

PERANCANGAN SISTEM KENDALI NIRKABEL ROBOT PENGANTAR BARANG AWH16 MENGGUNAKAN MODUL *BLUETOOTH*

Muhamad Halif Gustiana^{1*)}, Setya Permana Sutisna²⁾, Roy Waluyo¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

²⁾Program Studi Rekayasa Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*e-mail: muhamadhalifg@gmail.com

ABSTRAK

Saat ini teknologi robot semakin berkembang pesat, khususnya teknologi yang berhubungan dengan pengontrol otomatis, sehingga manusia selalu mencari proses otomatisasi yang pengoperasiannya dapat digunakan dengan mudah. Perancangan sistem robot pengantar barang AWH16 dikendalikan dengan sistem nirkabel menggunakan modul *Bluetooth* HC05, dimana modul akan bekerja untuk menggerakkan robot yang dapat bergerak maju dan berbelok dalam mengantar barang. Hasil pengujian modul *Bluetooth* HC05 saat pengujian tanpa adanya halangan dapat menjangkau hingga jarak 10-meter atau 1000 cm dan ketika adanya halangan *Bluetooth* HC05 hanya mampu terkoneksi dan menjangkau jarak 9 meter. Kecepatan rata-rata robot ketika berjalan lurus dengan beban 2 kg adalah sebesar 0,099 m/s. Sementara dengan beban 20 kg diperoleh rata-rata kecepatan 0,080 m/s. Ketika robot berbelok 90 derajat dengan beban 2 kg diperoleh rata-rata kecepatan 0,236 m/s, sedangkan dengan beban 20 kg diperoleh rata-rata kecepatan 0,188 m/s. Dengan hasil yang diperoleh disimpulkan bahwa modul *Bluetooth* HC05 dapat diaplikasi untuk mengendalikan robot pengantar barang dengan kendali jarak jauh.

Kata kunci : *Arduino Uno mega 2560; motor DC; modul Bluetooth HC05; robot pengantar barang.*

ABSTRACT

Currently, robot technology is increasing, especially technology related to automatic controllers, so humans are always looking for automation processes that can be used easily. The design of the AWH16 delivery robot system is controlled by a wireless system using the HC05 Bluetooth module, where the module will work to drive a robot that can move forward and turn in delivering goods. The test results for the HC05 Bluetooth module, when testing without obstacles, can reach up to a distance of 10 meters or 1000 cm, and when there is an obstacle, the Bluetooth HC05 can only connect and reach a distance of 9 meters. The average speed of the robot when walking straight with a load of 2 kg is 0.099 m/s. Meanwhile, with a load of 20 kg, an average speed of 0.080 m/s is obtained. When the robot turns 90 degrees with a load of 2 kg, an average speed of 0.236 m/s is obtained, while with a load of 20 kg, an average speed of 0.188 m/s is obtained. With the results accepted, it is concluded that the Bluetooth HC05 module can be applied to control robots delivering goods with remote control.

Keywords : *Arduino Uno mega 2560; DC motor; delivery robot; HC05 Bluetooth module.*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi serta otomasi industri yang semakin pesat, canggih dan modern mendorong manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Sehingga dikembangkan teknologi robot untuk membantu dan mempermudah pekerjaan manusia di masa yang akan datang. Selain hal tersebut, terdapat juga sistem keseimbangan yang merupakan contoh dari sistem kontrol umpan balik. Teknologi robot dipilih karena beberapa keunggulan diantaranya yaitu

cepat, teliti, mampu bekerja secara full time dan otomatis. Peran robot sekarang ini umumnya digunakan sebagai maninan bagi kalangan ekonomi atas. Namun di bidang industri, peran robot lebih dari itu. Robot industri dapat melakukan pekerjaan yang membutuhkan presisi dan akurasi tinggi (S. Wila, 2021).

