

RANCANG BANGUN *ROBOT VACUM CLEANER AUTO PILOT*
UNTUK PEMBERSIH PERMUKAAN PANEL SURYA
BERBASIS IoT

SKRIPSI

OLEH:

MUHAMMAD IKHSAN ALHAMDI

19.812.0006



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 12/8/25

Access From (repository.uma.ac.id)12/8/25

RANCANG BANGUN *ROBOT VACUM CLEANER AUTO PILOT*
UNTUK PEMBERSIH PERMUKAAN PANEL SURYA
BERBASIS IoT

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh

Gelar Sarjana di Fakultas Teknik

Universitas Medan Area

Oleh:

MUHAMMAD IKHSAN ALHAMDI

19.812.0006

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Rancang Bangun *Robot Vacuum Cleaner Auto Pilot* Untuk Pembersih Permukaan Panel Surya Berbasis IoT

Nama : Muhammad Ikhsan Alhamdi

NPM : 19.812.0006

Fakultas : Teknik Elektro

Disetujui
Komisi Pembimbing


Ir. Habib Satria, MT, M.Kom, IPM, ASEAN Eng
Pembimbing



Dr. Eng. Supriatno, ST, MT
Dekan



Dr. Habib Satria, MT, M.Kom, IPM, ASEAN Eng
Ka.Prodi

Tanggal Lulus : 11 April 2025

HALAMA PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 11 April 2025



Muhammad Ikhsan Alhamdi
NPM. 19.812.0006

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Ikhsan Alhamdi
NPM : 19.812.0006
Program Studi : Teknik Elektro
Falkultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“ Rancang Bangun Robot Vacuum Cleaner Auto Pilot Untuk Pembersih Permukaan Panel Surya Berbasis IoT ”.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini universitas medan area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada Tanggal : 11 April 2025

Yang menyatakan



(Muhammad Ikhsan Alhamdi)

ABSTRAK

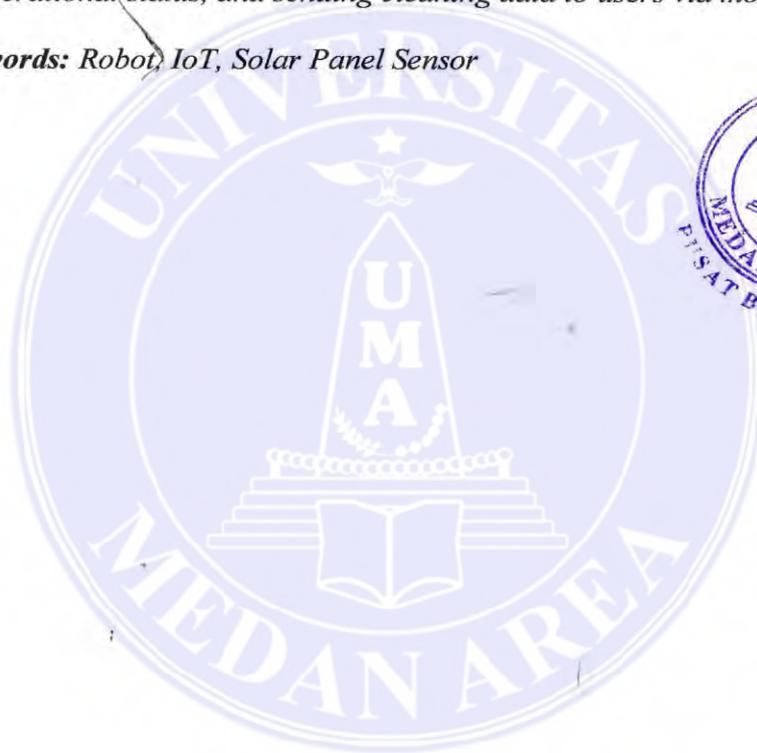
Penggunaan panel surya adalah pemeliharaannya, terutama berkaitan dengan pembersihan permukaan panel. Permukaan panel surya yang kotor dapat mengurangi efisiensi dan kinerja panel surya secara keseluruhan. Untuk mengatasi tantangan tersebut, perlu dikembangkan sebuah inovasi teknologi yang mampu melakukan pembersihan permukaan panel surya secara otomatis dan efisien, Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan Robot Vacuum Cleaner Auto Pilot untuk Pembersih Permukaan Panel Surya Berbasis IoT (Internet of Things). Robot ini akan dikendalikan secara otomatis dan dimonitoring menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) yang memungkinkan robot untuk berkomunikasi dan mengambil keputusan berdasarkan data yang diperoleh dari sensor dan analisis data secara real-time, robot pembersih panel surya yang telah dirancang mampu bergerak secara otomatis dan efisien di atas permukaan panel surya. Robot ini dilengkapi dengan sistem navigasi berbasis sensor ultrasonik yang efektif untuk mendeteksi objek dan menghindari rintangan selama proses pembersihan, teknologi Internet of Things (IoT) ke dalam sistem robot. Integrasi ini memungkinkan robot untuk berkomunikasi secara real-time, memantau kondisi operasionalnya, dan mengirimkan data pembersihan kepada pengguna melalui perangkat seluler.

Kata Kunci: Robot, IoT, Panel Surya Sensor.

ABSTRACT

The use of solar panels requires maintenance, particularly in terms of cleaning the panel surface. Dirty solar panel surfaces can reduce the overall efficiency and performance of the panels. To address this challenge, it is necessary to develop a technological innovation capable of automatically and efficiently cleaning the surface of solar panels. This research aimed to design and develop an Auto Pilot Vacuum Cleaner Robot for Cleaning Solar Panel Surfaces Based on IoT (Internet of Things). This robot was automatically controlled and monitored using IoT technology, allowing it to communicate and make decisions based on data obtained from sensors and real-time data analysis. The designed solar panel cleaning robot was capable of moving automatically and efficiently across the solar panel surface. The robot was equipped with an ultrasonic sensor-based navigation system that was effective in detecting objects and avoiding obstacles during the cleaning process. The integration of Internet of Things (IoT) technology into the robot system enabled real-time communication, monitoring of its operational status, and sending cleaning data to users via mobile devices.

Keywords: Robot, IoT, Solar Panel Sensor



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan dipabatu, kecamatan halongonan kabupaten padang lawas utara.pada tanggal 10 agustus 2001 dari bapak jumadi se dan ibu yati.penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis lulusan SMA N 1 Halongonan dan lulus pada tahun 2019 dan mendaftar sebagai mahasiswa teknik elektro universitas medan area. Selama mengikuti perkuliahan, penulis menjadi lebih memahami serta memperdalam pengetahuan tentang dunia elekto dan pernah magang PKL) di PTPN III PKS RAMBUTA.



KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala rahmad dan karuniaNya sehingga Proposal skripsi ini telah berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah rancang bangun teknologi dengan judul “**Rancang Bangun Robot Vacuum Cleaner Auto Pilot Untuk Pembersih Permukaan Panel Surya Berbasis IoT**”.

Dalam penulisan proposal ini, Penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa material, moral dan spiritual. Selayaknya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof.Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng. Supriatno, ST.,MT., selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir.Habib Satria, MT, M.Kom, IPM, ASEAN Eng, Selaku Dosen Pembimbing Saya Untuk Tugas Akhir Yang Memberikan Saran Dan Kritik Yang Membangun Dalam Penyusunan Tugas Akhir.
4. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro dan staff pegawai civitas akademis Fakultas Teknik Elektro Universitas Medan Area.
5. Ucapan Terima Kasih saya yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua saya yang telah memberikan perhatian dan kasih sayang yang luar biasa dalam mendukung saya untuk menempuh pendidikan.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritikan dan juga saran yang bersifat membangun sangatlah penulis

