

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ROBOT PEMBERSIH
SALURAN UDARA DENGAN PENGONTROLAN MANUAL
JARAK JAUH



PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini dengan judul “Perancangan dan Implementasi Robot Pembersih Saluran Udara dengan Pengontrolan Manual Jarak Jauh” oleh Muhammad Arif NIM 444 19 038 dan Miftahul Jannah NIM 444 19 037 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada Program Studi Teknik Mekatronika Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 21 Agustus 2023

Pembimbing I,

Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T.
NIP. 19760413 200812 1 003

Pembimbing II,

Paijal, S.T., M.T.
NIP. 19810604 200604 1 003

Mengetahui

Koordinator Program Studi Teknik Mekatronika




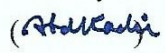
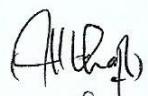

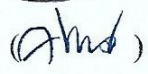

Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T.
NIP. 19760413 200812 1 003

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, hari Senin tanggal 21 Agustus 2023, tim penguji ujian sidang skripsi telah menerima skripsi mahasiswa: Muhammad Arif NIM 444 19 038 dan Miftahul Jannah NIM 444 19 037 dengan judul “Perancangan dan Implementasi Robot Pembersih Saluran Udara dengan Pengontrolan Manual Jarak Jauh”

Makassar, 21 Agustus 2023

Tim Penguji Skripsi:

1. Ir. Lewi, M.T.	Ketua	()
2. Dr. Eng. Abdul Kadir Muhammad, S.T., PG.Dipl., M.Eng.	Sekretaris	()
3. Mukhtar, S.Pd., M.Eng.	Anggota I	()
4. Sukma Abadi, S.T., M.T.	Anggota II	()
5. Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T.	Pembimbing I	()
6. Paisal, S.T., M.T.	Pembimbing II	()

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanallahu wa Ta'ala* karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan skripsi yang berjudul “Perancangan dan Implementasi Robot Pembersih Saluran Udara dengan Pengontrolan Manual Jarak Jauh” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan skripsi ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan dari berbagai pihak tantangan itu bisa teratasi. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan pada:

1. Seluruh keluarga penulis terutama kedua Orang Tua tercinta yang senantiasa selalu memberi dukungan baik moril maupun material untuk tercapainya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi D4 Teknik Mekatronika Politeknik Negeri Ujung Pandang sekaligus Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Paisal, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan perhatian dan kesempatannya untuk Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

6. Bapak Imran Habriansyah, S.ST., M.T. selaku Dosen yang telah memberikan perhatian dan kesempatannya untuk Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Bapak Firman Hamzah, S.T., M.T. selaku Dosen yang telah memberikan perhatian dan kesempatannya untuk Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Teman-teman seperjuangan kelas 4 D4 Teknik Mekatronika Jurusan Teknik

Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, yang telah banyak memberikan masukan dan bantuan kepada penulis selama proses pembuatan skripsi.

Semoga Allah Subhanallahu *wa Ta'ala* selalu membalas kebaikan siapa pun yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini dengan nikmat dan berkah yang melimpah. Aamiin. Besar harapan penulis, dengan hadirnya skripsi ini dapat memberikan sembangsih yang berarti demi kemajuan ilmu pengetahuan bangsa terutama pada bidang Mekatronika.

Penulis menyadari ketidaksempurnaan skripsi ini baik dari bahasa yang digunakan maupun dari teknik penyajiannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini dan demi perbaikan pada masa mendatang.

Makassar, Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	hlm.
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
SURAT PERNYATAAN.....	xiii
SURAT PERNYATAAN.....	xiii
RINGKASAN	xiv
SUMMARY	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Ducting.....	5

2.2	Robot Arm Kit	6
2.3	Trajektori.....	7
2.4	Komponen Elektronik	8
2.5	Monitor.....	21
2.6	Penelitian Sebelumnya.....	22
BAB III METODE PENELITIAN.....		26
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.2	Alat dan Bahan.....	26
3.3	Prosedur/Langkah Kerja.....	27
3.4	Langkah-langkah Pengujian Alat.....	32
3.5	Teknik Analisis Data.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		36
4.1	Hasil	36
4.2	Pembahasan.....	53
BAB V PENUTUP.....		57
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA		58
LAMPIRAN.....		60

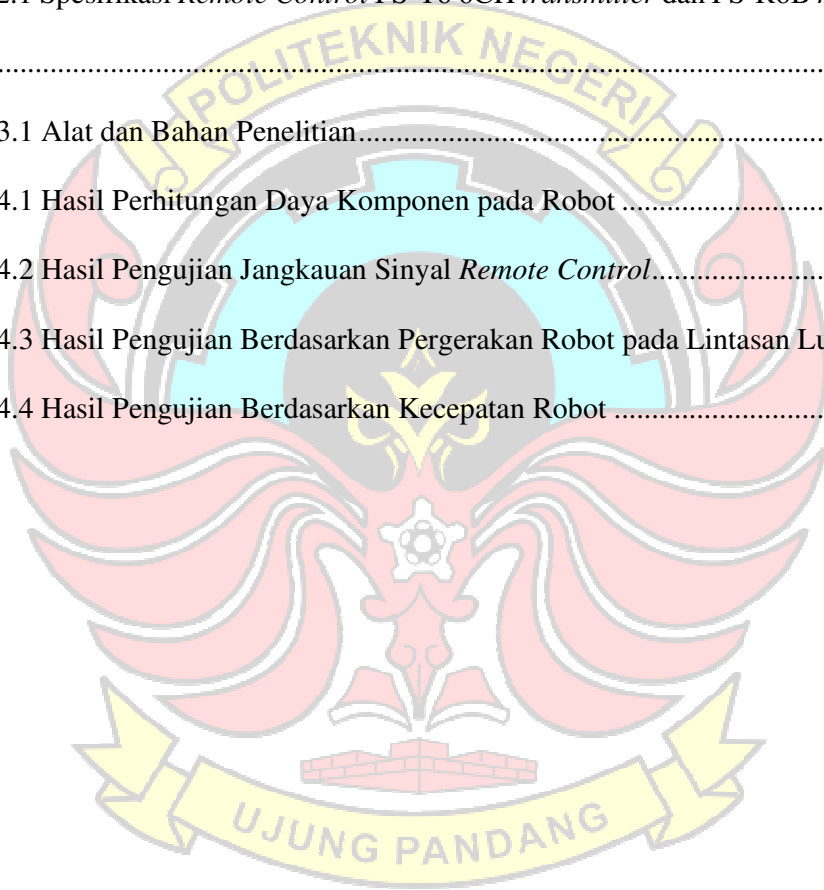
DAFTAR GAMBAR

	hlm.
Gambar 1.1 Data Statistik ukuran pasar pembersih udara perumahan di seluruh dunia tahun 2015-2021.....	1
Gambar 2.1 <i>AC Ducting</i>	5
Gambar 2.2 Ukuran <i>Ducting</i> AC untuk Sistem HVAC Perkantoran.....	6
Gambar 2.3 Robot Lengan <i>Smart Arm Robotic AX-12A</i>	7
Gambar 2.4 <i>Remote Control</i>	8
Gambar 2.5 Baterai LiPo.....	10
Gambar 2.6 Motor DC.....	11
Gambar 2.7 ESC 30 A.....	12
Gambar 2.8 Motor Servo.....	14
Gambar 2.9 <i>Flysky FS-GR3E Receiver</i>	15
Gambar 2.10 <i>Wireless IP Camera</i>	17
Gambar 2.11 Video Sender.....	18
Gambar 2.12 <i>Receiver Camera</i>	19
Gambar 2.13 UBEC.....	21
Gambar 2.14 Monitor LCD.....	22
Gambar 2.15 Rancangan Sistem Kendali Robot Pembersih Saluran Mampu Mengatasi Saluran Berbentuk L dan T.....	23
Gambar 2.16 Kontrol Lintasan Langkah Belakang Canggih untuuk Platform Seluler Pembersih Saluran Kedip Kemudi.....	24
Gambar 2.17 <i>Air Duct Cleaning Robot</i>	25

Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Robot Pembersih Saluran Udara	29
Gambar 3.2 Desain Mekanik Robot Pembersih Saluran Udara.....	30
Gambar 3.3 Diagram Skematik Elektronik Robot Pembersih Saluran Udara	33
Gambar 3.4 Diagram Alir Pengujian Robot.....	34
Gambar 4.1 Gambar Mekanik Mobil Tank.....	36
Gambar 4.2 Robot Arm	37
Gambar 4.3 <i>Vacum Cleaner</i>	37
Gambar 4.4 <i>Stand Camera</i>	38
Gambar 4.5 <i>Stand Monitor LCD</i>	38
Gambar 4.6 Hasil Perhitungan Gaya pada Robot	40
Gambar 4.7 Mekanik Robot Pembersih Saluran Udara.....	41
Gambar 4.8 Gambar Komponen yang membutuhkan Daya	42
Gambar 4.9 Rangkaian Elektronik Robot Pembersih Saluran Udara	45
Gambar 4.10 kondisi Saluran Udara sebelum dibersihkan	46
Gambar 4.11 Kondisi Saluran Udara setelah dibersihkan	47
Gambar 4.11 Bentuk Jalur beserta titik yang telah dilalui oleh Robot	47
Gambar 4.13 Titik Lokasi Prngujian Sinyal Robot.....	49
Gambar 4.14 Bentuk Lintasan Pengujian Robot (Lintasan Lurus).....	50
Gambar 4.15 Hasil Pengujian Robot (Lintasan Lurus).....	51
Gambar 4.16 Grafik Hasil Pengujian Pergerakan Robot (Lintasan Lurus)	52

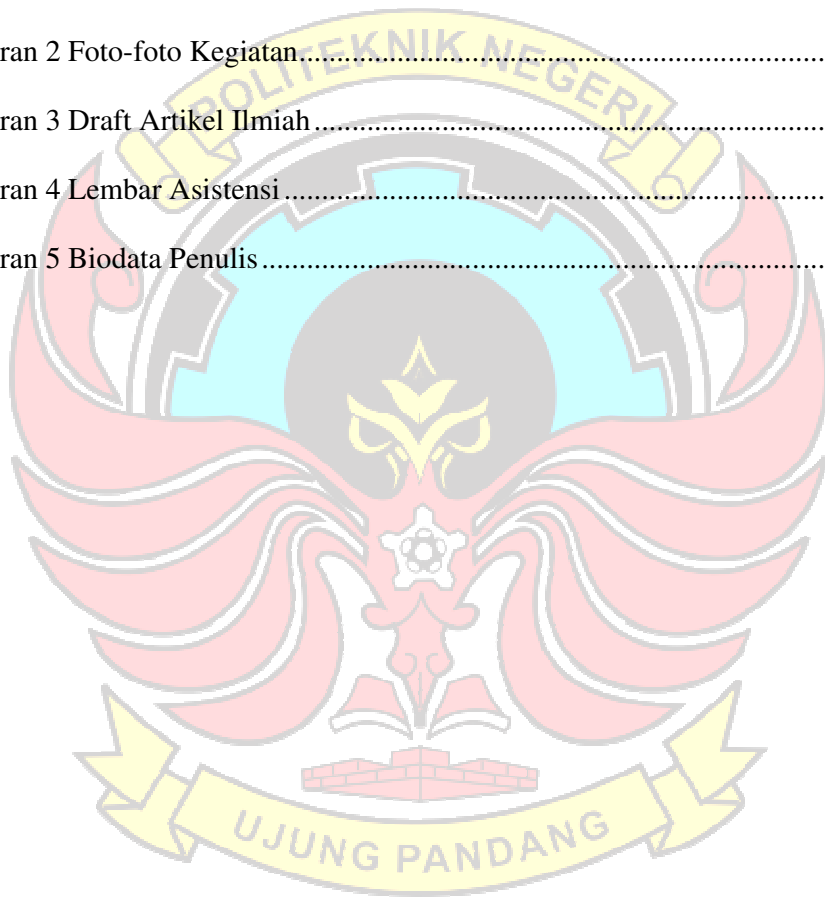
DAFTAR TABEL

	hlm.
Tabel 2.1 Spesifikasi <i>Remote Control</i> FS-T6 6CH transmitter dan FS-R6B receiver	9
Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian	26
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Daya Komponen pada Robot	42
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Jangkauan Sinyal <i>Remote Control</i>	48
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berdasarkan Pergerakan Robot pada Lintasan Lurus	50
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berdasarkan Kecepatan Robot	52



DAFTAR LAMPIRAN

	hlm.
Lampiran 1 Gambar Mekanik Robot Pembersih Saluran Udara	60
Lampiran 2 Foto-foto Kegiatan.....	62
Lampiran 3 Draft Artikel Ilmiah.....	66
Lampiran 4 Lembar Asistensi.....	76
Lampiran 5 Biodata Penulis.....	80



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Arif

NIM : 444 19 038 .

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Perancangan dan Implementasi Robot Pembersih Saluran Udara dengan Pengontrolan Manual Jarak Jauh” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 11 Agustus 2023



Muhammad Arif
444 19 038

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Miftahul Jannah

NIM : 444 19 037

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Perancangan dan Implementasi Robot Pembersih Saluran Udara dengan Pengontrolan Manual Jarak Jauh” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut diatas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 1 Agustus 2023



Miftahul Jannah
444 19 037

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ROBOT PEMBERSIH SALURAN UDARA DENGAN PENGONTROLAN MANUAL JARAK JAUH

RINGKASAN

Di kota-kota besar, kualitas udara dalam ruangan dilaporkan sebanyak lima kali lipat lebih buruk dari kualitas udara luar. Kemungkinan penyebab masalah kualitas udara dalam ruangan meliputi instalasi dan desain peralatan pendingin (*air conditioner*) dan pemanas (*heater*), desain dan konstruksi bangunan, jumlah penghuni, aktivitas penghuni, polutan udara dan fisiologis manusia. Unit HVAC (*heating, ventilation, dan air-conditioning*) dapat menjadi sumber jamur, dan polutan mikroba lainnya. Kotoran, debu, dan bahan berserat dapat menumpuk di dalam saluran. Sebab hampir tidak mungkin bagi manusia untuk membersihkan saluran sendiri, maka dilakukan pengenalan robot pembersih saluran udara.

Adapun tujuan penelitian ialah merancang bangun sistem robot pembersih saluran udara serta mengintegrasikan antara robot dan mekanisme pembersih pada saluran udara. Kemudian metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: Perencanaan (*planning*), Perancangan (*design*), Implementasi (*implementation*), Uji coba (*testing*) dan analisis (*analysis*).

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa Rancang bangun robot pembersih saluran udara dapat dikontrol secara manual dengan jarak jauh menggunakan remot flysky dengan jarak maksimal 140.9 m. kemudian Rancang bangun robot pembersih saluran udara, terdiri dari mobil tank dan robot arm, dimana kedua bagian tersebut akan digerakkan oleh user dengan menghubungkan motor dengan receiver remot flysky.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AIR DUCT CLEANING ROBOT WITH MANUAL CONTROL DISTANCE

SUMMARY

In major cities, indoor air quality is reported to be as much as five times worse than outdoor air quality. Possible causes of indoor air quality problems include installation and design of air conditioners and heaters, building design and construction, number of occupants, occupant activity, air pollutants and human physiology. HVAC (heating, ventilation, and air-conditioning) units can be a source of mold, and other microbial pollutants. Dirt, dust, and fibrous material can accumulate inside the duct. Because it is almost impossible for humans to clean the ducts themselves, the introduction of air duct cleaning robots was carried out.

The aim of his research is to design and build a robotic system for cleaning air ducts and integrating robots and cleaning mechanisms for air ducts. Then the research procedures used in this study are: planning (planning), design (design), implementation (implementation), trials (testing) and analysis (analysis).

From the results of the research that has been done, it can be concluded that the design of the air duct cleaning robot can be controlled manually remotely using the Flysky remote with a maximum distance of 140.9 m. then the design of an air duct cleaning robot, consisting of a tank car and a robot arm, where the two parts will be driven by the user by connecting the motor to the flysky remote receiver.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di kota-kota besar, kualitas udara dalam ruangan dilaporkan sebanyak lima kali lipat lebih buruk dari kualitas udara luar. Kemungkinan penyebab masalah kualitas udara dalam ruangan meliputi instalasi dan desain peralatan pendingin (*air conditioner*) dan pemanas (*heater*), desain dan konstruksi bangunan, jumlah penghuni, aktivitas penghuni, polutan udara dan fisiologis manusia faktor. Dapat dilihat dari gambar 1.1 data statistik pasar tentang penggunaan pembersih udara setiap tahunnya.



Gambar 1.1 Data Statistik ukuran pasar pembersih udara perumahan di seluruh dunia tahun 2015-2021

(Sumber: Bergur Thormundsson, 2022)

Unit HVAC (*heating, ventilation, dan air-conditioning*) dapat menjadi sumber jamur, dan polutan mikroba lainnya. Kotoran, debu, dan bahan berserat

dapat menumpuk di dalam saluran. Berbagai penelitian oleh pemerintah dan pakar kesehatan, kondisi telah menunjukkan bahwa udara dalam ruangan menjadi risiko ekologis yang penting bagi kesehatan manusia. Paparan kontaminan ini telah menyebabkan masalah kesehatan yang dikenal sebagai gangguan struktur luar yang terhapus (SBS). (Wootae Jong, 2019)

Salah satu cara untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan rumah tinggal yang baik adalah membersihkan unit HVAC dan salurannya secara periodik. *Air Conditioner* adalah mesin yang dikondisikan untuk mengubah karakteristik udara di sekitarnya agar lebih nyaman bagi manusia dengan menurunkan suhu, menghilangkan kelembaban dan mendistribusikannya ke tempat-tempat yang diperlukan. Saat ini Karena kebutuhannya meningkat secara eksponensial itu, proses distribusi juga menjadi beragam yang mengarah ke seluruh sistem sebagai sistem HVAC. Saluran distribusi ini memerlukan pemeriksaan secara berkala untuk mempertahankan efisiensinya yang tinggi dan untuk menurunkan kerugian efek yang dihasilkan oleh AC.

Di rumah dan kantor, udara disuplai atau disirkulasikan melalui saluran dengan berbagai fasilitas. Asap dan debu yang terkandung di udara yang melewati saluran di ruang tertutup akan menumpuk terlebih di bagian fleksi saluran. Ini menyebabkan adanya polusi udara dalam ruangan dan harus dibersihkan secara teratur (Myeong In Seo, 2020).

Sebab hampir tidak mungkin bagi manusia untuk membersihkan saluran sendiri, maka dilakukan pengenalan robot pembersih saluran. Bentuk robot dapat ditentukan berdasarkan metode pembersihan saluran. Karena sifat saluran terutama

di ruang tertutup, masalah lilitan kabel terjadi saat menggunakan robot yang digerakkan oleh kabel. Oleh karena itu, perlu dibangun robot yang digerakkan oleh Remote control dan menggerakkan robot sesuai gerakan yang diinginkan operator disepanjang saluran. Pada saat yang sama, lokasi robot perlu diidentifikasi saat bergerak disepanjang struktur saluran yang rumit untuk memantau operasinya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis mengambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang bangun robot pembersih pada saluran udara?
2. Bagaimana mengintegrasikan antara robot dan mekanisme pembersih pada saluran udara?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Mengacu pada hal diatas, penulis membuat sistem mekanik dan kontrol robot pembersih saluran udara. Ruang lingkup penelitian dalam projek ini hanya mencakup beberapa *point* utama, diataranya adalah sebagai berikut:

1. Robot ini dirancang dengan sistem pembersih saluran udara berada di depan dan akan bergerak ke area yang akan dibersihkan.
2. Pergerakan robot dapat maju mundur dan berbelok sesuai lintasan yang akan dikontrol menggunakan remot *flysky* oleh operator.

