 1 merupakan pola yang dibentuk untuk navigasi dalam *behavior* menghindari halangan. Tabel 2 menunjukkan pola untuk *behavior* mengikuti jalur koridor. Pada pola untuk *behavior* mengikuti dinding kiri maupun kanan masing-masing ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Pengambilan data pola ini dilakukan secara *offline* dengan beberapa kemungkinan yang akan terjadi pada pergerakan robot hexapod di dalam lingkungan.

$$S_{2,3,4} = \begin{cases} 1 & ; \quad 0 \text{ cm} \leq S < 30 \text{ cm} \\ 2 & ; \quad 30 \text{ cm} \leq S < 45 \text{ cm} \\ 3 & ; \quad 45 \text{ cm} \leq S < 60 \text{ cm} \\ 4 & ; \quad 60 \text{ cm} \leq S \leq 100 \text{ cm} \end{cases} \quad (1)$$

$$S_{1,2 \text{ dan } 4,5} = \begin{cases} 1 & ; \quad 0 \text{ cm} \leq S < 15 \text{ cm} \\ 2 & ; \quad 15 \text{ cm} \leq S < 30 \text{ cm} \\ 3 & ; \quad 30 \text{ cm} \leq S \leq 60 \text{ cm} \end{cases} \quad (2)$$

$$S_{2,4} = \begin{cases} 1 & ; \quad 0 \text{ cm} \leq S < 20 \text{ cm} \\ 2 & ; \quad 20 \text{ cm} \leq S < 40 \text{ cm} \\ 3 & ; \quad 40 \text{ cm} \leq S \leq 60 \text{ cm} \end{cases} \quad (3)$$

Tabel 3. Pola untuk perilaku mengikuti dinding kiri

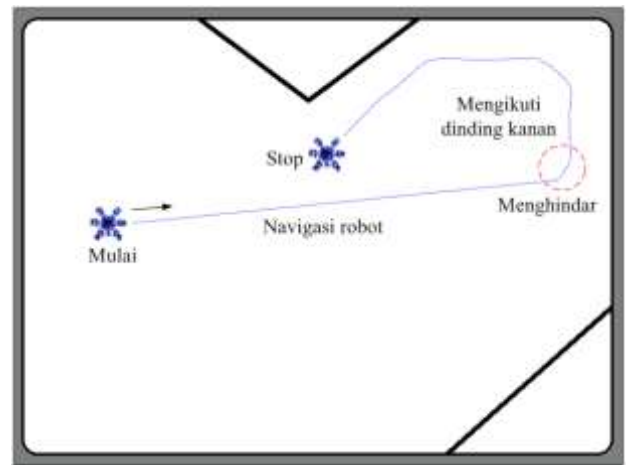
Sensor kiri		Target	Keterangan
S_1	S_2		
1	2	Y_1	Belok kiri
1	3		
2	3		
3	3		
1	1	Y_3	Belok kanan
2	1		
2	2		
3	1		
3	2		

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

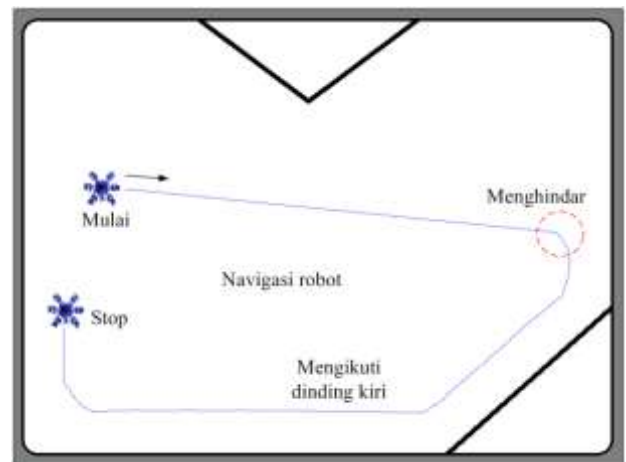
Pada robot hexapod ini dilakukan pengujian untuk mengetahui respon pergerakan. Percobaan robot ditempatkan pada tiga kondisi lingkungan yaitu; lingkungan bebas, lingkungan koridor dan lingkungan kompleks.