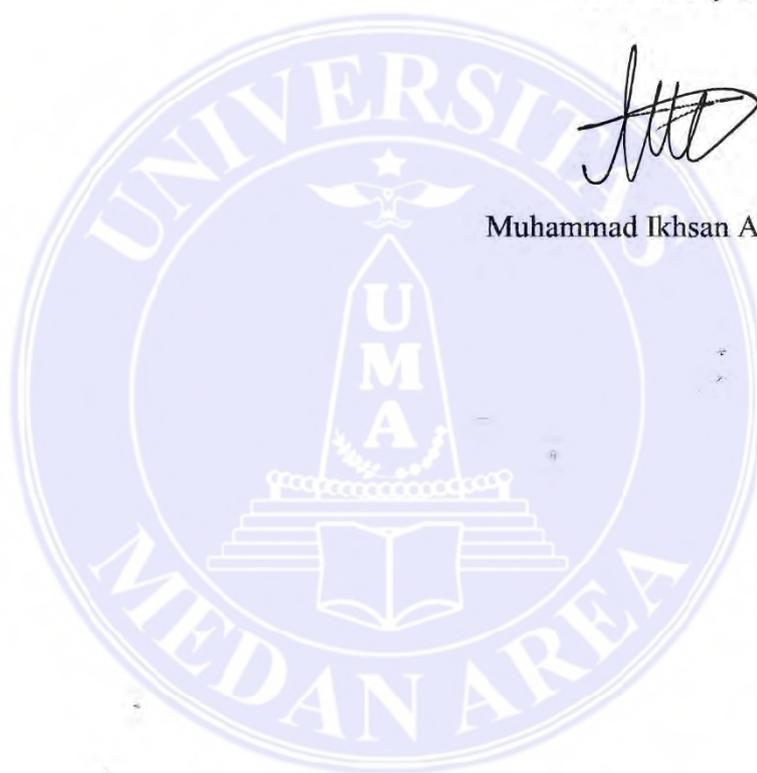
harapkan demi menunjang kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis juga berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun kepada masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Medan, 11 April 2025

Hormat Saya,



Muhammad Ikhsan Alhamdi



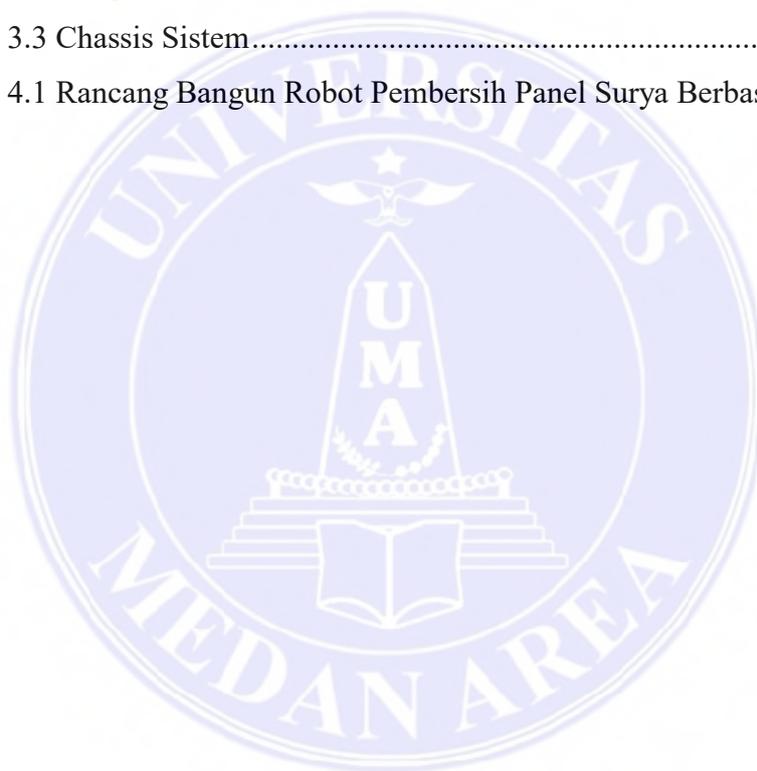
DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMA PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	Error! Bookmark not defined.
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematik Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengenalan Panel Surya PV-Grid	6
2.1.1 Perkembangan Teknologi Panel Surya	7
2.1.2 Potensi Pengembangan Panel Surya	9
2.1.3 Pembersihan Permukaan Panel Surya.....	9
2.2 Robot Vacuum Cleaner dan Teknologi Navigasi.....	12
2.3 Teknologi Internet of Things Pada Robotika	15
2.4 Pengenalan Sensor Ultrasonik.....	17

BAB III METODOLOGI	20
3.1 Waktu dan Tempat penelitian	20
3.1.1 Tempat penelitian	20
3.1.2 Waktu penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Tahapan Penelitian	22
3.4 Rangkaian Sistem	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil Alat Robot Vacum Cleaner Auto Pilot	27
4.2 Pembahasan	29
4.2.1 Pengujian Sensor Ultrasonik	29
4.2.2 Pengujian Motor DC	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Panel Surya.....	6
Gambar 2.2 Pembersihan Permukaan Panel Surya	10
Gambar 2.3 Vacuum Cleaner Panel Surya.....	11
Gambar 2.4 Robot Vacuum Cleaner Panel Surya	12
Gambar 2.5 Rangkaian IoT Pada Mobil Vacuum Cleaner	16
Gambar 2.6 Sensor Ultrasonik	18
Gambar 3.1 Flowchart Kegiatan penelitian	23
Gambar 3.2 Rangkaian Seluruh Sistem	26
Gambar 3.3 Chassis Sistem.....	26
Gambar 4.1 Rancang Bangun Robot Pembersih Panel Surya Berbasis IoT	27



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal Waktu Penelitian.....	20
Tabel 3.2 Alat yang dibutuhkan.....	21
Tabel 3.3 Bahan yang dibutuhkan.....	21
Tabel 4.1 Pengujian Sistem Pada Panel Ukuran 2 Meter.....	28
Tabel 4.2 Pengujian Sensor Ultrasonic.....	31
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Motor DC.....	32



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era modern ini, teknologi semakin berkembang pesat, dan kebutuhan akan sumber energi yang berkelanjutan semakin meningkat terutama dalam pemanfaatan sumber Energi matahari sebagai penyuplai energy tambahan dalam beberapa penerapan teknologi yang ada. Energi matahari adalah sumber energi yang tidak terbatas dan ramah lingkungan. Diperkirakan bahwa sinar matahari yang mencapai bumi dalam satu jam dapat memenuhi kebutuhan energi global selama satu tahun. Penggunaan panel surya atau photovoltaic (PV) sebagai teknologi utama dalam mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik semakin banyak diterapkan dalam skala besar, seperti di pembangkit listrik tenaga surya, dan skala kecil seperti di rumah- rumah atau bangunan komersial. Namun, pemeliharaan dan pembersihan panel surya tetap menjadi tantangan yang perlu diatasi untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi penggunaannya.

Namun, kendala dalam penggunaan panel surya adalah pemeliharaannya, terutama berkaitan dengan pembersihan permukaan panel. Permukaan panel surya yang kotor dapat mengurangi efisiensi dan kinerja panel surya secara keseluruhan. Saat ini, pembersihan panel surya masih dilakukan secara manual oleh petugas, yang memerlukan biaya dan waktu yang cukup besar. Selain itu, metode pembersihan manual ini tidak selalu efektif dan efisien. Untuk mengatasi tantangan tersebut, perlu dikembangkan sebuah inovasi teknologi yang mampu melakukan pembersihan permukaan panel surya secara otomatis dan efisien. Dengan adanya teknologi yang dapat melakukan

pembersihan secara otomatis, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas dari panel surya, sehingga dapat memberikan kontribusi lebih besar terhadap produksi energi berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan Robot Vacuum Cleaner Auto Pilot untuk Pembersih Permukaan Panel Surya Berbasis IoT (Internet of Things). Robot ini akan dikendalikan secara otomatis dan dimonitoring menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) yang memungkinkan robot untuk berkomunikasi dan mengambil keputusan berdasarkan data yang diperoleh dari sensor dan analisis data secara real-time.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, terdapat beberapa permasalahan yang perlu dipecahkan dalam pengembangan Robot Vacuum Cleaner Auto Pilot untuk Pembersih Permukaan Panel Surya Berbasis IoT, antara lain :

1. Bagaimana merancang dan mengembangkan robot pembersih panel surya yang dapat bergerak secara otomatis dan efisien di atas permukaan panel surya.
2. Bagaimana mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT) untuk memungkinkan robot berkomunikasi secara real-time dan mengoptimalkan performa pembersihan.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan agar ruang lingkup pembahasannya menjadi lebih terarah dan fokus. Batasan-batasan tersebut meliputi :

1. Robot ini akan dirancang khusus untuk membersihkan permukaan panel surya dan tidak memiliki fungsi lainnya.
2. Pembersihan yang dilakukan oleh robot akan difokuskan pada panel surya yang terpasang pada atap bangunan atau area datar, dan tidak termasuk panel surya pada lokasi yang sulit dijangkau secara vertikal, seperti panel surya di dinding bangunan tinggi.
3. Robot menggunakan mikrokontroler nodeMCU untuk monitoring IoT.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan sistem robotik yang mampu meningkatkan efisiensi dalam proses pembersihan panel surya. Tujuan khusus dari penelitian ini meliputi:

