

Design Of Automatic Vacum Cleaner Robot With Lidar Sensor And Gyroscope

Rancang Bangun Robot Vacum Cleaner Otomatis Dengan Lidar Sensor Dan Gyroscope

Abas Bagas Pramudita Do Kader¹⁾, Syamsudduha Syahririni²⁾, Arief Wisaksono³⁾, Shazana Dhiya Ayuni⁴⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: Syahririni@umsida.ac.id

Abstract. *Cleanliness is an effort made by individuals to create a comfortable and healthy environment. But often getting older and busy sometimes results in cleanliness that is often underestimated and becomes a source of disease. Therefore we need a tool that can certainly help humans in maintaining the cleanliness of the house. This study aims to create an automatic vacuum cleaner robot. This robot is equipped with intelligence when mapping the areas to be cleaned. The lidar sensor in this robot will measure the mapped distance and then the robot will walk down the room until it finds a dirty source and the robot will clean the dirty spots which are detected by the dust sensor. This robot uses a gy521 mpu-6050 Gyroscope sensor so that the robot can walk straight and stably with an improved yaw angle. All systems in this robot are controlled by the NodeMCU ESP32 microcontroller which is equipped with Bluetooth which can later support the operation of the robot using a smartphone via the Bluetooth line. It is hoped that in this thesis a good automatic cleaning and tracking vacuum robot will be made so that it can be used to facilitate work in terms of cleanliness. The results of this study have been successful in making a vacuum robot that can clean dirt and track space with an effectiveness of 75%.*

Keywords Gyroscope; Lidar; NodeMCU ESP32; Robot; Vacuum

Abstrak. *Kebersihan merupakan usaha yang dilakukan individu untuk terciptanya lingkungan yang nyaman dan sehat. Namun sering bertambahnya usia dan kesibukan terkadang mengakibatkan kebersihan sering tersepelekan dan menjadi sumber penyakit. Maka dari itu dibutuhkan sebuah alat yang tentunya dapat membantu manusia dalam menjaga kebersihan rumah. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sebuah robot vacuum cleaner otomatis. Robot ini dibekali dengan kecerdasan saat memetakan area wilayah yang akan dibersihkan. Lidar sensor di robot ini akan mengukur jarak yang telah dipetakan lalu robot berjalan menyusuri ruangan hingga menemukan sumber kotor dan robot akan melakukan pembersihan titik kotor yang dideteksi dengan dust sensor. Robot ini menggunakan sensor Gyroscope gy521 mpu-6050 sehingga robot bisa berjalan lurus dan stabil dengan perbaikan sudut yaw. Semua sistem di robot ini dikontrol dengan mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang sudah dilengkapi dengan bluetooth yang nantinya bisa menunjang dalam pengoperasian robot menggunakan smartphone melalui jalur bluetooth. Skripsi ini diharapkan dibuatnya robot vacuum otomatis pembersihan dan penjajak yang baik sehingga dapat dipergunakan untuk mempermudah pekerjaan dalam hal kebersihan. Hasil dari penelitian ini robot vacuum berhasil dibuat dan dapat membersihkan kotoran serta dapat menjejaki ruanga dengan efektifitas 75%.*

Kata Kunci Gyroscope; Lidar; NodeMCU ESP32; Robot; Vacuum

I. PENDAHULUAN

Lingkungan yang bersih merupakan idaman semua orang. Lingkungan yang bersih akan berdampak ke kehidupan menjadi nyaman dan asri sehingga akan tercipta lingkungan yang damai. Dalam agama juga dijelaskan kebersihan adalah sebagian dari iman.. Peran kebersihan sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Menjaga kebersihan bisa menciptakan lingkungan yang sehat pula[1]. Dengan menjaga kebersihan tentunya masyarakat tidak mudah terserang penyakit misalnya demam berdarah, muntaber, penyakit kulit. Semua ini bisa didapatkan dengan memulai hal-hal kecil mulai dari menjaga kebersihan di lingkungan rumah terlebih dahulu.

Tempat tinggal yang kotor akan berakibat pada kenyamanan dan mental dari penghuni rumah. Maka kebersihan rumah harus tetap terjaga walaupun pemilik rumah sedang sibuk dan tidak sempat untuk membersihkan rumah. Namun seiring bertambahnya usia seseorang semakin banyak bertambahnya kegiatan dan kesibukan[2]. Tak jarang kebersihan di rumah menjadi terbengkalai.