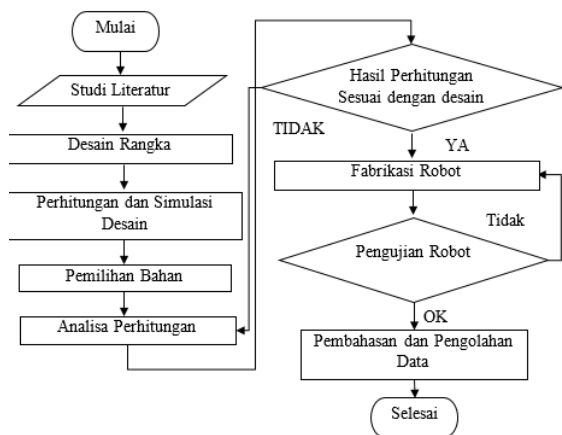
Saat ini teknologi robot semakin berkembang pesat, khususnya teknologi yang berhubungan dengan pengontrol otomatis, sehingga manusia selalu mencari proses otomatisasi yang pengoperasiannya dapat

digunakan dengan mudah. Robot sudah banyak dikembangkan oleh beberapa negara di seluruh dunia. Diantaranya robot *humanoid*, *bioloid*, dan *mobile robot*. Contoh lain misalnya robot pengantar barang yang sudah banyak digunakan di masa sekarang.

Pada penelitian ini dilakukan Analisa terhadap pengaplikasian robot pengantar barang yang bergerak pada jalur khusus, dan dikendalikan untuk membawa serta menaruh barang dengan beban maksimal 20kg. Setiap robot bergerak agar tetap seimbang dan barang yang dibawa agar tetap aman tidak jatuh diperjalanan dan sampai ke kepada penerima barang.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



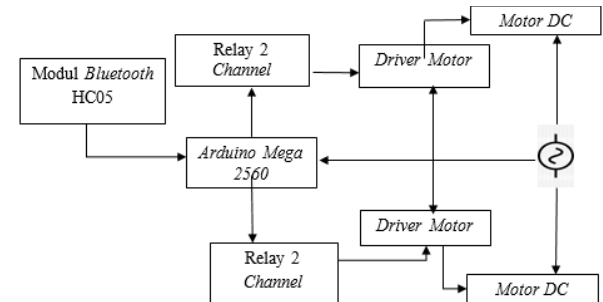
Gambar 1. Diagram Alir

Alur penelitian yang dilakukan pada perancangan sistem robot pengantar barang ditunjukkan pada Gambar 1, dimana tahapan-tahapan yang dilakukan dimulai dengan studi literatur yaitu mencari referensi yang terkait untuk memudahkan dalam melakukan perancangan robot. Referensi yang dimaksud berupa jurnal, buku dan website. Tahap berikutnya setelah studi literatur termasuk melakukan desain rangka dan juga memperhitungkan serta menganalisa bahan yang digunakan serta. Setelah proses tersebut, dilanjutkan dengan perhitungan dan setelah diperoleh hasil perhitungan maka dilanjutkan dengan fabrikasi dan juga penggabungan *software* dan *hardware* untuk perancangan robot. Tahapan selanjutnya adalah pengujian kinerja robot apakah berfungsi atau tidak. Dilakukan pengolahan data terhadap hasil pengujian dan memberikan kesimpulan. *software* dan *hardware* untuk

perancangan selanjutnya yaitu robot pembersih limbah minyak.

Blok Diagram

Blok diagram adalah suatu pernyataan pada suatu rangkaian alat yang akan dirancang. Setiap diagram blok memiliki fungsinya masing-masing. Blok diagram dari alat rancang bangun sistem kendali robot pengantar barang AWH16 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok diagram sistem robot pengantar barang AWH16

Blok diagram pada Gambar 2 merupakan keseluruhan dari sistem alat yang akan dibuat. Adapun fungsi dari setiap blok adalah sebagai berikut:

1. Blok *relay 2 channel*
Blok ini berfungsi untuk mengatur arus yang masuk ke *driver* agar sesuai.
2. Blok Arduino mega 2560
Blok Arduino Mega 2560 berfungsi menerima inputan dari Lidar TFmini yang kemudian dengan hasil bacaan dari inputan tersebut akan diproses untuk melakukan keputusan yg sesuai dengan perintah.
3. Modul *Bluetooth HC05*
Modul ini untuk sistem kendali jarak jauh dalam mengendalikan robot untuk bergerak maju dan berbelok.
4. Blok *driver motor*
Driver motor ini berfungsi untuk mengontrol kecepatan dan juga arah robot untuk bergerak.
5. Blok *module Bluetooth HC06*
Bluetooth ini sebagai koneksi dengan *remote* dari aplikasi kontrol di *smartphone* dengan jarak koneksi maximum 10 Meter.