1. Merancang dan mengembangkan Robot Vacuum Cleaner Auto Pilot untuk Pembersih Permukaan Panel Surya Berbasis IoT yang mampu melakukan pembersihan secara otomatis dan efisien.
2. Mengintegrasikan teknologi IoT agar robot dapat berkomunikasi secara real-time dan mengoptimalkan performa pembersihan berdasarkan data sensor.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat, baik secara teoritis maupun praktis, sebagai berikut :

1. Merancang dan mengembangkan Robot Vacuum Cleaner Auto Pilot untuk Pembersih Permukaan Panel Surya Berbasis IoT yang mampu melakukan pembersihan secara otomatis dan efisien.
2. Mengintegrasikan teknologi IoT agar robot dapat berkomunikasi secara real-time dan mengoptimalkan performa pembersihan berdasarkan data sensor.
3. Mengurangi biaya operasional dan perawatan panel surya, karena menghilangkan kebutuhan tenaga manusia untuk pembersihan manual.
4. Meningkatkan umur pakai panel surya dengan pembersihan yang teratur dan efisien, sehingga meningkatkan investasi dalam energi terbarukan.

1.6 Sistematik Penulisan

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, terdapat beberapa sistematika Penulisan yang diuraikan berdasarkan beberapa pembagian dalam bab-bab yang akan dibahas, yaitu sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan terkait latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian serta sistematika.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan tentang pokok pembahasan landasan teori atau materi yang mendasar dalam pelaksanaan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan tentang waktu dan pelaksanaan kegiatan penelitian serta metode yang digunakan atau diterapkan dalam tugas akhir ini.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang penyajian hasil pengujian alat serta pembahasan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang simpulan dan saran dari pembuatan alat dan laporan sebagai upaya untuk perbaikan kedepan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengenalan Panel Surya PV-Grid

Panel surya, juga dikenal sebagai photovoltaic (PV) panel, adalah teknologi yang mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik menggunakan efek fotovoltaiik. Teknologi ini memungkinkan penggunaan energi matahari sebagai sumber energi listrik yang bersih dan berkelanjutan. Panel surya terdiri dari sel surya yang terbuat dari material semikonduktor, seperti silikon, yang dapat menyerap sinar matahari dan mengubahnya menjadi arus listrik (Akbar dan Hutapea, 2022). Ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Panel Surya

(Sumber : <https://internasional.kompas.cm/energi-cara-kerja-panel- surya-dan-komponen>)

Prinsip kerja panel surya didasarkan pada efek fotovoltaiik. Ketika sinar matahari mengenai sel surya, foton pada sinar matahari akan mengenai material semikonduktor di dalam sel surya. Panel surya yang selalu dalam kondisi bersih dan terawat dengan baik akan memiliki umur pakai yang lebih panjang. Dengan adanya robot pembersih, kerusakan akibat penumpukan kotoran dan debu dapat diminimalkan, sehingga panel surya dapat bertahan lebih lama. Interaksi ini akan

menyebabkan elektron di material semikonduktor terlepas dari ikatan atom dan menciptakan aliran listrik. Proses ini menghasilkan energi listrik dalam bentuk arus searah (DC). Arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya kemudian dapat digunakan untuk memasok listrik ke berbagai perangkat elektronik atau disimpan dalam baterai untuk digunakan nanti.

Ada beberapa jenis panel surya yang berbeda, tergantung pada jenis material semikonduktor yang digunakan dalam sel surya. Beberapa jenis panel surya yang umum digunakan adalah:

1. Panel Surya Monokristalin: Terbuat dari satu kristal tunggal, memiliki efisiensi tinggi, tetapi biaya produksi lebih tinggi.
2. Panel Surya Polikristalin: Terbuat dari kristal-kristal kecil, lebih murah daripada monokristalin, tetapi efisiensinya sedikit lebih rendah.
3. Panel Surya Thin-Film: Terbuat dari lapisan tipis material fotovoltaik, lebih murah dan fleksibel, tetapi memiliki efisiensi yang lebih rendah.

2.1.1 Perkembangan Teknologi Panel Surya

Teknologi panel surya terus mengalami perkembangan dan peningkatan. Inovasi dalam bahan dan desain sel surya telah meningkatkan efisiensi konversi energi matahari menjadi energi listrik. Penggunaan material baru, seperti perovskite, telah menunjukkan potensi untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya produksi panel surya. Selain itu, penelitian juga fokus pada pengembangan panel surya transparan yang dapat diaplikasikan pada jendela

bangunan, sehingga dapat menghasilkan energi listrik tanpa mengurangi cahaya alami yang masuk.

Salah satu area penting dalam perkembangan teknologi panel surya adalah peningkatan efisiensi konversi energi matahari menjadi energi listrik. Efisiensi panel surya merupakan parameter kunci yang menentukan seberapa banyak energi matahari yang dapat diubah menjadi listrik. Selama beberapa dekade terakhir, para peneliti telah berhasil meningkatkan efisiensi panel surya dari sekitar 15% menjadi lebih dari 20% untuk panel surya silikon kristal. Selain itu, penelitian terus dilakukan untuk mengembangkan panel surya dengan efisiensi yang lebih tinggi melalui teknologi baru, seperti panel surya berbasis perovskite dan multijunction.

Perkembangan teknologi panel surya juga didorong oleh penggunaan material fotovoltaik inovatif. Selain bahan tradisional seperti silikon, penelitian juga mengarah pada pemanfaatan bahan-bahan baru yang memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya produksi panel surya. Material fotovoltaik berbasis perovskite, misalnya, telah menunjukkan efisiensi yang mengesankan dan potensi untuk diproduksi dengan biaya lebih rendah daripada bahan konvensional. Penggunaan material fotovoltaik inovatif ini berkontribusi dalam mewujudkan panel surya yang lebih efisien dan ekonomis.

Seiring dengan perkembangan panel surya, pengembangan sistem penyimpanan energi juga menjadi fokus utama. Sistem penyimpanan energi seperti baterai lithium-ion atau sistem flywheel dapat digunakan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya pada siang hari dan menggunakannya pada malam hari atau ketika sinar matahari tidak mencukupi.

Integrasi sistem penyimpanan energi dengan panel surya membantu meningkatkan ketersediaan dan pemanfaatan energi surya secara lebih efisien dan terjangkau.

2.1.2 Potensi Pengembangan Panel Surya

Perkembangan teknologi panel surya di masa depan menawarkan potensi yang besar dalam meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya produksi, dan mengintegrasikan panel surya dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Penggunaan panel surya dalam aplikasi transportasi, bangunan cerdas, dan teknologi wearable adalah beberapa contoh potensi pengembangan di masa depan (Majid, Gunawan, dan Supriatna, 2021)

Pembahasan di atas menggambarkan tentang teknologi panel surya, prinsip kerjanya, jenis-jenis panel surya, pemanfaatannya dalam pembangkit listrik dan skala kecil, serta tantangan dan kontribusinya untuk energi berkelanjutan. Teknologi panel surya terus berkembang untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi dan menyediakan sumber energi yang bersih dan berkelanjutan untuk masa depan. Dengan memahami teknologi panel surya secara mendalam, dapat mendukung pengembangan lebih lanjut dari Robot Vacuum Cleaner Auto Pilot untuk Pembersih Permukaan Panel Surya Berbasis IoT guna meningkatkan efisiensi dan performa dari panel surya secara keseluruhan.

2.1.3 Pembersihan Permukaan Panel Surya

Pentingnya pembersihan permukaan panel surya tidak dapat diabaikan karena panel surya yang kotor dapat mengurangi kinerja dan efisiensi energi yang

dihasilkan. Debu, kotoran, polusi, atau bahkan lapisan residu dari air hujan dapat menutupi permukaan panel surya, menghalangi sinar matahari dari mencapai sel surya, dan mengurangi efisiensi konversi energi. Penelitian menunjukkan bahwa penumpukan kotoran sebesar 5% saja dapat mengurangi produksi energi panel surya hingga 20%. Oleh karena itu, pembersihan permukaan panel surya secara teratur sangat penting untuk memaksimalkan potensi surya yang dihasilkan (Rahayu, Utami, dan Razabi, 2018). Ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pembersihan Permukaan Panel Surya
(Sumber : <https://pasangpanelsurya.com/cara-membersihkan-panel-surya/>)

Metode pembersihan manual adalah metode tradisional yang melibatkan tenaga kerja manusia untuk membersihkan permukaan panel surya secara langsung. Petugas pembersih biasanya menggunakan peralatan seperti sikat, kain, atau alat semprot untuk membersihkan kotoran dari permukaan panel surya. Meskipun metode ini dapat memberikan hasil yang memuaskan, metode manual memiliki beberapa kelemahan. Salah satunya adalah biaya dan waktu yang dibutuhkan, terutama jika panel surya terletak di lokasi yang sulit dijangkau atau pada area yang luas.

