



## Pengembangan Robot Pemanjat Tiang Otomatis

Hendriko<sup>1</sup>, Beril Linggar Sukses<sup>2</sup> dan Roni Novison<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Teknik Mekatronika, Politeknik Caltex Riau, Pekanbaru 28265, email: hendriko@pcr.ac.id

<sup>2</sup> Teknik Mekatronika, Politeknik Caltex Riau, Pekanbaru 28265, email: beril15tm@mahasiswa.pcr.ac.id

<sup>3</sup> Teknik Mesin, Politeknik Caltex Riau, Pekanbaru 28265, email: roni@pcr.ac.id

### Abstrak

*Robot merupakan salah satu alternatif terbaik untuk mengatasi berbagai permasalahan manusia, diantaranya adalah untuk menggantikan peran manusia dalam melakukan pekerjaan yang berbahaya. Dalam penelitian ini dikembangkan robot pemanjat tiang otomatis. Robot yang dikembangkan tidak hanya sekedar mampu memanjat tiang, namun juga mampu berjalan di lantai menggunakan roda. Robot ini memiliki dua buah roda penggerak dan satu buah roda bebas. Selain itu robot juga dilengkapi dengan fitur image processing dengan menggunakan sensor kamera sehingga robot dapat mendeteksi posisi tiang. Prinsip kerja robot adalah robot mendeteksi keberadaan tiang yang telah diberi tanda warna merah. Selanjutnya jika posisi tiang terdeteksi maka robot berjalan menuju ke arah tiang. Setelah robot sampai ke depan tiang maka gripper robot akan bekerja untuk melakukan fungsi memanjat. Robot ini memiliki dua buah gripper yang berfungsi untuk mencekam tiang pada saat memanjat. Gripper akan digerakan oleh motor DC yang bergerak secara bergantian sehingga robot dapat memanjat. Dari hasil pengujian diperoleh data bahwa kecepatan rata-rata robot berjalan di lantai adalah 13,17 cm/s. Sedangkan kecepatan rata-rata robot memanjat tiang adalah 0,835 cm/s. Sehingga dapat disimpulkan bahwa secara umum robot mampu melakukan tugasnya dengan sangat baik.*

**Kata kunci:** Robot pemanjat tiang, sensor kamera, gripper

### Abstract

*Robot is one of the best alternative options that can be used to overcome various human problems. Climbing robot is one of the robots that can help humans to overcome the problem when someone doing a dangerous activity that is climbing. Further research related to this need to be continued, so it is necessary to design a robot that can climb or often called a climbing robot. The climbing robot that is designed is a robot with a walk mechanism and then climb the pole with a special design to be able to do exploration by combining two movements ie walking and climbing a pole. This robot is equipped with image processing feature by using the camera so that the robot can know the position of the pole. This robot has two-wheel drive and one wheel free to walk. This robot has two gripper that serves to clamp the pole at the time of climbing. Gripper will be driven by a DC motor that moves alternately so that the robot can climb. The climbing motion in this robot uses a screw system driven by a DC motor so that it converts DC motor rotation into linear motion. From a series of test it was found that the average speed of robot in walking on the floor is 13.17 cm/s. Meanwhile the average speed of climbing the pole is 0.835 cm/s. In general, it could be taken into conclusion that the robot was able to perform various tasks as expected.*

**Keywords:** Robot climbers, camera sensor, gripper

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dalam berbagai bidang kehidupan semakin pesat dan diharapkan mampu memberikan solusi terhadap berbagai permasalahan. Salah satu teknologi yang terus dikembangkan saat ini adalah teknologi robot. Robot merupakan salah satu alternatif pilihan terbaik sehingga dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang rumit dan berbahaya bagi manusia. Salah satu kondisi bekerja yang masuk dalam kategori berbahaya adalah bekerja pada daerah dengan ketinggian tertentu. Bekerja di ketinggian memerlukan keterampilan dan keberanian agar terhindar dari resiko jatuh.

