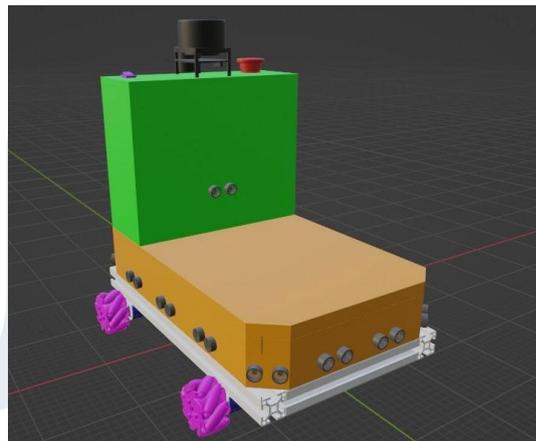


## BAB II

### KONSEP DESAIN & SPESIFIKASI SISTEM

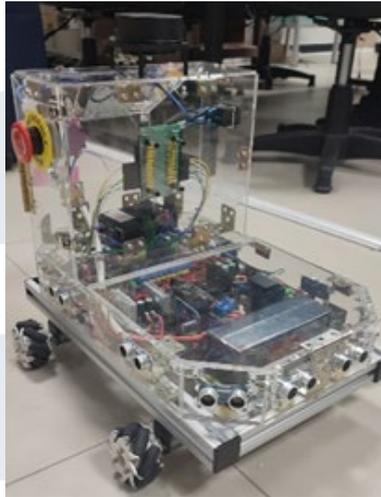
#### 2.1 Konsep Desain Sistem

Produk yang dirancang dan dikembangkan merupakan *Indoor Mecanum Wheeled Mobile Robot (IMWMR)* dengan memiliki kemampuan untuk memetakan lingkungan kerja robot tersebut dan kemudian berjalan ke titik yang akan dituju. Robot ini dilengkapi dengan *mecanum wheel* yang meningkatkan manuverabilitas gerak robot sehingga dapat bekerja di ruangan yang memiliki ruang gerak yang sempit. Produk ini ditujukan untuk bekerja di area gudang penyimpanan logistik sehingga dapat meningkatkan efisiensi area penyimpanan dan meningkatkan efektivitas operasional di dalam gudang. Pengembangan produk dimulai dengan melakukan penentuan misi yang akan dilakukan sehingga dapat menentukan komponen yang akan digunakan. Setelah komponen ditentukan, model tiga dimensi dari produk didesain terlebih dahulu sebelum membuatnya secara langsung pada Gambar 2.1.