Penggunaan robot vacuum cleaner untuk pembersihan permukaan panel surya merupakan solusi yang efektif dan efisien. Robot vacuum cleaner dapat

dirancang dengan teknologi otomatis dan berbasis IoT untuk membersihkan panel surya secara mandiri tanpa perlu campur tangan manusia. Robot ini dilengkapi dengan sensor-sensor cerdas yang memungkinkannya untuk mendeteksi tingkat kekotoran dan memetakan area permukaan panel surya. Setelah itu, robot akan bergerak dengan sistem navigasi otomatis untuk melakukan pembersihan secara efisien.

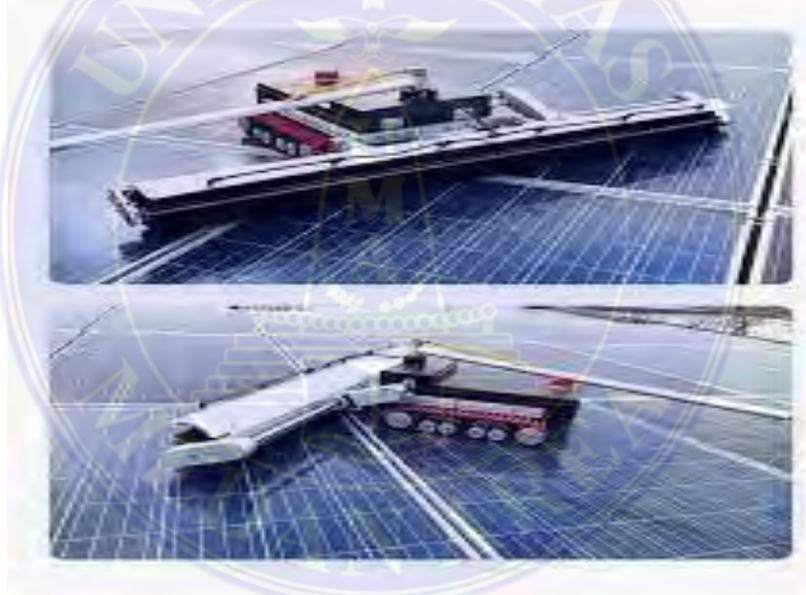


Gambar 2.3 Vacuum Cleaner Panel Surya
(Sumber : <https://www.builder.id/robot-pembersih-panel-surya/>)

Robot vacuum cleaner untuk pembersihan permukaan panel surya harus dilengkapi dengan teknologi navigasi yang canggih. Sistem navigasi ini memungkinkan robot untuk bergerak dengan lancar di atas permukaan panel surya tanpa merusaknya. Pengenalan lingkungan juga penting agar robot dapat menghindari rintangan atau hambatan, seperti kabel listrik atau benda-benda lain yang dapat mengganggu proses pembersihan. Dengan teknologi navigasi dan pengenalan lingkungan yang tepat, robot vacuum cleaner dapat melakukan pembersihan dengan akurat dan efisien.

2.2 Robot Vacuum Cleaner dan Teknologi Navigasi

Robot Vacuum Cleaner adalah perangkat otomatis yang dirancang khusus untuk membersihkan lantai dan permukaan lainnya dari debu, kotoran, dan partikel lainnya secara mandiri. Robot ini menjadi solusi praktis dan efisien dalam melakukan tugas pembersihan rumah atau area dengan minim intervensi manusia. Robot vacuum cleaner biasanya memiliki bentuk cakram datar dengan sensor-sensor cerdas yang memungkinkannya bergerak secara otomatis, menghindari rintangan, dan membersihkan area dengan pola gerakan yang terprogram (Haidiputri dan Elmas, 2021).



Gambar 2.4 Robot Vacuum Cleaner Panel Surya
(Sumber : <https://indonesian.alibaba.com/g/solar-panel-cleaning-robot-7.html>)

Robot vacuum cleaner bekerja dengan cara yang terkoordinasi untuk membersihkan permukaan. Robot dilengkapi dengan motor yang menciptakan aliran udara, menyedot kotoran ke dalam kotak penyimpanan. Selain itu, robot vacuum cleaner memiliki sikat dan penghisap yang membersihkan permukaan dengan mengumpulkan debu dan kotoran ke dalam kotak penyimpanan. Robot ini

juga dilengkapi dengan sensor-sensor yang mendeteksi rintangan dan penghalang sehingga dapat menghindari tabrakan dan bergerak dengan aman.

Teknologi navigasi adalah aspek kunci dalam desain robot vacuum cleaner. Robot ini harus mampu bergerak di sekitar ruangan dengan cerdas dan efisien, tanpa mengulangi area yang sudah dibersihkan atau mengabaikan area yang belum terjangkau. Beberapa teknologi navigasi yang digunakan dalam robot vacuum cleaner adalah:

1. Sensor Penghindar Rintangan Robot vacuum cleaner dilengkapi dengan berbagai sensor untuk menghindari rintangan saat bergerak di sekitar ruangan. Sensor inframerah atau ultrasonik dapat mendeteksi halangan, seperti meja, kursi, atau dinding, dan mengubah jalur gerakan robot untuk menghindarinya. Teknologi ini memastikan robot tidak menabrak atau merusak benda-benda di sekitarnya selama proses pembersihan.
2. Sensor Navigasi Pemetaan Area Beberapa robot vacuum cleaner dilengkapi dengan teknologi pemetaan area yang lebih canggih. Robot ini menggunakan sensor penglihatan atau kamera untuk memetakan ruangan secara real-time. Data pemetaan digunakan untuk mengidentifikasi lokasi robot, mengukur jarak tempuh, dan mengenali area yang sudah dibersihkan. Teknologi ini membantu robot untuk mengatur rute pembersihan secara efisien dan menghindari tumpang tindih gerakan, sehingga menghemat waktu dan energi.

3. Sistem Inertial Navigation Sistem inertial navigation memanfaatkan sensor gyroscope dan akselerometer untuk mengukur perubahan posisi dan orientasi robot saat bergerak. Dengan menggunakan data dari sensor- sensor ini, robot dapat menghitung jarak dan arah gerakan dengan akurat tanpa bergantung pada pemetaan eksternal. Teknologi ini membantu robot tetap bergerak dengan tepat dan stabil, terutama ketika berpindah dari satu permukaan ke permukaan lainnya atau melewati area dengan sudut tajam.
4. Algoritma Pemilihan Jalur Pembersihan Robot vacuum cleaner menggunakan algoritma yang kompleks untuk menentukan jalur pembersihan yang efisien. Algoritma ini mempertimbangkan faktor seperti bentuk ruangan, posisi rintangan, dan kepadatan kotoran di permukaan. Robot akan menghitung jalur terpendek dan menghindari pergerakan yang tidak perlu untuk mencapai area yang belum dibersihkan. Algoritma ini memastikan robot membersihkan seluruh area dengan cakupan yang maksimal dan menghindari pemborosan energi dan waktu.
5. Navigasi Berbasis Peta Digital Beberapa robot vacuum cleaner menggunakan navigasi berbasis peta digital yang lebih baik.

Teknologi navigasi yang canggih dalam robot vacuum cleaner memiliki keunggulan penting dalam pembersihan permukaan panel surya. Dalam konteks judul "Rancang Bangun Robot Vacuum Cleaner Auto Pilot untuk Pembersih Permukaan Panel Surya Berbasis IoT", teknologi navigasi ini memungkinkan robot untuk bergerak dengan efisien di atas permukaan panel surya, menghindari rintangan dan area yang sudah dibersihkan sebelumnya. Dengan menggunakan

sensor-sensor cerdas dan algoritma pembersihan yang tepat, robot vacuum cleaner dapat membersihkan permukaan panel surya secara menyeluruh dan maksimal, sehingga meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan oleh panel surya. Teknologi IoT dalam robot vacuum cleaner juga memungkinkan pemantauan dan pengelolaan pembersihan secara remote, sehingga memudahkan pengguna dalam mengatur jadwal pembersihan dan memantau kinerja robot secara realtime.