Untuk mengatasi masalah tersebut maka beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendukung pengembangan robot pemanjat [1-7]. Liu dkk. [1] mengembangkan tipe roda yang bisa digunakan untuk robot pemanjat di dinding beton. He dkk. [2] mengembangkan kaki robot menggunakan bantalan perekat basah untuk robot pemanjat dinding dengan permukaan vertical. Guan [3] mengembangkan lengan robot pemanjat yang mampu menggenggam batang berbentuk pipa dengan ukuran kurang dari 2 inci. Howlader dkk. [4] mengembangkan lengan dan kaki robot menggunakan perekat magnetic yang diaplikasikan pada robot untuk memeriksa cacat pada konstruksi kapal. Robot ini mampu beroperasi pada dinding kapal yang terbuat dari logam. Robot yang dikembangkan pada penelitian-penelitian tersebut adalah robot yang difungsikan untuk memanjat pada dinding dengan permukaan lebar.

Beberapa penelitian lain juga dilakukan untuk mengembangkan robot pemanjat tiang. Simanjuntak [8] mengembangkan robot pemanjat tiang yang digunakan untuk kontes robot ABU Indonesia. Robot ini memiliki fungsi memanjat dan selanjutnya memasang propeller pada titik yang telah ditentukan. Proses pemanjatan dimulai setelah sebuah robot lain mengantar robot pemanjat pada tiang. Penelitian lain terkait pengembangan robot pemanjat dilakukan oleh Yagusandri [9]. Robot pemanjat yang dikembangkan dikontrol menggunakan microcontroller ATmega 8535. Robot dapat memulai memanjat setelah terlebih dahulu dipasangkan pada tiang. Robot lain dengan mekanisme yang hampir sama juga dilaporkan oleh Gunardi dan Wibowo [10]. Dari ketiga robot pemanjat tiang yang telah dikembangkan dapat disimpulkan bahwa robot dapat memanjat setelah terlebih dahulu diletakan pada tiang yang telah ditentukan. Robot yang dikembangkan belum mampu secara mandiri mencari tiang yang akan dipanjat.

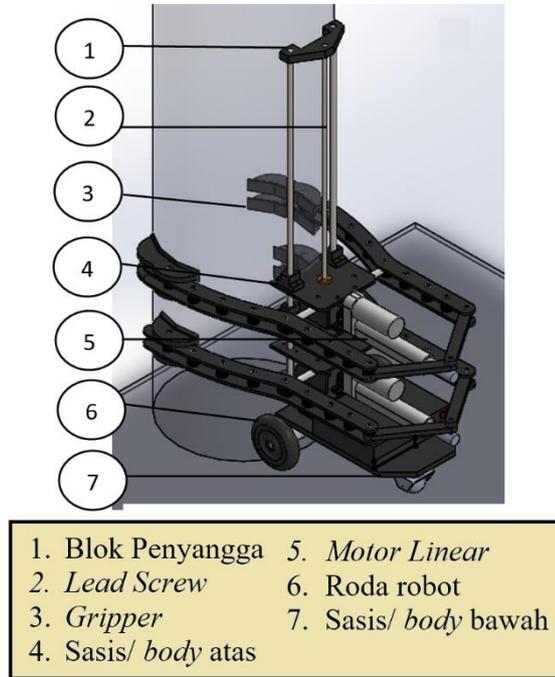
Oleh karena itu maka pada penelitian ini dikembangkan sebuah robot pemanjat tiang. Kelebihan robot yang dikembangkan ini dibanding robot sebelumnya adalah: robot ini dirancang agar mampu berjalan di lantai. Robot dapat mencari posisi tiang secara otonom menggunakan kamera. Setelah tiang terdeteksi selanjutnya robot bergerak ke arah tiang dan kemudian memanjat.