Tabel 4. Pola untuk perilaku mengikuti dinding kanan

Sensor kanan		Target	Keterangan
S_5	S_4		
1	1	Y_1	Belok kiri
2	1		
2	2		
3	1		
3	2	Y_3	Belok kanan
1	2		
1	3		
2	3		
3	3		



(a)



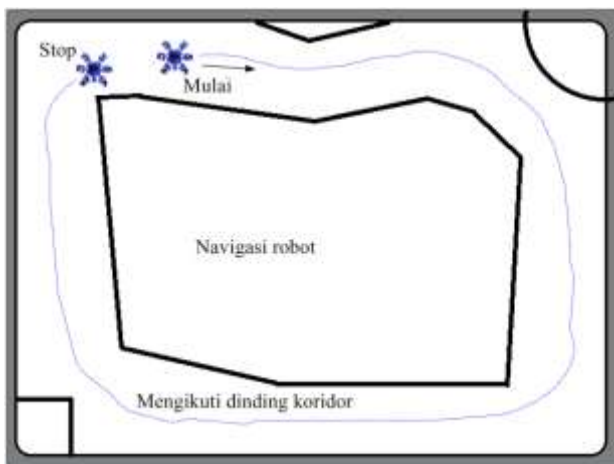
(b)

Gambar 5. Navigasi robot hexapod pada lingkungan bebas

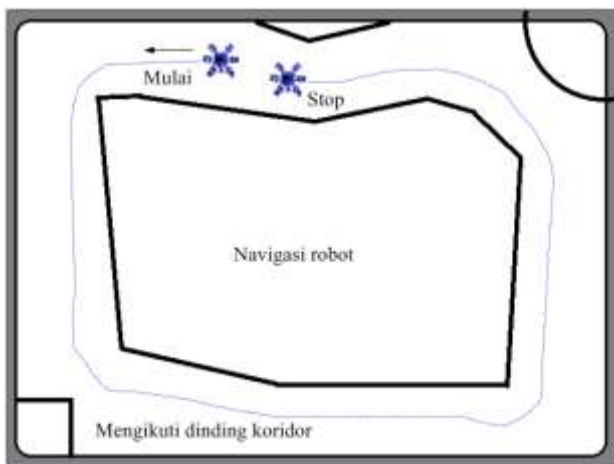
A. Percobaan dalam lingkungan bebas

Pada percobaan ini robot hexapod ditempatkan pada posisi bebas dengan tujuan untuk mengetahui respon pergerakan saat bernavigasi pada lingkungan bebas. Pada

Gambar 5 menunjukkan navigasi robot hexapod pada lingkungan bebas. Pada saat dijalankan robot hexapod bergerak maju karena tidak ada halangan, dan kemudian mendeteksi adanya dinding sehingga robot bernavigasi menghindari halangan dengan belok ke kiri atau kanan berdasarkan stimuli dari sensor jarak bagian depan. Sensor jarak tersebut yaitu S_2 , S_3 dan S_4 yang nilainya sudah dikuantisasi dan telah ditentukan aksi belok kiri atau kanan berdasarkan pola pada Tabel 1. Pada percobaan Gambar 5.a, robot bergerak maju sampai mendeteksi dinding, dan robot bernavigasi dengan *behavior* menghindari halangan yaitu belok kiri. Selanjutnya robot bernavigasi mengikuti dinding kanan dikarenakan sensor bagian kanan (S_4 dan S_5) aktif dan menjalankan *behavior* mengikuti dinding kanan. Disisi lain percobaan pada Gambar 5.b, robot bergerak maju sampai mendeteksi dinding dan bernavigasi belok kanan. Selanjutnya robot mengikuti dinding kiri karena sensor bagian kiri (S_1 dan S_2) aktif dan menjalankan *behavior* mengikuti dinding kiri. *Behavior* tersebut telah diimplementasikan metode LVQ dalam pengambilan keputusan untuk respon pergerakan robot, dan robot mampu bernavigasi dengan baik tanpa menabrak dinding.

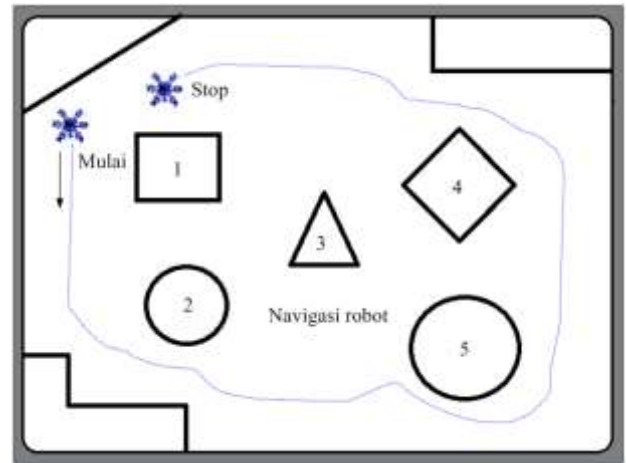


(a)

