

PENERAPAN ROBOT PENGEPEL LANTAI OTOMATIS MENGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK

Trischa Nur Laila¹, Agung Surya Wibowo², Irham Mulkan Rodiana³,
^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University

¹trischanal@student.telkomuniversity.ac.id, ²agungsw@telkomuniversity.ac.id,
³irhammulkan@telkomuniversity.ac.id,

Diterima pada 6 Agustus 2021; disetujui pada 26 Desember 2022; dan diterbitkan pada 31 Desember 2022.

Abstrak

Membersihkan lantai rumah merupakan suatu rutinitas bagi sebagian orang. Cara manual seperti menyapu dan mengepel dapat membuat orang menjadi malas membersihkan rumah. Robot pengepel lantai merupakan robot pembersih lantai yang berjalan dengan berkelok seperti membentuk pola 'S'. Perancangan robot pembersih lantai menggunakan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak antara robot dengan benda di sekitar robot dan menggunakan rangkaian *monostable multivibrator* IC555 agar robot dapat mati secara otomatis. Di bagian depan, robot memiliki tiga sensor ultrasonik, jika ketiganya mendeteksi objek maka itu adalah tembok dan robot akan berputar balik kanan atau kiri secara bergantian. Jika hanya dua atau satu sensor ultrasonik saja yang mendeteksi objek maka itu hanya rintangan sehingga robot akan menghindari rintangan itu, rintangan maksimal berukuran 10 cm². Berdasarkan hasil pengujian dapat diketahui bahwa sistem penggerak robot pengepel lantai dapat berjalan sesuai dengan tujuan. Robot dapat membersihkan lantai rata-rata 6,792 m²/menit. Hasil uji sensor ultrasonik menyatakan bahwa semua sensor dalam keadaan baik terbukti dengan *persentase* akurasi hampir semua sensor adalah 98% kecuali sensor samping kiri yang memiliki *persentase* akurasi 91,41%.

Kata Kunci: *mobile robot, sensor ultrasonik, monostable multivibrator*

Abstract

Cleaning the floor of a house is a routine for some people. Manual methods such as sweeping and mopping can make people lazy to clean the house. Floor mopping robot is a floor cleaning robot that runs by winding like forming an 'S' pattern. The design of the floor cleaning robot uses ultrasonic sensors to detect the distance between robot and objects around robot and uses a monostable multivibrator circuit IC555 so that robot can turn off automatically. In the front side robot has three ultrasonic sensors, if all three detect an object then it is a wall and robot will turn right or left alternately. If only two or one ultrasonic sensor detects object then it is only an obstacle so robot will avoid obstacle, the maximum obstacle is 10 cm². Based on the test results, it can be seen that floor mopping robot drive system can run according to the purpose. Robot can clean floor at an average 6,792 m²/minute. Ultrasonic sensor test results state that all sensors are in good condition as evidenced by the percentage of accuracy of almost all sensors is 98% except the left side sensor which has an accuracy percentage of 91.41%.

Key Words: *mobile robot, ultrasonic sensors, monostable multivibrator*

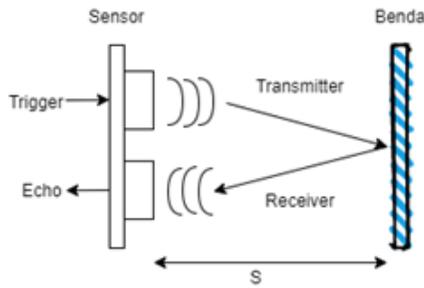
1. Pendahuluan

Membersihkan rumah merupakan suatu rutinitas bagi sebagian orang, salah satu kegiatannya yaitu membersihkan lantai. Hampir semua kegiatan membersihkan rumah diakhiri dengan membersihkan lantai. Cara manual seperti menyapu dan mengepel dapat membuat orang menjadi malas membersihkan rumah, belum lagi jika lantai mudah kotor, maka kegiatan manual menjadi sangat membosankan.

Hasil evolusi teknologi yang paling cepat dan berpengaruh adalah kemajuan dalam otomatisasi [1].