## 2. Rancangan Dan Sistem Kerja Alat

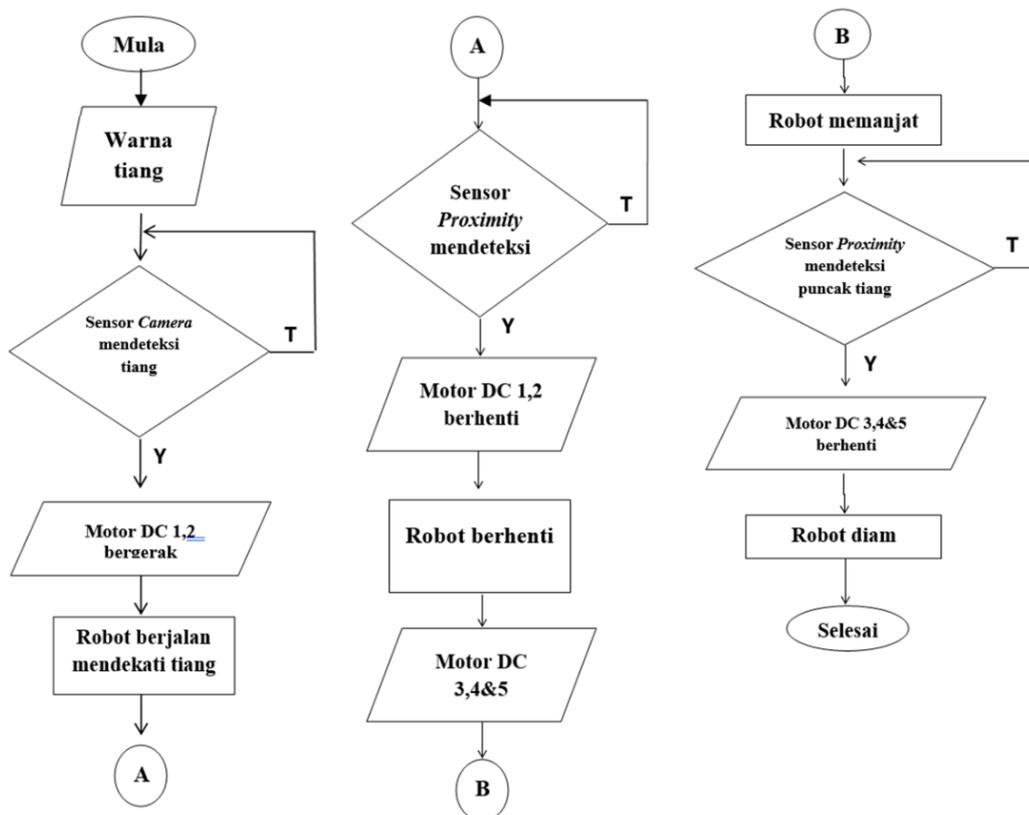
Rancangan konstruksi robot ditunjukkan pada Gambar 1. Robot dirancang dengan ukuran tinggi 87 cm, panjang 53 cm dan lebar 46 cm. Material utama dari struktur robot menggunakan akrilik dengan tebal 5 mm. Blok Penyangga berfungsi sebagai dudukan poros *linear* dan *lead screw*. *Lead Screw* yang digunakan pada robot ini memiliki ukuran diameter 8 mm dan panjang 600 mm. *Lead Screw* berfungsi untuk menggerakkan casis bagian atas. Ketika *lead screw* ini berputar maka casis atas akan bergerak secara *vertical*.

Gripper berfungsi untuk menjepit tiang. Robot ini menggunakan 2 buah gripper yaitu gripper atas dan gripper bawah. Gripper atas berfungsi sebagai penjepit untuk casis atas robot. Gripper bawah berfungsi sebagai penjepit untuk casis bawah robot. Casis atas robot berfungsi sebagai dudukan motor linear dan gripper atas. Sedangkan casis bawah berfungsi sebagai dudukan motor linear, gripper, roda robot dan box rangkaian. Casis ini terbuat dari bahan akrilik dengan tebal 5 mm. Motor Linear berfungsi sebagai penggerak gripper. Apabila motor linear bergerak memanjat maka gripper akan menjepit. Sebaliknya ketika motor linear memendek maka gripper