1.4 Tujuan Penelitian

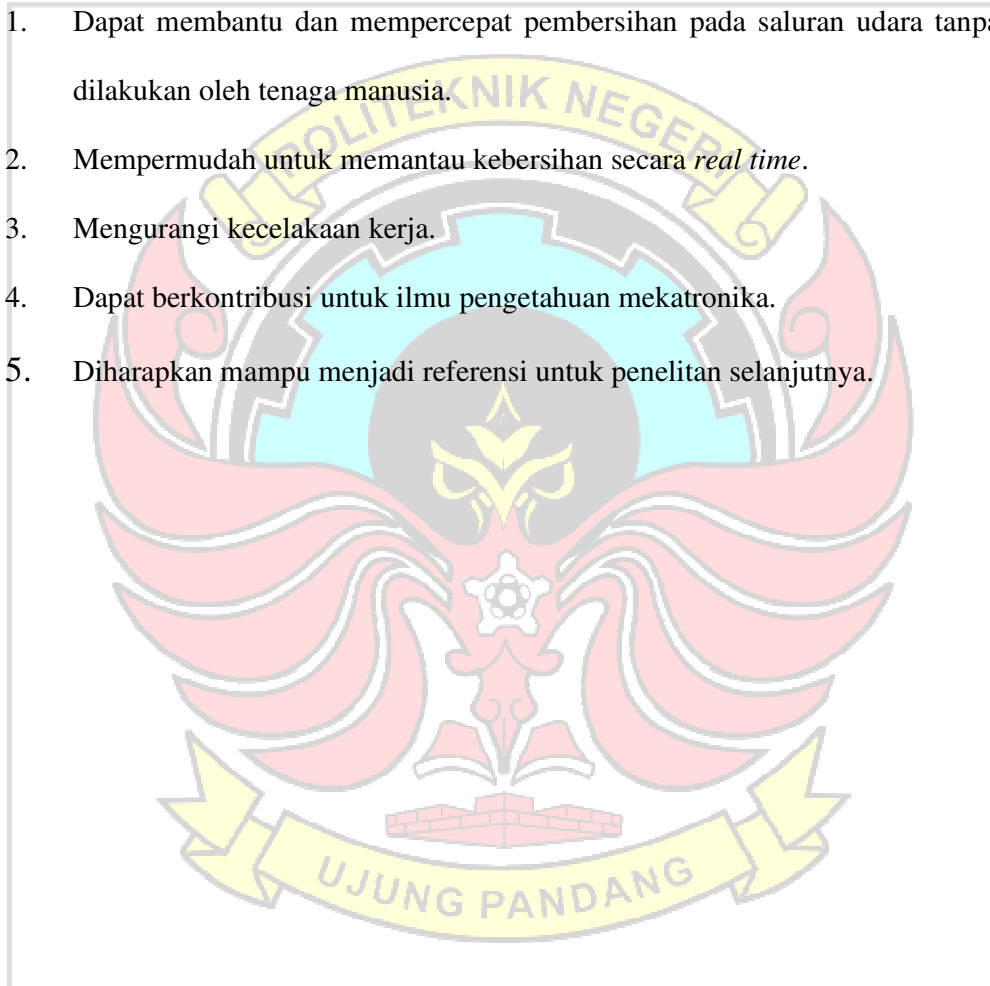
Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini antara lain:

1. Merancang bangun sistem pengontrolan robot pada pembersih saluran udara.
2. Mengintegrasikan antara robot dan mekanisme pembersih pada saluran udara.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Dapat membantu dan mempercepat pembersihan pada saluran udara tanpa dilakukan oleh tenaga manusia.
2. Mempermudah untuk memantau kebersihan secara *real time*.
3. Mengurangi kecelakaan kerja.
4. Dapat berkontribusi untuk ilmu pengetahuan mekatronika.
5. Diharapkan mampu menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

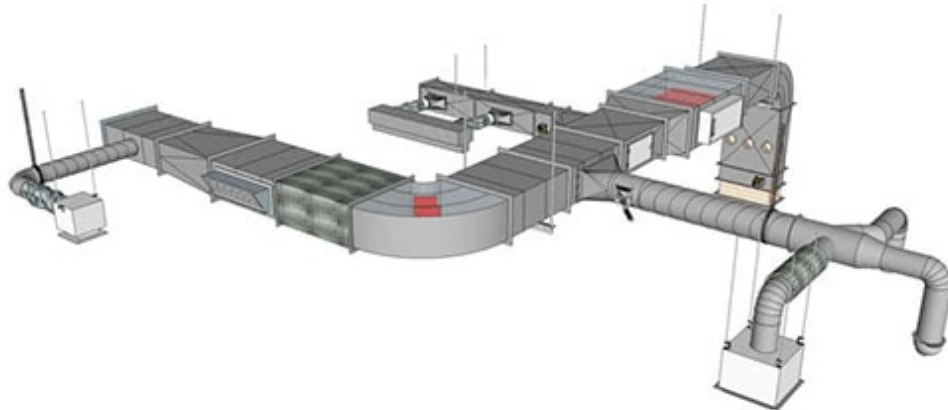


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ducting

Ducting adalah suatu sistem pengaturan sirkulasi untuk penyaluran udara dan bahan-bahan halus lainnya menuju suatu tempat yang sudah diatur dalam sistem.

Di gedung dan perhotelan, fungsi saluran *ducting* dapat digunakan sebagai pemanas ruangan, ventilasi, dan *air conditioning* untuk mengirimkan dan memindahkan udara. Sedangkan di industri manufaktur fungsi *ducting* digunakan untuk menyalurkan bahan baku halus.

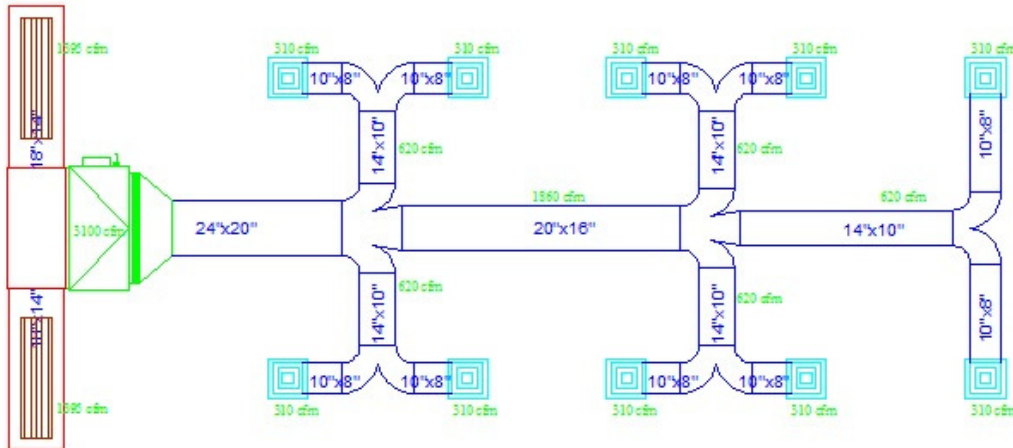


Gambar 2.1 AC *Ducting*
(Sumber: PT. Mitra Sejuk Selaras, 2020)

Bentuk dari *ducting* ini menyerupai pipa, bisa juga berbentuk kotak memanjang. Di beberapa titik biasanya dipasang *clean hole* untuk akses membersihkan, terutama di area tekukan misalnya di sekitar *elbow*, *tee* dan tempat-tempat yang rawan ada penyumbatan.

Jenis material plat yang digunakan ini membutuhkan *ducting* pada umumnya adalah plat tipis. Untuk industri manufaktur sesuai dengan skup pekerjaan, pada

umumnya menggunakan material plat *carbon steel* atau *stainless steel* dengan ketebalan antara 3 mm sampai 6 mm.



Gambar 2.2 Ukuran *Ducting* AC untuk sistem HVAC Perkantoran
(Sumber: Abdul Kurniadi, 2016)

Ukuran *ducting* akan tergantung dari jumlah udara yang melewati *ducting* tersebut. Pada *ducting* diatas dapat dilihat ukuran 24" x 20" disitu merupakan volume udara yang melewati *ducting* tersebut adalah jumlah total udara pada AC dengan kapasitas 10 pk, dengan volume udara 3100 cfm dan air *velocity* 1000 fpm.

2.2 *Robot Arm Kit*

Lengan Robot atau biasa disebut *Robotic Arm* adalah sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik menggunakan program yang telah didefinisikan terlebih dahulu untuk melakukan proses manipulasi dengan menggunakan lengan mekanis dengan tingkatan kebebasan dalam bergerak yang dapat di sesuaikan dengan kebutuhan. Pada robot pembersih saluran udara, robot *arm kit* akan digunakan sebagai robot yang menggantikan tugas fisik manusia untuk melakukan pembersihan saluran udara.



Gambar 2.3 Robot Lengan *Smart Arm Robotic AX-12A*
(Sumber: Dina Caysar, 2014)

2.3 Trajektori

Jenis gerakan robot yang paling sederhana adalah gerakan titik ke titik (*point to point*). Pada gerakan ini, robot digerakkan dari kondisi awal ke kondisi akhir yang diinginkan tanpa memandang lintasan yang akan dilalui *end-effector*. Jenis gerakan ini cukup memadai jika ruang kerja robot bebas dari rintangan. Jika lintasan yang dilalui *end-effector* harus melewati rintangan seringkali harus ditambahkan sebuah titik antara (*via point*), sehingga *end-effector* tidak menabrak rintangan yang ada.

Pada robot manual, trajektori berfungsi untuk menghantarkan robot pada empat buah titik di area yang diinginkan, dimana pada masing masing area terdapat satu tugas yang dilakukan baik robot manual ataupun robot otomatis. Oleh karena itu untuk mengoptimalisasi pergerakan robot manual dalam melaksanakan tugasnya, diperlukan adanya metode navigasi yang berbasis trajektori agar tercapainya efektifitas dalam pergerakannya.

2.4 Komponen Elektronik

Komponen elektronik pada robot biasanya digunakan sebagai *controller* atau sensor. Komponen-komponen ini berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan input data atau rangsangan dari lingkungan. Komponen elektronik yang biasa digunakan sebagai *controller* pada robot berupa sebuah *microchip*. Berikut adalah komponen-komponen yang biasa digunakan dalam membuat robot pembersih saluran udara:

2.2.1 Remote Control

Robot merupakan sebuah mesin komputer yang dapat membantu manusia dalam melakukan pekerjaan. Tetapi robot harus mendapatkan perintah atau instruksi dari manusia agar bisa melaksanakan sebuah aksi (*action*).



Gambar 2.4 Remote Control
(Sumber: Water Surface Robot, 2022)

Pada Gambar 2.4 *remote control* merupakan sebuah alat yang sering digunakan manusia dalam mengontrol robot untuk melakukan sebuah aksi. Banyak peneliti yang membuat *remote control* untuk mengontrol sebuah robot dengan menggunakan *smartphone* (Supria, 2018)

Tabel 2.1 Spesifikasi Remote Control FS-T6 6CH transmitter dan FS-R6B receiver

Transmitter	Receiver
<i>Model type: glider/heli/airlane</i>	<i>Item Name: FS-R6B Receiver</i>
<i>Channels: 6</i>	<i>Brand Name: Flysky</i>
<i>RF range: 2.4000-2.485 GHz</i>	<i>Channels: 6 Channels</i>
<i>Bandwidth: 500 KHz</i>	<i>Model type: heli/airplane</i>
<i>Band: 160</i>	<i>RF power: less than 20DBm</i>
<i>RF power: less than 20 dBm</i>	<i>Modulation: GFSK</i>
<i>2.4G system: AFHDS</i>	<i>Code type: PCM</i>
<i>Code type: GFSK</i>	<i>Sensitivity: 1024</i>
<i>Sensitivity: 1024</i>	<i>Low voltage warning: LED</i>
<i>Low voltage warning: yes (less than 9 V)</i>	<i>Charger port: yes</i>
<i>DSC port: yes (PS2; output: PPM)</i>	<i>ANT length: 26mm</i>
<i>Charger port: yes</i>	<i>Frequency: 2.4G</i>
<i>Power: 12 V DC(1.5AA*8)</i>	<i>Power: 5V DC (1.5V AAA*4)</i>
<i>Weight:590g</i>	<i>Weight: 25g</i>
<i>ANT length: 26mm</i>	<i>Size: 30*25*8mm</i>
<i>Size: 191*93*302mm</i>	<i>Certificate: CE, FCC, RoHS</i>
<i>Color: black</i>	
<i>Certificate: CE0678, FCC</i>	

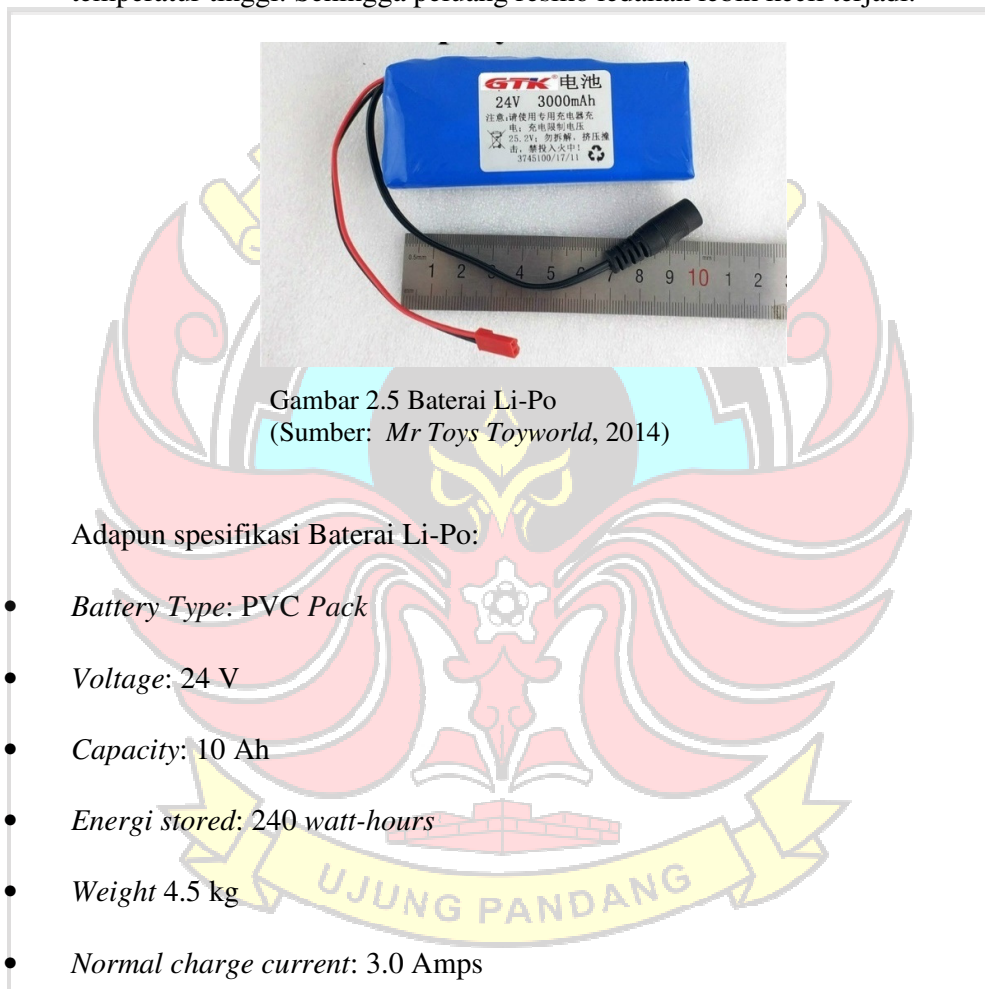
2.2.2 Baterai Li-Po

Baterai Li-Po merupakan singkatan dari *Lithium Polymer*. Jenis baterai ini sudah dikembangkan sejak tahun 1970an. Hasil desain dari baterai Li-Po lebih tipis, sehingga bisa didesain berbentuk seperti *handphone slim*, tetapi tetap memiliki daya tahan baterai yang lebih baik daripada baterai *Li-ion*. Li-Po ukurannya yang tipis, sehingga akan menghasilkan berat yang cukup ringan. Sehingga dalam proses pembuatannya, akan membuat biaya produksi yang lebih tinggi.

Kelebihan Baterai Li-Po adalah:

1. Baterai Li-Po memiliki berat atau bobot yang sangat ringan dibandingkan baterai Li-Ion.
2. Baterai Li-Po tersedia dalam berbagai macam bentuk dan ukuran.

3. Baterai Li-Po dirancang untuk pemakaian yang lebih lama dropnya dibandingkan Li-Ion, karena sifat baterai ini *non-removeable*, tidak dapat dicopot atau ditukar dengan baterai lain.
4. Baterai ini memiliki tingkat keamanan yang lebih baik pada kondisi temperatur tinggi. Sehingga peluang resiko ledakan lebih kecil terjadi.



2.2.3 Motor DC

Motor DC adalah jenis motor listrik yang penggunaannya memerlukan jenis arus DC atau arus searah. Jadi pada motor DC, arus searah yang dihasilkan nantinya akan diubah menjadi energi mekanis yang berupa putaran atau gerak. Pada motor

dengan arus DC, di dalamnya biasanya terdapat kumparan yang berfungsi untuk menghasilkan putaran. Nah, jumlah putaran yang dihasilkan oleh motor tersebut disebut sebagai RPM (*Revolutions Per Minute*). Pada robot ini, Motor DC digunakan sebagai penggerak robot.



Gambar 2.6 Motor DC
(Sumber: Myeong In Seo, 2020)

Pada penelitian kali ini digunakan IC L298 dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Tegangan kerja: 12V
- *Current*: 1
- *High Speed*: 110 RPM
- Diameter motor: 31 mm
- Panjang badan motor: 57 mm
- Torsi: 11,2 Kgcm

Perhitungan arus:

$$I = \frac{P}{V}$$

Adapun rumus menghitung dayanya yaitu:

$$P = V \cdot I$$

Dimana:

$P = \text{Daya [W]}$

$V = \text{Tegangan Listrik [V]}$

$I = \text{Arus [A]}$

2.2.4 *Electronic Speed Controller (ESC)*

ESC adalah singkatan dari *Electronic Speed Controller* yang berfungsi sebagai pengendali putaran dan arah putaran motor. Pada umumnya agar motor dapat berputar maka *remote control (RC)* memberikan pulsa sinyal minimal $1000\mu\text{S}$ dan pada kecepatan penuh sebesar $2000\mu\text{S}$.



Gambar 2.7 ESC 30 A
(Sumber: *Active Robot*, 2002)

Untuk menentukan ESC yang akan digunakan sangatlah penting untuk mengetahui kekuatan (*peak current*) dari motor. Kekuatan ESC yang digunakan seharusnya melebihi kekuatan motor. Misalnya, dari data didapatkan kekuatan motor adalah 12A (sesuai dengan *datasheet* motor) pada saat *throttle* terbuka penuh. sebaiknya ESC yang akan digunakan adalah ESC yang berkekuatan 18A atau 20A. Jika dipaksakan menggunakan ESC 10A kemungkinan pada saat *throttle* dibuka penuh, ESC akan panas bahkan terbakar.

Adapun spesifikasi dari ESC 30 A:

- Arus kontan: 30 A
- Arus lebih(>10s): 40 A
- Keluaran BEC: 3A/5.5 V
- Massa: 22 gr
- Dimensi: 50mm x 27mmx 9mm

2.2.5 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di *set-up* atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor.

Penggunaan sistem kontrol *loop* tertutup pada motor servo berguna untuk mengontrol gerakan dan posisi akhir dari poros motor servo. Penjelasan sederhananya, posisi poros output akan di sensor untuk mengetahui posisi poros sudah tepat seperti yang di inginkan atau belum. Jika belum, maka kontrol input akan mengirim sinyal kendali untuk membuat posisi poros tersebut tepat pada posisi yang diinginkan. Untuk lebih jelasnya mengenai sistem kontrol *loop* tertutup, perhatikan contoh sederhana beberapa aplikasi lain dari sistem kontrol *loop* tertutup, seperti penyetelan suhu pada AC, kulkas, setrika dan lain sebagainya. Motor servo biasa digunakan dalam aplikasi-aplikasi di industri, selain itu juga digunakan dalam berbagai aplikasi lain seperti pada mobil mainan radio kontrol, robot, pesawat, dan lain sebagainya.