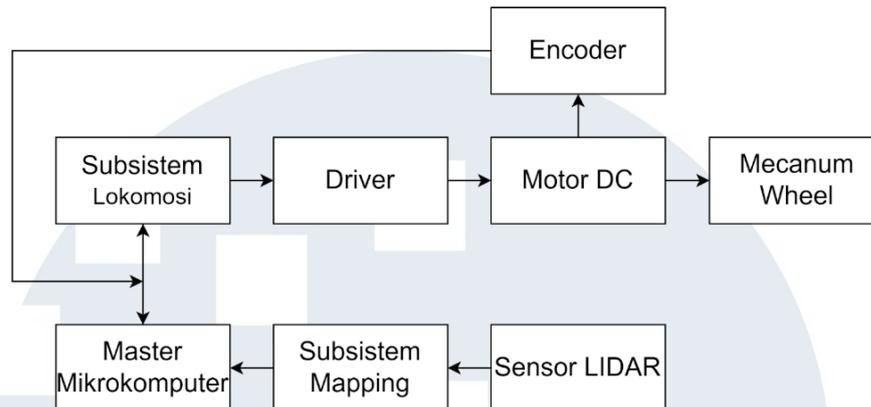
Gambar 2.1 - Model 3D IMWMR

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA



Gambar 2.2 - Pandangan Isometrik IMWMR

Ilustrasi tiga dimensi dari konsep produk yang dikembangkan terdapat pada Gambar 2.1. Hasil implementasi fisik dari robot terdapat pada Gambar 2.2. Secara keseluruhan konsep dari *IMWMR* ini terdiri dari tiga bagian utama, sasis robot; badan utama robot; dan bagian panel. Material utama produk ini adalah akrilik dan aluminium *profile*. Dimensi kasar keseluruhan produk adalah 40 cm x 25 cm x 35 cm dan menggunakan *mecanum wheel* dengan diameter utama roda 6 cm. Bagian sasis robot menggunakan aluminium *profile* yang dirangkai berbentuk persegi panjang dengan sekat pada bagian memanjang. Sasis diperuntukkan sebagai rangka utama dan tempat dipasangkannya motor DC dan *mecanum wheel*. Bagian badan utama menggunakan akrilik yang dipotong menggunakan mesin pemotong LASER dengan ukuran khusus. Badan utama merupakan tempat peletakan komponen-komponen elektrikal seperti sumber daya, sensor, mikrokontroler, dan lainnya. Pada bagian datar di atas badan utama ini merupakan tempat untuk meletakkan barang. Bagian terakhir, bagian panel menggunakan material akrilik yang serupa dengan badan utama. Bagian panel ini digunakan sebagai peletakan sensor LiDAR, panel *interface*, serta *processing unit*. panel ini lebih tinggi dibandingkan bagian lain pada robot yang ditujukan agar sensor LiDAR dapat mengambil data 360° tanpa terhalang badan robot atau benda yang diletakan.



Gambar 2.3 - Data Flow Diagram Subsistem Mapping dan Lokomosi

Untuk memperjelas hubungan antar sistem yang ada dalam produk ini, akan dijelaskan dalam bentuk diagram blok pada Gambar 2.3. Seluruh sistem terhubung dengan satu mikrokomputer Raspberry Pi 4 yang berfungsi untuk memberi perintah kepada sistem lainnya melalui mikrokontroler yang ada pada setiap subsistem. Mikrokontroler yang digunakan adalah Raspberry Pico RP2040. Sensor LiDAR terhubung langsung ke mikrokomputer, dan dari data yang didapat akan diproses oleh mikrokomputer untuk menentukan jalur dan mengirimkan perintah pada mikrokontroler sistem lokomosi sehingga motor DC dapat menggerakkan roda sehingga robot bergerak. Terdapat juga *encoder* yang akan mengirimkan data pembacaan perputaran motor kembali ke mikrokontroler agar sistem mengetahui sudah sejauh apa roda berputar.

Dalam penelitian ini terdapat dua subsistem yang menjadi fokus pembahasan, yaitu sub sistem lokomosi dan sub sistem *mapping*. robot melakukan pemetaan area di sekitar robot sehingga robot dapat melakukan pergerakan menggunakan roda mecanum. walaupun kedua subsistem ini berbeda, namun kedua subsistem ini akan saling bekerja sama untuk menyelesaikan tugas.

## 2.2 Spesifikasi Sistem

Pada bagian ini akan dijelaskan spesifikasi sistem berdasarkan beberapa aspek sebagai berikut:

### **2.2.1 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Kemampuan dan Fungsionalitas**

Berikut adalah spesifikasi IMWMR berdasarkan kemampuan dan fungsionalitas produk dalam proses perencanaan dan pengembangan atau integrasi mula. Robot mampu melakukan pengulangan pergerakan atau kepresisian pergerakan 9 dari 10 kali percobaan. Robot mampu berhenti ketika mendeteksi halangan statis 9 dari 10 kali percobaan. Robot mampu melakukan komunikasi serial antara Raspberry Pi 4 sebagai *master* yang menjadi pengolah data utama dan menerima data dari *slave* dan dua Raspberry Pico RP2040 sebagai *slave* yang mengirimkan data pembacaan sensor ke *master* yang terdapat pada sistem dengan integrasi *Robot Operating System 2* (ROS 2). Robot mampu terhubung dengan LiDAR dan melakukan pemetaan.

### **2.2.2 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Standarisasi**

Produk IMWMR memiliki beberapa standarisasi industri yang akan diikuti oleh produk. Berikut merupakan standarisasi industri yang diikuti oleh produk:

1. IP31 adalah standar yang mengatur perlindungan produk terhadap debu, kontak dengan bagian tubuh manusia, dan risiko cipratan air. Menurut standar ini, produk dijamin terlindungi dari partikel debu dengan ukuran lebih besar dari 2.5 mm dan cipratan air dari arah atas.
2. SNI IEC 60529:2014, mengenai standar produk terhadap tingkat proteksi produk yang diberikan oleh selungkup dalam menghadapi intrusi, debu, kontak yang tidak disengaja, dan air.
3. SNI 04-6972-2003, mengenai standar produk terhadap penyajian dan spesifikasi data keandalan untuk komponen elektronik.
4. EN 50144-1, mengenai standar produk terhadap keselamatan peralatan elektrik yang menggunakan motor elektrik.
5. IEC 60086-4:2019, mengenai standar produk terhadap keamanan baterai *lithium*.