Setiap hari, semakin banyak proses manual yang menjadi otomatis. Salah satu perkembangan teknologi yang sangat memudahkan dalam lingkup pekerjaan rumah tangga yaitu alat pembersih lantai sebagai pengganti sapu atau pengepel yang berjalan secara otomatis [2].

Berdasarkan pada banyaknya minat beli robot pembersih lantai, maka dilakukan penelitian untuk merancang robot pengepel lantai menggunakan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi jarak antara robot dengan benda di sekitar robot dan menggunakan rangkaian *monostable multivibrator* IC555 agar robot dapat mati



Gambar 1. Ilustrasi Gelombang Sensor Ultrasonik

secara otomatis.

2. Dasar Teori

2.1 Mobile Robot

Mobile robot adalah bidang penelitian yang berhubungan dengan pengendalian kendaraan otonom dan semi-otonom [3]. *Mobile robot* adalah robot yang dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain dengan sendirinya tanpa bantuan eksternal dari manusia [4]. Perbedaan antara *mobile robot* dengan robot manipulator konvensional, kecerdasan buatan, dan visi komputer adalah penekanan pada pemahaman ruang skala besar (*large-scale space*), yaitu wilayah ruang yang secara substansial lebih besar daripada yang dapat diamati dari satu sudut pandang.

2.2 Sensor Ultrasonik

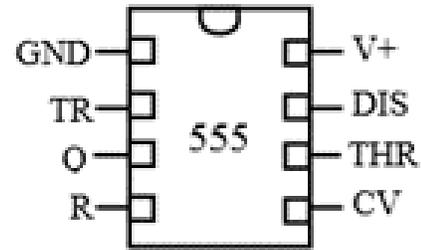
Gelombang ultrasonik merupakan gelombang akustik yang memiliki frekuensi mulai 20 kHz hingga sekitar 20 MHz[5]. Pengertian sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis berupa bunyi atau gelombang menjadi besaran elektrik atau listrik. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang yang umum digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu benda dengan memperkirakan jarak antara sensor dan benda tersebut. Sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 1 berikut ini.

Gelombang ultrasonik atau sinyal yang dipancarkan oleh pemancar ultrasonik tersebut akan merambat dengan kecepatan 340m/s. Ketika menyentuh permukaan suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan kembali oleh benda tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh alat penerima sensor, kemudian sensor akan menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul.

Selanjutnya data akan diproses untuk menghitung jarak antara sensor dan benda. Jarak benda dihitung berdasarkan rumus:

$$S = \frac{340 \times t}{2} \quad (1)$$

S : jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (m)
t : selisih antara waktu pemancaran gelombang (s)



Gambar 2. Susunan Kaki pada IC 555

Satuan waktu yang dihasilkan oleh sensor berupa mikrosekond (μs), sedangkan satuan kecepatan rambat bunyi mempunyai satuan meter persekon (m/s), maka agar hasilnya menjadi satuan sekon (s) harus dibagi dengan 1.000.000 atau dikali dengan 10^{-6} . Karena hasil yang diinginkan adalah berupa jarak dengan satuan cm, maka harus dikalikan dengan 100, sehingga rumusnya akan menjadi:

$$S = \frac{340 \times t}{2} \times 0.0001 \quad (2)$$

S : jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (cm)

t : selisih antara waktu pemancaran gelombang (μs)

2.3 IC 555

IC timer 555 merupakan IC atau sirkuit terpadu yang digunakan dalam berbagai aplikasi pewaktuan, sumber pulsa gelombang, aplikasi osilator dan multivibrator. IC555 dapat dimanfaatkan dalam rangkaian elektronika sebagai penunda waktu, rangkaian flip-flop, dan osilator[6]. Nama asli IC 555 adalah SE555 / NE555. IC 555 mendapatkan namanya dari tiga resistor 5 k Ω yang dipaketkan ke dalam satu IC[7].

Sambungan kaki dari IC 555 adalah: Gambar 2 adalah penggambaran dari pin IC 555. Secara fisik IC 555 berbentuk DIP atau Dual inline Package dengan package 8 pin. Tiap pin mempunyai kegunaannya masing – masing yang akan dijelaskan pada Tabel 1.