Gambar 2.8 Motor Servo
(Sumber: *All Of Life*, 2015)

Adapun spesifikasi dari motor servo:

- *Weight*: 55 g
- *Dimension*: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
- *Stall torque*: 9.4 kgf.cm (4.8 V), 11 kgf.cm (6 V)
- *Operating speed*: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V)
- *Operating voltage*: 4.8 V a 7.2 V
- *Running Current* 500 mA – 900 mA (6V)
- *Stall Current* 2.5 A (6V)
- *Dead band width*: 5 μ s
- *Stable and shock proof double ball bearing design*
- *Temperature range*: 0 °C - 55 °C

Adapun rumus arus dan daya motor adalah sebagai berikut:

Perhitungan arus:

$$I = \frac{P}{V}$$

Adapun rumus menghitung dayanya yaitu:

$$P = V \cdot I$$

Dimana:

$P = \text{Daya [W]}$

$V = \text{Tegangan Listrik [V]}$

$I = \text{Arus [A]}$

2.2.6 Receiver Rx

Flysky FS-GR3E Receiver adalah salah satu jenis receiver yang digunakan pada kendaraan remote control (RC) dengan sistem kontrol 2,4 GHz. Receiver ini dirancang oleh Flysky, sebuah perusahaan teknologi yang mengembangkan berbagai jenis remote control dan aksesorisnya. FS-GR3E Receiver memiliki 3 channel (saluran) yang dapat digunakan untuk mengontrol berbagai fungsi pada kendaraan RC, seperti kendali arah, akselerasi, dan fungsi lainnya. Receiver ini dilengkapi dengan teknologi FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) yang dapat mengurangi interferensi dan meningkatkan jangkauan sinyal.



Gambar 2.9 Flysky FS-GR3E Receiver
(Sumber: Prayogo Adiwibowo, 2019)

Selain itu, receiver ini juga dilengkapi dengan fitur *failsafe* (perlindungan darurat) yang memastikan kendaraan RC berhenti secara aman jika sinyal terputus atau hilang. *Failsafe* pada FS-GR3E Receiver dapat diprogram melalui remote control untuk mengatur aksi kendaraan saat sinyal terputus atau hilang, seperti

berhenti atau mengurangi kecepatan. FS-GR3E *receiver* juga dilengkapi dengan LED indikator yang menunjukkan status sinyal dan koneksi dengan *remote control*. *Receiver* ini memiliki ukuran kecil dan ringan sehingga mudah dipasang pada kendaraan RC dan tidak mengganggu kinerja kendaraan.

FS-GR3E *Receiver* dapat digunakan pada berbagai kendaraan RC, seperti mobil, truk, kapal, pesawat, dan helikopter. *Receiver* ini juga kompatibel dengan berbagai jenis *remote control* yang menggunakan sistem kontrol 2,4 GHz dari *Flysky* atau merek lainnya.

Adapun spesifikasi dari *Flysky* FS-GR3E *Receiver* adalah:

- Model: FS-GR3E
 - Tipe receiver: 3 channel (saluran)
 - Sistem kontrol: 2,4 GHz AFHDS (*Automatic Frequency Hopping Digital System*)
 - Teknologi sinyal: FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*)
 - Jangkauan: sekitar 200 meter (tanpa interferensi)
 - *Failsafe*: dapat diprogram melalui *remote control*
 - LED indikator: untuk status sinyal dan koneksi
 - Ukuran: 35,4 x 20,7 x 12,8 mm
 - Berat: sekitar 6,4 gram
-
- Kompatibilitas: dengan *remote control* *Flysky* atau merek lainnya yang menggunakan sistem kontrol 2,4 GHz.

2.2.7 Kamera FPV (*First Person View*)

Kamera FPV (*First Person View*) 5.8 GHz adalah kamera yang biasanya digunakan pada drone atau pesawat *remote control* untuk menampilkan gambar secara real-time dari sudut pandang drone/pesawat tersebut. Berikut adalah spesifikasi umum dari kamera FPV 5.8 GHz:

- Frekuensi: 5.8 GHz
- Resolusi video: umumnya 720p atau 1080p
- Tipe sensor: CCD atau CMOS
- FOV (*Field of View*): umumnya antara 90 hingga 120 derajat
- Jumlah *channel*: umumnya antara 32 hingga 48 *channel*
- Daya *input*: sekitar 5V hingga 12V DC
- Berat: umumnya kurang dari 10 gram
- Dimensi: umumnya sekitar 25mm x 25mm x 30mm



Gambar 2.10 *Wireless IP camera*
(Sumber: Prayogo Adiwibowo, 2019)

Namun, spesifikasi kamera FPV 5.8 GHz dapat bervariasi tergantung pada merek dan modelnya. Beberapa kamera mungkin memiliki fitur tambahan seperti stabilisasi gambar atau fungsi HDR.

2.2.8 *Video Sender*

Video sender atau pengirim sinyal kamera FPV 5.8 GHz digunakan untuk mengirimkan video yang ditangkap oleh kamera FPV pada drone atau pesawat *remote control* ke *receiver* di tanah atau ke perangkat lain seperti *headset* FPV.



Gambar 2.11 Video Sender
(Sumber: Saku, 2019)

Berikut adalah spesifikasi umum dari video sender camera FPV 5.8 GHz:

- Frekuensi: 5.8 GHz
- *Channel*: umumnya antara 32 hingga 48 *channel*
- *Daya output*: umumnya antara 25mW hingga 600mW
- Tipe antena: SMA atau RP-SMA
- *Input video*: umumnya analog atau digital HDMI
- Resolusi video: umumnya 720p atau 1080p
- *Delay*: sekitar 20ms hingga 40ms
- *Daya input*: sekitar 7V hingga 24V DC
- Berat: umumnya kurang dari 50 gram
- Dimensi: umumnya sekitar 30mm x 30mm x 10mm

Namun, spesifikasi *video sender camera* FPV 5.8 GHz juga dapat bervariasi tergantung pada merek dan modelnya. Beberapa *video sender* mungkin memiliki fitur tambahan seperti pengaturan daya output atau fitur telemetry yang dapat memberikan informasi tentang status drone atau pesawat *remote control* secara *real-time*.

2.2.9 Receiver Kamera

Receiver atau penerima sinyal kamera FPV 5.8 GHz digunakan untuk menerima dan menampilkan video yang ditransmisikan oleh kamera FPV dari drone atau pesawat *remote control*.



- Frekuensi: 5.8 GHz
- *Channel*: umumnya antara 32 hingga 48 *channel*
- Sensitivitas: sekitar -90dBm hingga -100dBm
- Tipe antena: SMA atau RP-SMA
- *Display*: umumnya LCD atau OLED

- Resolusi *display*: umumnya 320x240 atau 480x320
- Daya *input*: sekitar 5V hingga 12V DC
- *Output* video: NTSC atau PAL
- Dimensi: umumnya sekitar 70mm x 120mm x 20mm

Spesifikasi *receiver camera* FPV 5.8 GHz juga dapat bervariasi tergantung pada merek dan modelnya. Beberapa receiver mungkin memiliki fitur tambahan seperti DVR (*digital video recorder*) untuk merekam video secara langsung dari *receiver*.

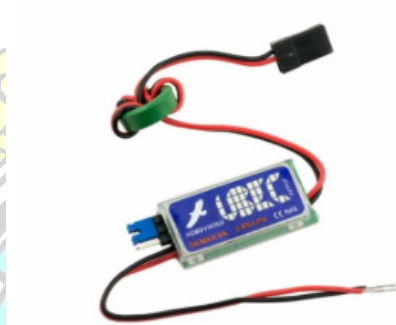
2.2.10 UBEC

UBEC adalah regulator DC-DC switch-mode dari baterai 3S hingga 10S Lippo, dan menghasilkan daya aman yang konsisten untuk receiver, gyro dan servo. UBEC digunakan model RC listrik besar seperti pesawat sayap tetap dan helikopter yang menggunakan lebih dari 4 sel baterai lithium. Dengan menggunakan UBEC ini, receiver dapat memperoleh pasokan daya langsung dari baterai utama, sehingga paket baterai tambahan untuk penerima tidak diperlukan. Dibandingkan dengan mode linear UBEC, efisiensi keseluruhan switch-mode UBEC jauh lebih tinggi, sehingga dapat memperpanjang waktu kerja paket baterai receiver.

Spesifikasi singkat mengenai UBEC sebagai berikut:

- Mode sakelar lanjutan IC regulator DC to DC
- Perlindungan pembalikan polaritas baterai
- Perlindungan logam komponen elektronik
- Indikator (LED)
- Tegangan keluaran 5V@3A atau 6V@3A

- Arus keluaran berkelanjutan: 3Amps
- Output maksimum saat ini: 5Amps
- Input: 5.5V – 26V
- Ukuran: 43mm*17mm*7mm (L*W*H)
- Berat: 11g



Gambar 2.13 UBEC
(Sumber: Hobbywing, 2015)

2.5 Monitor

Monitor adalah salah satu jenis sistem perangkat keras keluaran (*Output Device System*) sebagai perangkat yang difungsikan untuk mengeluarkan hasil pemrosesan CPU seperti tulisan (huruf, angka, karakter khusus dan simbol lain), grafik, gambar/*image*, suara dan bentuk khusus yang dapat dibaca oleh mesin. Gambar yang tampil adalah hasil pemrosesan data ataupun informasi masukan.

Monitor memiliki berbagai ukuran layar seperti layaknya sebuah televisi. Tiap merek dan ukuran monitor memiliki tingkat resolusi yang berbeda. Resolusi inilah yang akan menentukan ketajaman gambar yang dapat ditampilkan pada layar monitor. Jenis-jenis monitor saat ini sudah sangat beragam, mulai dari bentuk yang besar dengan layar cembung, sampai dengan bentuk yang tipis dengan layar datar (*flat*).



Gambar 2.14 Monitor LCD
(Sumber: Sahriani Harahap, 2019)

Monitor LCD ini dari segi bentuk menggunakan teknologi *Flat Panel Display* atau monitor berlayar datar. LCD memiliki kemampuan resolusi yang lebih tinggi dibandingkan monitor CRT. Dengan bentuk yang ramping dan pipih penggunaan monitor LCD dipadukan dikomputer portable atau laptop.

2.6 Penelitian Sebelumnya

Dalam penulisan ini penulis mengumpulkan segala informasi dari referensi, literatur yang sesuai dengan topik dan menggunakan media internet sebagai bahan referensi tambahan. Adapun penelitian-penelitian sebelumnya yaitu:

1. Rancangan Sistem Kendali Robot Pembersih Saluran mampu mengatasi saluran berbentuk L dan T

Robot ini mengontrol robot berkaki tiga yang dapat beradaptasi dengan perubahan diameter saluran. Selanjutnya dilakukan estimasi lokasi robot secara real-time dengan menerapkan komunikasi UWB dan skema trilaterasi sehingga pengguna dapat dengan mudah mengidentifikasi posisi robot di dalam saluran dan *mode self-driving* dengan menggunakan sensor dan pemrosesan gambar untuk memudahkan orang awam memanipulasinya (Myeong In Seo, 2020).



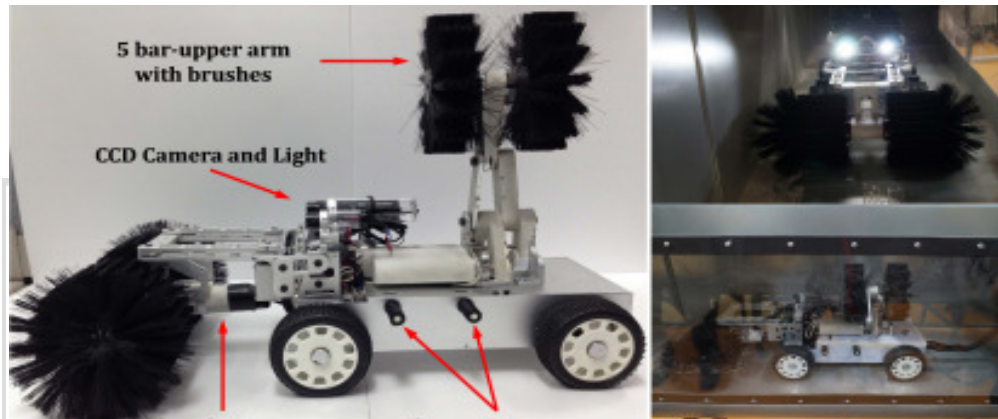
Gambar 2.15 Rancangan Sistem Kendali Robot Pembersih Saluran Mampu Mengatasi Saluran Berbentuk L dan T
(Sumber: Myeong In Seo, 2020)

Robot ini mampu menggerakkan berbagai bagian, termasuk saluran berbentuk L, berbentuk T, dan vertikal, dan berhasil mengemudi secara otonom menggunakan sensor infra merah dan skema pemrosesan gambar. Robot bekerja dengan baik di dalam saluran sirkular, tetapi ada kelemahannya yaitu tidak dapat beroperasi pada saluran persegi karena sulit untuk membuat robot pas di permukaan bagian dalam. Namun demikian, fokus robot adalah untuk membersihkan bagian dalam saluran, tetapi juga dapat digunakan untuk eksplorasi di dalam pipa dengan lingkungan yang mirip dengan saluran bulat (Myeong In Seo, 2020).

2. Kontrol Lintasan Langkah Belakang Canggih untuk Platform Seluler Pembersih Saluran Selip Kemudi.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa pelacakan lintasan dicapai dengan pengontrol untuk menghasilkan torsi motor yang sesuai untuk mengurangi kesalahan posisi platform sambil mempertahankan kecepatan objektif. Namun, gaya inersia dari massa mekanisme lengan atas bisa jadi juga diproduksi pada titik perubahan arah lengan pembersih. Oleh karena itu, gaya inersia model gerakan

lengan yang cepat dapat dianggap memberikan kontrol yang kuat (Wootae Jeong, 2019).



Gambar 2.16 Kontrol Lintasan Langkah Belakang Canggih untuk Platform Seluler Pembersih Saluran Selip Kemudi (Sumber: Wootae Jeong, 2019)

3. *Air Duct Cleaning Robot*

Pada rangkaian, *driver* motornya digunakan untuk memutar ke empat arah. Pergerakan silinder dari empat roda yang terpasang memberikan cengkraman yang lebih baik dan mengatasi gesekan. Robot ini memiliki baterai yang cukup kuat untuk memberdayakan ban dengan bantuan motor (Priya Dhengre, 2020).

Untuk kontrol nirkabel dan pengkodeannya dikelola oleh Arduino uno. Dan hasil kamera bisa dilihat langsung di ponsel. Untuk sikat pembersih yang diberdayakan oleh motor memberikan gerakan searah jarum jam untuk efisiensi yang lebih baik. Satu sikat terpasang di bagian belakang dalam bidang horizontal di bawah robot yang juga digunakan untuk tujuan pembersihan (Priya Dhengre, 2020).



Gambar 2.17 *Air Duct Cleaning Robot*
(Sumber: Priya Dhengre, 2020)



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Projek ini dilaksanakan di Laboratorium Mekatronika dan Sistem Otomasi Teknik Mesin PNUP dan Laboratorium Riset Pascasarjana PNUP pada bulan Februari 2023 sampai dengan bulan Agustus 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Diperlukan alat dan bahan untuk mendukung kelancaran pelaksanaan dalam pembuatan robot pembersih saluran udara ini. Alat dan bahan yang digunakan dalam pelaksanaan pembuatan robot pembersih saluran udara dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian

ALAT	BAHAN
Multimeter	Plat
Obeng	Baterai 2200 mAh
Tang potong	Video Sender
Gerinda potong	ESC
Mesin Las	Battery 9 V
Solder	UBEC
Tang kupas	Step Down
	Robot Arm Kit
	Chassis Body Mobil Tank
	Motor DC
	Remot Flysky
	Motor servo
	Kamera <i>wireless</i>
	Monitor LCD
	Senter

Adapun perangkat lunak (*software*) yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu *Autodesk Inventor*.

3.3 Prosedur/Langkah Kerja

Prosedur penelitian yang kami gunakan dalam penelitian ini yaitu:

Perencanaan (*planning*), Perancangan (*design*), Implementasi (*implementation*), Uji coba (*testing*) dan analisis (*analysis*).

Perencanaan pembuatan robot pembersih saluran udara adalah proses yang kompleks yang memerlukan pemahaman yang mendalam tentang teknologi robotika, peralatan pembersih, dan kebutuhan spesifik dari alat tersebut. Berikut adalah beberapa langkah dasar dalam perencanaan pembuatan robot pembersih saluran udara:

1. Identifikasi tujuan dan kebutuhan

Langkah pertama adalah mengidentifikasi tujuan pembuatan robot pembersih saluran udara yang dibuat. Robot ini digunakan untuk membersihkan saluran udara. Adapun yang perlu dibersihkan yaitu berupa debu dan serbuk. Dalam pengerjaannya, hal yang dibutuhkan ialah ukuran robot, daya tahan robot serta sistem pembersihannya.

2. Sistem pembersihan

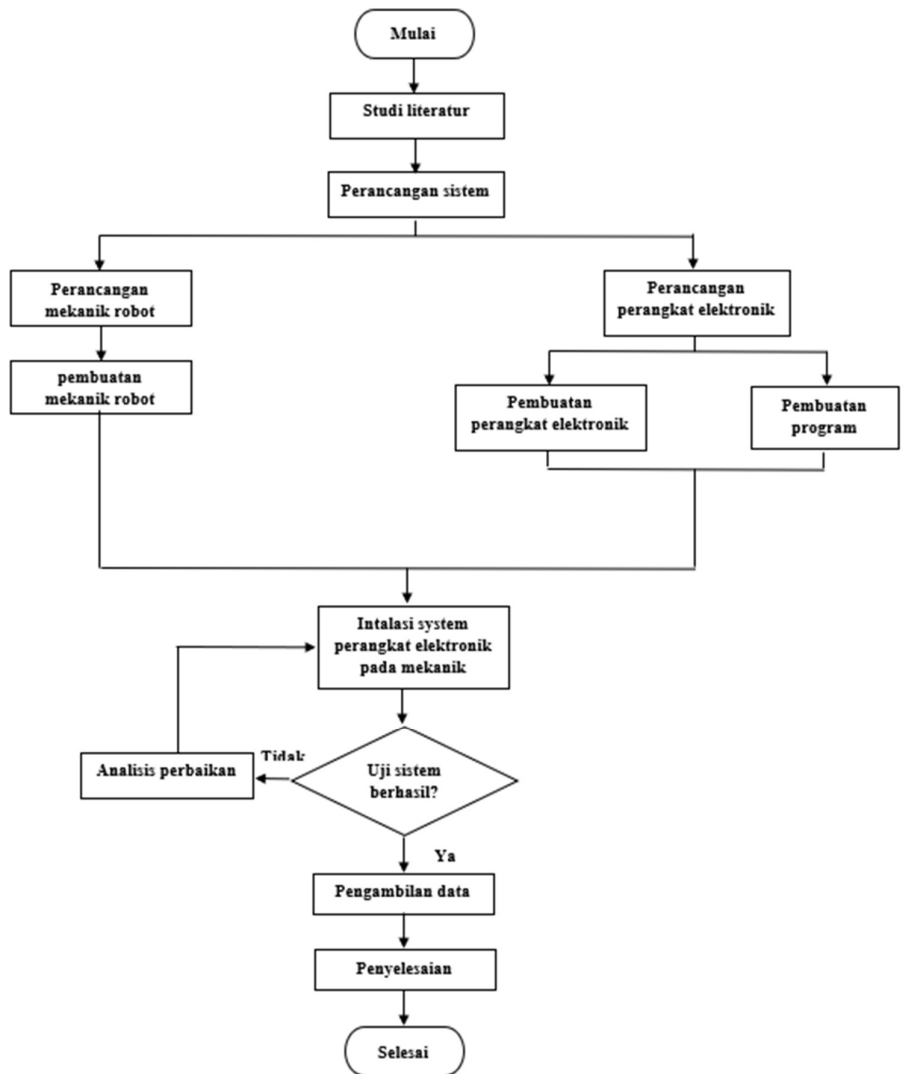
Sistem pembersihan yang digunakan ialah menyapu kotoran dan disedot oleh *vacum cleaner*. Robot ini menggunakan 2 sikat, dimana 1 sikat berada dibagian bawah mobil dan 1 sikat berada pada lengan robot yang berfungsi untuk membersihkan kotoran yang ada pada bagian atas saluran.