Cara Pengujian

Pengujian Robot dilakukan dengan beberapa pengujian:

Pengujian Sistem

Agar sistem bekerja sesuai masukan, maka perlu dilakukan pengujian agar semua berjalan sesuai dengan perintah, Ada beberapa pengujian sistem untuk memperoleh nilai sesuai masukan:

1. Pengujian sistem per bagian /blok
 Pengujian ini bertujuan untuk memastikan tiap blok yang telah diberikan masukan/perintah berjalan sesuai dengan nilai masukan sehingga dapat meminimalisir kegagalan dan *error* dalam pengujian keseluruhan.
 - a. Pengujian Modul *Bluetooth*
 Pengujian ini dilakukan untuk memastikan tingkat akurasi pembacaan sensor sesuai dengan apa yang diinginkan.
2. Pengujian sistem keseluruhan
 Pengujian sistem keseluruhan dilakukan setelah pengujian per bagian telah dilakukan dan tidak terdapat *error* dalam *coding* (pemrograman) dan juga *wiring*. Tujuan pengujian sistem keseluruhan adalah untuk dapat memastikan pemasangan sistem perangkat keras dan perangkat lunak telah terhubung satu sama lain sehingga siap untuk dioperasikan. Adapun pengujian sistem keseluruhan yang dilakukan adalah seperti pada tabel berikut ini:

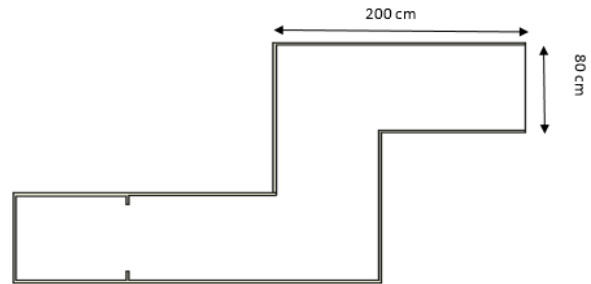
Tabel 1. Pengujian Sistem Keseluruhan

Sistem	Respon		Visual	Keterangan
	Ya	Tidak		
Modul Bluetooth HC05				
Mikrokontroller Arduino Mega 2560				

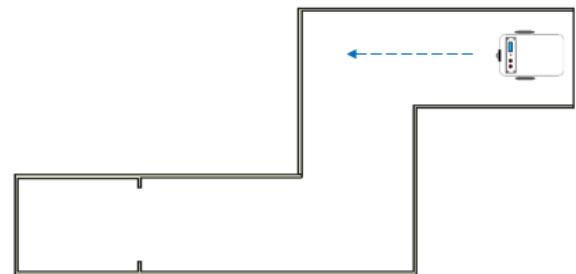
Pengujian Rancangan Sistem Robot

Pengujian rancangan sistem robot dilakukan melalui beberapa percobaan pengujian untuk mendapatkan kinerja sistem robot yang diinginkan dan agar hasil yang didapat sesuai dengan perintah yang diberikan. Pengujian robot dilakukan pada lintasan ruangan yang sudah didesain dimana robot

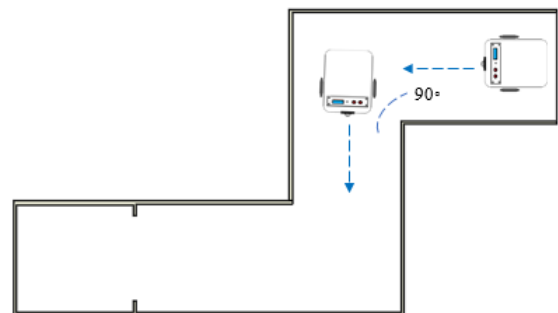
akan diuji untuk bergerak maju dan berbelok untuk mendapatkan nilai kecepatan robot. Sketsa lintasan yang dimaksud ditunjukkan pada Gambar 3, 4 dan 5.