2.4 Rangkaian Monostable Multivibrator

Monostable terdiri dari 2 kata, mono artinya satu dan *stable* atau stabil artinya kondisi awal *standby* pada kondisi *low* dan *high* selama selang waktu tertentu setelah dipicu.

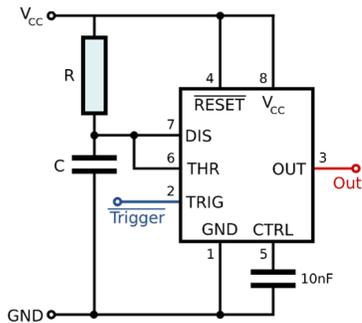
Rangkaian Monostable Multivibrator pada Gambar 3 dapat dimanfaatkan sebagai penunda waktu, rumus waktu tunda sama seperti rumus pengisian kapasitor. Dengan menerapkan rumus pengisian kapasitor yaitu:

$$V_c = V_{cc}(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (3)$$

$$\frac{2}{3}V_{cc} = V_{cc}(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (4)$$

Tabel 1. Kegunaan Tiap Pin IC 555

No.	Nama	Kegunaan
1	GND	Ground (0V)
2	TR	Trigger (penyulut), pulsa negatif pendek pada pin ini untuk menyulut agar pewaktu bekerja
3	Q	Output (Keluaran), selama pewaktuan, keluaran berada pada +Vcc
4	R	Reset, interval pewaktuan dapat disela dengan memberikan pulsa reset 0V
5	CV	Control Voltage, memungkinkan untuk mengakses pembagi tegangan internal (2/3 Vcc)
6	THR	Threshold, menentukan akhir pewaktuan (pewaktuan berakhir $V_{thr} < 2/3 V_{cc}$)
7	DIS	Discharge, disambungkan ke kondensator dan waktu pembuangan muatan kondensator menentukan interval pewaktuan
8	V+	Positive Supply Voltage, tegangan catu positif yang harus diantara 3 – 15 V



Gambar 3. Rangkaian Monostable Multivibrator

$$\frac{1}{3} = e^{-\frac{t}{RC}} \quad (5)$$

$$\ln\left(\frac{1}{3}\right) = -\frac{t}{RC} \quad (6)$$

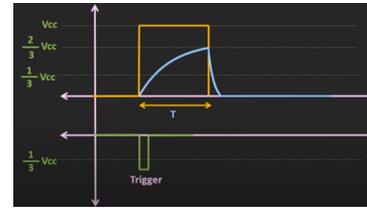
$$t = RC \times \ln(3) \quad (7)$$

Sehingga rumus untuk menghitung besarnya waktu tunda sebagai berikut.

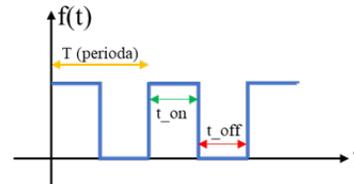
$$t = 1.1 \times RC \quad (8)$$

- t : Delay timer (s)
- R : Resistor (Ω)
- C : Kapasitor (F)

Pada Gambar 3 jika ingin menentukan waktu tunda maka harus mengganti nilai C dan R.



Gambar 4. Grafik pada IC555



Gambar 5. Gelombang kotak f (t) yang ideal dengan periode T

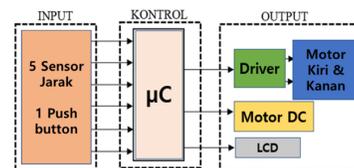
2.5 Modulasi Lebar Pulsa

Modulasi Lebar Pulsa atau *Pulse Width Modulation* (PWM) adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda yang bertujuan untuk mendapatkan tegangan rata – rata yang berbeda. Sinyal digital PWM berbentuk gelombang kotak (*square wave*) di mana *duty cycle* dari gelombang kotak tersebut dapat diatur sesuai dengan kebutuhan sistem [8].

