

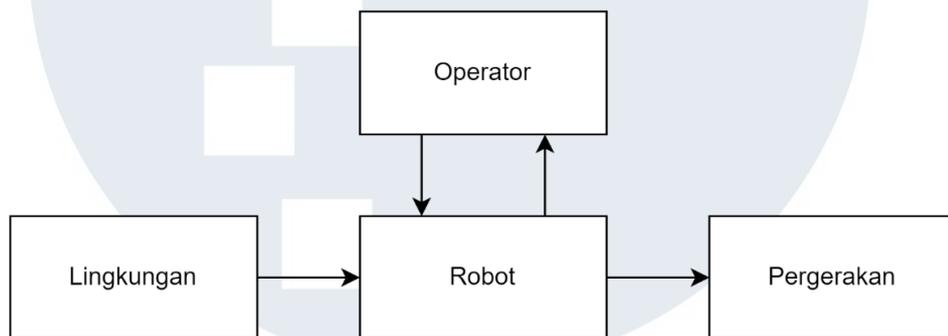
BAB III

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

3.1 Tinjauan Desain Sistem

3.1.1 Desain Sistem Keseluruhan

Secara keseluruhan, desain sistem dapat direpresentasikan menggunakan *Data Flow Diagram* (DFD) Level 0 yang akan menunjukkan hubungan antara produk dengan lingkungan kerjanya. Berikut adalah DFD level 0:



Gambar 3.1 - DFD Level 0 Produk

Tabel 3.1 - Penjelasan DFD Level 0 Produk

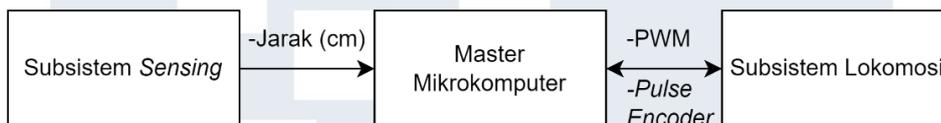
Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none">• Konfigurasi titik-titik tujuan produk dari pengguna• Pembacaan sensor terhadap lingkungan dari subsistem
Output	<ul style="list-style-type: none">• Pergerakan robot ke tujuan• Tampilan perintah yang dapat diberikan ke robot• Tampilan perintah yang sedang dijalankan
Fungsi	<ul style="list-style-type: none">• Mengatur pergerakan robot• Menampilkan perintah tujuan yang dapat dilakukan• Menampilkan perintah yang sedang dijalankan• Memetakan lingkungan kerja produk

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa robot memerlukan operator untuk memberi perintah untuk menentukan tujuan ke mana robot akan bergerak. Dapat lebih jelas dilihat pada Tabel 3.1 sensor-sensor yang terdapat pada robot

juga dapat menerima *input* dari lingkungannya dalam bentuk jarak dari sensor ke lingkungan. kemampuan robot mendeteksi lingkungannya dan mendapat perintah dari operator, robot dapat bergerak dan menjalankan misinya sesuai dengan perintahnya.

3.1.2 Desain Subsistem

Di dalam suatu sistem terdapat beberapa subsistem, subsistem yang akan dimiliki oleh produk ini akan dijelaskan melalui DFD level 1 yang menunjukkan hubungan antar subsistem. Berikut adalah DFD-nya:



Gambar 3.2 - DFD Level 1 Produk

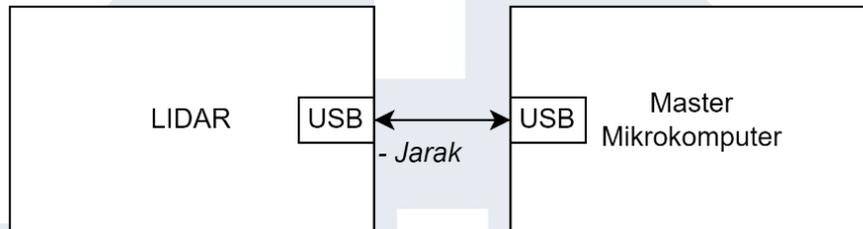
Tabel 3.2 - Penjelasan DFD Level 1 Produk

Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> • Tujuan pergerakan sistem produk • Data sensor RPLIDAR • Data enkoder dari roda
Output	<ul style="list-style-type: none"> • Pengendalian pergerakan • <i>Mapping</i>
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Memetakan lingkungan kerja produk • Mengatur parameter pergerakan robot dalam lingkungan kerja • Produk bergerak mencapai tujuan dan bergerak ke tujuan berikutnya

Gambar 3.2 menunjukkan interaksi antar subsistem dengan master mikrokomputer. Pada Tabel 3.2, Subsistem lokomosi memiliki fungsi untuk mendeteksi dan melakukan pemetaan terhadap lingkungan sekitar robot sehingga dapat bergerak sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan berdasarkan parameter pergerakan yang telah diatur. Master mikrokomputer membutuhkan *input* berupa tujuan ke mana robot ingin digerakkan dan data dari hasil pembacaan sensor LiDAR dari subsistem *mapping*. Selain itu, produk membutuhkan data *encoder* dan juga memberikan perintah pergerakan dari

subsistem lokomosi. Gambar 3.2 membantu menjelaskan hubungan setiap subsistem.

3.1.3 Desain Subsistem *Mapping*



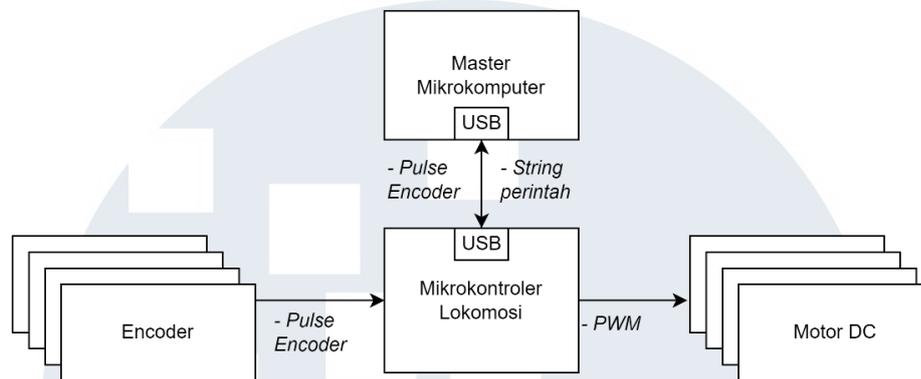
Gambar 3.3 - DFD Level 2 Subsistem *Mapping*

Tabel 3.3 - Penjelasan DFD Level 2 Subsistem *Mapping*

Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> Memetakan lingkungan kerja dengan sensor RPLIDAR
Output	<ul style="list-style-type: none"> Hasil pemetaan lingkungan kerja dari sensor RPLIDAR
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> Membantu menentukan pergerakan produk dalam subsistem lokomosi

Gambar 3.3 menunjukkan *Data Flow Diagram* dari subsistem *mapping* yang memberi informasi aliran data dari sensor RP LiDAR A1 dengan mikrokomputer Raspberry Pi 4. Sesuai dengan Tabel 3.3, sensor RPLIDAR berfungsi untuk mendeteksi jarak sensor dengan lingkungan sekitarnya yang kemudian datanya perlu diolah oleh master mikrokomputer sehingga dapat dijadikan data untuk melakukan pemetaan dan juga *path planning*. Sensor RPLIDAR merupakan sensor berbasis *time of flight* atau sensor yang mengukur jarak dengan memanfaatkan waktu tempuh berkas cahaya keluar dari sensor, terpantul oleh objek, dan waktu tempuh pemantulan tersebut, sehingga dengan mengukur waktu tempuh, kita dapat menentukan jaraknya dengan membagi dua kecepatan rambat cahaya dan waktu tempuh bolak balik tersebut. Sensor ini juga berputar sehingga dapat mendeteksi lingkungan hingga 360°.