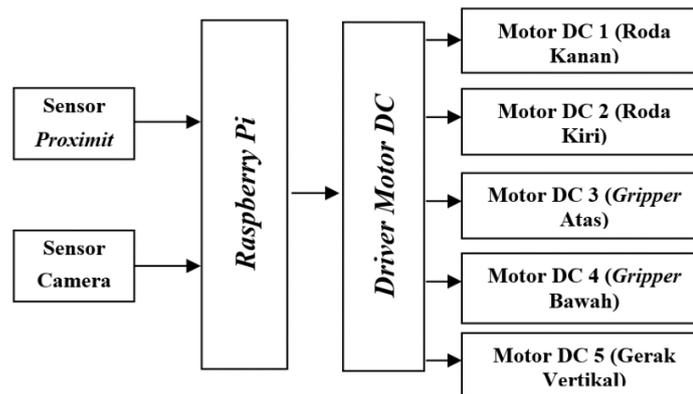
melepaskan jepitan. Roda robot berfungsi agar robot dapat berjalan. Roda robot ini memiliki diameter 100 mm dan digerakkan oleh motor DC.



Gambar 1. Kontruksi mekanik robot pemanjat



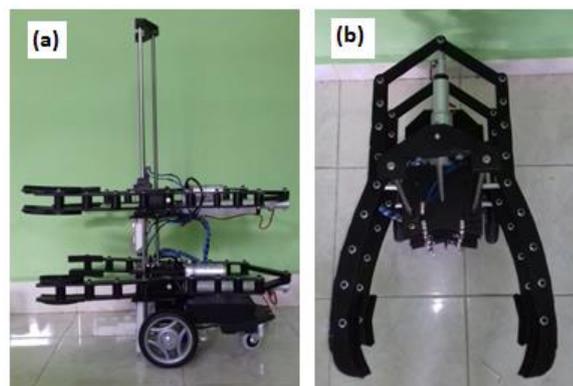
Gambar 2 Diagram alir kerja alat



Gambar 3 Blok diagram sistem kerja robot

Diagram alir proses kerja robot ditunjukkan pada Gambar 2. Setelah push button diaktifkan, robot akan langsung memindai daerah sekeliling. Proses pemindaian dilakukan menggunakan kamera yang diolah menggunakan program yang dikembangkan pada software python 2 raspberry pi. Program ini dijalankan menggunakan aplikasi VNC Viewer yang terdapat pada Android.

Jika kamera mendeteksi warna merah yang terletak pada tiang maka motor dc 1 dan motor dc 2 bergerak sehingga robot berjalan menuju tiang. Motor dc 1 dan motor dc 2 berfungsi sebagai penggerak roda robot. Selama proses maju, robot akan terus mendeteksi posisi tiang. Ketika posisi robot berada tepat di depan tiang, selanjutnya motor dc 1 dan motor dc 2 berhenti sehingga robot juga berhenti. Kemudian motor dc 3, motor dc 4 dan motor dc 5 bergerak sehingga robot bergerak memanjat tiang. Motor dc 3 berfungsi sebagai penggerak screw untuk pergerakan vertikal. Sedangkan Motor DC 4 dan 5 berfungsi sebagai penggerak Gripper Blok diagram system kerja robot secara umum dijelaskan pada Gambar 3.



Gambar 4 Konstruksi robot pemanjat

### 3. Hasil Dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dilakukan pengujian dan analisa terhadap kinerja mesin yang dibangun. Konstruksi mekanik robot pemanjat otomatis yang telah dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 4.