3. Tentukan jenis motor

Dalam pemilihan motor, sebaiknya dilakukan dengan mempertimbangkan berat maksimum yang akan diangkut oleh robot serta menentukan kecepatan dan torsi yang diperlukan oleh robot. Dalam hal ini, penulis memilih motor DC 12 V dengan torsi maksimum 4.5 Kg sebagai penggerak roda robot dikarenakan torsi yang dibutuhkan oleh robot ini ialah 3.30 Kg dan memilih motor servo 25 Kg dikarenakan memiliki torsi yang cukup besar untuk menggerakkan beban yang relatif berat atau besar, seperti bagian dari robot yang perlu mengangkat, mendorong, atau menarik objek tertentu.

4. Tentukan jenis baterai

Dalam menentukan jenis baterai yang akan digunakan, sebaiknya dilakukan dengan mengidentifikasi berapa banyak energi yang dibutuhkan dalam penggunaan robot. Dalam hal ini, penulis memilih baterai Li-Po 2200 mAh dikarenakan baterai ini memiliki kapasitas yang cukup besar, memiliki bentuk yang fleksibel dan dapat disesuaikan dengan perangkat atau aplikasi tertentu serta memiliki tingkat daya yang baik, yang berarti mereka mampu memberikan daya yang cukup tinggi dalam waktu singkat.



Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan Robot Pembersih Saluran Udara

Berikut penjelasan prosedur penelitian dalam pembuatan Tugas Akhir berdasarkan *flowchart*:

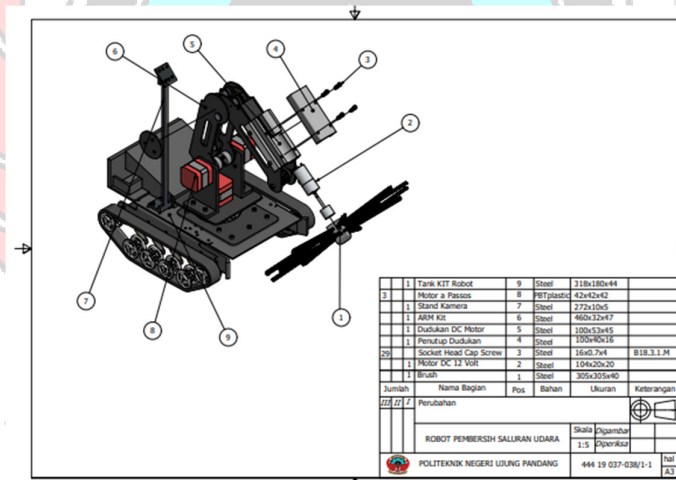
1. Studi Literatur

Untuk mendapatkan landasan teori untuk penelitian dan pembuatan alat, langkah pertama yang kami lakukan adalah mengumpulkan berbagai informasi

terkait robot pembersih saluran udara. Referensi yang digunakan adalah jurnal, artikel dan informasi yang diperoleh dari internet.

2. Merancang mekanik robot

Rancangan mekanik robot ini dilakukan dengan pembuatan desain 3D menggunakan aplikasi *Autodesk Inventor*. Pembuatan desain ini ditujukan agar dalam proses pembuatan alatnya nanti telah ada acuan bentuk, dimensi dan konsep dari alat yang akan dibuat. *Autodesk Inventor* merupakan aplikasi desain berbantuan komputer untuk desain mekanik 3D, simulasi, visualisasi, dan dokumentasi. Aplikasi ini termasuk salah satu dalam perangkat lunak *Computer Aided Design* (CAD).



Gambar 3.2 Desain Mekanik Robot Pembersih Saluran Udara

3. Pembuatan RAB

Pembuatan RAB ini dilakukan untuk memetakan anggaran-anggaran yang dibutuhkan dalam pembuatan project. Dengan RAB, penulis dapat melakukan plotting dan mengefisiensikan kebutuhan anggaran, serta menekan pembelian alat dan bahan yang tidak diperlukan.

4. Membuat mekanik robot yang sudah dirancang sebelumnya

Selanjutnya dilakukan proses pembuatan alat. Langkah awal dalam pembuatan alat ini adalah membuat kerangka alat. Proses ini berupa pembuatan bentuk fisik dari alat tersebut.

5. Menyediakan alat dan komponen yang dibutuhkan.

Selanjutnya dilakukan proses penyediaan alat dengan pembelian barang yang telah dituliskan pada RAB. Proses ini berupa bahan mekanik untuk kerangka robot dan bahan elektronik sebagai *controller* robot.

6. Merancang perangkat elektronik robot

Dalam merancang skema rangkaian elektronik robot dilakukan dengan pembuatan skema rangkaian komponen elektronik seperti mikrokontroler, sensor-sensor dan sambungan kabel. Kemudian membuat program kontrol.

7. Instalasi sistem perangkat mekanik dan perangkat elektronik.

Setelah kerangka alat selesai dibuat, selanjutnya dilakukan pemasangan komponen elektronik dan tahap terakhir yaitu mengupload program tersebut ke *microkontroller*.

8. Pengujian alat

Setelah instalasi sistem perangkat mekanik dan elektronik akan dilakukan pengujian. Jika pengujian tidak berhasil maka akan dilakukan perbaikan, dan jika berhasil maka akan lanjut ke tahap selanjutnya.

9. Pengambilan data

Tahap ini merupakan tahap akhir tujuan dari pembuatan project. Pada tahap ini, penulis akan menguji dan mengambil data-data yang diperlukan untuk menyajikan hasil akhir dari *project* ini.

10. Penyusunan laporan

Dalam penyusunan laporan ini dituliskan semua hal yang telah dilakukan selama mengerjakan tugas akhir.

3.4 Langkah-langkah Pengujian Alat

Terdapat 3 proses utama dalam tahap pengujian, adapun proses yang dilakukan antara lain sebagai berikut:

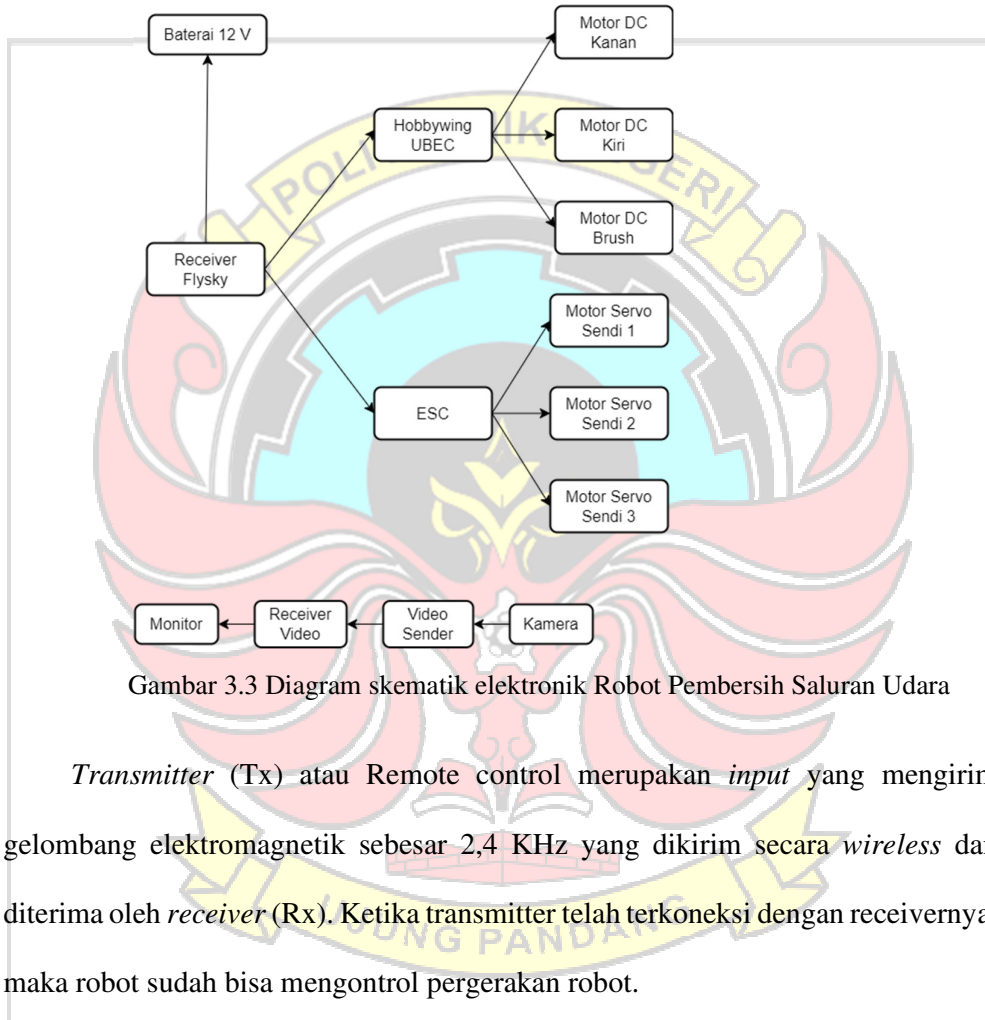
3.4.1 Pengecekan fisik

Dalam pengujian ini, penulis akan mengecek kondisi fisik dari alat yang telah dibuat. Pengecekan ini dilakukan untuk memastikan apakah kondisi fisik alat tidak mengalami keganjalan seperti posisi aktuator yang tidak sesuai, baut atau perekat yang lepas, dan lain-lain.

3.4.2 Pengecekan komponen elektronik

Tahap selanjutnya adalah meemeriksa komponen elektronik. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mencegah terjadinya kesalahan pada saat pengujian program nanti. Hal-hal yang dilakukan pada proses ini adalah memeriksa pengkabelan, memastikan pemasangan kabel pada pin input-output telah benar dan memastikan bahwa setiap komponen telah menyala dengan normal.

Pada Diagram skematik elektronik Robot Pembersih Saluran Udara pada Gambar 3.3, terdapat ESC dan *Hobbywing UBEC*. Dimana ESC berfungsi sebagai pengatur putaran motor DC yang menggerakkan *belt* roda kiri, kanan robot dan brush.

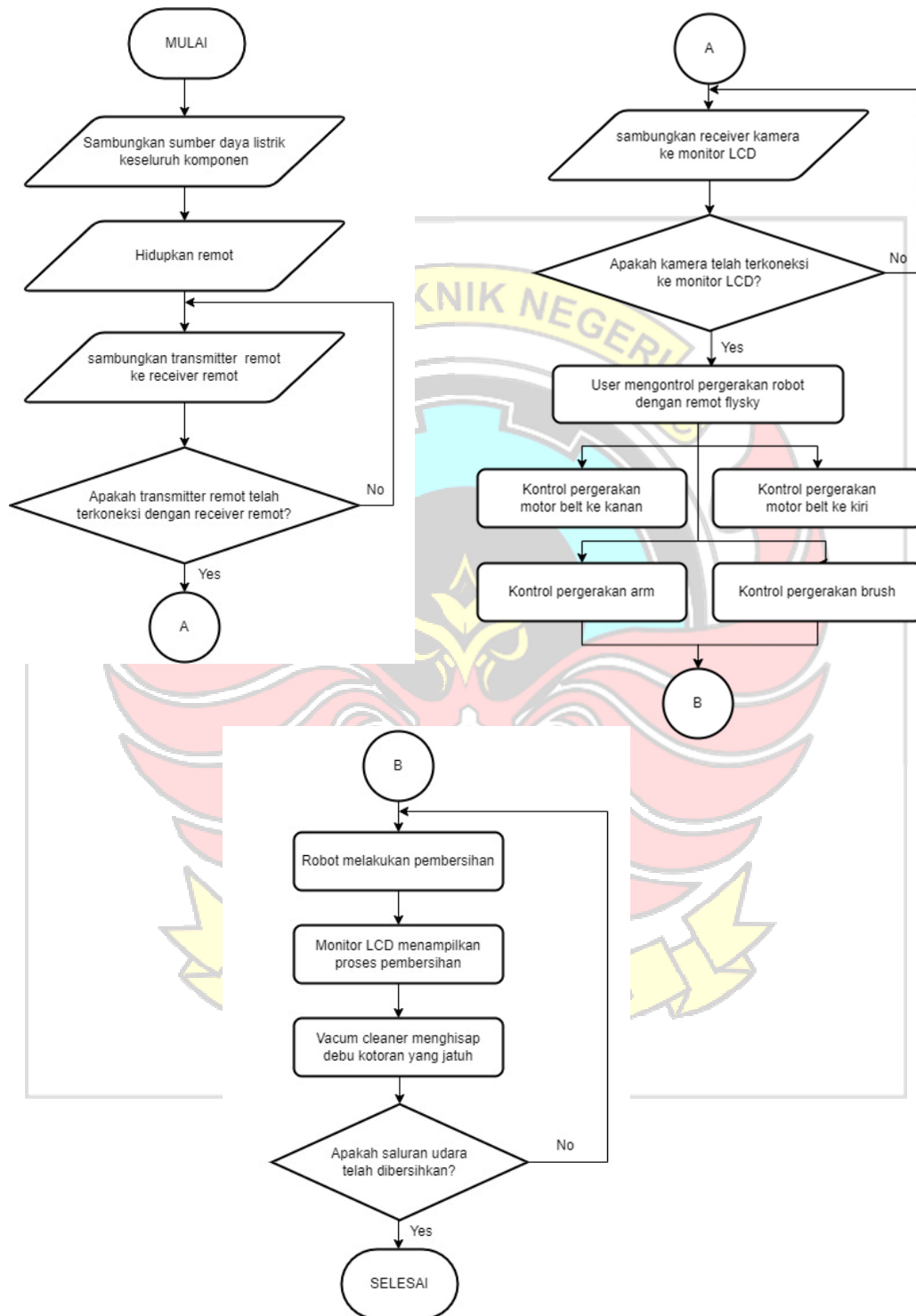


Gambar 3.3 Diagram skematik elektronik Robot Pembersih Saluran Udara

Transmitter (Tx) atau Remote control merupakan *input* yang mengirim gelombang elektromagnetik sebesar 2,4 KHz yang dikirim secara *wireless* dan diterima oleh *receiver* (Rx). Ketika transmitter telah terkoneksi dengan receivernya, maka robot sudah bisa mengontrol pergerakan robot.

3.4.3 Pengujian robot

Tahap terakhir adalah pengujian robot apakah berfungsi sesuai yang diinginkan atau tidak. Pengecekan ini berupa gerakan pembersih kotoran yang berupa kemoceng.



Gambar 3.4 Diagram Alir Pengujian Robot

3.5 Teknik Analisis Data

Teknis analisis data yang kami gunakan yaitu observasi fungsional mesin.

Dengan pengujian *mobile robot* berupa:

1. Bentuk mekanik robot pembersih saluran udara yaitu menilai seberapa miripnya bentuk mekanik robot yang telah jadi dengan bentuk desain 3D yang telah direncanakan sebelumnya.
2. Pengujian sistem robot pembersih saluran udara yaitu menguji driver motor apakah bisa mengatur kecepatan putar motor servo robot arm kit pada sudut tertentu dan mempertahankan posisi tersebut.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Pada bab ini dijelaskan mengenai hasil dan pembahasan dari sistem yang telah dibuat dalam penelitian ini. Pada bab ini terbagi menjadi beberapa bagian yaitu: hasil perancangan mekanik, hasil perancangan elektronik, dan hasil pengujian dari penelitian ini.

4.1.1 Hasil Perancangan Mekanik

Pada perancangan mekanik dimulai dengan pembuatan kerangka mekanik *mobil tank* yang merupakan wadah utama untuk menyimpan komponen dan robot arm. Pembuatan kerangka mekanik *mobil tank* dibuat dengan cara memotong plat sesuai desain menggunakan mesin pemotong plasma. Kemudian selanjutnya dilakukan pemasangan *catterpillar chaint track*. Pada mekanik *mobil tank* ini memiliki total berat 3,30 kg yang berukuran 318 cm X 180. Gambar mekanik robot *mobil tank* dapat dilihat pada Gambar 4.1.



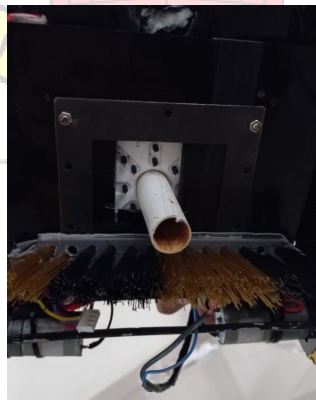
Gambar 4.1 Gambar Mekanik *Mobil Tank*

Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan *arm* yang juga dengan cara memotong plat sesuai desain menggunakan mesin pemotong plasma. Pada robot *arm*nya merupakan bagian yang berfungsi sebagai pembersih dan kemudian dihubungkan dengan *brush*. Pada *brush* ini dibuat dengan menyatukan beberapa *brush* terbuat dari bahan plastik. Gambar robot *arm* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Robot Arm

Penulis juga memasang *vacum cleaner* berukuran 7.9 cm X 6 cm yang berada diantara 2 sisi *belt* robot *mobil tank* dimana *vacum cleaner* ini berfungsi untuk menyedot debu yang jatuh setelah dibersihkan oleh robot *arm*. Gambar *vacum cleaner* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Vacum Cleaner*

Pada robot pembersih saluran udara, penulis juga membuat *stand* untuk menyimpan kamera yang berfungsi sebagai pemantau selama robot melakukan pembersihan. *Stand camera* ini ditempatkan dibagian robot arm. Gambar *Stand Camera* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Stand Camera*

Kemudian, penulis juga membuat *stand* untuk menyimpan Monitor LCD yang diletakkan pada *remot flysky*. *Stand* ini terbuat dari fillamen dan dibuat dengan cara *print* 3D. Gambar *Stand Monitor LCD* dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 *Stand Monitor LCD*

Menghitung gaya pada robot membantu memastikan bahwa robot tidak mengalami kerusakan berlebihan atau kegagalan struktural saat digunakan. Jika robot mengangkat atau menggerakkan beban berat, penting untuk memahami

apakah struktur robot dan sambungannya mampu menahan beban tersebut tanpa patah atau merusak diri sendiri. Adapun perhitungan gaya konstruksi pada robot ialah:

1. Gaya pada robot *arm*

$$F = m \cdot g$$

$$= 0,93 \cdot 9,8$$

$$= 9,114 \text{ N}$$

2. Gaya pada *mobil tank*

$$F = m \cdot g$$

$$= 1,87 \cdot 9,8$$

$$= 18,32 \text{ N}$$

3. Gaya pada *Vacum*

$$F = m \cdot g$$

$$= 0,4 \cdot 9,8$$

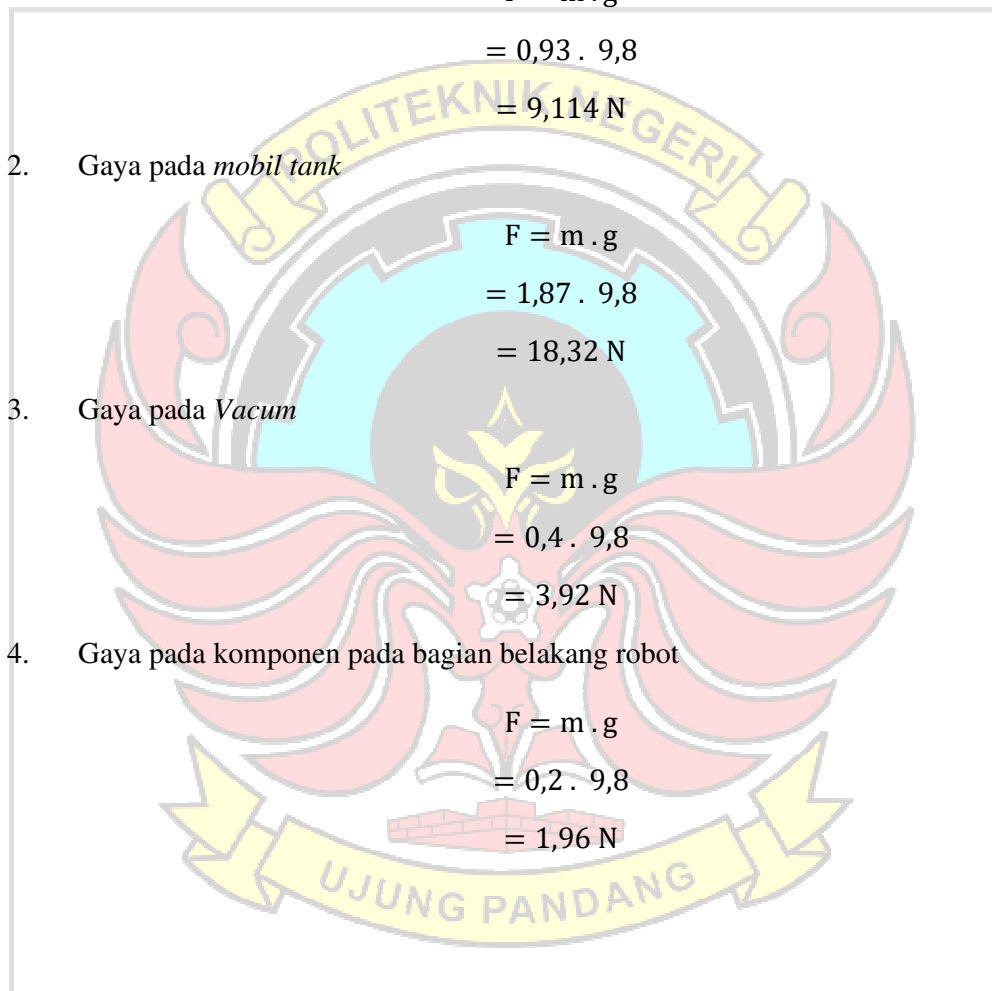
$$= 3,92 \text{ N}$$

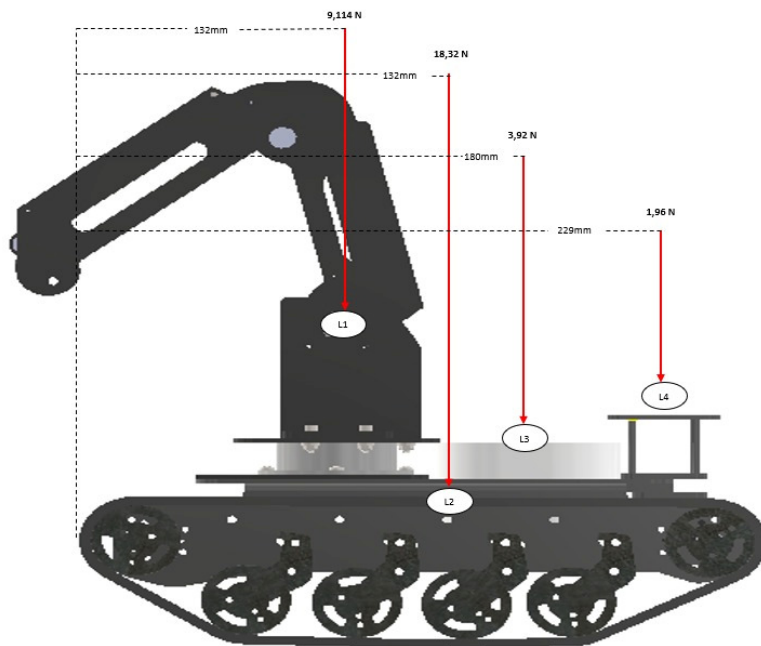
4. Gaya pada komponen pada bagian belakang robot

$$F = m \cdot g$$

$$= 0,2 \cdot 9,8$$

$$= 1,96 \text{ N}$$





Gambar 4.6 Hasil Perhitungan Gaya pada Robot

Adapun perhitungan momen pada robot ialah:

1. Momen pada robot *arm*

$$\begin{aligned}
 M &= m \cdot L \\
 &= 0,93 \cdot 132 \\
 &= 122,76 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

2. Momen pada *mobil tank*

$$\begin{aligned}
 M &= m \cdot L \\
 &= 1,87 \cdot 154 \\
 &= 287,98 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

3. Momen pada *vacum*

$$\begin{aligned}
 M &= m \cdot L \\
 &= 0,4 \cdot 180 \\
 &= 72 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

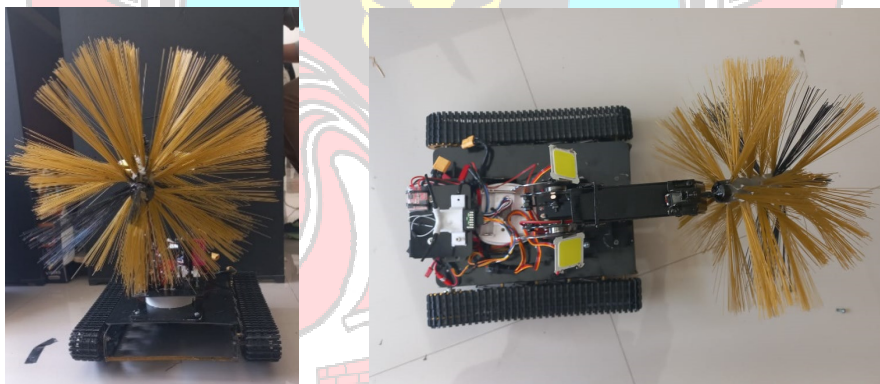
4. Momen pada bagian belakang robot

$$\begin{aligned} M &= m \cdot L \\ &= 0,2 \cdot 229 \\ &= 45,8 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Adapun *Centre Of Gravity* pada robot ialah:

$$\begin{aligned} \text{CoG} &= \frac{\text{Momen Total}}{\text{Massa Total}} \\ &= \frac{528,54}{3,40} \\ &= 155,45 \end{aligned}$$

Setelah melakukan perancangan Robot Pembersih saluran udara dengan menggabungkan semua bagian mekanik, maka didapatkan hasil robot seperti pada Gambar 4.7.



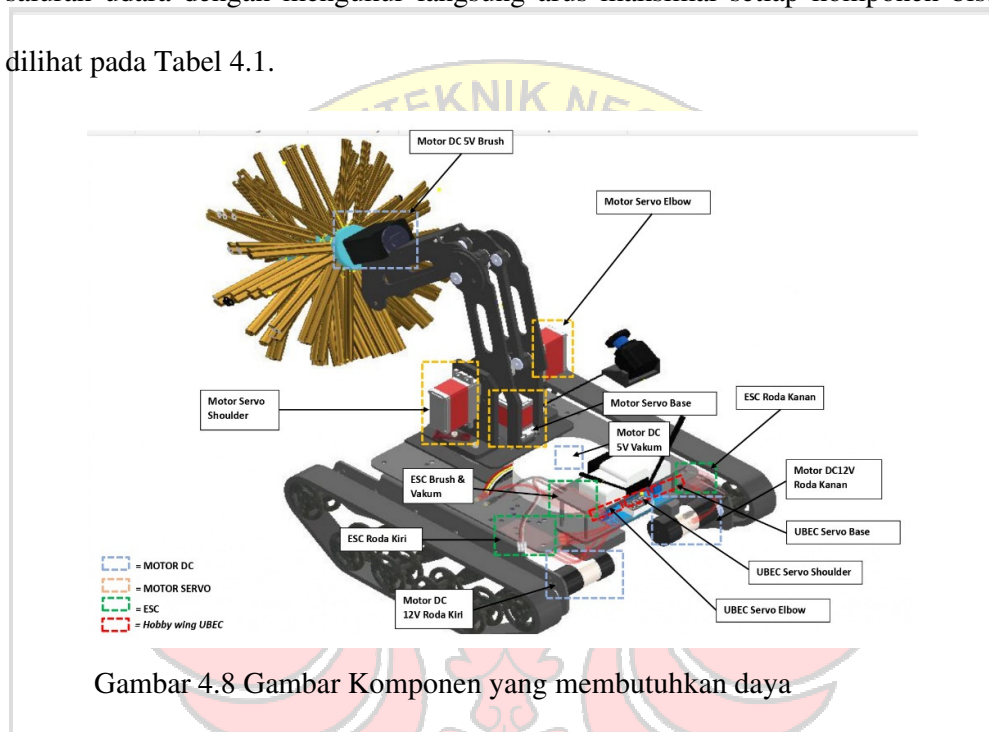
(a Tampak Depan) (b Tampak Atas)
Gambar 4.7 Mekanik Robot Pembersih Saluran Udara

4.1.2 Hasil Perancangan Elektronik

Pada perancangan elektronik, penulis menggunakan Remot *Flysky* sebagai input robot pembersih saluran udara yang dikontrol langsung oleh pengguna. Adapun yang dikontrol oleh remot ialah motor DC sebagai penggerak *belt* dan

brush serta motor servo sebagai penggerak *arm*. Penulis menggunakan baterai Li-Po 2,2 Ah sebagai sumber daya robot.

Adapun gambar komponen yang membutuhkan daya dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan hasil daya yang digunakan komponen pada robot pembersih saluran udara dengan mengukur langsung arus maksimal setiap komponen bisa dilihat pada Tabel 4.1.



Gambar 4.8 Gambar Komponen yang membutuhkan daya

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Daya Komponen pada robot

Komponen	Tegangan [v]	Arus [mA]	Daya [mW]
Motor Servo <i>Elbow</i>	6,8	2,9	197,2
Motor Servo <i>Shoulder</i>	6,8	43,3	294,4
Motor Servo <i>Base</i>	6,8	59,2	402,6
UBEC Servo <i>Elbow</i>	5	0,3	1,5
UBEC Servo <i>Shoulder</i>	5	0,3	1,5
UBEC Servo <i>Base</i>	5	0,3	1,5
ESC <i>Brush dan Vacuum</i>	8	44,1	352,8
ESC Roda Kanan	8	44,1	352,8
ESC Roda Kiri	8	44,1	352,8
Motor DC 5V <i>Vacum</i>	5	92	460
Motor DC 5V <i>Brush</i>	5	92	460
Motor DC 12V Roda Kanan	12	55	660
Motor DC 12V Roda Kiri	12	55	660

Adapun hasil perhitungan daya dengan mengukur langsung arus maksimal setiap komponen ialah sebagai berikut:

1. Motor Servo *Elbow* digunakan untuk mengendalikan gerakan siku robot *arm*.

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 6,8 \cdot 2,9 \\ &= 197,2 \text{ mW} \end{aligned}$$

2. Motor Servo *Shoulder* digunakan untuk mengendalikan gerakan bahu robot *arm*.

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 6,8 \cdot 43,3 \\ &= 294,4 \text{ mW} \end{aligned}$$

3. Motor Servo *Base* yang terletak pada *base* untuk mengendalikan gerakan dan posisi *arm* secara keseluruhan.

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 6,8 \cdot 59,2 \\ &= 402,6 \text{ mW} \end{aligned}$$

4. UBEC *Elbow* yang berfungsi sebagai penurun tegangan pada servo yang mengendalikan gerakan siku robot *arm*.

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 5 \cdot 0,3 \\ &= 1,5 \text{ mW} \end{aligned}$$

5. UBEC *Shoulder* yang berfungsi sebagai penurun tegangan pada servo yang mengendalikan gerakan bahu robot *arm*.

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 5 \cdot 0,3 \\ &= 1,5 \text{ mW} \end{aligned}$$

6. UBEC *Base* yang berfungsi sebagai penurun tegangan pada servo *base* yang mengendalikan gerakan *arm* secara keseluruhan.

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 5 \cdot 0.3 \\ &= 1,5 \text{ mW} \end{aligned}$$

7. ESC *Brush* dan *Vacum* yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan pada motor yang menggerakkan *brush* dan *vacum*.

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 8 \cdot 44,1 \\ &= 352,8 \text{ mW} \end{aligned}$$

8. ESC Roda Kanan yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan pada motor yang menggerakkan roda kanan robot.

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 8 \cdot 44,1 \\ &= 352,8 \text{ mW} \end{aligned}$$

9. ESC Roda Kiri yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan pada motor yang menggerakkan roda kiri robot.

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 8 \cdot 44,1 \\ &= 352,8 \text{ mW} \end{aligned}$$

10. Motor DC 5V *Vacum* yang berfungsi sebagai penggerak *vacum*.

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 5 \cdot 92 \\ &= 460 \text{ mW} \end{aligned}$$

11. Motor DC 5V *Brush* yang berfungsi sebagai penggerak *brush*.

$$P = V \cdot I$$

$$= 5 \cdot 92$$

$$= 460 \text{ mW}$$

12. Motor DC 12V Roda Kanan yang berfungsi sebagai penggerak roda kanan robot.

$$P = V \cdot I$$

$$= 12 \cdot 55$$

$$= 660 \text{ mW}$$

13. Motor DC 12V Roda Kiri yang berfungsi sebagai penggerak roda kiri robot.

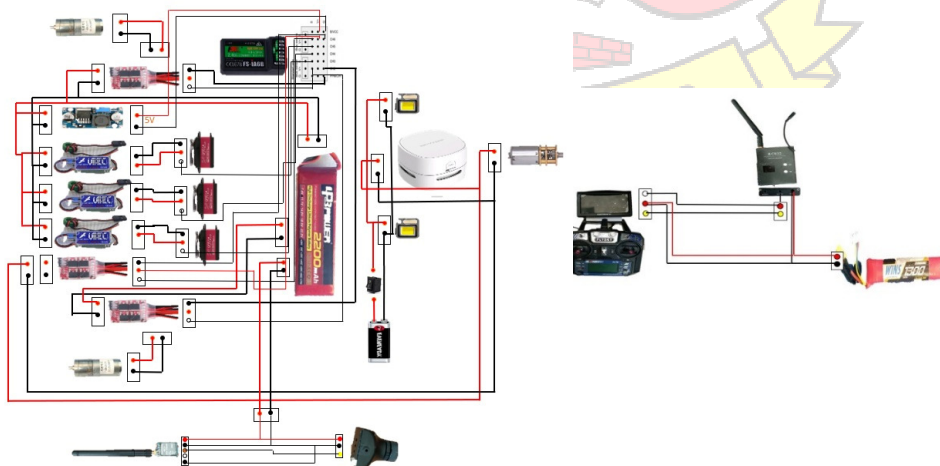
$$P = V \cdot I$$

$$= 12 \cdot 55$$

$$= 660 \text{ mW}$$

Jadi total daya yang digunakan komponen yang bekerja pada robot yaitu 4197,1 mW.

Robot ini juga dilengkapi dengan LCD Monitor Mini yang telah terhubung oleh receiver kamera agar pengguna lebih mudah mengontrol pada saat robot melakukan pembersihan. Adapun hubungan-hubungan elektronik yang diaplikasikan pada robot dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Rangkaian Elektronik Robot Pembersih Saluran Udara

Rangkaian elektronik motor robot terdiri dari 3 buah motor servo yang terhubung dengan *Hobbywing UBEC Step Down* dan 4 buah motor DC Gearbox yang terhubung dengan ESC. Kemudian keduanya dihubungkan dengan *receiver Flysky* yang disuplai oleh daya 5 V. Kemudian untuk rangkaian elektronik pada *vacum cleaner* dan senter digunakan tombol *on off* untuk mengaktifkan keduanya dan disuplai oleh daya 9 V.

Rangkaian elektronik pada kamera terdiri dari *ip* kamera yang terhubung dengan *receiver* kamera. Selanjutnya adalah rangkaian elektronik pada monitor terdiri dari LCD mini yang terhubung dengan *vidio sender*. Kedua rangkaian disuplai oleh daya 12 V.

4.1.3 Hasil Pengujian dan Pembahasan

Adapun hasil yang diperoleh berdasarkan pengujian yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Pengujian berdasarkan kadar debu

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan sebelum melakukan pembersihan dan setelah melakukan pembersihan. Adapun hasil yang didapatkan yaitu:



Gambar 4.10 Kondisi Saluran Udara sebelum dibersihkan

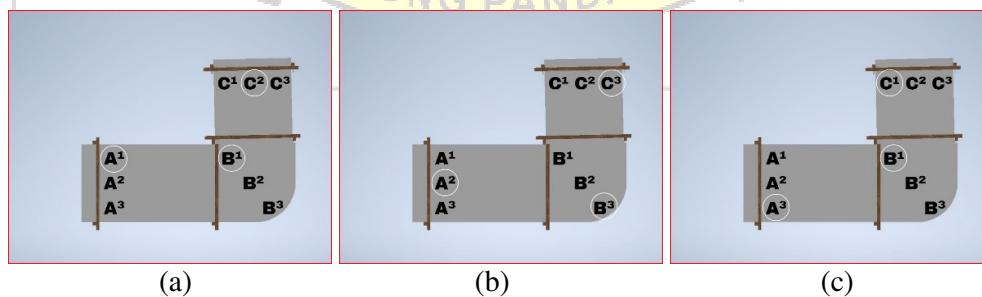


Gambar 4.11 Kondisi Saluran Udara setelah dibersihkan

Gambar 4.10 sebelum pembersihan menunjukkan adanya lapisan debu atau kotoran yang dapat mengurangi estetika, kejelasan, atau fungsionalitas objek atau area tersebut. Sementara Gambar 4.11 setelah pembersihan menunjukkan perbedaan yang jelas, di mana sebagian debu dan kotoran telah dihilangkan, mengungkapkan detail yang lebih baik, dan peningkatan kesan keseluruhan kebersihan.

2. Pengujian berdasarkan titik poin yang dilewati robot

Pengujian ini dilakukan dengan 3 kali percobaan dengan mengikuti jalur saluran udara yang telah ditentukan titik poinnya. Adapun bentuk jalur saluran udara beserta titik poin yang telah dilalui oleh robot dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.12 Bentuk jalur beserta titik poin yang telah dilalui oleh robot

Adapun penjelasan Gambar 4.11 ialah:

- Pada gambar a, titik awal robot berada dititik A^1 . Kemudian titik pada saat pembelokan berada dititik B^1 dan titik akhirnya berada dititik C^2 .
- Pada gambar b, titik awal robot berada dititik A^2 . Kemudian titik pada saat pembelokan berada dititik B^3 dan titik akhirnya berada dititik C^3 .
- Pada gambar c, titik awal robot berada dititik A^2 . Kemudian titik pada saat pembelokan berada dititik B^1 dan titik akhirnya berada dititik C^1 .

Berdasarkan data pengujian yang telah penulis lakukan, dapat diketahui bahwa dari titik jalur berbeda-beda yang dilewati oleh sebuah robot disimpulkan bahwa robot tersebut telah melakukan pergerakan atau navigasi yang melibatkan perubahan arah atau lokasi. Hal ini dapat menunjukkan kemampuan robot untuk bergerak secara fleksibel dan mengikuti instruksi yang memungkinkannya beradaptasi dengan lingkungan sekitarnya.

3. Pengujian berdasarkan jangkauan sinyal *remote control*

Pegujian ini dilakukan sebanyak 15 kali percobaan dengan jarak yang berbeda. Pada titik 1-10 dilakukan percobaan tanpa halang rintang dan pada titik 11-15 dilakukan percobaan dengan halang rintang. Adapun hasil yang didapatkan yaitu:

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Jangkauan Sinyal *Remote Control*

Titik	Jarak [m]	Respon Alat
1	8.11	Merespon
2	15.91	Merespon
3	33.52	Merespon
4	45.51	Merespon

Titik	Jarak [m]	Respon Alat
5	48.58	Merespon
6	66.15	Merespon
7	66.52	Merespon
8	88.23	Merespon
9	117.32	Merespon
10	140.9	Merespon
11	165.25	Tidak Merespon
12	64.86	Merespon
13	127.70	Merespon
14	258.55	Tidak Merespon
15	135.10	Tidak Merespon

Adapun titik-titik lokasi pengujian sinyal robot dapat dilihat pada Gambar 4.13.