### **2.2.3 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Keandalan dan Perawatan**

IMWMR mengonsumsi daya total sebesar 77,9 W dengan asumsi maksimal yang artinya setiap komponen menggunakan daya maksimal. Empat

motor DC mengonsumsi daya masing-masing 14,4 W, Raspberry Pi 4 mengonsumsi daya sebesar 15 W, dan LiDAR mengonsumsi daya sebesar 4 W. Sumber daya yang digunakan merupakan baterai *Lithium Polymer* (LiPo) 4 sel dengan tegangan total 14,8 V dan kapasitas maksimum sebesar 5500 mAh sehingga total daya per jamnya sebesar 81,4 Wh sehingga IMWMR dapat dioperasikan selama 62,7 menit. Dengan perhitungan daya demikian, IMWMR dapat dioperasikan 4 jam per hari, dengan setiap jam dilakukan pengisian daya. Target jumlah jam operasional dalam setahun adalah 1040 jam, dengan diasumsikan bahwa ada 260 hari kerja dalam setahun. Berdasarkan komponen-komponen yang digunakan dalam produk, motor DC merupakan komponen yang paling rentan terhadap kerusakan, dengan rata-rata waktu sebelum gagal (*Mean Time Before Failure/MTBF*) antara 1000 hingga 3000 jam. Sedangkan rata-rata waktu untuk melakukan perbaikan (*Mean Time To Repair/MTTR*) untuk mengatasi kerusakan minor, seperti kerusakan pada motor DC, adalah 3 jam, yang mencakup penggantian komponen, kalibrasi ulang, dan pengujian ulang. Untuk kerusakan mayor, seperti kerusakan pada rangka robot, pecahnya akrilik, atau kerusakan pada roda, serta komponen-komponen lain yang memerlukan waktu lama untuk dipesan dan diperbaiki, waktu yang dibutuhkan untuk perbaikan (MTTR) adalah 3 hari, dengan memperhitungkan waktu pemesanan komponen, waktu pengiriman komponen ke lokasi, dan proses penggantian komponen.

Untuk menjaga kinerja produk, penting untuk menyimpannya di tempat yang kering karena produk tidak tahan air. Selain itu, produk harus ditempatkan di permukaan yang datar agar tetap stabil dan tidak bergeser karena roda tidak dapat dikunci secara manual. Pengecekan dan pembersihan debu dan kotoran perlu dilakukan secara berkala setelah setiap operasi yang dilakukan oleh produk. Selain itu, sambungan baterai dengan produk sebaiknya dilepas jika produk tidak akan digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama. Selain dari penyimpanan dan pembersihan, pengisian daya secara berkala diperlukan untuk menjaga agar sumber daya tetap dalam kondisi operasional.

## 2.2.4 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Constraint/Hambatan

Bagian ini membahas mengenai *constraint* yang menjadi hambatan spesifikasi sistem. Contoh :

- Penggunaan sensor LiDAR berjenis RPLIDAR-A1M8.
- Material badan utama sistem terbuat dari bahan akrilik.
- Pengguna perlu mengambil barang dan meletakkan barang di atas produk sistem secara manual.
- Bobot maksimum barang yang bisa dibawa oleh sistem adalah 3 kg.
- Dimensi panjang, lebar, dan tinggi barang maksimum yang mampu di bawah oleh sistem adalah 20 cm x 20 cm x 20 cm dan memiliki permukaan yang rata.
- Dimensi panjang, lebar, dan tinggi sistem maksimum adalah 40 cm x 25 cm x 35 cm.
- Benda yang digunakan untuk *mapping* LiDAR (dinding, kardus isi rak, rak) tidak memiliki warna yang dapat mengganggu pembacaan sensor LiDAR serta tidak transparan.
- Sistem produk hanya dapat digunakan di dalam ruangan yang permukaannya rata, datar, tidak lembap, dan tidak basah.
- Produk digunakan pada lingkungan bebas dari gangguan LASER.

## 2.3 Metode Verifikasi Spesifikasi

### 2.3.1 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian sistem produk akan melibatkan pengujian terhadap masing-masing modul komponen yang digunakan dalam setiap subsistem. Berikut adalah langkah-langkah prosedur pengujian yang akan dilakukan:

1. Pengujian akan dimulai dengan pengujian pada setiap mikrokomputer dan mikrokontroler yang digunakan. Hal ini akan dilakukan dengan memasukkan kode program sederhana ke dalam setiap mikrokomputer dan mikrokontroler, dan kemudian mengamati hasil dari eksekusi kode program untuk memastikan apakah mikrokomputer dan mikrokontroler dapat berfungsi dengan baik.