3.1.4 Desain Subsistem Lokomosi



Gambar 3.4 - DFD Level 2 Subsistem Lokomosi

Tabel 3.4 - Penjelasan DFD Level 2 Subsistem Lokomosi

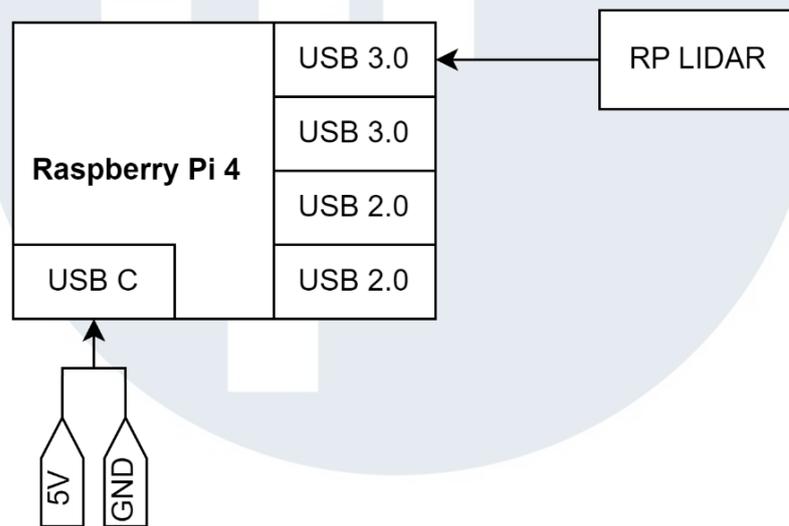
Parameter	Keterangan
Input	<ul style="list-style-type: none"> • Data subsistem <i>mapping</i> • Data subsistem <i>obstacle avoidance</i> • Data dari sensor <i>encoder</i> pada motor DC
Output	<ul style="list-style-type: none"> • Pergerakan dari aktuator motor DC dan <i>mecanum wheel</i>
Fungsi	<ul style="list-style-type: none"> • Produk mampu bergerak ke lokasi tujuan dan kembali ke titik awal • Produk mampu melakukan gerakan bergeser ke kiri dan kanan, bergerak diagonal, dan berputar di tempat. • Produk mampu menghindari rintangan di sekitar produk

Gambar 3.4 merupakan DFD dari subsistem lokomosi. Tabel 3.4 menunjukkan aktivitas yang terjadi pada subsistem lokomosi. Pada subsistem ini terdapat empat motor DC dan empat *encoder* yang telah di pasang pada motor tersebut. Pembacaan *encoder* dan kontrol perintah pergerakan dilakukan oleh mikrokontroler Raspberry Pico RP2040 yang merupakan *slave* dari mikrokomputer Raspberry Pi 4. *Master* mikrokomputer memberikan perintah pada mikrokontroler kemudian perintah itu dibaca oleh mikrokontroler dan diteruskan ke-empat motor sesuai dengan cara pengendaliannya. Data pembacaan *encoder* dibaca oleh mikrokontroler dan ketika dibutuhkan data tersebut bisa diberikan ke mikrokomputer. *Encoder* digunakan sebagai *feedback*

dari pergerakan motor sehingga sistem dapat mengetahui sudah berapa jauh motor berputar.