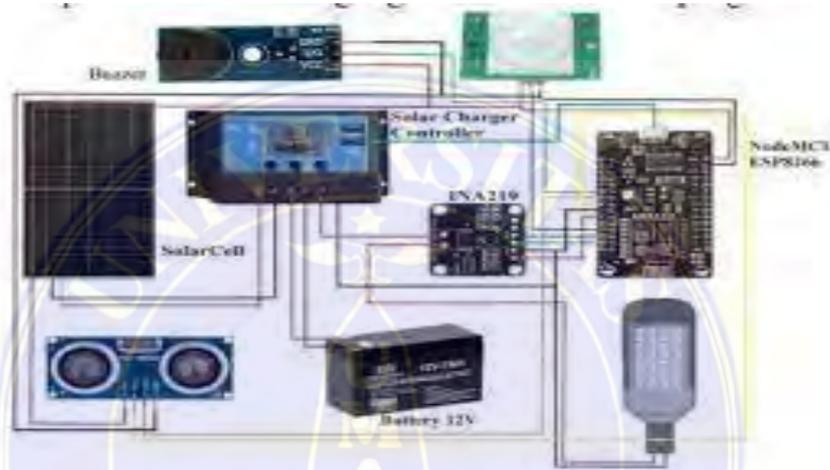
Dalam kesimpulan, teknologi navigasi yang canggih dan berbasis IoT dalam robot vacuum cleaner menjadi kunci utama dalam menciptakan robot pembersih permukaan panel surya yang efisien, cerdas, dan otomatis. Dengan adanya teknologi ini, robot vacuum cleaner dapat bekerja dengan optimal, meningkatkan produktivitas dan efisiensi pembersihan permukaan panel surya, serta membantu memaksimalkan potensi energi surya yang dihasilkan (Sudarso, 2019).

2.3 Teknologi Internet of Things Pada Robotika

Internet of Things (IoT) adalah konsep teknologi yang menghubungkan perangkat fisik dan objek sehari-hari ke internet, memungkinkan pertukaran data dan informasi secara otonom dan real-time. Dalam konteks robotika, IoT memainkan peran penting dalam menghadirkan robot pintar yang terhubung ke jaringan dan dapat berinteraksi dengan lingkungan dan manusia. Dengan mengintegrasikan teknologi IoT dalam robotika, robot dapat menjadi lebih cerdas, responsif, dan dapat diatur dari jarak jauh, membuka potensi baru untuk aplikasi yang beragam (Wibowo, Notosudjono, dan Fiddiansyah, 2018).

Konsep dasar IoT dalam robotika melibatkan penerapan sensor, perangkat komputasi, dan konektivitas untuk menciptakan jaringan yang terkoneksi. Robot

yang dilengkapi dengan sensor-sensor cerdas dapat mengumpulkan data dari lingkungannya, seperti informasi tentang suhu, kelembaban, cahaya, dan gerakan. Data ini kemudian dikirim melalui jaringan internet ke sistem komputasi yang dapat menganalisis dan mengolahnnya. Dengan data dan informasi ini, robot dapat merespons lingkungan sekitarnya dengan lebih baik dan melakukan tugas dengan lebih efisien.



Gambar 2.5 Rangkaian IoT Pada Mobil Vacuum Cleaner

Integrasi teknologi IoT dalam robotika memberikan beberapa keuntungan yang signifikan. Pertama, dengan konektivitas internet, robot dapat diatur dan dikendalikan dari jarak jauh, bahkan melalui perangkat seluler atau komputer. Ini memungkinkan pengguna untuk mengendalikan robot dari mana saja dan kapan saja, meningkatkan fleksibilitas dan kenyamanan dalam pengoperasian robot. Kedua, IoT memungkinkan robot untuk berkomunikasi dengan perangkat lain dan sistem, memfasilitasi kerjasama dan koordinasi antara robot-robot yang berbeda dalam lingkungan yang sama.

Internet of Things (IoT) memainkan peran krusial dalam perkembangan robotika modern. Dengan mengintegrasikan teknologi IoT dalam robotika, robot

menjadi lebih cerdas, responsif, dan terhubung dengan lingkungannya serta pengguna melalui jaringan internet. Penerapan IoT dalam robotika membuka berbagai peluang baru dalam berbagai bidang, seperti otomatisasi industri, rumah pintar, pertanian cerdas, dan transportasi mandiri. Dalam konteks judul "Rancang Bangun Robot Vacuum Cleaner Auto Pilot untuk Pembersih Permukaan Panel Surya Berbasis IoT", teknologi IoT menjadi landasan penting dalam menciptakan robot vacuum cleaner yang dapat beroperasi secara otomatis dan terhubung dengan jaringan, sehingga meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembersihan permukaan panel surya.

2.4 Pengenalan Sensor Ultrasonik

Teknologi ultrasonik menggunakan gelombang suara dengan frekuensi ultrasonik, yaitu di atas batas pendengaran manusia (sekitar 20 kHz), untuk mendeteksi objek dan jarak. Ultrasonik telah menjadi salah satu teknologi sensor yang penting dalam perancangan robot vacuum cleaner. Penggunaan ultrasonik dalam robot vacuum cleaner memungkinkan robot untuk mengukur jaraknya dari rintangan dan menghindari tabrakan saat bergerak di sekitar lingkungan yang rumit. Dalam konteks judul "Rancang Bangun Robot Vacuum Cleaner Auto Pilot untuk Pembersih Permukaan Panel Surya Berbasis IoT", teknologi ultrasonik menjadi salah satu komponen kunci dalam menciptakan robot vacuum cleaner yang cerdas dan efisien dalam membersihkan permukaan panel surya.

Prinsip kerja teknologi ultrasonik didasarkan pada penggunaan gelombang suara dengan frekuensi tinggi. Robot vacuum cleaner dilengkapi dengan transduser ultrasonik yang berfungsi sebagai pengirim dan penerima gelombang

suara. Transduser akan mengirimkan gelombang suara ultrasonik ke lingkungan sekitarnya dan kemudian menerima pantulan gelombang suara dari objek atau rintangan di sekitarnya. Berdasarkan waktu tempuh gelombang suara yang dipancarkan dan diterima, robot dapat menghitung jaraknya dari objek atau rintangan. Data jarak ini kemudian digunakan untuk mengatur jalur gerakan robot, sehingga robot dapat menghindari rintangan dengan akurasi tinggi .

Salah satu penerapan utama teknologi ultrasonik dalam robot vacuum cleaner adalah dalam deteksi rintangan. Ultrasonik memungkinkan robot untuk mendeteksi keberadaan rintangan seperti meja, kursi, atau dinding di sekitarnya. Ketika robot mendekati rintangan, transduser ultrasonik akan mengirimkan gelombang suara dan menerima pantulan dari rintangan tersebut. Berdasarkan data jarak yang diperoleh, robot dapat mengubah jalur gerakannya untuk menghindari tabrakan. Penerapan ultrasonik dalam deteksi rintangan membantu robot vacuum cleaner untuk bergerak secara cerdas dan menghindari kerusakan pada permukaan panel surya atau benda-benda lain yang ada di sekitarnya.



Gambar 2.6 Sensor Ultrasonik

Penggunaan teknologi ultrasonik dalam navigasi robot vacuum cleaner memberikan beberapa keuntungan. Pertama, teknologi ultrasonik dapat bekerja

dalam berbagai kondisi pencahayaan atau lingkungan, tidak tergantung pada cahaya atau gelap. Hal ini memungkinkan robot vacuum cleaner untuk beroperasi dengan baik dalam kondisi pencahayaan yang rendah atau di tempat yang tertutup. Kedua, ultrasonik memungkinkan robot untuk mendeteksi rintangan secara akurat, bahkan dalam jarak yang sangat dekat. Keakuratan ini memastikan bahwa robot dapat menghindari tabrakan dan bergerak dengan aman di sekitar permukaan panel surya.



BAB III

METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat penelitian

3.1.1 Tempat penelitian

Pembuatan dan pengujian Rancang Bangun Sistem Proteksi Instalasi Listrik

Rumah Terhubung Pv On Grid Berbasis IoT ini dilakukan di :

Nama Tempat : CV. Angkasa Mobie Tech

Alamat : Jln. Sultan Serdang Dusun II Sena Gg. Ikhlas Batang

Kuis.