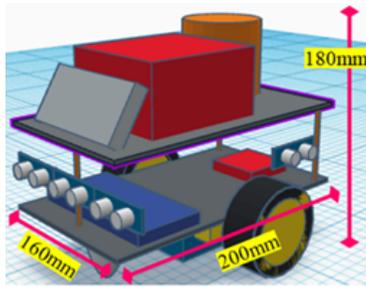
3. Perancangan Sistem

3.1 Desain Sistem

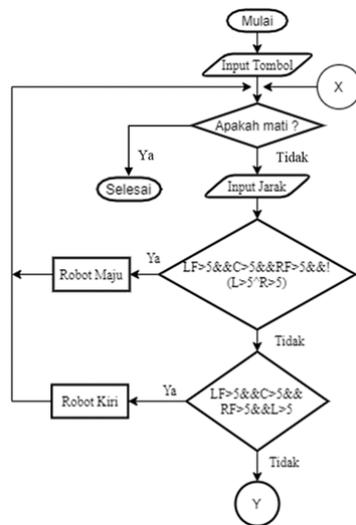
Gambar 6 memperlihatkan hubungan antara komponen yang akan digunakan. Cara kerja sistem robot pengepel lantai adalah pertama tekan *push button* maka robot akan menyala selama beberapa waktu yang telah ditentukan menggunakan rumus nomor 8. Ketika robot aktif maka motor DC yang berfungsi untuk menggerakkan pengepel lantai akan aktif. Selanjutnya sensor ultrasonik akan aktif dan mulai mengukur jarak antara robot dengan benda di sekitar robot. Lalu data jarak masing-masing sensor akan diolah dalam mikrokontroler menghasilkan gerakan robot yang selanjutnya akan menggerakkan roda dan akan ditampilkan pada LCD. Ketika waktu hidup robot habis



Gambar 6. Blok Diagram Sistem Keseluruhan



Gambar 7. Desain Robot Penggel Lantai



Gambar 8. Digram Alir dalam Mikrokontroler Bagian 1

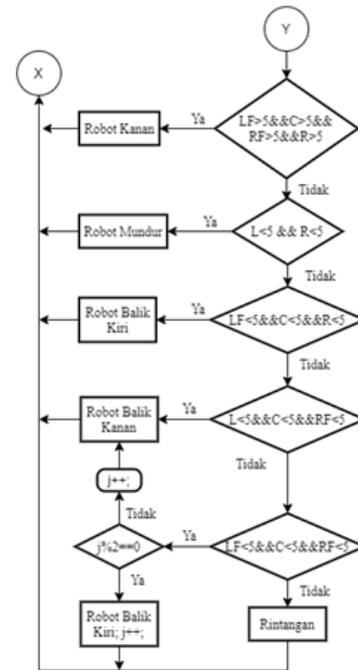
maka robot akan mati secara otomatis.

3.2 Desain Perangkat Keras

Gambar 7 menunjukkan robot terdiri dari 2 tingkatan. Di bagian bawah, robot memiliki 2 roda yang masing-masing digerakkan oleh gear motor DC, 1 roda castor yang berada di depan bawah robot dan alat pel. Tingkat pertama terdapat arduino mega 2650, driver motor shield L293D dan 5 sensor ultrasonik. Di bagian atas robot memiliki LCD, tangki air dan catu daya yang terdiri dari baterai 12V, rangkaian *Monostable Multivibrator IC 555 dan Buck Converter*.

3.3 Desain Perangkat Lunak

Gambar 8 dan Gambar 9 memperlihatkan diagram alir yang terdapat pada mikrokontroler. Robot tersebut memiliki 8 macam gerakan robot yang telah ditentukan sehingga menghasilkan 8 macam percabangan.



Gambar 9. Digram Alir dalam Mikrokontroler Bagian 2

4. Hasil Percobaan dan Analisis

4.1 Pengujian Ultrasonik

Pengujian Sensor Ultrasonik bertujuan untuk mengetahui apakah sensor dapat digunakan sebagaimana fungsinya yaitu sebagai pengukur jarak yang nantinya akan mempengaruhi jalannya robot sehingga robot tidak menabrak benda di sekitarnya. Uji ketepatan sensor Ultrasonik dalam menentukan jarak dilakukan dengan meletakkan benda berjarak 5 cm dari sensor.