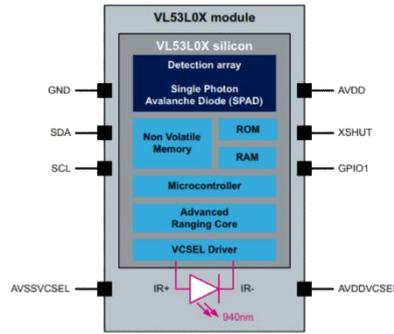
Dari pembahasan diatas maka diperlukan adanya alat yang bisa membantu masyarakat untuk mempermudah pekerjaan dalam perihal kebersihan salah satu solusinya adalah dengan dibuatnya robot vacuum otomatis. Penelitian oleh Zamroni Adeyanto tahun 2020 menggunakan ultrasonik sensor, Arduino uno yang disematkan pada robot vacuum menggunakan ultrasonic sensor [3]. Juga penelitian tentang penggunaan lidar sensor sebagai pendeteksi jarak dan area sekitar pada robot berkaki oleh alfian nurul[4]. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, maka diperlukan pembaharuan dengan mengikuti teknologi yang terbaru pada saat ini. Pembaharuan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan mikrokontroller NodeMCU ESP32 sebagai pengganti Arduino Uno dan modul Bluetooth hc-06. Dengan menggunakan NodeMCU ESP32 akan menghemat biaya, lebih praktis dan lebih ringkas pemasangannya. Sebuah mikrokontroller NodeMCU ESP32 sangat cocok untuk pengembangan robotika karena memiliki persamaan bahasa pada Arduino Uno, yaitu bahasa C yang dapat dilakukan pemrograman melalui software Arduino ide[5]. Selain itu penelitian ini menggunakan sensor Gyroscope gy521 mpu-6050 didalamnya untuk memberikan feedback posisi robot yang akan mengontrol secara otomatis kecepatan roda dengan harapan robot bisa berjalan dengan lurus.

Penelitian ini juga menggunakan lidar VL530X dengan pembacaan jarak maksimal 2 meter untuk menggantikan sensor ultrasonic dengan harapan ketelitian dan pembacaan sensor lebih baik, namun sensor lidar ini tidak bisa mendeteksi objek kaca dan cermin. Dengan robot ini akan mempermudah dan membantu dalam menjaga kebersihan rumah. Robot ini bisa juga kita jalankan manual dengan kontrol Bluetooth pada device android, dan juga bisa kita jalankan otomatis dengan kombinasi Lidar sensor dan gyroscope sebagai penjejaknya kemudian akan menghitung debu saat dust sensor Sharp GP2Y1010AU0F mendeteksi keberadaan debu[6].

Dengan latar belakang tersebut, peneliti tertarik untuk menguji kembali keterkaitan tersebut dalam **“Rancang Bangun Robot Vacuum Cleaner Otomatis Dengan Lidar Sensor Dan Gyroscope”**. Tujuan penelitian ini untuk dapat merancang robot vacuum otomatis dengan sensor lidar, dust sensor Sharp GP2Y1010AU0F dan sensor Gyroscope gy521 mpu-6050.

Sensor Lidar VL530X

Lidar (*Light Distance and Ranging*) termasuk dalam jenis sensor yang digunakan untuk mengukur panjang jarak. Sensor ini menggunakan prinsip kerja laser. Laser yang dipancarkan menabrak objek dan dipantulkan kembali ke receiver sensor lalu diukur lama waktunya sehingga bisa didapatkan hasil pengukuran jarak. Pemancar VCSEL 940nm VL53L0X (Vertikal. Laser Pemancar Permukaan Rongga), laser ini tidak dapat dilihat oleh mata manusia, ditambah dengan fisik internal filter inframerah, besar kemungkinan jarak pembacaan yang lebih jauh, kekebalan yang lebih optimal terhadap cahaya sekitar dan lebih baik ketahanannya terhadap pembacaan silang optik kaca penutup[7]



Gambar 1 Sensor Lidar VL530X

MIKROKONTROLLER NODEMCU ESP32

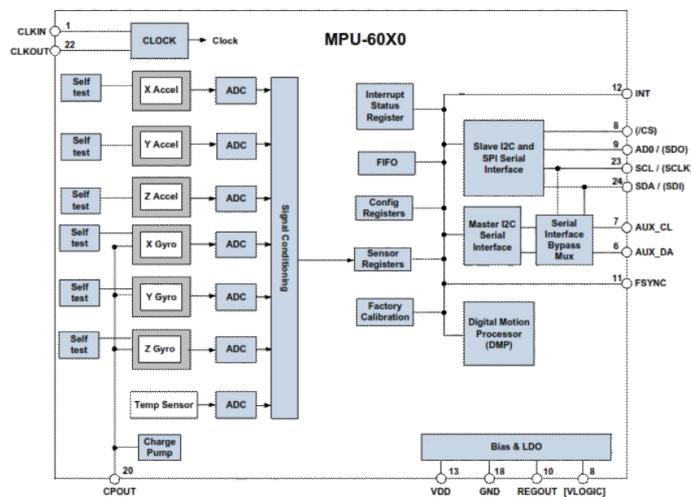
Mempunyai ukuran papan yaitu panjang 55mm, lebar 28mm dan berat 10gram yang terbilang kecil membuat NodeMCU ESP32 ini lebih efisien tempat dibanding Arduino UNO. NodeMCU ESP32 bisa langsung menggunakan koneksi Bluetooth tanpa komponen tambahan membuat harga yang ditawarkan lebih ekonomis dari Arduino UNO. Bahasa pemrograman yang digunakan NodeMCU ESP32 ini sama dengan Bahasa Arduino UNO yaitu C++[8].