2. Pengujian berikutnya akan dilakukan pada tiap sensor yang digunakan. Setiap sensor akan diuji untuk memastikan bahwa sensor tersebut dapat menghasilkan nilai bacaan yang akurat. Hasil pembacaan sensor akan dibandingkan dengan hasil pengukuran yang diperoleh dari alat ukur untuk verifikasi.
3. Pada komponen aktuator, pengujian akan dilakukan untuk memastikan bahwa aktuator dapat berputar secara *clockwise* dan *counterclockwise*. Aktuator juga akan dijalankan dengan nilai PWM penuh selama beberapa detik untuk memastikan bahwa nilai *encoder* yang dihasilkan oleh setiap aktuator konsisten.
4. Setelah melakukan pengujian pada setiap komponen, selanjutnya komponen-komponen tersebut akan dihubungkan dengan mikrokomputer dan mikrokontroler sesuai dengan subsistem masing-masing. Pengujian akan dilakukan untuk memastikan bahwa semua komponen terhubung dengan baik dan berfungsi dengan benar. Hal ini akan dilakukan dengan memasukkan kode program sederhana yang sesuai dengan tugas pada setiap subsistem.
5. Setelah seluruh subsistem diuji, maka setiap subsistem akan digabungkan menjadi satu sistem utuh untuk menjalankan sistem produk secara menyeluruh. Pengujian akan dilakukan untuk memastikan bahwa tidak ada masalah yang terjadi ketika semua subsistem digabungkan menjadi satu sistem besar.

Melalui prosedur pengujian ini, diharapkan semua komponen dan subsistem dalam sistem produk dapat diuji secara menyeluruh untuk memastikan kinerja dan fungsionalitasnya sebelum digunakan secara operasional.

### **2.3.2 Analisis Toleransi**

Selama IMWMMR ini bekerja, akan terdapat beberapa kondisi yang mampu untuk mengurangi kinerja dari produk. Kondisi yang mampu

mengurangi kinerja produk adalah kondisi lingkungan yang terdapat basah atau terdapat genangan air dari suatu air tidak sengaja ditumpahkan oleh karyawan yang bekerja di gudang. Lingkungan yang basah ini dapat menyebabkan roda produk menjadi slip.

Kondisi lainnya yang mampu mengurangi kinerja dari produk adalah dari segi berat benda yang diangkat atau dibawa oleh produk. Benda yang terlalu berat dapat mengurangi kemampuan kerja dari motor DC produk yang dapat menyebabkan kecepatan gerak produk berkurang atau bahkan dapat menyebabkan produk tidak dapat berjalan karena beban melebihi kemampuan dari motor DC. Selain itu juga, bentuk dari benda yang dibawa juga dapat mengurangi kinerja produk. Jika benda yang dibawa tidak memiliki permukaan bagian bawah yang datar, maka produk tersebut kemungkinan dapat berguling di atas badan produk atau bahkan terguling ke luar ketika produk sedang bergerak. Selain dari berat dan bentuk permukaan benda, ukuran maksimal benda yang dibawa juga dapat mempengaruhi kinerja produk. Jika benda yang dibawa melebihi ukuran yang sudah ditentukan, maka dapat mengurangi kinerja dari kemampuan *obstacle avoidance* produk.

Lingkungan kerja robot juga berpengaruh terhadap pembacaan sensor LiDAR. Jika pada ketinggian sensor mendeteksi terdapat material yang tembus pandang seperti kaca atau material yang tidak dapat memantulkan kembali sinar LASER dari LiDAR atau pada bagian tersebut tidak terdapat objek untuk dipantulkan, maka robot akan menganggap bagian tersebut merupakan bagian yang kosong.

Untuk menghindari kondisi-kondisi yang dapat mengurangi kinerja produk, pengguna berperan sangat besar dalam hal ini. Pengguna harus memperhatikan kondisi dari jalur produk dan memastikan bahwa benda yang diberikan ke produk tidak melewati batas kemampuan dari produk, dan memastikan area yang ingin dideteksi robot dapat memantulkan sinar LASER. Oleh karena itu, pengguna harus memahami kemampuan dari produk ini untuk menghindari kondisi yang mengurangi kinerja produk.