#### 3.1. Pengujian Pergerakan Robot pada Saat Berjalan

Robot yang dikembangkan selain bisa memanjat pada tiang vertikal, juga bisa berjalan pada lantai menggunakan roda. Ketepatan pergerakan dan kecepatan robot berjalan dilantai selanjutnya diuji. Dalam pengujian ini robot berjalan sejauh 100 cm, 200 cm, dan 300 cm. Masing-masing jarak dilakukan pengujian sebanyak 5 kali. Pada pengujian ini terdapat dua hal

yang diukur, pertama adalah waktu yang dibutuhkan untuk robot berjalan sejauh jarak yang ditentukan. Yang kedua adalah akurasi robot berjalan pada lintasan yang lurus.

**Tabel 1. Hasil pengujian pergerakan robot saat berjalan maju**

No	Jarak (cm)	Waktu Tempuh (s)	Kecepatan (cm/s)	Penyimpangan
1	100	8	12.50	1.4°
2	100	9	11.11	1.5°
3	100	8	12.50	1.2°
4	100	9	11.11	1.3°
5	100	10	10.00	1.3°
6	200	13	15.38	2.0°
7	200	10	20.00	1.8°
8	200	15	13.33	1.8°
9	200	18	11.11	1.9°
10	200	17	11.76	2.1°
11	300	22	13.63	2.9°
12	300	21	14.28	2.8°
13	300	23	13.04	2.8°
14	300	22	13.63	3.0°
15	300	21	14.28	2.9°
<b>Rata-rata</b>			<b>13.17</b>	<b>2.04°</b>

Hasil pengujian sebanyak 15 kali ditampilkan pada Tabel 1. Kecepatan rata-rata robot mulai dari start sampai ke jarak yang ditentukan adalah 13.17 cm/s. Dari hasil perhitungan diperoleh data bahwa robot mampu melakukan percepatan rata-rata sebesar 1.9 cm/s<sup>2</sup>. Hasil pengujian terhadap ketepatan robot bergerak lurus juga ditampilkan pada Tabel 1. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa penyimpangan rata-rata yang dilakukan robot adalah 2.04 derajat. Angka penyimpangan ini relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa robot mampu berjalan horizontal dengan tingkat akurasi yang tinggi. Penyimpangan yang terjadi diperkirakan karena akurasi konstruksi mekanik pada roda.

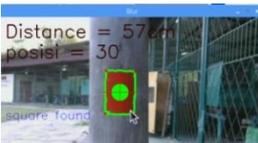
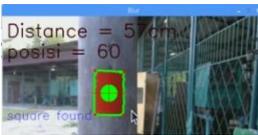
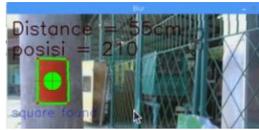
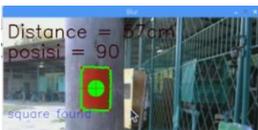
### 3.2. Pengujian Kemampuan Sensor Membaca Tanda Pada Tiang

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan kamera dalam mendeteksi tanda yang diletakan pada tiang. Pada penelitian ini tiang diberi tanda dengan kertas berwarna merah agar bisa dideteksi oleh kamera yang terletak pada robot. Pengujian dilakukan tidak hanya meletakkan kamera pada posisi lurus, namun juga berbagai posisi kamera yang membentuk sudut terhadap tiang.

Adapun prosedur pengujian akurasi kamera mendeteksi tiang dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

- Meletakkan robot pada posisi lurus menghadap tiang dengan jarak robot terhadap tiang sejauh 57 cm.
- Menghidupkan sensor kamera dengan menjalankan program yang telah dibuat pada software python 2 raspberry pi menggunakan aplikasi VNC Viewer pada Android.
- Memperhatikan tampilan camera yang muncul di layar android serta melihat pembacaan nilai posisi sensor kamera terhadap warna merah pada tiang.
- Setelah nilai posisi warna merah terbaca oleh sensor kamera, mencatat nilai posisi tersebut pada sudut 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40° dan 45°