Gambar 2 Mikrokontroller NodeMCU ESP32

Sensor Gyroscope gy521 mpu-6050

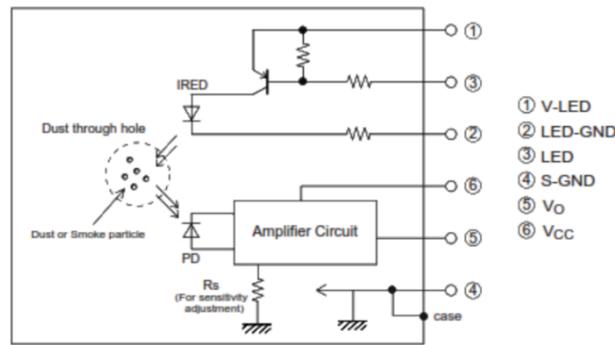
Gy-521 adalah sebuah driver Inertial Measurement Unit (IMU) yang memiliki chip mpu-6050 dari InvenSense. Mpu-6050 sendiri memiliki chip dengan 3-axis accelerometer (sensor percepatan) dan 3-axis Gyroscope (pengatur keseimbangan), atau biasa disebut 6 degrees of freedom (DOF) IMU. Selain itu, chip mpu-6050 sendiri sudah memiliki Digital Motion Processors (DMP), yang dapat melakukan mengolah data mentah dari masing-masing sensor. Data-data tsb kemudian diolah menjadi data dalam bentuk quaternions (4 Dimensi). DMP pada mpu-6050 juga dapat digunakan untuk meminimalisasi error yang dihasilkan[9].



Gambar 3 sensor gyroscope gy-521 –mpu5060

Dust Sensor Sharp GP2Y1010AU0F

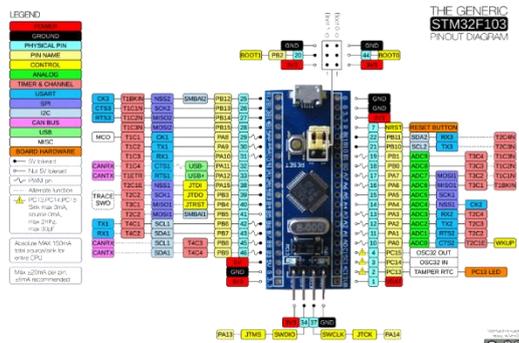
Sensor GP2Y1010AU0F Sharp merupakan sensor dengan metode pembacaan kualitas udara optik, yang dibuat untuk pendeteksi partikel debu. Sensor ini menggunakan dioda yang memancarkan sinar inframerah dan fototransistor diatur secara diagonal ke area sensot ini, untuk dapat mendeteksi cahaya yang dipantulkan melalui pantulan debu di udara. Sensor tersebut memiliki sebuah light emitting diode sebagai sumber cahaya (light source/transmitter) dan sebuah photodiode yang digunakan untuk menerima masukan cahaya yang meantul melalui debu pada tingkat intensitas tertentu. Cahaya yang dipancarkan ini sangat efektif dalam mendeteksi partikel yang sangat kecil misalnya asap rokok, dan umumnya digunakan dalam sistem pembersih udara[10].



Gambar 4 Dust Sensor Sharp GP2Y1010AU0F

STM32F103C6T6 BLUEPILL

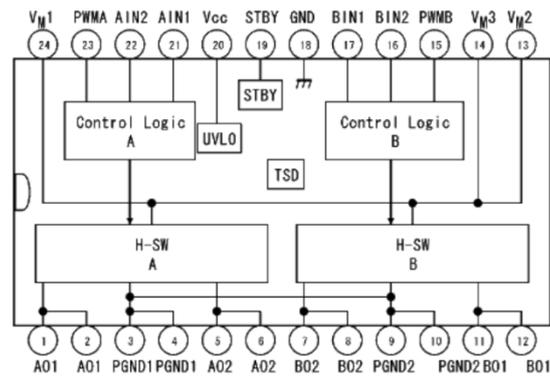
Blue Pill adalah papan pengembangan kompatibel Arduino 32-bit yang menampilkan STM32F103C8T6, anggota keluarga mikrokontroler inti ARM Cortex-M3 keluarga STM32. Papan ini bertujuan untuk membawa mikrokontroler ARM Cortex 32-bit ke pasaran dengan faktor bentuk gaya Arduino. Memiliki dua alamat pin I2C sehingga memudahkan komunikasi antar inputan maupun dengan mikrokontroler lainnya[11].