3.1.2 Waktu penelitian

Proses Penelitian ini membutuhkan waktu kurang lebih 3 bulan dengan uraian seperti ditunjukkan pada Tabel 3.1 dibawah ini:

Tabel 3.1 Jadwal Waktu Penelitian

NO	Kegiatan penelitian	BULAN											
		I				II				III			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Persiapan Alat dan Bahan												
2	Perancangan Alat												
3	Pembuatan Sistem Mekanik Alat												
4	Pemasangan Komponen Rangkaian alat												
5	Melakukan Pengujian Alat												
6	Penyusunan Laporan Skripsi												

3.2 Alat dan Bahan

Dalam Perancangan dan pengimpelentasian alat ini, diperlukan beberapa alat dan bahan untuk merakit alat tersebut hingga dapat tercipta sesuai dengan apa yang diinginkan. Adapun alat dan bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini yaitu dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.2 Alat yang dibutuhkan

No	Alat yang dibutuhkan	Jumlah Alat	Satuan
1	Obeng	1	Unit
2	Tang Combine	1	Unit
3	Alat Penukuran/Meteran	1	Unit
4	Wattmeter	1	Unit
5	Slasiban	1	Unit
6	Bor Listrik	1	Unit
7	Chain Saw	2	Unit
8	Adaptor Power 12 Volt	1	Unit
9	Paku	15	Buah

Tabel 3.3 Bahan yang dibutuhkan

No	Alat yang dibutuhkan	Spesifikasi	Jumlah bahan	Satuan
1	Mikrokontroller	NodeMCU ESP 8266	1	Buah
2	Sensor Kamera	ESP 32-Cam	1	Buah
3	Sensor Ultrasonik	HC-SR04	1	Buah
4	Sensor Infrared	Sensor Pir	1	Buah
5	Motor dan Penggerak	Motor DC	1	Buah
6	Baterai	Lithium	1	Buah
7	Kabel Jumper	Pelangi Tipe AWG-x	5	Meter
8	Relay	3 Chanel	2	Buah
9	Sistem Penisian	Navigasi	2	Buah
10	Selang Air	Selang PE 2 inch	1,5	Meter

3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan beberapa metode diantaranya yaitu sebagai berikut:

1. Studi literatur dan pengumpulan informasi

Metode literatur digunakan untuk mengkaji referensi yang relevan dengan topik penelitian. Pada pengembangan Robot Vacuum Cleaner Panel Surya, metode ini digunakan untuk memahami konsep dasar IoT dan teknologi robot pembersih panel surya.

2. Metode Penelitian Studi Kasus

Metode studi kasus digunakan untuk mengamati dan menganalisis kasus nyata dalam pengembangan Robot Vacuum Cleaner Panel Surya. Melalui observasi, wawancara, dan pengumpulan data di lokasi, metode ini membantu mengevaluasi kinerja sistem dan menentukan solusi atas masalah yang muncul.

3. Metode Penelitian Eksperimen

Metode eksperimen digunakan untuk menguji dan memvalidasi sistem Robot Vacuum Cleaner Panel Surya. Pengujian dilakukan berdasarkan skenario yang telah ditentukan untuk mengevaluasi kinerja dan menemukan solusi atas masalah yang muncul.

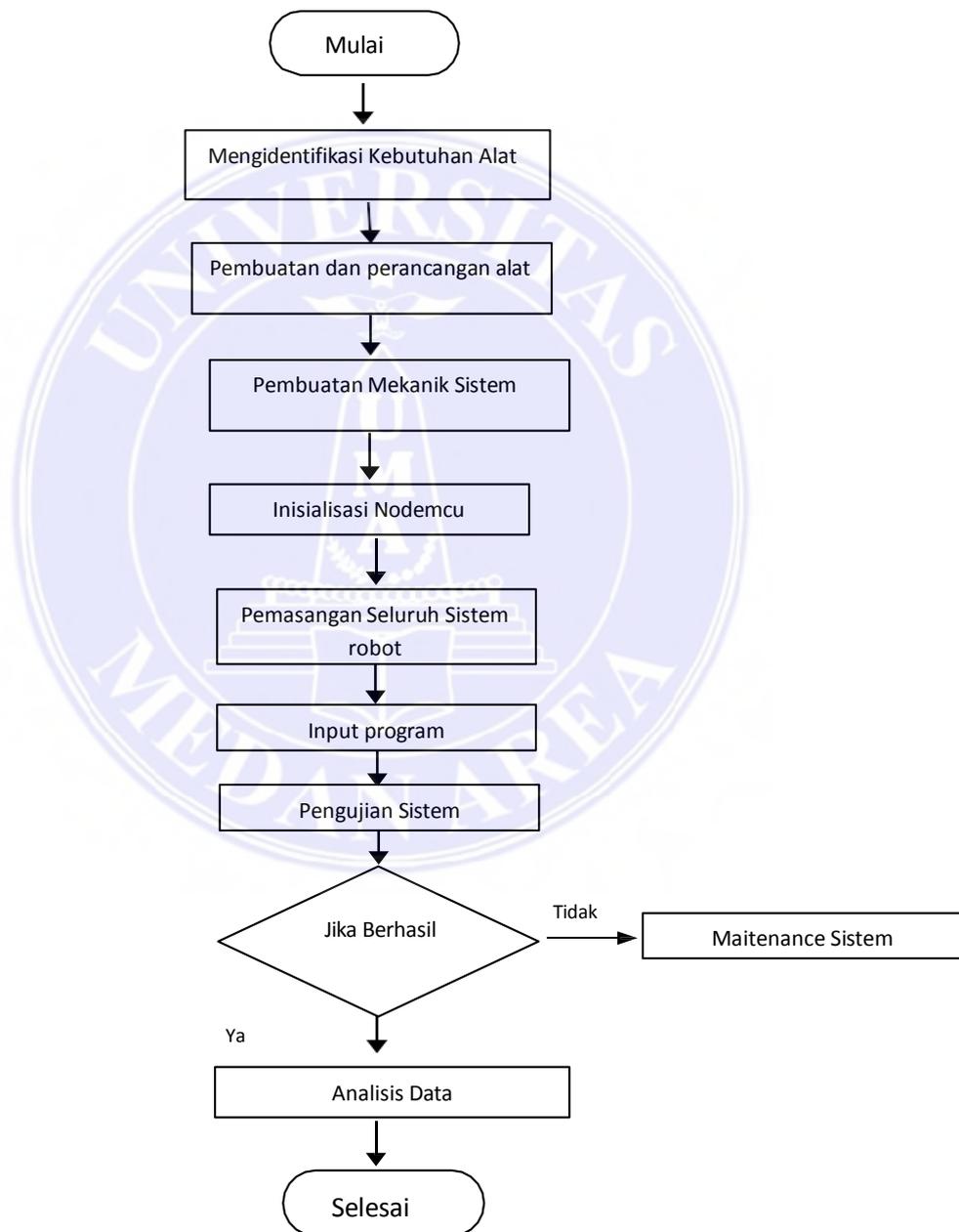
4. Metode Penelitian Kuantitatif

Metode kuantitatif digunakan untuk mengukur dan menganalisis data secara statistik. Dalam pengembangan sistem Robot Vacuum Cleaner Panel Surya, metode ini dimanfaatkan untuk mengukur kinerja sistem dan menentukan efisiensi energinya.

5. Evaluasi dan Penyempurnaan

Pada tahapan ini dilakukan evaluasi terhadap system Teknologi Robot Vacuum Cleaner Panel Surya dan melakukan penyempurnaan pada sistem yang dibutuhkan untuk meningkatkan kinerja dan efektivitas sistem.