Gambar 3. Sketsa lintasan pengujian robot pengantar barang AWH16



Gambar 4. Sketsa lintasan pengujian robot berjalan lurus

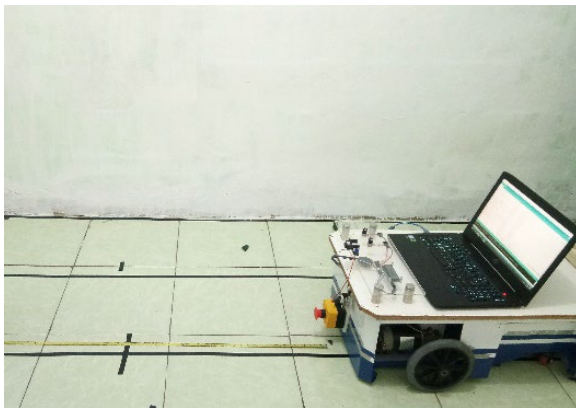


Gambar 5. Sketsa lintasan pengujian robot berjalan lurus

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Pembacaan Modul *Bluetooth* HC05

Pengukuran pembacaan modul *Bluetooth* HC05 dilakukan untuk memastikan kembali apakah spesifikasi alat sesuai dengan apa yang diperlukan untuk perancangan robot pengantar barang AWH16, dimana modul *Bluetooth* berfungsi sebagai kendali untuk kontrol robot untuk dapat bergerak maju dan juga berbelok ke kanan dan ke kiri. Adapun pengujian seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengujian modul *Bluetooth* HC05 tanpa halangan

Pengukuran modul *Bluetooth* dilakukan dengan menggunakan aplikasi *handphone* dimana ketika di klik pada menu aplikasi maka *Bluetooth* akan merespon. Tampilan aplikasi yang dimaksud adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 7.

Pengukuran kendali *Bluetooth* HC065 dilakukan pada jarak 1–10-meter untuk dapat memastikan *Bluetooth* dapat menjangkau atau tidak, dimana dilakukan dengan tanpa halangan dan juga dengan halangan. Adapun pengukuran dengan tanpa halangan seperti dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2 dimana modul *Bluetooth* HC05 dapat menjangkau jarak yang dilakukan pengujian yaitu sampai dengan jarak 10-meter dengan tidak adanya halangan. Dan untuk lebih mengetahui kinerja modul *Bluetooth* HC05, dilakukan pengujian yang sama terhadap modul *Bluetooth* HC05 namun dengan perbedaan adanya halangan, untuk lebih jelasnya hasil pengujian dengan adanya halangan dirangkum pada Tabel 3.



Gambar 7. Aplikasi kendali *Bluetooth*

Tabel 2. Hasil pengukuran modul *Bluetooth* HC05 tanpa halangan

Jarak (Cm)	TANPA HALANGAN		Nilai Jeda Aplikasi (Detik)	Keterangan
	Menjangkau			
	YA	TIDAK		
100	√		0,3	
200	√		0,2	
300	√		0,3	
400	√		0,2	
500	√		0,25	
600	√		0,3	
700	√		0,2	
800	√		0,2	
900	√		0,35	
1000	√		0,2	

Tabel 3. Hasil pengukuran modul *Bluetooth* HC05 dengan halangan

DENGAN HALANGAN				
Jarak (Cm)	Menjangkau		Nilai Jeda Aplikasi (Detik)	KETERANGAN
	Ya	Tidak		
100	√		0,3	
200	√		0,2	
300	√		0,3	
400	√		0,2	
500	√		0,25	
600	√		0,3	
700	√		0,2	
800	√		0,2	
900	√		0,35	
1000		√	0,2	Error

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3 dimana modul *Bluetooth* HC05 hanya dapat menjangkau jarak 9 meter, dan tidak dapat menjangkau ketika pada jarak 10 meter. Serta nilai jeda aplikasi setiap melakukan pengujian adalah 0,3 detik. Berbeda dengan pengujian ketika tanpa adanya halangan dimana modul *Bluetooth* HC05 dapat menjangkau hingga jarak 10 meter.

Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan untuk memastikan bahwa semua sistem telah bekerja sesuai inputan dan juga saling terkoneksi satu sama lain. Hasil pengujian sistem keseluruhan seperti terlihat pada Tabel 4.

Sistem beroperasi dan merespon setiap inputan yang diperintahkan. Hasil sistem keseluruhan dapat mempengaruhi terhadap pengujian selanjutnya dimana ketika sistem kendali dan juga mikrokontroler tidak dapat beroperasi dan tidak saling terkoneksi maka robot pengantar barang tidak akan dapat berfungsi dan juga bergerak maju dan berbelok untuk mengantarkan barang.