Gambar 5 Dust Sensor Sharp GP2Y1010AU0F

Motor driver TB6612FNG

TB6612FNG motor driver dapat mengendalikan hingga dua DC motor dengan arus konstan 1.2A (3.2A maksimal). Dengan Mengatur logik pada input kita dapat mengatur mode operasi yaitu - CW, CCW, short-brake, dan stop. Sedangkan output (A dan B) dapat dikendalikan terpisah, kecepatan tiap motor dikendalikan menggunakan PWM dengan frekuensi hingga 100kHz. Pin STBY harus dibikin HIGH supaya motor tidak berada di state STANDBY. Mode STANDBY ini digunakan untuk menghemat daya. Tegangan logik (Vcc) bisa di range 2.7-5.5VDC, sementara tegangan ke motor (VM) maksimalnya 15VDC Pin diatur sehingga input pin di sisi kiri dan output pin di sisi kanan[12].



Gambar 6 Motor driver TB6612FNG

LCD 1602 dengan I2C

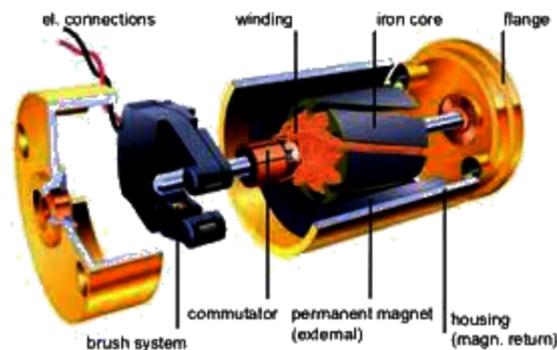
LCD tipe 1602 dengan ukuran 16 x 2 dengan tampilan warna biru yang dapat memuat 16 karakter/huruf perbarisnya digunakan untuk menampilkan beberapa kata, yang dilengkapi dengan converter I2C yang digunakan untuk mengconverter pin yang masuk ke NodeMCU ESP32 agar penggunaan pin pada mikrokontroller menjadi lebih hemat. LCD di penelitian ini digunakan untuk menampilkan Informasi seuputar kondisi robot[13].



Gambar 7 LCD 1602 dengan I2C

Motor 775

Motor 775 adalah motor dc dengan rpm tinggi, kisaran kecepatannya 3500rpm pada tegangan 12v dc. Motor ini cocok digunakan untuk kipas pemindah fluida angin karna memiliki speed yang tinggi, bisa juga untuk bor ataupun gerinda. Motor 775 ini bisa beroperasi pada kecepatan 9000rpm dengan masukan tegangan sebesar 36v dc[14].



Gambar 8 Motor 775

Motor DC 12v 620RPM

Motor dc 12 vol yang memiliki kecepatan hingga 620RPM saat dijalankan tanpa diberikan beban. Motor ini cocok sekali untuk pengaplikasian robot khususnya untuk robot beroda. Kecepatan motor ini bisa disetting menggunakan PWM. Motor ini digunakan untuk menggerakkan roda omni Motor ini dihubungkan dengan driver motor TB6612FNG[15]

Vacum Cleaner

Vacum Cleaner adalah alat pembersih debu atau alat penyedot debu untuk membersihkan suatu karpet atau lantai. Bagian dari Vacum Cleaner ini terdiri atas mesin penyedot, selang penyedot dengan mulut penyedot. Vacum Cleaner sendiri dilengkapi dengan bagian kabel panjang dan roda yang digunakan untuk memudahkan gerakan ketika alat bekerja ketika membersihkan.

Komponen penyusun Vacum Cleaner terdiri dari penyedot (intake port), penghubung keluaran(exhaust port), motor listrik, dan penampungan debu (dust bag). Cara kerja Vacum Cleaner ini yaitu dengan cara membuat perbedaan tekanan, fan (Kipas) berfungsi untuk mengurangi tekanan dalam Vacum Cleaner, tekanan atmosfer didorong udara dari luar vacum cleaner sehingga debu tersebut akan dihisap ke dalam kantong debu Vacum Cleaner, debu dan udara yang dihisap melalui penyedot akan melewati penyaringan (filter)[16]

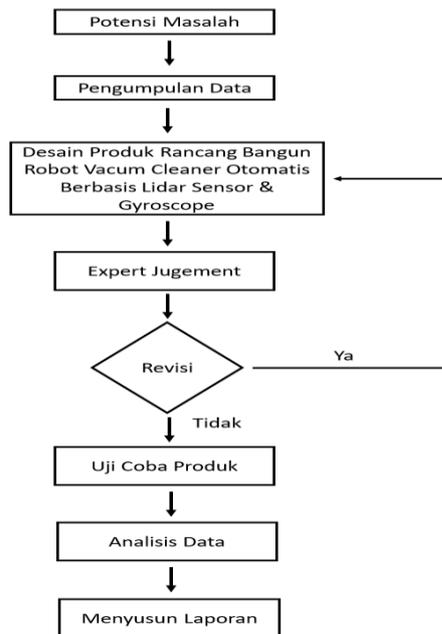
Baterai Li on 12V 2000mAh

Baterai ion litium atau biasa disebut dengan Baterai Li-ion atau LIB merupakan salah satu komponen seperti baterai isi ulang. Di dalam baterai ini, ion litium bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif saat dilepaskan, dan akan kembali saat diisi ulang.