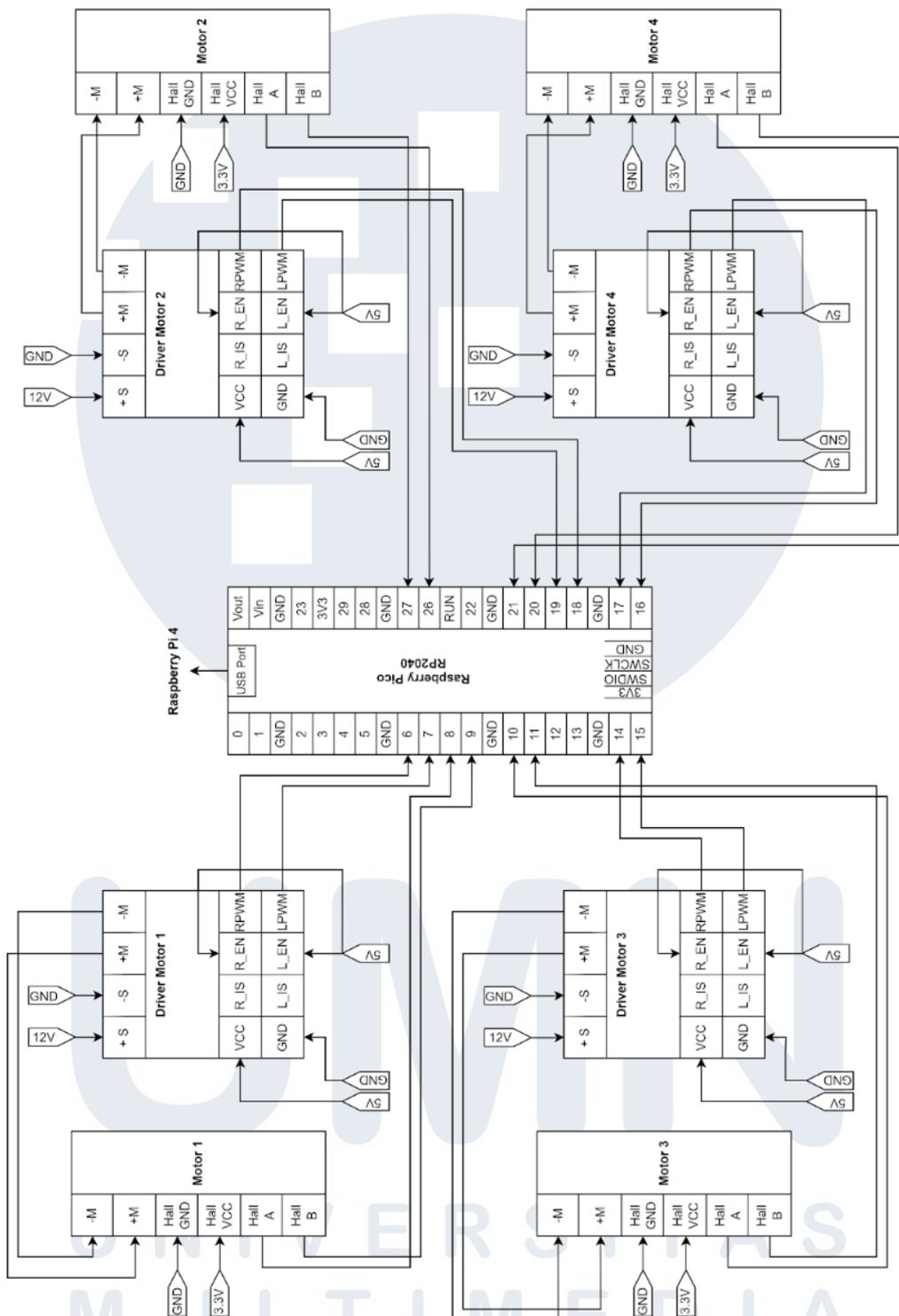
3.1.5 Diagram *Wiring* Sistem

Setelah memahami hubungan antar subsistem yang ada dalam produk ini, Gambar 3.5 adalah diagram *wiring* dari subsistem *mapping* dan Gambar 3.6 subsistem lokomosi.