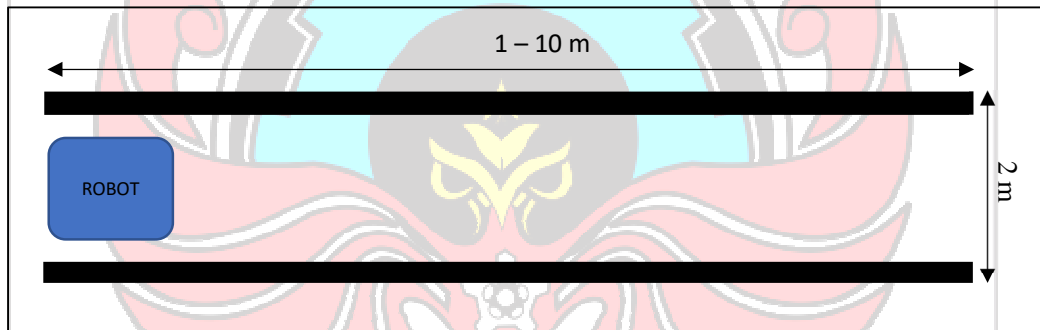


Gambar 4.13 Titik Lokasi Pengujian Sinyal Robot

Berdasarkan data pengujian yang telah penulis lakukan, dapat diketahui bahwa jarak maksimal pengontrolan remot *flysky* tanpa halang rintang yaitu sejauh 140,9 m. Namun, pada uji coba pengujian sinyal remot *flysky* dengan halang rintang, pengontrolannya kurang maksimal disebabkan karena banyaknya penghalang sinyal yaitu berupa tembok dan bangunan lainnya.

4. Pengujian berdasarkan pergerakan robot pada lintasan lurus

Adapun bentuk lintasan lurus yang dilalui oleh robot dapat dilihat pada Gambar 4.14. Dimana panjang lintasan yang dilalui sejauh 10 m dan lebarnya 2 m.



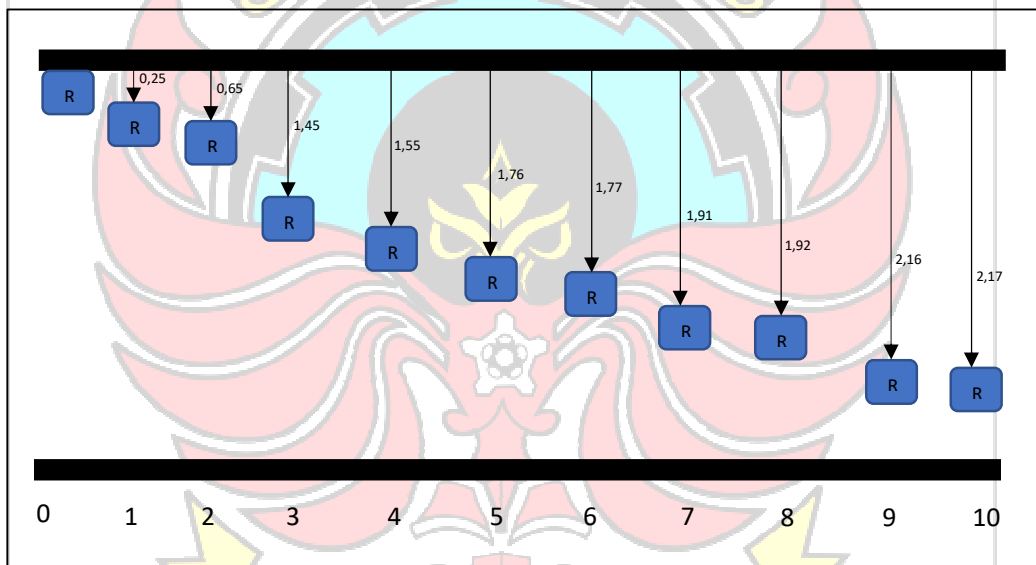
Gambar 4.14 Bentuk Lintasan Pengujian Robot (Lintasan Lurus)

Pengujian ini dilakukan dengan 10 kali percobaan dengan menggunakan jarak yang berbeda dan dilakukan pada lintasan lurus. Adapun penyimpangannya yaitu kearah samping dan hasil yang didapatkan bisa dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.15.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berdasarkan Pergerakan Robot pada Lintasan Lurus

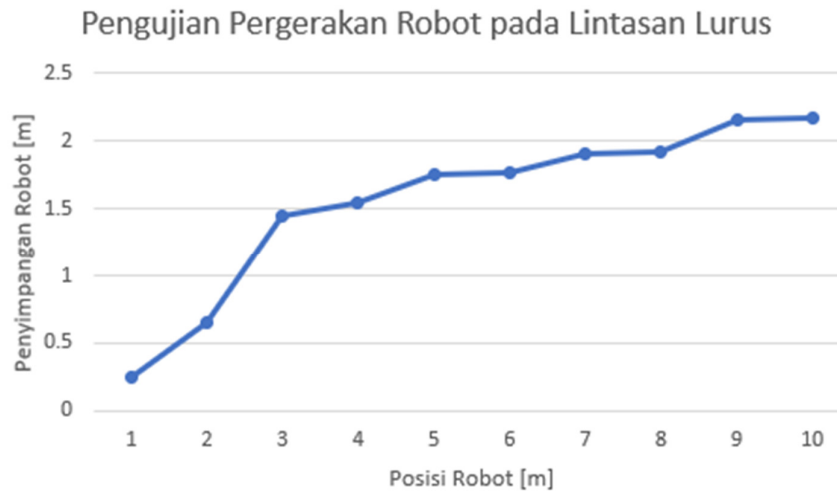
Percobaan	Posisi Robot [m]	Penyimpangan Robot [m]
1	1	0.25
2	2	0.65

Percobaan	Posisi Robot [m]	Penyimpangan Robot [m]
3	3	1,45
4	4	1,55
5	5	1,76
6	6	1,77
7	7	1,91
8	8	1,92
9	9	2,16
10	10	2,17



Gambar 4.15 Hasil Pengujian Robot (Lintasan Lurus)

Adapun grafik performa pergerakan robot pada lintasan lurus dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Grafik Hasil Pengujian Pergerakan Robot (Lintasan Lurus)

Berdasarkan data pengujian yang telah penulis lakukan, dapat diketahui bahwa semakin jauh jarak yang ditempuh oleh robot maka akan mempengaruhi tingkat akurasi kelurusan pergerakan robot.

5. Pengujian Berdasarkan Kecepatan Robot

Pegujian ini dilakukan dengan 10 kali percobaan dengan jarak yang berbeda. Adapun hasil yang didapatkan yaitu:

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Berdasarkan Kecepatan Robot

Percobaan	Jarak [m]	Waktu [s]	Kecepatan [m/s]
1	1	2.83	0.35
2	2	5.44	0.36
3	3	7.87	0.38
4	4	11.40	0.35
5	5	15.18	0.32
6	6	18.22	0.32

Percobaan	Jarak [m]	Waktu [s]	Kecepatan [m/s]
7	7	20.95	0.33
8	8	24.15	0.33
9	9	28.54	0.32
10	10	31.82	0.31

Dari Tabel 4.4 dapat dihitung kecepatan rata-rata yang dihasilkan oleh robot pembersih saluran udara.

$$V_{\text{Rata-rata}} = \frac{\Sigma V}{10}$$

$$V_{\text{Rata-rata}} = \frac{0.35 + 0.36 + 0.38 + 0.35 + 0.32 + 0.32 + 0.33 + 0.33 + 0.32 + 0,31}{10}$$

$$V_{\text{Rata-rata}} = 0.34 \text{ m/s}$$

Berdasarkan data pengujian yang telah penulis lakukan, dapat diketahui bahwa kecepatan rata-rata yang dihasilkan robot dengan jarak yang berbeda adalah 0.34 m/s.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengontrolan Robot Pembersih Saluran Udara

Pada proses pengontrolan robot, digunakan remot *flysky* sebagai pengendali pergerakan robot pada titik-titik lokasi yang telah ditentukan. Penulis menggunakan 10 titik lokasi sebagai uji coba untuk mengetahui seberapa jauh jangkauan sinyal remot pada robot. Pada titik 1 yang berjarak 8,11 m dari titik 0, pengguna masih memiliki kendali penuh terhadap robot. Setelah memastikan pengendalian berhasil pada titik 1, pengujian dilakukan pada titik 2 yaitu dengan jarak 15,91 m dari titik 0. Proses dilanjutkan dan diulangi pada titik berikutnya, yaitu titik 3 (Jarak 33,52 m), titik 4 (Jarak 45,51 m), titik 5 (Jarak 48,58 m), titik 6 (Jarak 66,15 m), titik 7

(Jarak 66,52 m), titik 8 (Jarak 88,23 m), titik 9 (Jarak 117,32 m) dan titik 10 (Jarak 140,9 m). Pada tiap titik ini, pengguna dapat mengontrol robot sesuai dengan preferensi melalui remot *flysky*.

Puncak uji coba adalah jarak yang melewati titik 10 yaitu lebih dari 140.9 m. Pada titik itu, kendali remot pada robot sudah terputus. Hal ini terjadi karena jangkauan sinyal antara robot dan remot telah melampaui batas yang dapat diatasi.

Dalam pengujian robot berbelok di saluran udara dengan menggunakan kamera dan remot *flysky*, strategi pengontrolan akan lebih sederhana dengan fokus pada visualisasi melalui kamera dan kendali manual melalui remot. Kamera akan menjadi sumber informasi utama untuk operator, dan remot *flysky* akan digunakan untuk mengendalikan gerakan robot. Pengujian terbagi menjadi tiga bagian yaitu Robot Memulai dari posisi kiri saluran udara, robot memulai dari posisi tengah saluran udara dan robot memulai dari posisi kanan saluran udara. Pengontrolan robot dilakukan dengan visualisasi melalui kamera dan kontrol gerakan manual.

Visualisasi melalui kamera yaitu operator akan memonitor gambar langsung dari kamera yang terpasang di robot. Gambar tersebut akan memberikan pandangan tentang kondisi dan rintangan yang mungkin ada di depan robot. Kemudian kontrol gerakan manual yaitu dengan informasi visual dari kamera, operator akan menggunakan remot *flysky* untuk menggerakkan robot maju, mundur, ke kiri, atau ke kanan. Operator harus berhati-hati agar tidak menabrak rintangan di depan.

Dalam pengujian menggunakan kamera dan remot *flysky*, robot akan dikendalikan secara manual berdasarkan visualisasi yang diberikan oleh kamera dan menghasilkan titik-titik yang dilewati menunjukkan kemampuan robot untuk

bergerak secara fleksibel dan mengikuti instruksi. Operator akan menggunakan remot *flysky* untuk menggerakkan robot sesuai dengan panduan visual dan pengambilan keputusan langsung. Pengontrolan semacam ini lebih sederhana daripada menggunakan sensor dan sistem navigasi yang canggih, namun tetap memerlukan ketelitian dan koordinasi antara operator dan robot. Pengujian dalam tiga kondisi yang berbeda memungkinkan robot untuk beradaptasi dengan perubahan awal yang diberikan, dengan operator sebagai elemen kunci dalam pengambilan keputusan dan kendali manual.

4.2.2 Integrasi Robot dan Pembersih

Untuk mengetahui integrasi robot dan pembersih dilakukan pengujian berdasarkan kadar debu. Pada pengujian ini robot dan pembersih dapat melakukan integrasi dalam pembersihan saluran udara dimana robot memiliki mobilitas di lingkungan terbatas. Kemampuan ini memungkinkan robot untuk bergerak secara lancar melalui tikungan dan area yang sempit di dalam saluran udara sedangkan pada pembersih memiliki kemampuan fleksibilitas karena merupakan sebuah robot *arm* yang memiliki brush pada ujungnya. *Arm* pembersih, yang ditempatkan di bagian atas robot *tank*, bersifat fleksibilitas dan berkemampuan kendali manual. *Arm* ini dapat dilengkapi dengan alat pembersih seperti brush atau sikat yang memungkinkan pembersihan dinding saluran udara. Kendali manual memungkinkan operator untuk mengarahkan *arm* secara spesifik ke area yang memerlukan pembersihan intensif.

Seperti yang dibahas pada hasil perancangan elektronik, untuk menggerakkan belt penulis menggunakan 2 motor DC yaitu untuk pergerakan ke kanan dan ke kiri.

Kemudian untuk menggerakkan *arm*, penulis menggunakan 3 motor servo. Putaran *arm* yang bisa dijangkau hanya sejauh 180 derajat. Selanjutnya untuk menggerakkan putaran *brush*, penulis menggunakan 1 motor DC.

Adapun cara agar robot dapat bergerak bersamaan dengan *arm* atau penggerak pembersihnya, maka dilakukan dengan cara menghubungkan semua motor ke *receiver flysky*. Ketika sudah terkoneksi maka seluruh pergerakan robot sudah bisa dikendalikan oleh pengguna.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Rancang bangun robot pembersih saluran udara dapat dikontrol secara manual dengan jarak jauh menggunakan remot *flysky* dengan jarak maksimal 140.9 m.
2. Rancang bangun robot pembersih saluran udara, terdiri dari mobil tank dan robot *arm*, dimana kedua bagian tersebut akan digerakkan oleh *user* dengan menghubungkan semua motor dengan *receiver* remot *flysky*.

5.2 Saran

Perancangan robot pembersih saluran udara yang dikontrol dengan jarak jauh menggunakan remot *flysky* ini memiliki banyak kekurangan, oleh sebab itu saran kedepannya untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Disarankan agar pengembangan selanjutnya bisa menjadi robot otonom yang menggunakan teknologi penginderaan komputer seperti pengenalan objek dan pelacakan visual agar bisa melihat dan berinteraksi dengan objek dan lingkungan sekitarnya.
2. Penelitian ini sebaiknya bisa menggunakan penggabungan sensor, kendali, dan kecerdasan buatan untuk mengubah kendaraan robot manual menjadi kendaraan yang dapat beroperasi secara mandiri tanpa bantuan pengendali manusia.