Dengan meletakkan benda berjarak 5 cm dari sensor maka selanjutnya jarak yang dideteksi oleh sensor akan ditampilkan ke serial monitor. Dari data yang ditampilkan oleh Serial Monitor maka *presentase* presisi dan akurasi dari tiap sensor yang dihitung dan direkapitulasi dalam tiap tabel berikut ini. Tabel 2 dan Tabel 6 menunjukkan hasil pengukuran sensor kiri. Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan hasil pengukuran sensor kanan. Terakhir, Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran sensor tengah.

Tabel 7 menunjukkan bahwa *presentase* presisi hampir semua sensor adalah 1% kecuali sensor samping kiri yang memiliki persentase presisi 5,014%. Begitu juga dengan akurasi, *presentase* akurasi hampir semua sensor adalah 98% kecuali sensor samping kiri yang memiliki *persentase* akurasi 91,41%.

Tabel 2. Pengolahan Data Sensor Kiri Depan

Data Ke-	X	$(X - \bar{X})^2$	Galat	% Akurasi
1	5,07	0,001296	0,07	98,6
2	4,95	0,007056	0,05	99
3	5,07	0,001296	0,07	98,6
4	5,07	0,001296	0,07	98,6
5	5,07	0,001296	0,07	98,6
6	5,07	0,001296	0,07	98,6
7	4,96	0,005476	0,04	99,2
8	5,05	0,000256	0,05	99
9	5	0,001156	0	100
10	4,96	0,005476	0,04	99,2
11	5,07	0,001296	0,07	98,6
12	5,07	0,001296	0,07	98,6
13	5,07	0,001296	0,07	98,6
14	5,07	0,001296	0,07	98,6
15	4,96	0,005476	0,04	99,2
Jumlah	75,51	0,03656	-	-

Tabel 3. Pengolahan Data Sensor Tengah Depan

Data Ke-	X	$(X - \bar{X})^2$	Galat	% Akurasi
1	5,08	0,00139	0,08	98,4
2	4,98	0,00393	0,02	99,6
3	5,1	0,00329	0,1	98
4	4,98	0,00393	0,02	99,6
5	5,08	0,00139	0,08	98,4
6	5,1	0,00329	0,1	98
7	4,98	0,00393	0,02	99,6
8	5,08	0,00139	0,08	98,4
9	5,08	0,00139	0,08	98,4
10	4,98	0,00393	0,02	99,6
11	5,08	0,00139	0,08	98,4
12	4,98	0,00393	0,02	99,6
13	5,08	0,00139	0,08	98,4
14	5,08	0,00139	0,08	98,4
15	4,98	0,00393	0,02	99,6
Jumlah	75,64	0,03989	-	-

4.2 Pengujian IC 555

Untuk membuat rangkaian *Monostable Multivibrator* pertama adalah menentukan waktu tunda yang diinginkan. Waktu tunda dapat dicari dengan menggunakan rumus nomor 8.

T yang diinginkan = 25 detik

C yang ada = $220\mu F$

Mencari nilai R

$$R = \frac{Td}{1.1 \times C} = \frac{25s}{1.1 \times 220\mu F} = 103.306k\Omega \quad (9)$$

Maka dibutuhkan resistor $100 k\Omega \pm 5\%$. Dengan menggunakan resistor $100 k\Omega \pm 5\%$ maka waktu hidup robot antara 22,99 detik sampai dengan 25,41 detik

4.3 Pengujian Keseluruhan robot

Pengujian keseluruhan robot berfungsi untuk mengetahui kecepatan robot. Pengujian dilakukan 5 kali dengan waktu uji 25 detik. Pada pengujian didapatkan

Tabel 4. Pengolahan Data Sensor Kanan Depan

Data Ke-	X	$(X - \bar{X})^2$	Galat	% Akurasi
1	4,95	0,0009	0,05	99
2	4,95	0,0009	0,05	99
3	4,84	0,0064	0,16	96,8
4	4,95	0,0009	0,05	99
5	4,95	0,0009	0,05	99
6	4,84	0,0064	0,16	96,8
7	4,95	0,0009	0,05	99
8	4,95	0,0009	0,05	99
9	4,95	0,0009	0,05	99
10	4,95	0,0009	0,05	99
11	4,83	0,0081	0,17	96,6
12	4,95	0,0009	0,05	99
13	4,95	0,0009	0,05	99
14	4,84	0,0064	0,16	96,8
15	4,95	0,0009	0,05	99
Jumlah	73,8	0,0372	-	-