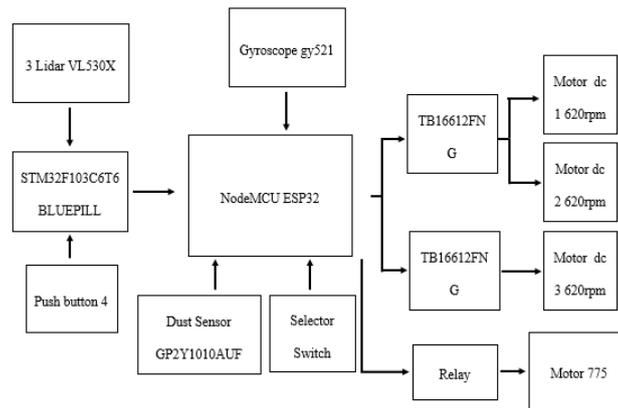
Baterai ion litium sering digunakan pada peralatan elektronik konsumen. Baterai ini merupakan perangkat yang dapat diisi ulang yang populer untuk peralatan elektronik portabel, karena baterai ini memiliki partikel energi terbaik, tanpa adanya efek penyimpanan, dan juga mengalami pengurangan isi yang lambat saat tidak digunakan. Selain berguna pada peralatan elektronik konsumen, Lithium ion juga dipakai oleh industry militer, kendaraan listrik, dan dirgantara[17]

II. METODE R&D

Langkah-langkah dalam metode resource and development penelitiann Rancang Bangun Robot Vacum Cleaner Otomatis dengan Lidar Sensor dan Gyroscope untuk mendapatkan hasil yang maximal.

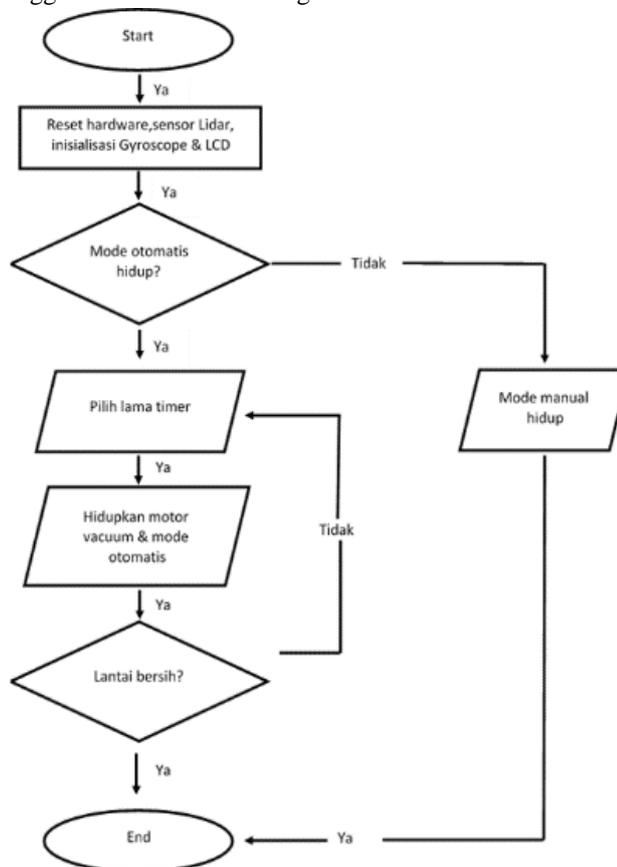


Gambar 9 Teknik analisa menggunakan metode R&D



Gambar 10 Diagram Blok Robot vacuum cleaner

Diagram blok robot ini dapat digambarkan berdasarkan gambar 2 Ketika selector switch diubah pada posisi on system 3 lidar sensor VL530X akan membaca jarak terjauh untuk dipilih sebagai arah jalan robot, kemudian data masuk pada STM32f103C6T6 Bluepill lewat pin I2C kemudian diteruskan ke NodeMCU ESP32. Penggunaan STM32f103C6T6 Bluepill disini agar pin I2C NodeMCU ESP 32 tidak mengalami delay saat memproses data. Sensor Gyroscop gy 521 disini dipasang bertujuan untuk menjadi koreksi sudut badan robot, data akan diproses ke NodeMCU ESP 32 sebagai feedback kondisi sudut robot kemudian digunakan untuk mengontrol robot agar tetap berjalan lurus. Bluetooth internal NodeMCU dihubungkan ke smartphone untuk bisa mengakses mode manual robot seta memberikan informasi terkait kondisi robot dengan GUI atau tampilan yang akan dibuat. Robot ini menggunakan 3 motor 620RPM dan 3 roda omni yang dikontrol oleh driver TB16612FNG dengan pwm yang dikombinasikan dengan Gyroscope gy 521. Sedangkan pada penghisap debunya menggunakan motor 775 dengan 4000RPM.