Diagram alur skema penelitian dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 3.1 Flowchart Kegiatan penelitian

Pada Perancangan Implementasi alat teknologi Sistem Teknologi Robot Vacuum Cleaner Panel Surya berbasis IoT terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut :

a. Penentuan Kebutuhan

Tahap ini bertujuan untuk menetapkan kebutuhan sistem yang akan dibangun, termasuk jenis panel surya dan jenis permukaan yang digunakan, sensor yang diperlukan, dan sistem otomasi yang akan diperlukan.

b. Perancangan Sistem

Tahap pertama dalam perancangan sistem Teknologi Robot Vacuum Cleaner Panel Surya adalah merancang dan membuat rancangan sistem. Dalam tahap ini, harus ditentukan kebutuhan peralatan, komponen yang diperlukan, dan sistem kontrol yang akan digunakan.

c. Pembuatan Prototipe sistem

Tahap ini mencakup pembuatan prototipe sistem yang dirancang. Selama tahap ini, perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dibuat akan diuji dan dievaluasi. Setelah perancangan sistem selesai, tahap selanjutnya adalah pembuatan sistem. Proses ini meliputi pemasangan dan pengaturan peralatan, perangkat keras, dan perangkat lunak.

d. Pengujian sistem

Setelah sistem terhubung dengan teknologi IoT, tahap selanjutnya adalah mengumpulkan data dari sistem. Data yang dikumpulkan meliputi data listrik yang dihasilkan oleh sistem Teknologi Robot Vacuum Cleaner Panel Surya, kondisi lingkungan, dan data operasi sistem.

e. Analisis Data

Setelah data dikumpulkan, tahap selanjutnya adalah menganalisis data yang terkumpul. Hal ini dilakukan untuk memperoleh wawasan tentang efisiensi sistem, performa, dan kondisi lingkungan.

f. Optimasi Sistem

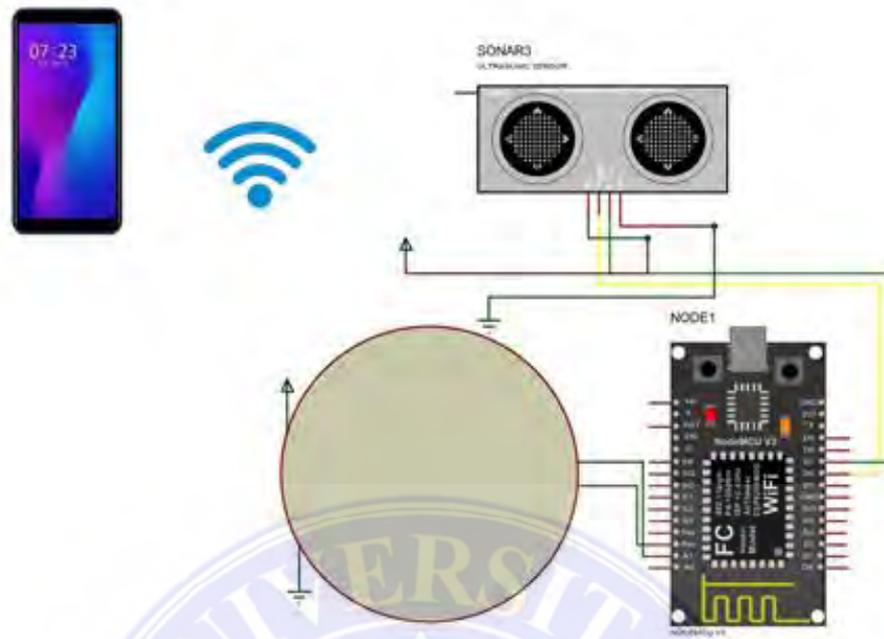
Dalam tahap ini, sistem dianalisis untuk mengidentifikasi area yang dapat dioptimalkan. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi sistem dan kinerja keseluruhan.

g. Pengujian Ulang

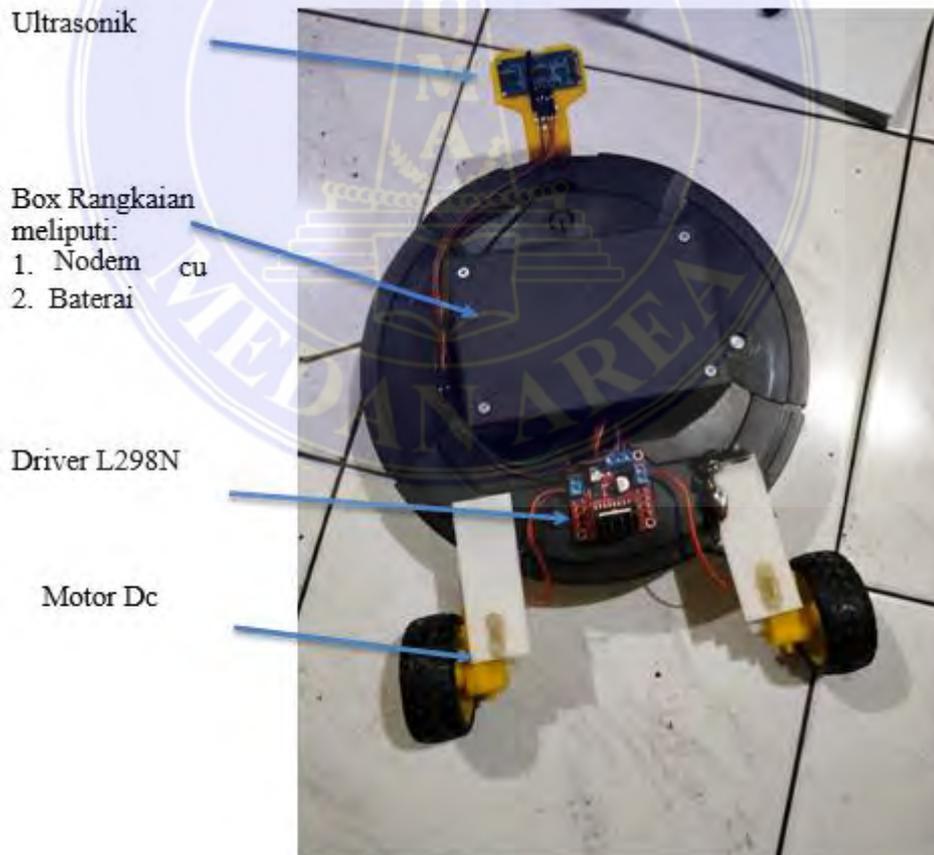
Setelah sistem dioptimalkan, tahap terakhir adalah melakukan pengujian ulang sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat beroperasi dengan efisiensi yang lebih tinggi. Proses ini melibatkan pengujian pada berbagai kondisi dan skenario untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi secara optimal dalam berbagai kondisi lingkungan dan situasi operasi.

3.4 Rangkaian Sistem

Rangkaian sistem penelitian ini terdiri atas nodemcu sebagai pengontrol seluruh sistem lalu ada robot vacuum sebagai output sistem untuk membersihkan panel yang akan di kendalikan oleh nodemcu dan sensor ultrasonik, dan nantinya seluruh sistem akan di tampilan di LCD dan di monitoring menggunakan IoT.



Gambar 3.2 Rangkaian Seluruh Sistem



Gambar 3.3 Chassis Sistem

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah seluruh rancang bangun selesai, baik mekanik dan program sistem serta seluruh data yang telah di dapat dan di analisis, maka penulis menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menunjukkan bahwa robot pembersih panel surya yang telah dirancang mampu bergerak secara otomatis dan efisien di atas permukaan panel surya.
2. Robot ini dilengkapi dengan sistem navigasi berbasis sensor ultrasonik yang efektif untuk mendeteksi objek dan menghindari rintangan selama proses pembersihan.
3. Teknologi auto-pilot yang diterapkan memungkinkan robot bekerja tanpa memerlukan intervensi manual, sehingga menjaga kebersihan permukaan panel secara konsisten.
4. Pengguna dapat mengontrol robot dari jarak jauh, memantau jadwal pembersihan, dan menerima notifikasi terkait status pembersihan atau jika terjadi masalah pada robot.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan masih terdapat banyak kekurangan peneliti dalam melakukan pembuatan dan pengujian sistem. Oleh karena itu ada beberapa hal yang dijadikan saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Pengembangan lebih lanjut pada desain mekanik robot pembersih panel surya perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan ketahanan dalam jangka panjang.
2. Sistem navigasi berbasis sensor ultrasonik dapat diperbaiki dengan menambahkan sensor tambahan seperti sensor inframerah atau LIDAR untuk meningkatkan akurasi deteksi rintangan,
3. Pengembangan lebih lanjut pada integrasi IoT sangat penting. Implementasi fitur-fitur analitik berbasis data.