Tabel 5. Pengolahan Data Sensor Kanan Samping

Data Ke-	X	$(X - \bar{X})^2$	Galat	% Akurasi
1	5,07	0,00098	0,07	98,6
2	4,96	0,00619	0,04	99,2
3	5,05	0,00013	0,05	99
4	5,07	0,00098	0,07	98,6
5	4,91	0,01656	0,09	98,2
6	5,07	0,00098	0,07	98,6
7	5,05	0,00013	0,05	99
8	4,95	0,00786	0,05	99
9	5,07	0,00098	0,07	98,6
10	5,05	0,00013	0,05	99
11	5,05	0,00013	0,05	99
12	5,07	0,00098	0,07	98,6
13	5,07	0,00098	0,07	98,6
14	5,07	0,00098	0,07	98,6
15	5,07	0,00098	0,07	98,6
Jumlah	75,58	0,03897	-	-

rata-rata robot ketika berjalan dalam 25 detik adalah 6,792 m²/menit.

4.4 Pengujian Efisiensi Robot

Untuk mengetahui efisiensi robot pengepel lantai ini, pertama kali harus menentukan parameter kebersihan, yaitu: robot dapat membersihkan tumpahan air dan robot dapat menyapu debu halus pada lantai yang dilaluinya.

Uji dengan tumpahan air dilakukan saat lintasan yang akan dilewati robot diberi air. Seperti pada gambar 10 terdapat air di lantai yang ditunjukkan dalam lingkaran biru. Ketika robot melewati tumpahan air tersebut maka air akan terserap pada kain pel dan lantai menjadi kering. Seperti pada gambar 11 lantai menjadi kering yang ditunjukkan dalam lingkaran biru. Uji dengan debu halus dilakukan saat lintasan yang akan dilewati robot diberi debu halus. Seperti pada gambar 12 terdapat debu air di lantai yang ditunjukkan dalam lingkaran biru. Dan ketika robot melewati debu halus

Tabel 6. Pengolahan Data Sensor Kiri Samping

Data Ke-	X	$(X - \bar{X})^2$	Galat	% Akurasi
1	5,37	0,0025	0,37	92,6
2	5,47	0,0025	0,47	90,6
3	5,47	0,0025	0,47	90,6
4	5,47	0,0025	0,47	90,6
5	5,47	0,0025	0,47	90,6
6	5,47	0,0025	0,47	90,6
7	5,37	0,0025	0,37	92,6
8	5,07	0,1225	0,07	98,6
9	5,47	0,0025	0,47	90,6
10	5,07	0,1225	0,07	98,6
11	5,93	0,2601	0,93	81,4
12	4,93	0,2401	0,07	98,6
13	5,47	0,0025	0,47	90,6
14	5,93	0,2601	0,93	81,4
15	5,34	0,0064	0,34	93,2
Jumlah	81,3	1,0342	-	-

Tabel 7. Hasil Perhitungan Presisi dan Akurasi Semua Sensor

Kategori	Sensor Kiri	Sensor Depan			Sensor Kanan
		Kiri	Tengah	Kanan	
Akurasi (%)	91,413	98,866	98,826	98,4	98,746
Presisi (%)	5,014	1,015	1,058	1,047	1,047

tersebut maka debu akan tersapu dan lantai menjadi bersih. Seperti pada gambar 13 lantai menjadi bersih yang ditunjukkan dalam lingkaran biru.

4.5 Analisa Cover Area Robot

Analisa cover area robot dibutuhkan agar mengetahui jalannya robot. Gambar 14 adalah cakupan area ketika di dalam ruangan tidak terdapat halangan apapun.

Pada gambar 15 adalah cakupan area ketika di dalam ruangan terdapat 1 halangan. Seperti gambar 16 dan 17 gerakan putar balik kanan dan kiri tidak selalu 180°, melainkan antara 165° sampai dengan 195°. Faktor yang mempengaruhi hal tersebut adalah tegangan masuk pada motor driver yang tidak stabil.