Gambar 11 Diagram Blok Robot vacuum cleaner

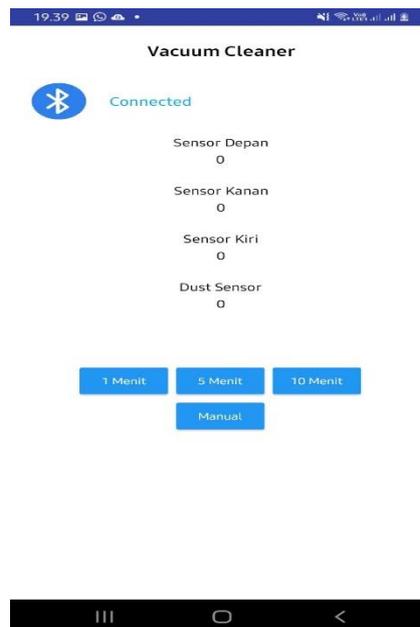
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Mikrokontroler NodeMCU ESP32 sebagai komunikasi smartphone dengan media Bluetooth

Tabel 1 Pengujian Mikrokontroler NodeMCU ESP32 sebagai komunikasi smartphone dengan media Bluetooth

No.	Smartphone	Versi Bluetooth	Jarak (meter)					
			1m	5m	10m	15m	20m	25m
1	Oppo Reno 4	5.1	Terhubung	Terhubung	Terhubung	Tidak Terhubung	Tidak Terhubung	Tidak Terhubung
2	Samsung Galaxy A12	4.2	Terhubung	Terhubung	Tidak terhubung	Tidak Terhubung	Tidak Terhubung	Tidak Terhubung

Tabel 1 merupakan pengujian menggunakan Hp oppo reno 4 dengan spesifikasi Bluetooth 5.1 & HP Samsung Galaxy A12 dengan spesifikasi Bluetooth 4.2. Dapat dilihat pada Tabel 1 hasil dari pengujian jarak yang berbeda yaitu 1 sampai dengan 25 meter. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan jarak terjauh jangkauan komunikasi antara Bluetooth Mikrokontroler dengan device smartphone. Percobaan dilakukan sebanyak 6 kali dengan jarak yang berbeda. Dengan begitu dapat terlihat jarak konektivitas antara jarak dan smartphone yang berbeda.



Gambar 12 Komunikasi Bluetooth dengan Mikrokontroler NodeMCU ESP32

Pengujian Sensor lidar VL530X**Tabel 2** Pengujian sensor lidar VL530X

Lidar VL530X						
Pengujian Sensor						
Pengukuran dengan meteran	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Rata-rata	Error (%)	Keterangan
10 cm	10 cm	10 cm	10 cm	10cm	0	Terbaca
20 cm	20 cm	20 cm	20 cm	20cm	0	Terbaca
30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	0	Terbaca
50 cm	50 cm	50 cm	50 cm	50 cm	0	Terbaca
100 cm	100 cm	100 cm	100 cm	100 cm	0	Terbaca
150 cm	150 cm	150 cm	150 cm	150 cm	0	Terbaca
200 cm	25,5 cm	25,5 cm	25,5 cm	25,5 cm	100	Tidak Terbaca
250 cm	25,5 cm	25,5 cm	25,5 cm	25,5 cm	100	Tidak Terbaca
300 cm	25,5 cm	25,5 cm	25,5 cm	25,5 cm	100	Tidak Terbaca
350 cm	25,5 cm	25,5 cm	25,5 cm	25,5 cm	100	Tidak Terbaca

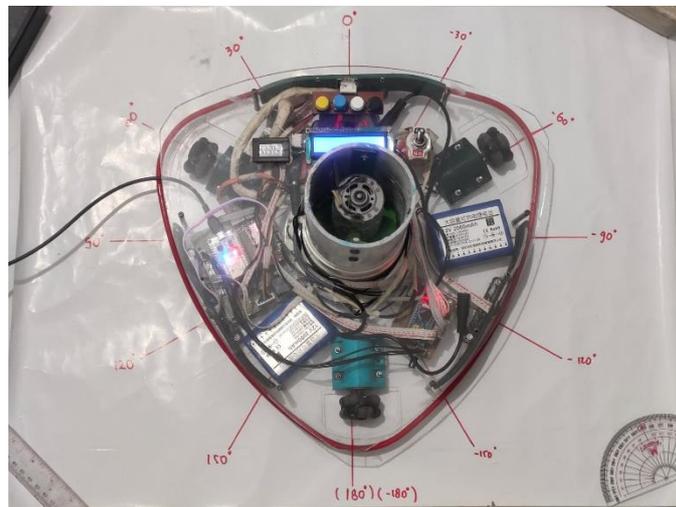
**Gambar 13** Metode pegujian sensor Lidar VL530X