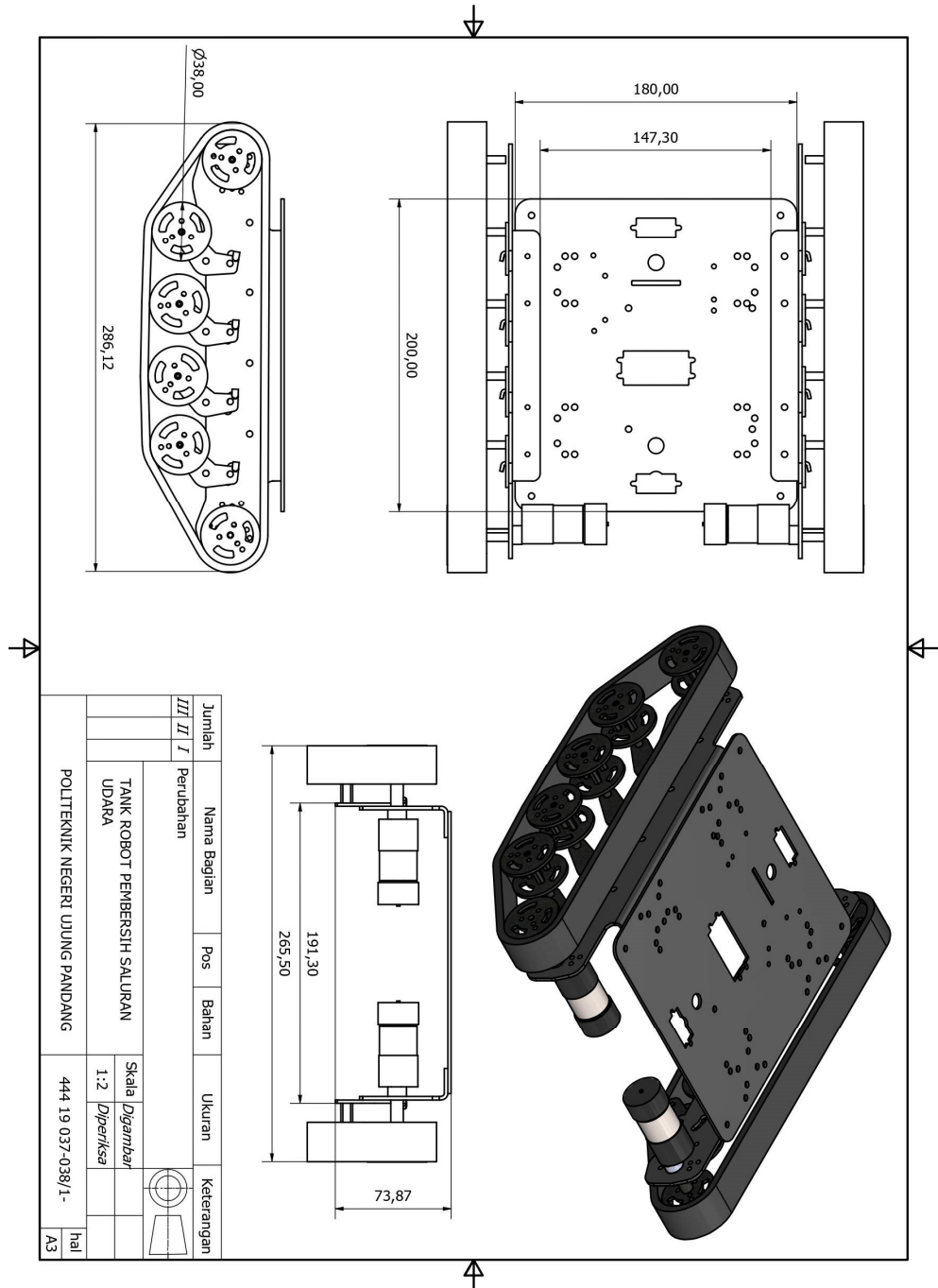
DAFTAR PUSTAKA

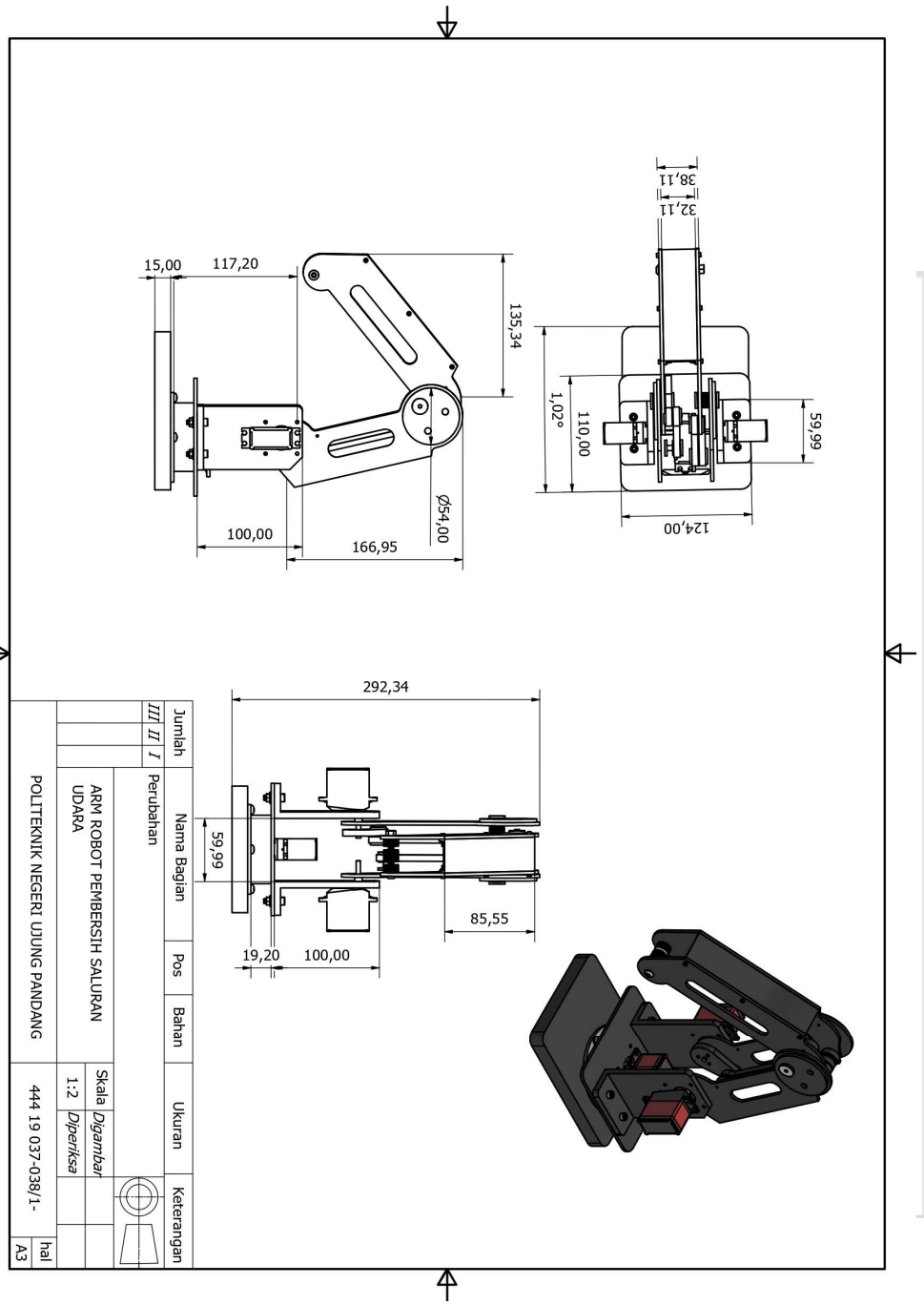
- A. Pathil Harshal. 2020. *Duct Inspection Robo*. Laporan hasil penelitian. India: *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*.
- Ardiansyah Andi. 2013. Rancang Bangun Prototipe Elevator menggunakan mikrokontroler Arduino Atmega 328P. *Jurnal Teknologi Elektro*. Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- Colia Yaheskiel. 2018. Kestabilan Kendali PID Untuk Sistem Navigasi Pada Robot Underwater ROV (*Remotely Operated Vehicle*). *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*. Manado: Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Dhengre Priya. 2020. *Air Duct Cleaning Robot*. Laporan hasil penelitian. India: *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*.
- Fathul Faris Muhammad. 2014. Perancangan Arm manipulator 4 DOF dengan menggunakan pengendalian *cartesian space-trajectory planning*. Laporan hasil penelitian. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Harahap Sahriani. 2019. Monitor Pada Komputer (Hardware). Medan: Program Studi Pendidikan Matematika UIN Sumatera Utara.
- Ito Fumio. 2019. Pengembangan Robot Pembersih Saluran Gerakan Peristaltik untuk Aplikasi ke Lingkungan Aktual – Pemeriksaan Jenis Kuas dan Cara Pemasangan. Laporan hasil penelitian. Tokyo: Fakultas Sains dan Teknik.
- Jeong Wootae. 2019. *Advanced Backstepping Trajectory Control for Skid-Steered Duct-Cleaning Mobile Platforms*. Laporan hasil penelitian. Korea: *University of Science and Technology*.
- Seo In Myeong. 2020. Rancangan sistem kendali robot pembersih saluran mampu mengatasi saluran berbentuk L dan T. Laporan hasil penelitian. Seoul: Universitas Sains dan Teknologi Nasional Seoul.
- Siagian Amini Gusni. 2019. Rancang Bangun Antena Yagi 2400 MHz 15 Elemen untuk Receiver Komunikasi WiFi. *Jurnal Ecotipe*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Sulistiyanti Ratna Sri. 2019. Rancang Bangun Camera Trap Pengirim Video *Real-Time* Berbasis Video Sender. *Jurnal Eeccis*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Supria. 2018. Sistem Remote Control Robot Beroda Menggunakan Teknologi Leap Motion. *Jurnal Teknologi Informasi & Komunikasi Digital Zone*. Riau: Politeknik Negeri Bengkalis.

Tamtomi Yusuf M. 2016. Rancang Bangun Wahana Udara Tanpa Awak VTOL-UAV Sebagai Wahana Identifikasi Dini Kondisi Udara Berbasis Video Sender. Jurnal Rekayasa dan Teknologi. Bandar Lampung: Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.



Lampiran 1 Gambar Mekanik Robot Pembersih Saluran Udara



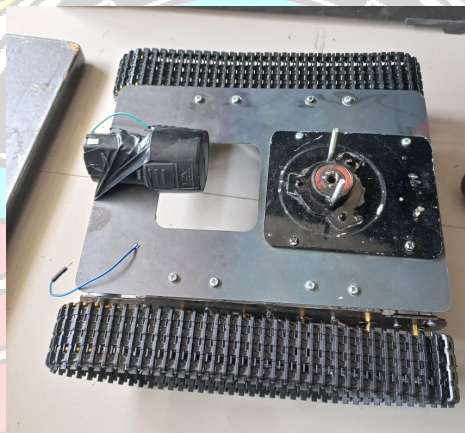


Lampiran 2 Foto-foto kegiatan

1. Pengerjaan Mekanik



Pengerjaan Rangka Robot



Rangka Robot Mobil Tank



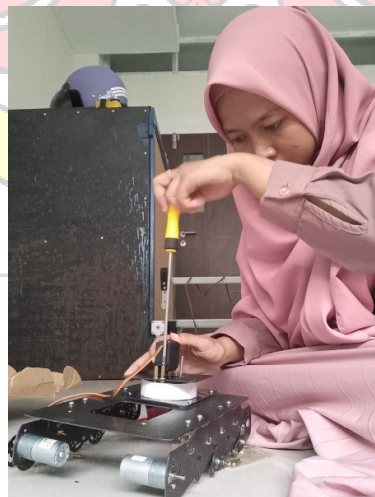
Pembuatan *stand* motor servo



Pengerjaan Rangka Robot



Pengecatan Rangka *Ducting*



Pemasanganudukan *arm*

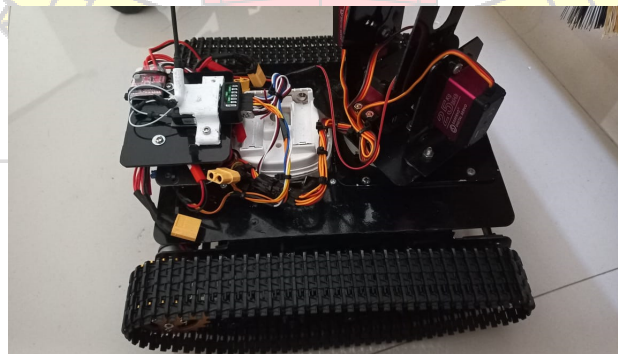


Pemasangan spring pada roda

2. Pengerjaan Elektronik



Penyolderan komponen elektronik



Wiring pada robot



Uji coba robot dengan remot *flysky*



PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ROBOT PEMBERSIH SALURAN UDARA DENGAN PENGONTROLAN MANUAL JARAK JAUH

Muhammad Arif¹, Miftahul Jannah², Imran Habriansyah³, Firman Hamzah⁴,
Akhmad Taufik⁵, Paisal⁶

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
Email_miftahul24jannah07@gmail.com

Abstract: HVAC unit stands for (heating, ventilation, and air-conditioning) which can be a source of mold, and other microbial pollutants. Dirt, dust, and fibrous material often accumulate inside the ducts. Dirt, dust, and fibrous material can accumulate inside the duct. Because it is almost impossible for humans to clean the ducts themselves, the introduction of air duct cleaning robots was carried out. The purpose of this study is to find out the control of robots in air duct cleaners and find out how the integration between robots and cleaning mechanisms in airways this research uses methods of planning, designing, implementing, testing and analyzing and managing. Based on the results of the study it can be concluded that the air duct cleaning robot can be controlled remotely using a remote flysky with a maximum distance of 140.9 m and the design of the air duct cleaning robot consists of a tank car and a robotic arm where both parts will be driven by the user by connecting all motor with flysky remote receiver.

Keyword: Air Duct Cleaning Robot, Remote Manual Control

Abstrak: Unit HVAC merupakan kepanjangan dari (*heating, ventilation, dan air-conditioning*) yang dapat menjadi sumber jamur, dan polutan mikroba lainnya. Kotoran, debu, dan bahan berserat seringkali menumpuk di dalam saluran. Kotoran, debu, dan bahan berserat dapat menumpuk di dalam saluran. Sebab hampir tidak mungkin bagi manusia untuk membersihkan saluran sendiri, maka dilakukan pengenalan robot pembersih saluran udara. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengontrolan robot pada pembersih saluran udara dan mengetahui bagaimana integrasi antara robot dan mekanisme pembersih pada saluran udara penelitian ini menggunakan metode perencanaan, perancangan, implementasi, uji coba dan analisis serta pengelolaan. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa robot pembersih saluran udara dapat dikontrol dengan jarak jauh menggunakan remot *flysky* dengan jarak maksimal 140.9 m dan rancang bangun robot pembersih saluran udara terdiri dari mobil tank dan robot arm dimana kedua bagian tersebut akan digerakkan oleh user dengan menghubungkan semua motor dengan *receiver* remot *flysky*.

Kata Kunci: Robot Pembersih Saluran Udara, Kontrol Manual Jarak Jauh

I. PENDAHULUAN

Di kota-kota besar, kualitas udara dalam ruangan dilaporkan sebanyak lima kali lipat lebih buruk dari kualitas udara luar. Kemungkinan penyebab masalah kualitas udara dalam

ruangan meliputi instalasi dan desain peralatan pendingin (*air conditioner*) dan pemanas (*heater*), desain dan konstruksi bangunan, jumlah penghuni, aktivitas penghuni, polutan udara dan fisiologis manusia faktor. Unit HVAC (*heating, ventilation, dan air-conditioning*) dapat menjadi sumber jamur, dan polutan mikroba lainnya. Kotoran, debu, dan bahan berserat dapat menumpuk di dalam saluran.

Salah satu cara untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan rumah tinggal yang baik adalah membersihkan unit HVAC dan salurannya secara periodik. *Air Conditioner* adalah mesin yang dikondisikan untuk mengubah karakteristik udara di sekitarnya agar lebih nyaman bagi manusia dengan menurunkan suhu, menghilangkan kelembaban dan mendistribusikannya ke tempat-tempat yang diperlukan. Saat ini Karena kebutuhannya meningkat secara eksponensial itu, proses distribusi juga menjadi beragam yang mengarah ke seluruh sistem sebagai sistem HVAC. Saluran distribusi ini memerlukan pemeriksaan secara berkala untuk mempertahankan efisiensinya yang tinggi dan untuk menurunkan kerugian efek yang dihasilkan oleh AC.

Di rumah dan kantor, udara disuplai atau disirkulasikan melalui saluran dengan berbagai fasilitas. Asap dan debu yang terkandung di udara yang melewati saluran di ruang tertutup akan menumpuk terlebih di bagian fleksi saluran. Ini menyebabkan adanya polusi udara dalam ruangan dan harus dibersihkan secara teratur.

Sebab hampir tidak mungkin bagi manusia untuk membersihkan saluran sendiri, maka dilakukan pengenalan robot pembersih saluran. Bentuk robot dapat ditentukan berdasarkan metode pembersihan saluran. Karena sifat saluran terutama di ruang tertutup, masalah lilitan kabel terjadi saat menggunakan robot yang digerakkan oleh kabel. Oleh karena itu, perlu dibangun robot yang digerakkan oleh Remote control dan menggerakkan robot sesuai gerakan yang diinginkan operator disepanjang saluran. Pada saat yang sama, lokasi robot perlu diidentifikasi saat bergerak disepanjang struktur saluran yang rumit untuk memantau operasinya.

II. METODE PENELITIAN

Prosedur penelitian yang kami gunakan dalam penelitian ini yaitu: Perencanaan (*planning*), Perancangan (*design*), Implementasi (*implementation*), Uji coba (*testing*) dan analisis (*analysis*).

1. Perencanaan

Untuk mendapatkan landasan teori untuk penelitian dan pembuatan alat, langkah pertama yang kami lakukan adalah mengumpulkan berbagai informasi terkait robot pembersih saluran udara. Referensi yang digunakan adalah jurnal, artikel dan informasi yang diperoleh dari internet.

2. Perancangan

Rancangan mekanik robot ini dilakukan dengan pembuatan desain 3D menggunakan aplikasi Autodesk Inventor. Pembuatan desain ini ditujukan agar dalam proses pembuatan alatnya nanti telah ada acuan bentuk, dimensi dan konsep dari alat yang akan dibuat. Autodesk Inventor merupakan aplikasi desain berbantuan komputer untuk desain mekanik 3D, simulasi, visualisasi, dan dokumentasi. Aplikasi ini termasuk salah satu dalam perangkat lunak *Computer Aided Design* (CAD). Dalam merancang skema rangkaian elektronik robot dilakukan dengan pembuatan skema rangkaian komponen elektronik seperti mikrokontroler, sensor sensor dan sambungan kabel.

3. Implementasi

Selanjutnya dilakukan proses pembuatan alat atau membuat mekanik robot yang telah dirancang. Langkah awal dalam pembuatan alat ini adalah membuat kerangka alat. Proses ini berupa pembuatan bentuk fisik dari alat tersebut. Kemudian dilakukan pemasangan komponen elektronik dan tahap terakhir yaitu mengupload porogram tersebut ke mikrokontroller.

4. Uji Coba

Setelah instalasi sistem perangkat mekanik dan elektronik akan dilakukan pengujian. Jika pengujian tidak berhasil maka akan dilakukan perbaikan, dan jika berhasil maka akan lanjut ke tahap selanjutnya.

5. Analisis

Pada tahap ini, penulis akan menguji dan mengambil data-data yang diperlukan untuk menyajikan hasil akhir dari project ini. Kemudian penulis menganalisis dan menyimpulkan data yang didapatkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL

Adapun hasil yang diperoleh berdasarkan pengujian yang telah dilakukan yaitu sebagai berikut:

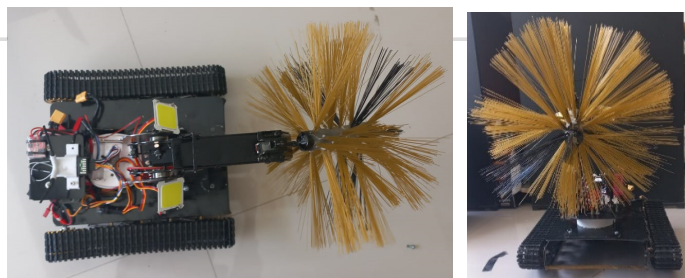
1. Hasil Perancangan Mekanik

Pada perancangan mekanik dimulai dengan pembuatan sistem mekanik robot mobil *tank* yang merupakan wadah utama untuk menyimpan komponen dan robot *arm*. Pada mekanik robot mobil *tank* ini berukuran 318 cm X 180 cm dan berbahan besi plat.

Kemudian pada robot *armnya*, yang juga terbuat dari bahan besi plat merupakan bagian yang berfungsi sebagai pembersih dan kemudian dihubungkan dengan *brush*. Pada *brush* ini terbuat dari bahan plastik.

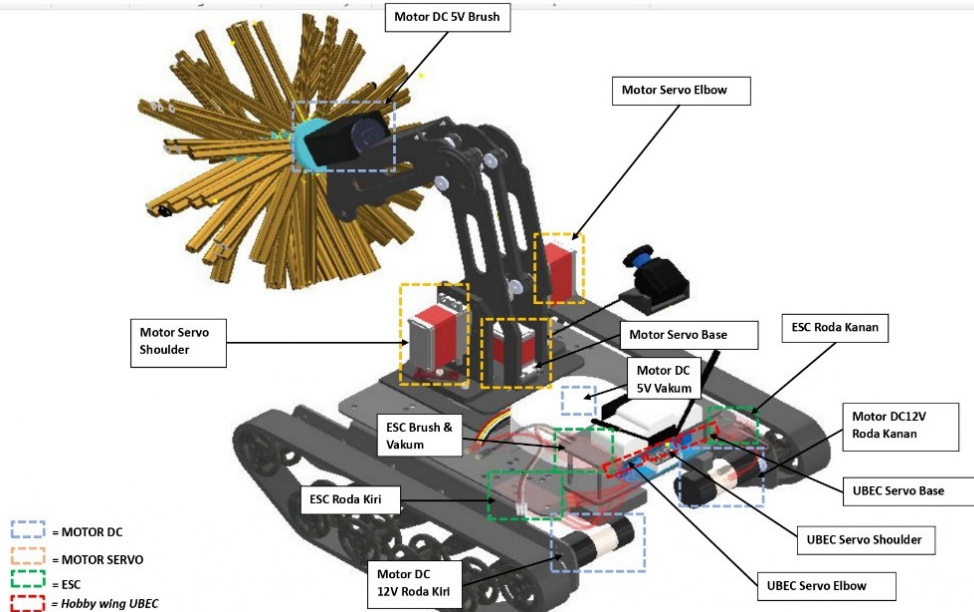
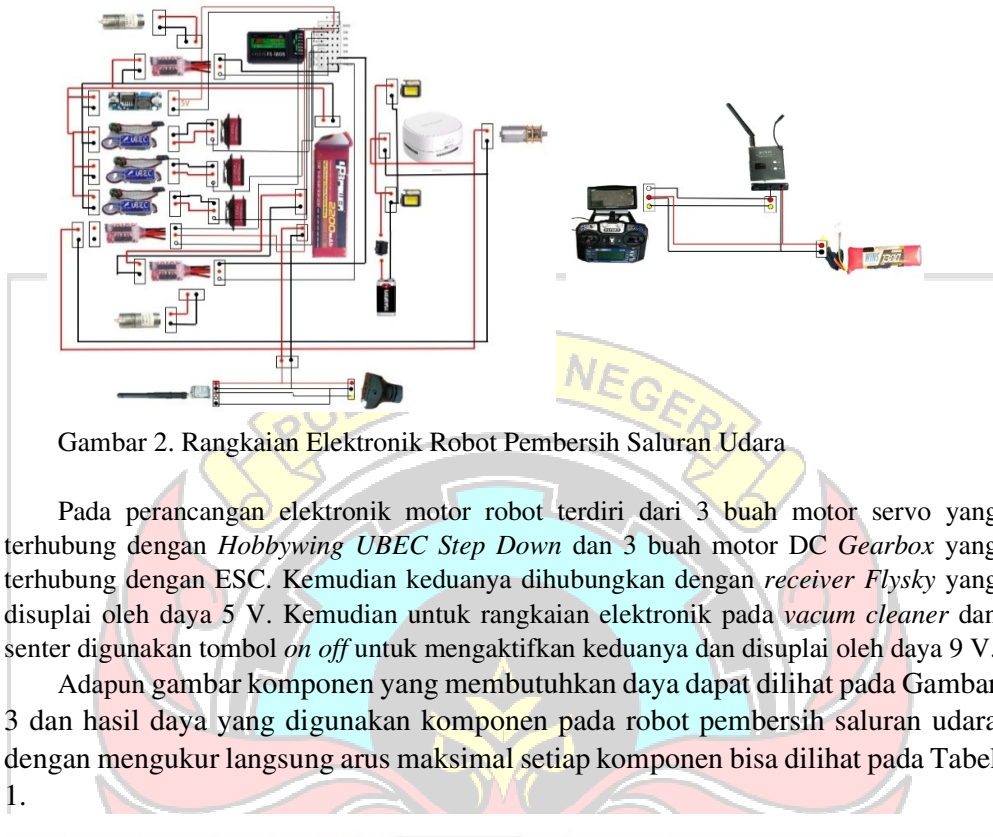
Penulis juga memasang *vacum cleaner* berukuran 7.9 cm X 6 cm yang berada diantara 2 sisi *belt* robot mobil tank dimana *vacum cleaner* ini berfungsi untuk menyedot debu yang jatuh setelah dibersihkan oleh robot *arm*.

Pada robot pembersih saluran udara, penulis juga membuat stand untuk menyimpan kamera yang berfungsi sebagai pemantau selama robot melakukan pembersihan. *Stand camera* ini ditempatkan dibagian robot *arm*. Kemudian, penulis juga membuat stand untuk menyimpan Monitor LCD yang diletakkan pada remot *flysky*. *Stand* ini terbuat dari fillamen.