Gambar 3.5- *Wiring* Diagram Subsistem *Mapping*





Gambar 3.6- Wiring Diagram Subsistem Lokomosi

3.2 Implementasi Sistem

3.2.1 Hasil Implementasi

a. Hasil Implementasi Desain Fisik

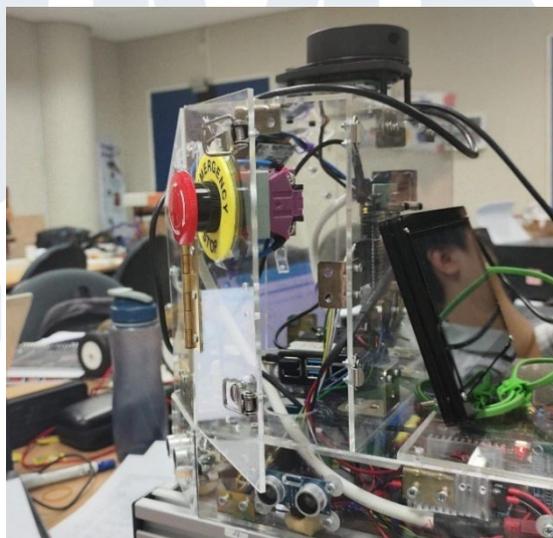
Konstruksi fisik dari IMWMR ini terdiri dari tiga bagian utama yang terdiri dari bagian rangka bawah atau sasis robot, bagian badan utama yang berada di atas sasis, dan bagian panel yang berada di atas badan utama bagian belakang. Sebagian besar material yang digunakan adalah akrilik dan aluminium *profile*

Bagian sasis dari produk ini menggunakan bahan pembentuk utama berupa aluminium *profile*. Sasis sistem produk menggunakan aluminium *profile* 3030 dengan panjang 40 cm dua buah, 20 cm dua buah, dan 34 cm satu buah yang dihubungkan dengan delapan buah siku *profile* 3030 serta menggunakan *T-nut*, Sekrup, dan *washer* dengan ukuran M6. Aluminium *profile* untuk sasis sistem produk disusun berbentuk persegi panjang dengan penguat pada bagian tengah seperti pada Gambar 3.7 yang menunjukkan bentuk jadi dari sasis dari sistem produk. Bagian sasis juga merupakan tempat *bracket* yang digunakan untuk memasang motor pada rangka sasis. Pada bagian ujung dari aluminium *profile* menggunakan tutup berbahan plastik agar tidak tajam.