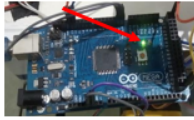
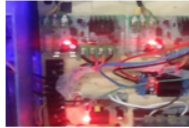
Hasil Pengujian Rancangan Robot

Pengujian Robot Berjalan Lurus

Pengujian kecepatan robot pada saat berjalan lurus untuk mengetahui sistem nirkabel menggunakan modul *Bluetooth* HC05 dapat digunakan untuk mengontrol laju robot. Adapun untuk pengujian kali ini dilakukan pengujian kecepatan lurus untuk

mengetahui kecepatan robot dengan 2 beban berbeda yaitu dengan beban 2 kg dari berat beban laptop yang disimpan di atas robot dan 20kg dari berat air galon yang terisi penuh. Gambar 8 menunjukkan pengujian kecepatan robot dalam berjalan lurus.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

Sistem	Respon		Visual	Keterangan
	Ya	Tidak		
Modul <i>Bluetooth</i> HC05	√			Lampu Indikator Sensor menyala
Mikrokontroler Arduino Mega 2560	√			Lampu Indikator Mikrokontroler menyala
<i>Driver</i>	√			Lampu indikator <i>Driver</i> menyala



Gambar 8. Hasil pengujian pengujian robot berjalan lurus

Tabel 5 merangkum hasil pengujian yang telah dilakukan untuk robot bergerak lurus dengan membawa beban sebesar 2 kg dan 20 kg, dimana pengujian tersebut guna mengetahui nilai perbedaan kecepatan dan apakah berat mempengaruhi terhadap kecepatan robot.

Tabel 5. Hasil pengujian pengujian robot berjalan lurus

Beban 2 kg			
Percobaan	Jarak (Meter)	Waktu (t)	Kecepatan (m/s)
1	1,3	13,43	0,096
2	1,3	13,21	0,098
3	1,3	13,23	0,098
4	1,3	12,42	0,104
5	1,3	12,65	0,102
Rata-Rata	1,3	12,98	0,099
Beban 20 kg			
Percobaan	Jarak (Meter)	Waktu (t)	Kecepatan (m/s)
1	1,3	15,73	0,082
2	1,3	15,20	0,085
3	1,3	16,13	0,080
4	1,3	16,66	0,078
5	1,3	16,88	0,077
Rata-Rata	1,3	16,12	0,080

1. Perhitungan Kecepatan Robot Berjalan lurus Beban 2 kg

Rumus Perhitungan Kecepatan:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_t - x_0}{t - t_0}$$

• Percobaan Pertama

Panjang lintasan (s) = 1,3 Meter
Waktu (t) = 13,43 detik

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1,3-0}{13,43-0} = 0,096 \text{ m/s}$$

$$\text{Rata-Rata} = \frac{v_1+v_2+v_3+v_4+v_5}{n}$$

$$= \frac{0,096+0,098+0,098+0,104+0,102}{5}$$

$$= \frac{0,498 \text{ m/s}}{5}$$

$$= 0,099 \text{ m/s}$$

2. Perhitungan Kecepatan Robot Berjalan lurus Beban 20 kg

Rumus Perhitungan Kecepatan:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_t - x_0}{t - t_0}$$

• Percobaan Pertama

Panjang lintasan (s) = 1,3 Meter
Waktu (t) = 15,73 detik

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{1,3-0}{15,73-0} = 0,082 \text{ m/s}$$

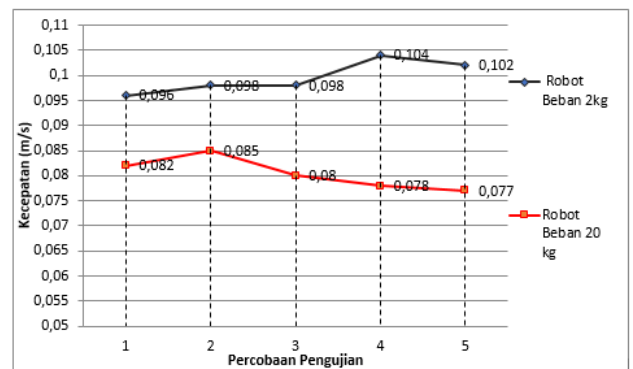
$$\text{Rata-Rata} = \frac{v_1+v_2+v_3+v_4+v_5}{n}$$

$$= \frac{0,082+0,085+0,080+0,078+0,077}{5}$$

$$= \frac{0,402 \text{ m/s}}{5}$$

$$= 0,080 \text{ m/s}$$

Untuk mengetahui perbandingan nilai kecepatan robot berjalan lurus dengan beban 20 kg dan 2 kg pada setiap percobaan, hasil pengujian disajikan melalui grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik perbandingan kecepatan robot berjalan lurus beban 2 Kg dan 20 Kg