Gambar 1. Mekanik Robot Pembersih Saluran Udara

2. Hasil Perancangan Elektronik



Gambar 3 Komponen yang membutuhkan daya

Tabel 1 Hasil Perhitungan Daya Komponen pada robot

Komponen	Tegangan [v]	Arus [mA]	Daya [mW]
Motor Servo <i>Elbow</i>	6,8	2,9	197,2
Motor Servo <i>Shoulder</i>	6,8	43,3	294,4
Motor Servo <i>Base</i>	6,8	59,2	402,6
UBEC Servo <i>Elbow</i>	5	0,3	1,5
UBEC Servo <i>Shoulder</i>	5	0,3	1,5
UBEC Servo <i>Base</i>	5	0,3	1,5
ESC <i>Brush</i> dan <i>Vacum</i>	8	44,1	352,8
ESC Roda Kanan	8	44,1	352,8
ESC Roda Kiri	8	44,1	352,8
Motor DC 5V <i>Vacum</i>	5	92	460
Motor DC 5V <i>Brush</i>	5	92	460
Motor DC 12V Roda Kanan	12	55	660
Motor DC 12V Roda Kiri	12	55	660

3. Hasil Pengujian dan Pembahasan
 Adapun hasil yang didapatkan yaitu:
 ➤ Hasil Pengujian Berdasarkan kadar debu



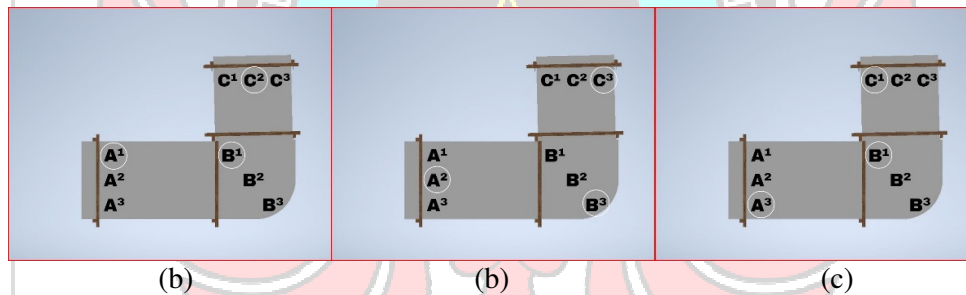
Gambar 3. Kondisi Saluran Udara sebelum dibersihkan



Gambar 4. Kondisi Saluran Udara setelah dibersihkan

Gambar 3 sebelum pembersihan menunjukkan adanya lapisan debu atau kotoran yang dapat mengurangi estetika, kejelasan, atau fungsionalitas objek atau area tersebut. Sementara Gambar 4 setelah pembersihan menunjukkan perbedaan yang jelas, di mana sebagian debu dan kotoran telah dihilangkan, mengungkapkan detail yang lebih baik, dan peningkatan kesan keseluruhan kebersihan.

- Hasil pengujian berdasarkan titik point yang dilewati robot



Gambar 5 Bentuk jalur beserta titik poin yang telah dilalui oleh robot

Adapun penjelasan Gambar 5 ialah:

- Pada gambar a, titik awal robot berada dititik A^1 . Kemudian titik pada saat pembelokan berada dititik B^1 dan titik akhirnya berada dititik C^2 .
- Pada gambar b, titik awal robot berada dititik A^2 . Kemudian titik pada saat pembelokan berada dititik B^3 dan titik akhirnya berada dititik C^3 .
- Pada gambar c, titik awal robot berada dititik A^2 . Kemudian titik pada saat pembelokan berada dititik B^1 dan titik akhirnya berada dititik C^1 .

- Hasil pengujian berdasarkan jangkauan sinyal *remot control*

Pegujian ini dilakukan sebanyak 15 kali percobaan dengan jarak yang berbeda. Pada titik 1-10 dilakukan percobaan tanpa halang rintang dan pada titik 11-15 dilakukan percobaan dengan halang rintang berupa beberapa bangunan yang ada dikampus. Adapun hasil yang didapatkan yaitu:

Tabel 2. Hasil Pengujian Jangkauan Sinyal *Remote Control*

Titik	Jarak [m]	Respon Alat
1	8.11	Merespon
2	15.91	Merespon
3	33.52	Merespon
4	45.51	Merespon
5	48.58	Merespon
6	66.15	Merespon
7	66.52	Merespon
8	88.23	Merespon
9	117.32	Merespon
10	140.9	Merespon
11	165.25	Tidak Merespon
12	64.86	Merespon
13	127.70	Merespon
14	258.55	Tidak Merespon
15	135.10	Tidak Merespon

➤ Hasil pengujian berdasarkan pergerakan robot pada lintasan lurus

Pengujian ini dilakukan dengan 10 kali percobaan dengan menggunakan jarak yang berbeda dan dilakukan pada lintasan lurus. Adapun penyimpangannya yaitu kearah samping.

Tabel 3 Hasil Pengujian Berdasarkan Pergerakan Robot pada Lintasan Lurus

Percobaan	Posisi Robot [m]	Penyimpangan Robot [m]
1	1	0.25
2	2	0.65
3	3	1,45
4	4	1,55
5	5	1,76
6	6	1,77
7	7	1,91
8	8	1,92

9	9	2,16
10	10	2,17

➤ Hasil pengujian Berdasarkan Kecepatan Robot

Pegujian ini dilakukan dengan 10 kali percobaan dengan jarak yang berbeda.

Tabel 4 Hasil Pengujian Berdasarkan Kecepatan Robot

Percobaan	Jarak [m]	Waktu [s]	Kecepatan [m/s]
1	1	2.83	0.35
2	2	5.44	0.36
3	3	7.87	0.38
4	4	11.40	0.35
5	5	15.18	0.32
6	6	18.22	0.32
7	7	20.95	0.33
8	8	24.15	0.33
9	9	28.54	0.32
10	10	31.82	0.31

B. PEMBAHASAN

1. Proses Pengontrolan Robot

Pada proses pengontrolan robot, digunakan remot *flysky* sebagai pengendali pergerakan robot pada titik-titik lokasi yang telah ditentukan. Penulis menggunakan 10 titik lokasi sebagai uji coba untuk mengetahui seberapa jauh jangkauan sinyal remot pada robot. Pada titik 1 yang berjarak 8,11 m dari titik 0, pengguna masih memiliki kendali penuh terhadap robot. Setelah memastikan pengendalian berhasil pada titik 1, pengujian dilakukan pada titik 2 yaitu dengan jarak 15,91 m dari titik 0. Proses dilanjutkan dan diulangi pada titik berikutnya, yaitu titik 3 (Jarak 33,52 m), titik 4 (Jarak 45,51 m), titik 5 (Jarak 48,58 m), titik 6 (Jarak 66,15 m), titik 7 (Jarak 66,52 m), titik 8 (Jarak 88,23 m), titik 9 (Jarak 117,32 m) dan titik 10 (Jarak 140,9 m). Pada tiap titik ini, pengguna dapat mengontrol robot sesuai dengan preferensi melalui remot *flysky*.

Puncak uji coba adalah jarak yang melewati titik 10 yaitu lebih dari 140.9 m. Pada titik itu, kendali remot pada robot sudah terputus. Hal ini terjadi karena jangkauan sinyal antara robot dan remot telah melampaui batas yang dapat diatasi.

Dalam pengujian robot berbelok di saluran udara dengan menggunakan kamera dan remot *flysky*, strategi pengontrolan akan lebih sederhana dengan fokus pada visualisasi melalui kamera dan kendali manual melalui remot. Kamera akan menjadi sumber informasi utama untuk operator, dan remot *flysky* akan digunakan untuk mengendalikan gerakan robot. Pengujian terbagi menjadi tiga bagian yaitu Robot Memulai dari posisi kiri saluran udara, robot memulai dari posisi tengah saluran udara dan robot memulai dari posisi kanan saluran

udara. Pengontrolan robot dilakukan dengan visualisasi melalui kamera dan kontrol gerakan manual.

Visualisasi melalui kamera yaitu operator akan memonitor gambar langsung dari kamera yang terpasang di robot. Gambar tersebut akan memberikan pandangan tentang kondisi dan rintangan yang mungkin ada di depan robot. Kemudian kontrol gerakan manual yaitu dengan informasi visual dari kamera, operator akan menggunakan *remote Flysky* untuk menggerakkan robot maju, mundur, ke kiri, atau ke kanan. Operator harus berhati-hati agar tidak menabrak rintangan di depan.

Dalam pengujian menggunakan kamera dan remot *flysky*, robot akan dikendalikan secara manual berdasarkan visualisasi yang diberikan oleh kamera dan menghasilkan titik-titik yang dilewati menunjukkan kemampuan robot untuk bergerak secara fleksibel dan mengikuti instruksi. Operator akan menggunakan remot *flysky* untuk menggerakkan robot sesuai dengan panduan visual dan pengambilan keputusan langsung. Pengontrolan semacam ini lebih sederhana daripada menggunakan sensor dan sistem navigasi yang canggih, namun tetap memerlukan ketelitian dan koordinasi antara operator dan robot. Pengujian dalam tiga kondisi yang berbeda memungkinkan robot untuk beradaptasi dengan perubahan awal yang diberikan, dengan operator sebagai elemen kunci dalam pengambilan keputusan dan kendali manual.

2. Integrasi robot dan pembersih

Untuk mengetahui integrasi robot dan pembersih dilakukan pengujian berdasarkan kadar debu. Pada pengujian ini robot dan pembersih dapat melakukan integrasi dalam pembersihan saluran udara dimana robot memiliki mobilitas di lingkungan terbatas. Kemampuan ini memungkinkan robot untuk bergerak secara lancar melalui tikungan dan area yang sempit di dalam saluran udara sedangkan pada pembersih memiliki kemampuan fleksibilitas karena merupakan sebuah robot arm yang memiliki brush pada ujungnya. Arm pembersih, yang ditempatkan di bagian atas robot tank, bersifat fleksibilitas dan berkemampuan kendali manual. Arm ini dapat dilengkapi dengan alat pembersih seperti brush atau sikat yang memungkinkan pembersihan dinding saluran udara. Kendali manual memungkinkan operator untuk mengarahkan arm secara spesifik ke area yang memerlukan pembersihan intensif.

Seperti yang dibahas pada hasil perancangan elektronik, untuk menggerakkan belt penulis menggunakan 2 motor DC yaitu untuk pergerakan ke kanan dan ke kiri. Kemudian untuk menggerakkan arm, penulis menggunakan 3 motor servo. Putaran arm yang bisa dijangkau hanya sejauh 180 derajat. Selanjutnya untuk menggerakkan putaran brush, penulis menggunakan 1 motor DC.

Adapun cara agar robot dapat bergerak bersamaan dengan arm atau penggerak pembersihnya, maka dilakukan dengan cara menghubungkan semua motor ke receiver *flysky*. Ketika sudah terkoneksi maka seluruh pergerakan robot sudah bisa dikendalikan oleh pengguna.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Rancang bangun robot pembersih saluran udara ini menggunakan *esc* sebagai kontrol putaran motor dan motor tersebut akan dikontrol langsung oleh *user* menggunakan remot *flysky*.
2. Robot dapat bergerak bersamaan dengan arm atau penggerak pembersihnya, setelah menghubungkan semua motor ke *receiver flysky*. Ketika sudah terkoneksi dengan remot *flysky* maka seluruh pergerakan robot sudah bisa dikendalikan oleh pengguna.

Perancangan robot pembersih saluran udara yang dikontrol dengan jarak jauh menggunakan remot *flysky* ini memiliki banyak kekurangan, oleh sebab itu saran kedepannya untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Disarankan agar pengembangan selanjutnya bisa menjadi robot otonom yang menggunakan teknologi penginderaan komputer seperti pengenalan objek dan pelacakan visual agar bisa melihat dan berinteraksi dengan objek dan lingkungan sekitarnya.
2. Penelitian ini sebaiknya bisa menggunakan penggabungan sensor, kendali, dan kecerdasan buatan untuk mengubah kendaraan robot manual menjadi kendaraan yang dapat beroperasi secara mandiri tanpa bantuan pengendali manusia

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. Pathil Harshal. 2020. *Duct Inspection Robo*. Laporan hasil penelitian. India: *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*.
- [2]. Ardiansyah Andi. 2013. Rancang Bangun Prototipe Elevator menggunakan *microkontroler* Arduino Atmega 328P. *Jurnal Teknologi Elektro*. Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- [3]. Colia Yaheskiel. 2018. Kestabilan Kendali PID Untuk Sistem Navigasi Pada Robot Underwater ROV (*Remotely Operated Vehicle*). *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*. Manado: Universitas Sam Ratulangi Manado.
- [4]. Dhengre Priya. 2020. *Air Duct Cleaning Robot*. Laporan hasil penelitian. India: *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*.
- [5]. Fathul Faris Muhammad. 2014. Perancangan Arm manipulator 4 DOF dengan menggunakan pengendalian *cartesian space-trajectory planning*. Laporan hasil penelitian. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [6]. Harahap Sahriani. 2019. Monitor Pada Komputer (Hardware). Medan: Program Studi Pendidikan Matematika UIN Sumatera Utara.
- [7]. Ito Fumio. 2019. Pengembangan Robot Pembersih Saluran Gerakan Peristaltik untuk Aplikasi ke Lingkungan Aktual – Pemeriksaan Jenis Kuas dan Cara Pemasangan. Laporan hasil penelitian. Tokyo: Fakultas Sains dan Teknik.
- [8]. Jeong Wootae. 2019. *Advanced Backstepping Trajectory Control for Skid-Steered Duct-Cleaning Mobile Platforms*. Laporan hasil penelitian. Korea: *University of Science and Technology*.
- [9]. Seo In Myeong. 2020. Rancangan sistem kendali robot pembersih saluran mampu mengatasi saluran berbentuk L dan T. Laporan hasil penelitian. Seoul: Universitas Sains dan Teknologi Nasional Seoul.
- [10]. Siagian Amini Gusni. 2019. Rancang Bangun Antena Yagi 2400 MHz 15 Elemen untuk Receiver Komunikasi WiFi. *Jurnal Ecotipe*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [11]. Sulistiyanti Ratna Sri. 2019. Rancang Bangun Camera Trap Pengirim Video Real-Time Berbasis Video Sender. *Jurnal Eeccis*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- [12]. Supria. 2018. Sistem Remote Control Robot Beroda Menggunakan Teknologi Leap Motion. *Jurnal Teknologi Informasi & Komunikasi Digital Zone*. Riau: Politeknik Negeri Bengkalis.
- [13]. Tamtomi Yusuf M. 2016. Rancang Bangun Wahana Udara Tanpa Awak VTOL-UAV Sebagai Wahana Identifikasi Dini Kondisi Udara Berbasis Video Sender. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi*. Bandar Lampung: Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.



**JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR 2023**

KARTU ASISTENSI

Judul Tugas Akhir : "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ROBOT
PEMBERSIH SALURAN UDARA DENGAN
PENGONTROLAN MANUAL JARAK JAUH"

Nama : 1. Miftahul Jannah 444 19 037
2. Muhammad Arif 444 19 038

Kelas : 4B Teknik Mekatronika

Dosen Pembimbing I : Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing II : Paisal, S.T., M.T.

No	Tanggal	Kegiatan	Uraian/Revisi	Paraf Pembimbing
1	23/3/23	Seminar progres I	- Perbaiki PAB	<i>Ahd</i>
2	6/3/23	Seminar progres II	- Rapikan lengkungan robot arm	<i>Ahd</i>
3	28/4/23	Seminar progres III	- Lanjutkan pembuatan kerangka robot arm & robot tank - Lakukan pembelian barang PAB	<i>Ahd</i>
4	26/5/23	Seminar progres IV	- Buat brush - Rapikan robot arm dengan cat	<i>Ahd</i>
5	10/6/23	Seminar progres V	- Tampilkan gambar alat secara keseluruhan di ppt - pengerjaan alat selanjutnya dilakukan di gedung baru	<i>Ahd</i>



JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR 2023

6	24 / 6 / 23	Asistensi VI	- Tambahkan roller pada mobil tank - Ganti beberapa baut & mur jadi keling - Lakukan pengelasan pada body tank - Beli baterai 2200 mAh - Buat stan kamera	Ahmad
7	11 / 7 / 23	Asistensi VII	- Selesaikan mekanik - Selesaikan bagian putaran arm - Buat stan kamera di arm	Ahmad
8	10 / 8 / 23	Asistensi VIII	- Selesaikan isi stripis	Ahmad
9	16 / 8 / 23	Asistensi IX	Revisi dan lengkapi semen 100% stripis	Ahmad
10	18 / 8 / 23	Asistensi X	Ace in ujian sidy	Ahmad

Senin.

Disahkan, 18/8/ 2023

Dosen Pembimbing I

Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T.
NIP. 19760413 200812 1 003



JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR 2023

KARTU ASISTENSI

Judul Tugas Akhir : "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ROBOT
PEMBERSIH SALURAN UDARA DENGAN
PENGONTROLAN MANUAL JARAK JAUH"

Nama : 1. Miftahul Jannah 444 19 037
2. Muhammad Arif 444 19 038

Kelas : 4B Teknik Mekatronika

Dosen Pembimbing I : Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing II : Paisal, S.T., M.T.

No	Tanggal	Kegiatan	Uraian/Revisi	Paraf Pembimbing
1	23/3/23	Seminar progres I	- Buat anggaran pembuatan tugas akhir (KAB) - Buat perhitungan	
2	6/3/23	Seminar progres II	- Rapihan lengkungan robot arm	
3	28/4/23	Seminar progres III	- Sesuaikan dimensi lengan robot -	
4	26/6/23	Seminar progres IV	- Perbaiki sistem roda penggerak	
5	10/6/23	Seminar progres V	- Pemasangan arm / tangan robot	



JURUSAN TEKNIK MESIN
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR 2023

6	24/6/23	Seminar progres vi	- Tes fungsi alat kontrol	PS.
7	4/7/23	Seminar progres vii	- Lengkapi alat dan rokit	PS.
8	1/8/23	Asistensi	- Pengambilan data fungsi alat kontrol	PS.
9	3/8/23	Asistensi	- Pengujian simpangan pergerakan robot	PS.
10	10/8/23	Asistensi	- Buat laporan - Buat presentase ujian	PS.

Disahkan, 10/8/2023

Dosen Pembimbing II

Paisal, S.T., M.T.

NIP. 19810604 200604 1 003

Lampiran 5 Biodata Penulis



Penulis bernama Muhammad Arif, dilahirkan pada tanggal 21 Juli 1999 di Jatie, merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Pada tahun 2013 lulus SDN 13 Kassiloe, tahun 2015 lulus dari SMPN 1 Labakkang dan lulus dari SMKN 2 Pangkep tahun 2018. Pada tahun 2019 penulis menjadi Mahasiswa di Politeknik Negeri Ujung Pandang di Jurusan Teknik Mesin Program Studi D4 Teknik Mekatronika dan telah menyelesaikan pendidikan pada tahun 2023.





Penulis bernama Miftahul Jannah, dilahirkan pada tanggal 7 Juni 2000 di Maros, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Pada tahun 2012 lulus SDN Kalukuang 1, tahun 2015 lulus dari SMPN 4 Makassar dan lulus dari SMKN 5 Makassar tahun 2019. Pada tahun 2019 penulis menjadi Mahasiswi di Politeknik Negeri Ujung Pandang di Jurusan Teknik Mesin Program Studi D4 Teknik Mekatronika dan telah menyelesaikan pendidikan pada tahun 2023.

**LAMPIRAN BERITA ACARA PELAKSANAAN
UJIAN SIDANG SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Muhammad Arif / Miftahul Jannah

NIM : 444 19 038 / 444 19 037

Catatan/Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama Dosen	Uraian	Tanda Tangan
1.	Sukma Abadi:	<ul style="list-style-type: none"> - Bab IV, pembahasan ttg Pengukuran servo di ✓ - Tegangan dari motor² komponen ke hal: 41 ✓ - Tampilkan gambar yg bagan robot yg membutuhkan daya ✓ - Gambar 4.9. dan 4.10 disar ✓ - Gambar 4.11 dipisah ✓ - Tabel 4.3 harus diberi penjelasan dan tidak bisa dirataikan ✓ 	 02/24 10
2.	Mukhtar	<ul style="list-style-type: none"> - Hal. 42 diperjelas. - Tambahkan detail² pengukuran - Penulisan istilah asing 	
3	Lewi	<ul style="list-style-type: none"> - Cantumkan dasar perancangan robot - Mekanik robot 	