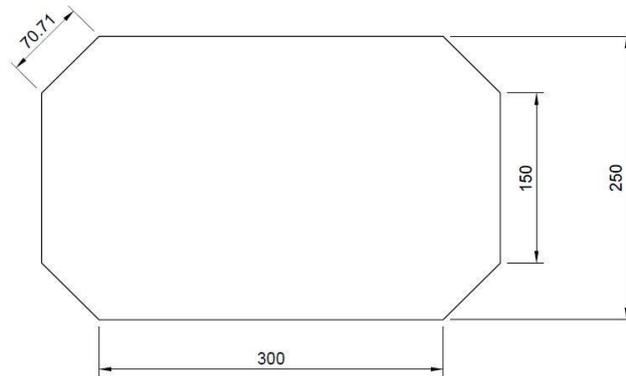


Gambar 3.7 - Sasis dari Produk

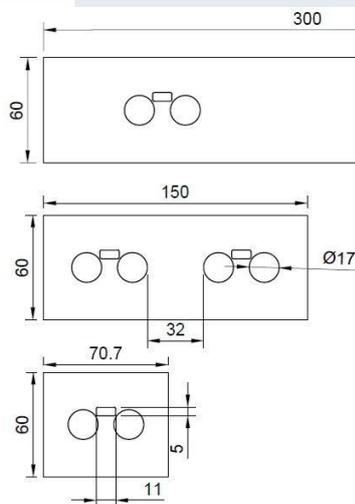
Pada bagian badan utama, bagian dasar dan dinding menggunakan akrilik dengan ketebalan 5 mm; sedangkan untuk bagian atas menggunakan akrilik dengan ketebalan 3 mm. Bagian alas dan atas badan utama berbentuk segi delapan seperti pada Gambar 3.8 dengan *outline* berbentuk persegi panjang dengan dimensi kasar 25 cm x 40 cm. Alas dihubungkan dengan sasis menggunakan *T-Nut* dan *fasteners* (sekrup, mur, dan *washer*) dengan ukuran M6 untuk memastikan kekuatan sambungan. Badan utama berfungsi sebagai *platform* utama untuk meletakkan komponen-komponen. Dinding badan utama terdiri dari 8 buah persegi panjang dengan tinggi 6 cm seperti pada Gambar 3.9. Bagian-bagian dinding ini di rangkai mengelilingi alas badan utama dan dihubungkan dengan menggunakan siku besi besar pada bagian depan dan belakang, siku kecil untuk bagian samping kiri dan kanan, serta siku buatan dari akrilik pada bagian sisi miring. Seluruhnya dihubungkan dengan *fasteners* ukuran M3 karena ukurannya yang lebih kecil dan dapat digunakan untuk menghubungkan komponen lainnya juga. Pada badan utama bagian atas, terdapat sebagian area yang dipotong dan dipasangkan engsel seperti pada gambar 3.8 , fungsinya untuk memudahkan peneliti untuk mengakses komponen di dalamnya terutama baterai dan mikrokontroler Gambar 3.9 menunjukkan dimensi akrilik badan utama dan Gambar 3.10 menunjukkan dimensi akrilik dinding badan utama.



Gambar 3.8 - Bagian Pintu Akses



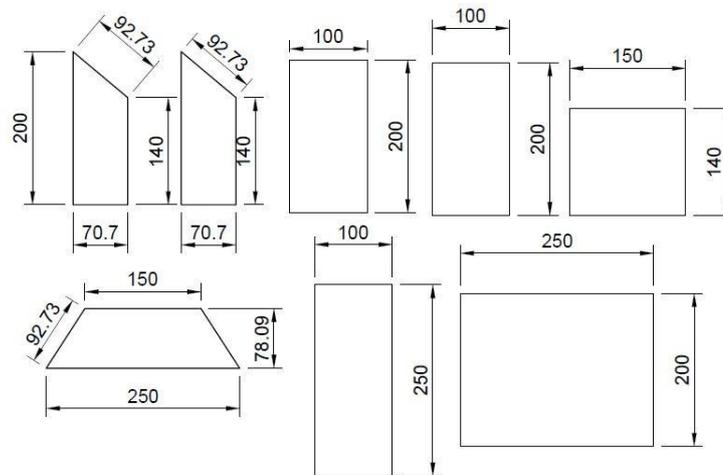
Gambar 3.9 - Bentuk dan Ukuran Akrilik pada Alas Badan Utama



Gambar 3.10 - Bentuk dan Ukuran Akrilik pada Dinding Badan Utama

Pada bagian panel seluruhnya menggunakan akrilik dengan ketebalan 3 mm. Terdapat 8 buah akrilik (2 pasang dan 4 bagian lainnya) seperti pada Gambar 3.11 yang disatukan menggunakan siku buatan dari akrilik dan *fasteners* ukuran M3. Panel dihubungkan ke badan utama sistem produk menggunakan siku besi ukuran besar dengan *fasteners* ukuran M3 juga. Total dimensi kasar dari panel ini adalah 25 cm x 15 cm x 20 cm dan diletakan pada sisi belakang badan utama. Bagian panel memiliki engsel pada bagian samping kanan dan ditutup dengan *latch* untuk mempermudah

akses pada komponen di dalamnya seperti Mikrokontroler untuk motor dan master mikrokomputer yang perlu untuk di program.