Tabel 2: Hasil pengujian kamera pendeteksi tiang

No	Sudut	Data Kamera	Tampilan Kamera	No	Sudut	Data Kamera	Tampilan Kamera
1.	0°	0 pixel		6.	25°	150 pixel	
2.	5°	30 pixel		7.	30°	180 pixel	
3.	10°	60 pixel		8.	35°	210 pixel	
4.	15°	90 pixel		9.	40°	240 pixel	
5.	20°	120 pixel		10.	45°	270 pixel	

Dalam pengujian ini terdapat 10 pengujian dengan posisi yang berbeda dan hasilnya disajikan pada Tabel 2. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa pada saat posisi arah kamera terhadap warna merah pada tiang sebesar 0° yang artinya kamera dan tiang berada pada satu garis lurus, nilai posisi yang terbaca adalah 0 pixel. Rincian untuk setiap pengujian dapat dilihat pada Tabel 2. Dari 10 data percobaan diperoleh hasil bahwa tingkat keberhasilan sensor kamera dalam mendeteksi dan membaca nilai posisi warna merah pada tiang cukup bagus. Dari data pengujian tersebut diketahui bahwa sudut maksimum sensor membaca warna merah pada tiang adalah pada sudut 45°.

### 3.3. Pengujian Jangkauan Sensor Kamera Terhadap Warna Merah pada Tiang

Pengujian kinerja sensor kamera berikutnya adalah untuk mengukur jarak maksimum tanda warna merah pada tiang yang bisa dideteksi kamera. Berikut ini beberapa prosedur yang dilakukan dalam melakukan pengujian jarak yang dapat dideteksi kamera,

- Meletakkan robot pada posisi lurus menghadap tiang dengan jarak awal robot terhadap tiang mulai dari 50 cm.
- Menghidupkan sensor kamera dengan menjalankan program yang telah dibuat pada *software python 2 raspberry pi* menggunakan aplikasi VNC Viewer pada *Android*.
- Memperhatikan dan mencatat tampilan yang muncul di layar *android* serta melihat pembacaan sensor kamera terhadap warna merah pada tiang.

- d. Setelah warna merah terdeteksi oleh sensor kamera, mengubah jarak robot terhadap tiang berturut-turut untuk jarak 100 cm, 150 cm, 200 cm dan 250cm.
- e. Memperhatikan dan mencatat tampilan camera yang muncul di layar *android* serta melihat pembacaan sensor kamera terhadap warna merah pada tiang.

Tabel 2. Hasil pengujian jarak deteksi sensor kamera

No	Jarak (cm)	Tingkat Keberhasilan
1	50	Berhasil dideteksi
2	100	Berhasil dideteksi
3	150	Berhasil dideteksi
4	200	Berhasil dideteksi
5	250	Koneksi lemah

f.

Hasil pengujian kemampuan jangkauan sensor kamera disajikan pada Tabel 3. Dari 5 jarak pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa kamera dapat berfungsi dengan baik pada jarak kurang dari 250 cm. Pada jarak 250 cm kamera masih mampu mendeteksi tanda pada tiang namun koneksinya sangat lemah.

Tabel 3. Kecepatan robot memanjat tiang

No	Tinggi (cm)	Waktu (s)	Kecepatan (cm/s)
1	100	121	0.826
2	100	122	0.819
3	100	121	0.826
4	100	123	0.813
5	100	122	0.819
6	200	234	0.854
7	200	235	0.851
8	200	236	0.847
9	200	235	0.851
10	200	236	0.847
Rata-rata			<b>0.835</b>

### 3.4. Pengujian Pergerakan Robot pada Saat Memanjat

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kinerja robot dalam memanjat ting. Tiang yang digunakan adalah tiang beton dengan ukuran diameter 30 cm dan tinggi 200 cm. Adapun proses pengujian dilakukan dengan mengikuti prosedur sebagai berikut:

- a. Meletakkan robot pada posisi pangkal tiang yang telah di sediakan sebelum robot di jalankan.
- b. Menekan tombol switch on untuk mengaktifkan robot
- c. Mengukur waktu tempuh robot untuk mencapai tinggi 100 cm dan 200 cm. Masing-masing jarak dilakukan 5 kali pengujian.
- d. Berdasarkan data jarak dan waktu tempuh, selanjutnya dihitung kecepatan memanjat robot.