Gambar 10. Tumpahan Air Sebelum Dilewati Robot

Tabel 8. Hasil Perhitungan Presisi dan Akurasi Semua Sensor

Pengujian Ke-	Area Robot (m ²)	Area Robot dalam 1 menit (m ² /menit)
1	2,83	6,792
2	2,8	6,72
3	2,85	6,84
4	2,89	6,936
5	2,78	6,672
Rata-rata		6,792



Gambar 11. Tumpahan Air Setelah Dilewati Robot

5. Kesimpulan

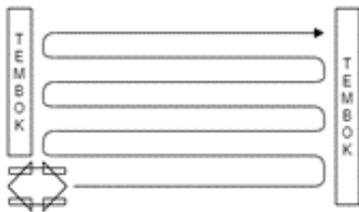
Berdasarkan dari perancangan dan pengujian yang telah dilakukan pada robot pengelap lantai, dapat ditarik kesimpulan bahwa sensor ultrasonik mampu mengukur jarak dengan baik dibuktikan dengan *persentase* akurasi 91,413% untuk sensor samping kiri, 98,866% untuk sensor depan kiri, 98,826% untuk sensor depan tengah, 98,4% untuk sensor depan kanan, 98,746% untuk sensor samping kanan. Pada pengujian keseluruhan robot dapat membersihkan lantai dengan rata-rata 6,792 m²/menit. Pada uji efisiensi robot dapat membersihkan debu dan air. Pada analisa cover area robot didapatkan bahwa gerakan putar balik kanan dan kiri tidak selalu 180°, faktor yang mempengaruhi hal tersebut adalah tegangan masuk pada motor driver yang tidak stabil.



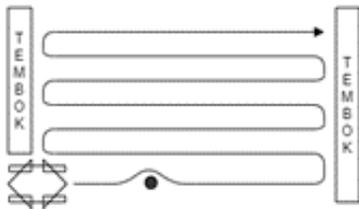
Gambar 12. Kumpulan Debu Halus Sebelum Dilewati Robot



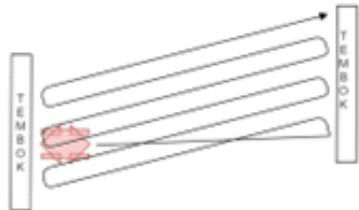
Gambar 13. Kumpulan Debu Halus Setelah Dilewati Robot



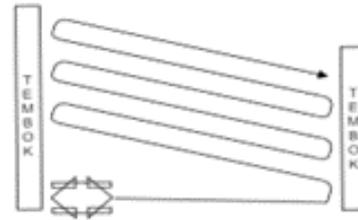
Gambar 14. Area Robot Tanpa Halangan



Gambar 15. Area Robot Dengan Halangan



Gambar 16. Area Robot Jika Putar Balik 195°



Gambar 17. Area Robot Jika Putar Balik 165°

Daftar Pustaka

- [1] A. Savitri, Revolusi Industri 4.0: Mengubah Tantangan Menjadi Peluang di Era Disrupsi 4.0, Yogyakarta: Genesis, 2019.
- [2] Vacuum Spy, "Vacuum Spy," Vacuum Spy - Best Robotic vacuum Cleaners, 22 Oktober 2015. [Online]. Available: <https://www.vacuums Spy.com/>. [Accessed 13 Oktober 2020].
- [3] G. Dudek and M. Jenkin, Computational Principles of Mobile Robotics, Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- [4] S. G. Tzafestas, Introduction to Mobile Robot Control, London: Elsevier, 2014.
- [5] H. Kuttruff, Ultrasonics: Fundamentals and Applications, London: Springer Science & Business Media, 2012.
- [6] H. Goyal, "Understanding of IC555 Timer and IC 555 Timer Tester," *International Journal of Inventive Engineering and Sciences*, vol. III, no. 2, p. 4, 2015.
- [7] P. Scherz and S. Monk, Practical Electronics for Inventors, New York: McGraw-Hill Education, 2013.
- [8] B. A. Prabowo, "Pemodelan Sistem Kontrol Motor DC dengan Temperatur Udara sebagai Pemicu," *INKOM LIPI*, vol. II, no. 1, p. 2, 2008.