Tabel 2 merupakan percobaan dengan beberapa jarak pembacaan 3 buah sensor Lidar VL530X, dilakukan masing-masing 10 kali dengan jarak berbeda. Percobaan ini dilakukan dengan adanya halangan dinding dan dengan pembanding meteran. Di percobaan dengan jarak 10cm sampai 150cm sensor dapat terbaca dengan baik dan percobaan dilakukan sebanyak 3 kali. Di percobaan dengan jarak 200 cm sensor Lidar VL530X menunjukkan angka 25,5 cm yang artinya tidak terbaca.

Pengujian Sensor Gyroscope gy-521

Tabel 3 Pengujian sensor Gyroscope gy-521

Gyroscope gy 521 –mpu5060				
Pengujian Sensor				
Percobaan	Sudut 0 - 180°	Sudut 0 – (-180°)	Error	Rata-rata error
Percobaan 0°	2°	2°	2°	2,85°
Percobaan 30°	33°	-33°	3°	
Percobaan 60°	64°	-64°	4°	
Percobaan 90°	94°	-94°	4°	
Percobaan 120°	123°	-123°	3°	
Percobaan 150°	152°	-152°	2°	
Percobaan 180°	182°	-182°	2°	



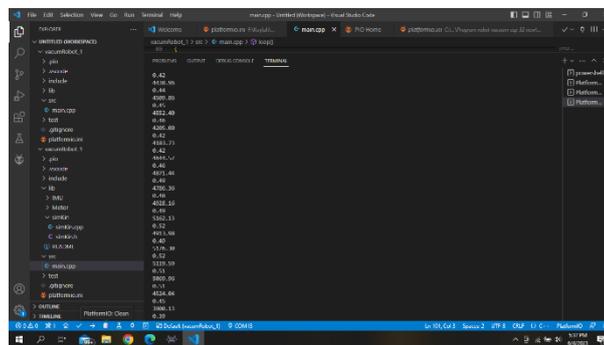
Gambar 14 Metode pengujian jarak sensor Gyroscope gy 521

Tabel 3 adalah hasil pengujian dari sensor Gyroscope gy 521 –mpu5060, pengujian sensor ini dilakukan sebanyak 7 kali dengan 2 kondisi sudut yang berbeda yang pertama Sudut 0 - 180° dan yang kedua Sudut 0 – (-180°). Perbandingan pada pengujian ini menggunakan busur derajat. Hasil dari pengujian sensor menyatakan pembacaan sensor memiliki eror dengan rata-rata sebesar 2.85°

Pengujian Dust sensor Sharp GP2Y1010AUF

Tabel 4 Pengujian dust sensor sharp GP2Y1010AUF

Dust sensor Sharp GP2Y1010AUF			
Pengujian Sensor			
Percobaan	Tanpa debu	Dengan debu	Keterangan
Percobaan 1	0.2	0.35	Terbaca
Percobaan 2	0.19	0.38	Terbaca
Percobaan 3	0.24	0.45	Terbaca
Percobaan 4	0.27	0.37	Terbaca
Percobaan 5	0.29	0.40	Terbaca



Gambar 15 pengujian dust sensor sharp GP2Y1010AUF

Tabel 4 adalah hasil pengujian dari dust sensor sharp GP2Y1010AUF, pengujian sensor ini dilakukan sebanyak 5 kali dengan 2 kondisi yang berbeda yang pertama tanpa debu dan yang kedua dengan debu. Pengujian ini dilakukan pada serial monitor Visual studio code. Dapat dilihat dari tabel hasil pengujian menunjukkan sensor bekerja dengan baik

Pengujian keseluruhan

Tabel 6 Pengujian keseluruhan

Pengujian Keseluruhan		
Percobaan	waktu	Keterangan
Percobaan 1,5 X 1,5 tanpa halangan	185 detik	Lantai bersih
Percobaan 1,5 X 1,5 dengan halangan	270 detik	Lantai bersih
Percobaan 3 X 3 tanpa halangan	495 detik	Lantai bersih
Percobaan 3 X 3 tanpa halangan	560 detik	Lantai bersih



Gambar 16 pegujian keseluruhan robot vacuum cleaner

Tabel 6 adalah hasil pengujian keseluruhan robot vacuum cleaner saat dioperasikan. Robot dapat membersihkan ruangan dengan bersih tetapi dengan waktu yang berbeda-beda tergantung dari luas ruangan dan adanya halangan pada ruangan tersebut.