Berdasarkan Gambar 9 yang diperoleh ketika robot dikendalikan dengan diberi beban 2 kg didapatkan nilai tertinggi kecepatan robot 0,104 m/s dan nilai terendah sebesar 0,096 m/s. Sedangkan ketika robot dikendalikan dengan diberi beban 20 kg kecepatan yang diperoleh dengan nilai tertinggi yaitu 0,085 m/s dengan nilai terendah 0,077 m/s, dimana pengujian tersebut dilakukan sebanyak 5 kali percobaan. Dengan hasil ini dapat diketahui bahwa kecepatan robot sangat terpengaruh dengan adanya beban, dimana selisih yang diperoleh dapat dilihat dari gambar grafik diatas. Namun selisih yang diperoleh tidak begitu terlalu jauh.

Pengujian Robot Berbelok 90°

Pengujian kecepatan robot pada saat berbelok 90° untuk memastikan sistem kendali nirkabel dengan menggunakan modul dapat diperintahkan sesuai perintah, selain itu juga untuk dapat mengetahui kecepatan robot ketika berbelok, Adapun ilustrasi pengujian terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil pengujian robot berbelok 90°

Pengujian robot berbelok 90 derajat dengan membawa beban sebesar 2 kg dan 20 kg dilakukan guna mengetahui nilai perbedaan kecepatan dan untuk mengetahui kinerja nirkabel modul *Bluetooth* HC05 dapat bekerja dengan baik dalam mengontrol robot pengantar barang AWH16. Hasil yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian kecepatan robot berbelok 90° dengan radius 0,8m

Beban 2Kg					
Percobaan	n (90°)	Waktu (t)	Frekuensi (f)	Kecepatan Sudut (rad/s)	Kecepatan Linier (m/s)
1	0,25	4,96	0,050	0,314	0,251
2	0,25	4,99	0,050	0,314	0,251
3	0,25	5,15	0,048	0,301	0,241
4	0,25	6,05	0,041	0,257	0,205
5	0,25	5,23	0,047	0,295	0,236
Rata-Rata	0,25	5,276	0,047	0,296	0,236
Beban 20 kg					
Percobaan	n (90°)	Waktu (t)	Frekuensi (f)	Kecepatan Sudut (rad/s)	Kecepatan Linier (m/s)
1	0,25	5,88	0,042	0,263	0,210
2	0,25	6,85	0,036	0,226	0,180
3	0,25	6,94	0,036	0,226	0,180
4	0,25	6,58	0,037	0,232	0,185
5	0,25	6,63	0,037	0,232	0,185
Rata-Rata	0,25	6,57	0,037	0,235	0,188

1. Perhitungan Kecepatan Robot Berbelok 90° Beban 2kg

- Percobaan Pertama
 $n = 90^\circ = 0,25$ putaran
 $t = 4,96$ detik
 $r = 0,8$ m

Mencari f (frekuensi)

$$f = \frac{n}{t}$$

$$f = \frac{0,25}{4,96} = 0,050 \text{ Hz}$$

Mencari kecepatan sudut

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = (2 \times 3,14 \times 0,050)$$

$$\omega = 0,314 \text{ rad/s}$$

Mencari kecepatan linier

$$V = \omega \times r$$

$$V = 0,314 \times 0,8$$

$$V = \mathbf{0,251 \text{ m/s}}$$

$$\text{Rata-Rata} = \frac{v1+v2+v3+v4+v5}{n}$$

$$= \frac{0,251+0,251+0,241+0,205+0,236}{5}$$

$$= \frac{1,184 \text{ m/s}}{5}$$

$$= \mathbf{0,236 \text{ m/s}}$$

2. Perhitungan kecepatan robot berbelok 90° beban 20kg

- Percobaan Pertama
 $n = 90^\circ = 0,25$ putaran
 $t = 5,88$ detik
 $r = 0,8$ m