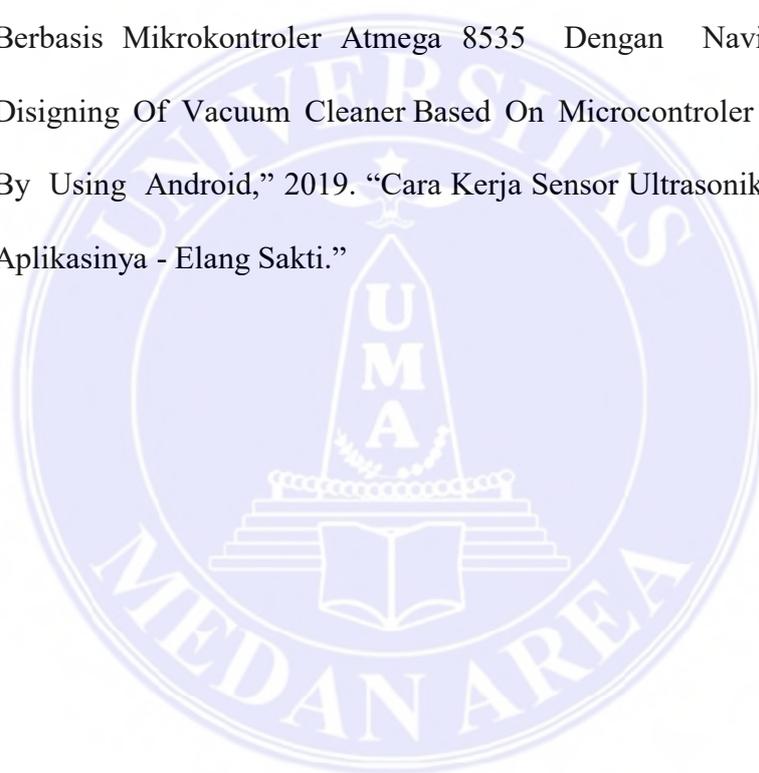
DAFTAR PUSTAKA

- A.Kadir, Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrograman menggunakan Arduino. Yogyakarta: CV ANDI OFFSET, 2018.
- K. D. Williem, “Analisis Sensor Ultrasonik Pada Benda Padat Dan Cair Di Berbagai Waktu,” Universitas Dinamika, 2022.
- M. H. Akbar and H. Hutapea, “Rancang Bangun Sistem Kendali Akuaponik Otomatis Berbasis Mikrokontroler Dengan Sumber Energi Listrik Tenaga Surya,” vol. 1, pp. 36–38, 2022. “Penerapan Sensor Suhu dan Kelembaban Udara DHT11 dan DHT22 | Ajat Didik Budiansyah.”
- R. Ul, U. Majid, S. Gunawan, and U. Supriatna, “Profil Petani Tanaman Sayuran Di Desa Cikitu Kecamatan Pacet Kabupaten Bandung,” Geoarea | J. Geogr., vol. 4, no. 1, pp. 19– 31, May 2021.
- N. Rahayu, W. S. Utami, and M. M. Razabi, “Rancang Bangun Sistem Kontrol Dan Pemantauan Aquaponic Berbasis IoT Pada Kelurahan Kutajaya,” ICIT J., vol. 4, no. 2, pp. 192–201, 2018, doi: 10.33050/icit.v4i2.93.
- T. A. Haidiputri and M. S. H. Elmas, “Pengenalan BUDIKDAMBER (Budidaya Ikan Dalam Ember) untuk Ketahanan Pangan di Kecamatan Dringu Kabupaten Probolinggo,” J. Abdi Panca Mara, vol. 2, no. 1, pp. 42–45, 2021, doi: 10.51747/abdipancamara.v2i1.737.
- Y. Sudarso, “Rancang Bangun Prototipe Alat Pembersih Panel Surya Berbasis Arduino,” Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc., vol. 7, no. 2, 2019.

E. P. Wibowo, D. Notosudjono, and D. B. Fiddiansyah, “Rancang Bangun Alat Pembersih Debu Panel Surya (Solar Cell) Secara Otomatis,” J. Online Mhs. Bid. Tek. Elektro, vol. 1, no. 1, 2018.

G. Aravind, G. Vasanth, T. S. B. G. Kumar, R. N. Balaji, and G. S. Ilango, “A Control Strategy for an Autonomous Robotic Vacuum Cleaner for Solar Panels,” 2017. doi: 10.1109/TIIEC.2014.018.

T. I. Putra, H. Kurniawan, and F. Nasari, “Rancang Bangun Alat Pembersih Lantai Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 Dengan Navigasi Android Disigning Of Vacuum Cleaner Based On Microcontroler ATMega 8535 By Using Android,” 2019. “Cara Kerja Sensor Ultrasonik, Rangkaian, & Aplikasinya - Elang Sakti.”



LAMPIRAN

Lampiran 1. Alat



Lampiran 2. Kodingan Alat

```
// Pin Motor (L298N)
#define IN1 D1
#define IN2 D2
#define ENA D3
#define IN3 D4
#define IN4 D5
#define ENB D6

// Pin Ultrasonik
#define TRIG_PIN D7
#define ECHO_PIN D8
```

```
// Variabel

const int distanceThreshold = 10; // Ambang batas jarak (cm) untuk mendeteksi
tepi meja

const int motorSpeed = 180; // Kecepatan motor (0-255)

// Fungsi untuk membaca jarak dari sensor ultrasonik long readDistance() {
// Kirim sinyal TRIG digitalWrite(TRIG_PIN, LOW); delayMicroseconds(2);
digitalWrite(TRIG_PIN, HIGH); delayMicroseconds(10);
digitalWrite(TRIG_PIN, LOW);

// Baca durasi sinyal ECHO
long duration = pulseIn(ECHO_PIN, HIGH);

// Konversi durasi ke jarak dalam cm
long distance = (duration * 0.034) / 2; // Kecepatan suara: 0.034 cm/μs return
distance; }

// Fungsi untuk menggerakkan motor void moveForward() { digitalWrite(IN1,
HIGH); digitalWrite(IN2, LOW); analogWrite(ENA, motorSpeed);
digitalWrite(IN3, HIGH); digitalWrite(IN4, LOW); analogWrite(ENB,
motorSpeed); }

void moveBackward() { digitalWrite(IN1, LOW); digitalWrite(IN2, HIGH);
analogWrite(ENA, motorSpeed);

digitalWrite(IN3, LOW);

digitalWrite(IN4, HIGH);

analogWrite(ENB, motorSpeed); }
```

```
void turnLeft() { digitalWrite(IN1, LOW); digitalWrite(IN2, HIGH);
analogWrite(ENA, motorSpeed); digitalWrite(IN3, HIGH); digitalWrite(IN4,
LOW); analogWrite(ENB, motorSpeed); }

void turnRight() { digitalWrite(IN1, HIGH); digitalWrite(IN2, LOW);
analogWrite(ENA, motorSpeed);
digitalWrite(IN3, LOW); digitalWrite(IN4, HIGH); analogWrite(ENB,
motorSpeed); }

void stopMotors() { digitalWrite(IN1, LOW); digitalWrite(IN2, LOW);
digitalWrite(IN3, LOW);
digitalWrite(IN4, LOW); }

// Fungsi Setup void setup() {
// Setup pin motor pinMode(IN1, OUTPUT); pinMode(IN2, OUTPUT);
pinMode(ENA, OUTPUT); pinMode(IN3, OUTPUT); pinMode(IN4, OUTPUT);
pinMode(ENB, OUTPUT);
// Setup pin ultrasonik pinMode(TRIG_PIN, OUTPUT); pinMode(ECHO_PIN,
INPUT);
Serial.begin(115200); Serial.println("Starting..."); }

// Fungsi Loop void loop() {
// Baca jarak ultrasonik

long distance = readDistance(); Serial.print("Jarak: ");

Serial.println(distance);

if (distance > distanceThreshold) {

// Jika dekat dengan tepi meja stopMotors();

delay(500);
```

```
// Belok ke kanan untuk mengikuti tepi meja turnRight();

turnRight();

delay(2000); // Sesuaikan durasi belok kanan

} else {

// Gerak maju jika jarak aman moveForward(); }

delay(100); // Waktu jeda }
```

Lampiran 3. Data pengukuran

Pengujian Sistem Pada Panel Ukuran 2 Meter

Hasil Pengujian Motor DC

Waktu	Ket LCD	Tegangan Sistem
1 menit	Kotor	12 V
2 menit	Kotor	12 V
3 menit	Sedang	12 V
4 menit	Sedang	12 V
5 menit	Sedang	12 V
6 menit	Bersih	12 V

No.	Kondisi Logika	Respon Motor
1	High Low	ON
2	Low High	ON
3	High High	Berhenti
4	Low Low	OFF

Pengujian Sensor Ultrasonic

Pengujian	Penggaris (cm)	Sensor Ultrasonic (cm)	Deviasi (%)
1	10	10	0,00
2	20	21	4,76
3	30	32	6,25
4	40	43	6,98
5	50	50	0,00
6	60	62	3,23
7	70	71	1,41
8	80	81	1,23
9	90	92	2,17
10	100	101	0,99