IV. SIMPULAN

.Bluetooth sebagai komunikasi pada device android dan robot dapat terkoneksi dengan baik pada maximal jarak 5 meter pada Bluetooth seri 4.2 dan jarak 10 meter pada sei 5.1. Pembacaan sensor Lidar VL530X hanya mampu terbaca maximal 1,5 meter sehingga pada saat jarak terbaca lebih dari nilai tersebut maka pembacaan sensor ada pada 25.5 cm atau tidak terbaca. Untuk sensor Lidar VL530X dapat diganti menggunakan sensor lidar 360 derajat agar dapat melakukan pembacaan yang optimal. Robot masih bergerak dengan gerakan random belum bisa bergerak secara merata, untuk penelitian berikutnya dapat diberikan adanya program yang dapat menjalankan robot secara merata. Hasil dari penelitian ini robot vacuum berhasil dibuat dan dapat membersihkan kotoran serta dapat menjejaki ruanga dengan efektifitas 75%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga bisa penulisan jurnal ini dapat terselesaikan dengan baik. Terimakasih kepada kedua orang tua yang selalu mendukung dan mendoakan yang terbaik. Banyak pihak lain yang telah membantu dalam pelaksanaan terkait penelitian, terimakasih diucapkan kepada prodi elektro telah memberikan pengalaman serta pembelajaran dalam pengerjaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. Agustina, "Perspektif Hadis Nabi Saw Mengenai Kebersihan Lingkungan," *J. Penelit. Ilmu Ushuluddin*, vol. 1, no. 2, pp. 96–104, 2021, doi: 10.15575/jpiu.12206.
- [2] M. Ruswiansari and A. W. Azinar, "Sling : Aplikasi Agenda Berbasis Smartwatch Untuk Menunjang Kesibukan Rutinitas," *Netw. Eng. Res. Oper. [NERO]*, vol. 3, no. 2, pp. 135–139, 2017, [Online]. Available: <http://nero.trunojoyo.ac.id/index.php/nero/article/view/85>.
- [3] Z. Adeyanto, A. Izzuddin, and N. Hikmah, "Rancang Bangun Robot Vacuum Cleaner Dengan Menerapkan Propositional Logic Untuk Pengaturan Navigasi," *J. Mnemon.*, vol. 3, no. 2, pp. 15–20, 2020, doi: 10.36040/mnemonic.v3i2.2800.
- [4] A. Nurul, T. Winarno, and A. Komarudin, "Sistem Navigasi Robot Berkaki Menggunakan Sensor Lidar Dengan Metode PID," vol. 8, 2021, doi: 10.33795/elk.v8i1.231.
- [5] A. Isrofi, S. N. Utama, and O. V. Putra, "RANCANG BANGUN ROBOT PEMOTONG RUMPUT OTOMATIS MENGGUNAKAN WIRELESS KONTROLER MODUL ESP32-CAM BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT)," *J. Teknoinfo*, vol. 15, no. 1, p. 45, 2021, doi: 10.33365/jti.v15i1.675.
- [6] S. Syahrorini, D. Hadidjaja, A. Ahfas, A. Rahmansyah, and S. H. Pramono, "Design Measuring Instrument Dust Based Internet of Things," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 434, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/434/1/012218.
- [7] STMicroelectronics NV, "VL53L0X World smallest Time-of-Flight ranging and gesture detection sensor: user manual," no. May, pp. 1–26, 2016.
- [8] E. Systems, "ESP32 Series Datasheet," *Espr. Syst.*, pp. 1–65, 2021.
- [9] B. Ave, "MPU-6050 Datasheet," *InvenSense*, vol. 1, no. 408, p. 54, 2012, [Online]. Available: www.invensense.com.
- [10] C. Optical and D. Sensor, "GP2Y1010AU0F," pp. 1–9, 2006.
- [11] STM32Duino, "STM32F103C8T6 Blue pill Arduino guide," vol. 1, pp. 10–14, 2016.
- [12] T. B. Integrated and C. Silicon, "TB6612FNG," pp. 1–11, 2014.
- [13] T. Handson, "I2C Serial Interface 1602 LCD Module," *Datasheet*, pp. 1–8.
- [14] D. Specs, "Handson Technology Data Specs 775 Ball Bearing DC Motor," pp. 1–13.
- [15] A. Skye and T. Pilkington, "25Ga370," pp. 1–2, 2011.
- [16] A. Darsono, *Tata Graha Hotel (Housekeeping)*. Jakarta: PT. Gramedia Widiasarana Indonesia, 1995.
- [17] L. Merinda, "Sistem Pendingin Sel Baterai Li-Ion Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (Cfd)," 2017.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.