Gambar 3.11 - Bentuk dan Ukuran Akrilik pada Panel

b. Hasil Implementasi Subsistem *Mapping*

Subsistem *mapping* merupakan subsistem yang bertanggung jawab dalam mendeteksi lingkungan sekitar robot. Subsistem ini memiliki fungsi untuk memberi produk kemampuan untuk memetakan lingkungan kerja robot dan melalui data yang diperoleh subsistem ini dapat membantu menentukan rute atau jalur yang perlu diambil oleh sistem dengan mengetahui atau menentukan terlebih dahulu posisi awal dan posisi akhir dari lokasi sistem produk. Data yang didapatkan oleh subsistem ini diperlukan subsistem lokomosi yang datanya akan diolah oleh master mikrokomputer.

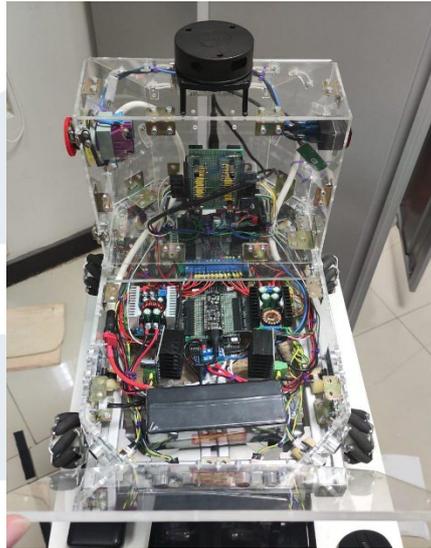
Dalam mengimplementasikan subsistem ini, peneliti menggunakan komponen RPLIDAR A1. Pada robot, LiDAR diletakan di atas panel yang dihubungkan dengan menggunakan *spacer* dan *fasteners* ukuran M3. LiDAR diletakan di sisi atas agar tidak terhalang dengan benda yang dibawa oleh robot. LiDAR dihubungkan dengan menggunakan *micro* USB ke Raspberry Pi 4. Sensor LiDAR diletakan pada bagian atas panel agar sensor dapat dimanfaatkan dengan maksimal karena dapat tetap melakukan pembacaan secara 360°. Bagian panel meskipun lebih tinggi dibandingkan

dengan bagian lainnya, bagian ini cukup kokoh dan dapat menahan goyangan akibat putaran sensor dan pergerakan robot karena bentuknya yang memiliki lebar yang cukup besar.

c. Hasil Implementasi Subsistem Lokomosi

Subsistem lokomosi merupakan subsistem yang memiliki peranan besar dalam pergerakan dari sistem produk. Subsistem lokomosi ini termasuk subsistem dependen yang terikat subsistem lainnya. Subsistem ini memerlukan data-data yang didapatkan dari subsistem *mapping* yang akan diolah oleh Raspberry Pi 4. Subsistem lokomosi sendiri akan dikendalikan oleh mikrokontroler Raspberry Pico RP2040 dan subsistem ini akan berkomunikasi dua arah atau menerima dan mengirimkan data dari dan ke *master* dengan menggunakan komunikasi melalui USB.

Dalam mengimplementasikan subsistem ini terdapat 1 mikrokontroler Raspberry Pico RP2040, 4 motor *driver* BTS760, dan 4 motor DC dengan *encoder* JGA25-12CPR. Selain komponen tersebut, diperlukan juga Universal Serial Bus USB C untuk komunikasi mikrokontroler dan *buck converter* yang telah diatur tegangan keluarannya 5V dan 12V serta PCB *mounting* untuk mikrokontroler dengan penambahan *port* 3.3V dan GND. Motor DC dipasangkan pada rangka bawah dengan bracket motor DC dengan *fasteners* ukuran M6 dan untuk menghubungkan ke motornya menggunakan *fasteners* ukuran M3. Kabel yang terpasang pada motor DC disambung dan diperpanjang dengan *dupont connector male* beserta *housing*-nya dan kabel ukuran AWG 24. Kabel diperpanjang sehingga dapat disambungkan dengan motor *driver* yang terletak pada badan utama dan mikrokontroler yang diletakan pada panel serta *buck converter* dengan penambahan terminal pada badan utama. Secara lebih jelas bagian badan utama dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 - Tampak Atas Bagian Badan utama