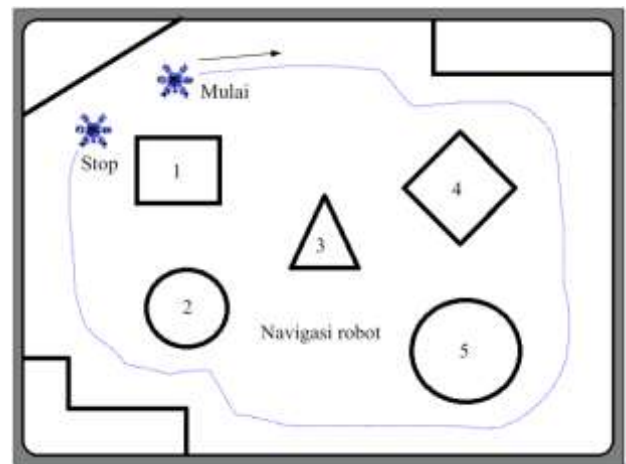


(b)

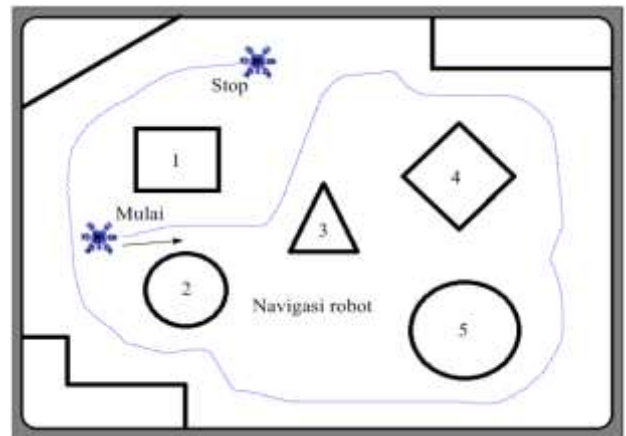
Gambar 6. Navigasi robot hexapod pada lingkungan koridor, (a) percobaan pada posisi 1, dan (b) posisi 2



(a)



(b)



(c)

Gambar 7. Navigasi robot hexapod pada lingkungan kompleks, (a) percobaan pada posisi 1, (b) posisi 2, dan (c) posisi 3

B. Percobaan dalam lingkungan koridor

Pada percobaan ini robot ditempatkan pada lingkungan koridor. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui navigasi robot dalam lingkungan koridor. Gambar 6 menunjukkan navigasi robot hexapod ketika berada dalam lingkungan

koridor. Percobaan ini dilakukan pada dua posisi. Pada posisi pertama (Gambar 6.a), robot dijalankan dan stimuli sensor kiri maupun kanan aktif secara bersamaan sehingga mengaktifkan behavior mengikuti jalur koridor. Selama proses bernavigasi mengikuti jalur koridor, akan terjadi kondisi dimana robot juga mengaktifkan behavior menghindari halangan jika sensor jarak (S_3) kurang dari 50 cm. Hal ini terjadi pada saat robot melakukan aksi belok di setiap persimpangan, karena behavior menghindari halangan merupakan behavior dengan prioritas tertinggi. Begitu juga pada percobaan posisi kedua (Gambar 6.b), robot juga bernavigasi dengan mengikuti jalur koridor, dan juga terjadi kondisi mengaktifkan behavior menghindari halangan ketika sensor jarak (S_3) kurang dari 50 cm. Dari percobaan tersebut robot bernavigasi dengan baik pada jalur koridor yang telah ditentukan dan tidak menabrak dinding.

C. Percobaan dalam lingkungan kompleks

Pada percobaan ini robot ditempatkan dalam lingkungan kompleks yang terdapat lima objek dengan bentuk dan ukuran yang berbeda pada posisi yang telah ditentukan. Gambar 7 menunjukkan navigasi robot hexapod di dalam lingkungan kompleks. Pada percobaan pertama (Gambar 7.a), robot ditempatkan pada samping dinding dan bernavigasi dengan *behavior* mengikuti dinding kanan karena stimuli dari sensor jarak S_4 dan S_5 . Selanjutnya robot bernavigasi menghindari halangan untuk melalui objek 2, dan menghindari objek 5. Kemudian robot mengikuti dinding kanan sampai melalui objek 4 dan menuju serta melalui objek 1. Dalam bernavigasi di lingkungan ini robot tidak menabrak objek maupun dinding, dan robot dapat bernavigasi dengan baik. Pada percobaan kedua (Gambar 7.b), robot berada pada posisi yang berlawanan dari percobaan sebelumnya, robot bernavigasi mengikuti dinding, menghindari objek 4, melalui objek 5, menghindari dan melalui objek 2 serta melalui objek 1. Pada keadaan ini robot tidak menabrak objek ataupun dinding. Selanjutnya pada posisi ketiga (Gambar 7.c), robot bernavigasi melalui objek 1 dan objek 2, kemudian robot menghindari objek 3, melalui objek 4 dan objek 5, menghindari dan melalui objek 2 dan sampai melalui objek 1. Dalam percobaan ini robot juga dapat bernavigasi dengan baik dan tidak menabrak objek ataupun dinding. Dari ketiga percobaan tersebut dapat dikatakan bahwa robot berhasil bernavigasi di dalam lingkungan kompleks.