Data hasil pengujian kecepatan robot memanjat tiang disajikan pada Tabel 4. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa kecepatan rata-rata robot memanjat adalah 0.835 cm/s.

#### 4. Kesimpulan

Dari keseluruhan proses pengembangan robot pemanjat tiang otomatis ini, termasuk hasil pengujian terhadap fungsi-fungsi robot maka beberapa hal dapat disimpulkan, yaitu :

1. Dari pengujian kecepatan robot dengan tiga variasi jarak yang berbeda diperoleh data kecepatan rata-rata robot adalah 13.17 cm/s dan percepatan rata-rata sebesar 1.9 cm/s<sup>2</sup>.
2. Robot mampu berjalan lurus dengan baik. Dari hasil pengujian diperoleh data penyimpangan yang sangat kecil yaitu sebesar 2.04° ke arah kanan.
3. Sudut maksimum robot dapat mendeteksi warna merah pada tiang yang telah didapatkan adalah sebesar 45°.
4. Dari hasil pengujian untuk ketinggian 100 cm dan 200 cm diperoleh data bahwa kecepatan rata-rata robot memanjat adalah 0,835 cm/s.
5. Jarak maksimum robot dapat mendeteksi warna merah pada tiang yang telah didapatkan adalah sebesar 200 cm.

Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa secara umum robot mampu melakukan tugasnya untuk mendeteksi tiang, kemudian bergerak ke arah tiang, dan selanjutnya memanjat tiang.

#### Daftar Pustaka

- [1] Liu, Y., Sun, S., Wu, X., & Mei, T. "A Wheeled Wall-Climbing Robot with Bio-Inspired Spine Mechanisms". *Journal of Bionic Engineering*, 12(1), 17–28. 2015.
- [2] He, B., Wang, Z., Li, M., Wang, K., Shen, R., & Hu, S. (2014). "Wet adhesion inspired bionic climbing robot". *IEEE/Asme Transactions on Mechatronics*, 19(1), 312-320, 2014.
- [3] Guan, Y., Jiang, L., Zhu, H., Wu, W., Zhou, X., Zhang, H., & Zhang, X. "Climbot: a bio-inspired modular biped climbing robot—system development, climbing gaits, and experiments". *Journal of Mechanisms and Robotics*, 8(2), 2016.
- [4] Howlader, Md Omar Faruq, and Traiq Pervez Sattar. "Development of magnetic adhesion based climbing robot for non-destructive testing." In *Computer Science and Electronic Engineering Conference (CEEC), 2015 7th*, pp. 105-110. IEEE, 2015.
- [5] Seo, TaeWon, and Metin Sitti. "Tank-like module-based climbing robot using passive compliant joints." *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics* 18 (1), 397-408, 2013.
- [6] Provancher, William R., Samuel I. Jensen-Segal, and Mark A. Fehlbeg. "ROCR: An energy-efficient dynamic wall-climbing robot." *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics* 16 (5), 897-906, 2011
- [7] Unver, Ozgur, and Metin Sitti. "Tankbot: A palm-size, tank-like climbing robot using soft elastomer adhesive treads." *The International Journal of Robotics Research* 29 (14), 1761-1777, 2010.
- [8] Simanjuntak, A. N. "Robot Hybrid pada Kontes Robot ABU Indonesia 2016 (Climbing Task)". *Journal of Applied Electrical Engineering*, 1(1), 19-23, 2017
- [9] Yagusandri, A. Rancang Bangun Robot Pemanjat. Program Studi Teknik Mekatronika. Politeknik Caltex Riau. Pekanbaru, 2008.
- [10] Yudi Gunardi dan Budi Wibowo, "Robot Pemanjat Tiang", *Prosiding Seminar Nasional Pengkajian dan Penerapan Teknologi Industri (SNPPTI) Ke-2*, 2011