Mencari f (frekuensi)

$$f = \frac{n}{t}$$

$$f = \frac{0,25}{5,88} = 0,042 \text{ Hz}$$

Mencari kecepatan sudut

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = (2 \times 3,14 \times 0,042)$$

$$\omega = 0,263 \text{ rad/s}$$

Mencari kecepatan linier

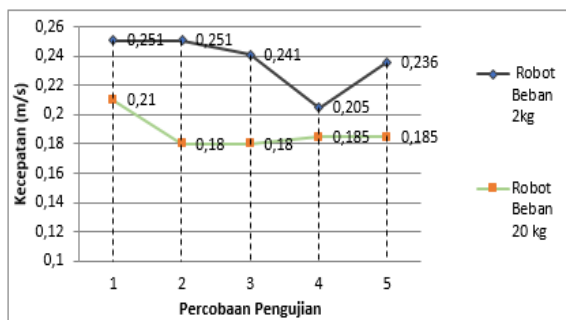
$$V = \omega \times r$$

$$V = 0,263 \times 0,8$$

$$V = \mathbf{0,210 \text{ m/s}}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-Rata} &= \frac{v_1+v_2+v_3+v_4+v_5}{n} \\ &= \frac{0,210+0,180+0,180+0,185+0,185}{5} \\ &= \frac{0,94 \text{ m/s}}{5} \\ &= \mathbf{0,188 \text{ m/s}} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui perbandingan nilai kecepatan robot berbelok 90 derajat dengan beban 20 kg dan 2 kg pada setiap percobaan maka disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik perbandingan kecepatan robot berbelok 90° beban 2kg dan 20Kg

Berdasarkan Gambar 11 menunjukkan bahwa robot pada saat berbelok dengan beban 2 kg dari 5 kali percobaan kecepatan tertinggi sebesar 0,251 m/s serta dengan kecepatan terendah 0,205 m/s. Sedangkan dengan beban 20 kg robot dapat berbelok dengan kecepatan tertinggi sebesar 0,210 m/s dan kecepatan terendah sebesar 0,180 m/s. Selisih dari hasil antara beban 2 kg dan 20 kg tidak terlalu jauh, berbeda dengan ketika robot berjalan lurus, hal ini disebabkan karena jarak yang ditempuh hanya berbelok yaitu radius 0,8 meter saja.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kecepatan robot ketika berjalan lurus dengan beban 2 kg diperoleh rata-rata kecepatannya 0,099 m/s, dan dengan beban 20 kg diperoleh rata-rata kecepatan 0,080 m/s. Ketika robot berbelok 90 derajat dengan beban 2 kg diperoleh rata-rata kecepatan 0,236 m/s sedangkan dengan beban 20 kg diperoleh rata-rata kecepatan 0,188 m/s. Modul *Bluetooth* HC05 ketika diuji dengan tanpa adanya halangan dapat menjangkau hingga jarak 10 meter dan ketika dengan adanya halangan *Bluetooth* HC05

hanya mampu terkoneksi dan menjangkau jarak 9 meter.

Saran

Agar dapat mengembangkan penelitian lebih jauh, maka perlu dilakukan penambahan variasi pengujian terhadap robot dengan kontrol kendali jarak jauh. Selain itu juga penambahan pemrograman perlu dilakukan untuk mempercepat kinerja robot dalam mengantar barang.

REFERENSI

- Daryanto. (2017). *Alat perkakas bengkel*. Malang: PPPGT.
- Raharja, H. (2022). *Prototipe Robot Keseimbangan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Dengan Teknik Kendali Berbasis PID* (Doctoral dissertation, Universitas Siliwangi).
- Johny, W.S. (2004). *Korosi*. Departemen Metalurgi dan Material FTUI.
- Kumotu, H., Sompie, S. R., & Poekoel, V. C. (2022). Rancang Bangun Aplikasi Back Home Pada Robot Hexapod Pemadam Api.
- Setyono, W. W. (2021). Rancang Bangun Sistem Navigasi Robot Pengantar Barang Menggunakan Lidar. *ALMIKANIKA*, 2(2), 63-70.
- Yakin, A. A., Sutisna, S. P., & Sutoyo, E. (2021). System Control Object Tracking Berbasis Warna Pada Robot Pengantar Barang Dengan Informasi Suara. *ALMIKANIKA*, 1(3), 82-91.