IV. KESIMPULAN

Robot hexapod berbasis *behavior* dan metode LVQ telah berhasil dibuat dan di-implementasikan pada lingkungan yang telah ditentukan. Robot ini memiliki lima perilaku yaitu menghindari halangan (prioritas tertinggi), mengikuti jalur koridor, mengikuti dinding kiri, mengikuti dinding kanan, dan bergerak maju (prioritas terendah). Masing-masing *behavior* tersebut akan aktif jika mendapat stimuli nilai jarak berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan. Adapun proses untuk manuver robot dalam masing-masing *behavior* dikontrol menggunakan LVQ. Berdasarkan dari hasil

percobaan menunjukkan bahwa robot hexapod dapat bernavigasi dengan baik pada berbagai kondisi lingkungan tanpa menabrak objek ataupun dinding. Adapun pengembangan berikutnya yaitu implementasi mesin vision dalam aplikasi yang kompleks.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada UPPM Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang telah memberikan dukungan dan dana dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. A. A. Emhemed, Investigation in Two Wheels Mobile Robot Movement: Stability and Motion Paths, *International Journal of Robotics and Automation (IJRA)*, vol. 2, no. 2, pp. 45-49, 2013.
- [2] K. Joni, M. Ulum dan Z. Abidin, Robot Line Follower Berbasis Kendali Proportional-Integral-Derivative (PID) Untuk Lintasan Dengan Sudut Ekstrem, *Jurnal Infotel*, vol. 8, No. 2, pp. 138-142, 2016.
- [3] M. A. Putra, B. Yudho dan P. Kurniasari, Pengendali Laju Kecepatan dan Sudut Steering Pada Mobile Robot Dengan Menggunakan Accelerometer Pada Smartphone Android, *Mikrotiga*, vol. 1, no. 2, pp. 19-24, 2014.
- [4] H. Wicaksono, Prihastono, K. Anam, R. Effendi, I. A. Sulistijono, S. Kuswadi, A. jazidie, dan M. Sampei, Perancangan Sistem Navigasi Otonom Pada Behavior Based Hexapod Robot, *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 8, no. 2, pp. 70-78, 2008.
- [5] Darwison dan R. Wahyudi, Kontrol Kecepatan Robot Hexapod Pemadam Api Menggunakan Metoda Logika Fuzzy, *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, Vol. 4, No. 2, pp. 227-234, 2015.
- [6] Y. R. Wahyudi, M. S. Hadi, A. n. Handayani dan S. Sendari, Implementasi Sistem Kendali PD (Proportional Derivative) Pada Navigasi Wall Follower Robot Berkaki Enam (Hexapod), *5th Indonesian Symposium on Robotic Systems And Control*, pp. 33-38, 2017.
- [7] Rendyansyah, K. Exaudi, dan A. P. P. Prasetyo, Navigasi Berbasis *Behavior* Dan *Fuzzy Logic* Pada Simulasi Robot Bergerak Otonom, *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 135-144, 2016.
- [8] A. Yulianto dan H. P. Handoyo, Penerapan Behavior-Based Control dan Fuzzy Logic Controller pada Sistem Navigasi Robot Soccer, *CENTRE, Civil and Electrical Engineering Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 16-23, 2012.
- [9] M. Gouko, C. H. Kim, dan Y. Kobayashi, Active Perception Model Extracting Object Features From Unlabeled Data, *International Conference on Advanced Robotics (ICAR)*, pp. 518-523, 2017.
- [10] Sutarno, R. F. Abdullah, R. Passarella. Identifikasi Tanaman Buah Berdasarkan Fitur Bentuk, Warna dan Tekstur Daun Berbasis Pengolahan Citra dan Learning Vector Quantization (LVQ), *Prosiding Annual Research Seminar*, vol. 3, No. 1, pp. 65-70, 2017.
- [11] S. Kusumadewi, Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya), Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta, 2013.