Agar motor dapat berputar searah atau berlawanan jarum jam, tegangan masuk 5V pada VCC GND dan pada R_EN dan L_EN yang digunakan diperlukan untuk menyalakan *driver*. Nilai PWM (0-255) dapat dimasukkan ke dalam pin RPWM dan LPWM, yang terhubung ke pin GPIO Raspberry Pico. Agar motor dapat berputar, hanya salah satu pin saja yang diberi nilai PWM. Selain itu, *driver* memiliki terminal untuk keluaran motor DC dan *input* 12V untuk motor. Ada dua sensor hall, sensor A dan sensor B, yang digunakan untuk melacak putaran motor. ketika sensor A menunjukkan *rising pulse* terlebih dahulu, hal ini menunjukkan bahwa motor berputar searah jarum jam, dan jika sensor B menunjukkan *rising pulse* terlebih dahulu, hal ini menunjukkan bahwa motor berputar berlawanan arah jarum jam. 12V adalah tegangan masukan motor dari motor *driver*, dan 3.3V adalah tegangan masukan dari hall *encoder*.

Mecanum wheel dipasangkan langsung pada as motor yang telah terpasang pada *bracket* motor di sasis robot sehingga robot dapat bermanuver maju, mundur, samping, diagonal, dan berputar pada poros sehingga memungkinkan robot bergerak secara holonomik yang artinya robot dapat bergerak ke segala arah tanpa harus mengubah orientasi terlebih dahulu.

3.2.2 Hambatan dan Solusi Implementasi

a. Hambatan dan Solusi Desain Fisik

Dalam melakukan pengembangan fisik produk terdapat permasalahan pada saat ingin menghubungkan seluruh bagian akrilik dengan satu sama lain, tidak terdapat lubang untuk *fasteners*, sehingga solusi yang diterapkan adalah akrilik dilubangi dengan cara di bor dengan mata bor yang sesuai dengan *fasteners*. Dalam perakitan panel, pada awalnya akan dibuat pintu akses pada bagian atas panel, namun hal tersebut membuat struktur menjadi kurang kokoh dan goyang, sehingga posisi pintu dipindah menjadi di sisi panel. Bagian badan utama dapat dibuka, pada awalnya menggunakan *latch* agar bagian badan utama atas dapat dibuka tutup dengan mudah, namun dikarenakan susunan yang telah dibuat menyebabkan posisi lubang menjadi tidak bisa terlalu dekat dengan sisi luar akrilik dan badan utama bagian atas tidak dapat menutup dengan rapat, solusi yang diterapkan adalah dengan mengubah metode penguncian dengan menggunakan mur yang di lem pada siku dan mengencangkannya menggunakan sekrup. Pada fisik robot terdapat bagian dinding yang miring dan tidak dapat dipasangkan ke badan utama robot dengan sekrup seperti dinding yang lainnya karena terhalang dengan sasis, sehingga perlu membuat siku dari akrilik dan dipasangkan pada sisi atas dinding. Berikutnya, pada motor *driver* terdapat pin yang perlu dihubungkan ke mikrokontroler dengan menggunakan *housing dupont*, namun karena bentuk motor *driver* terlalu tinggi sehingga mengenai tutup badan utama, sehingga posisi motor *driver* perlu dimiringkan agar *housing* dan *connector* dapat tetap dipasang. Pada PCB mikrokontroler, kabel dihubungkan dengan menggunakan *connector dupont*, namun *connector* tersebut mudah terlepas, sehingga perlu digabungkan ke dalam *housing* yang berjumlah 10 sekaligus. Pengkabelan dalam robot ini cukup banyak sehingga banyak kabel yang tumpang tindih dan berantakan, sehingga dirapikan dengan menggunakan *cable ties* dan *cable organizer*.

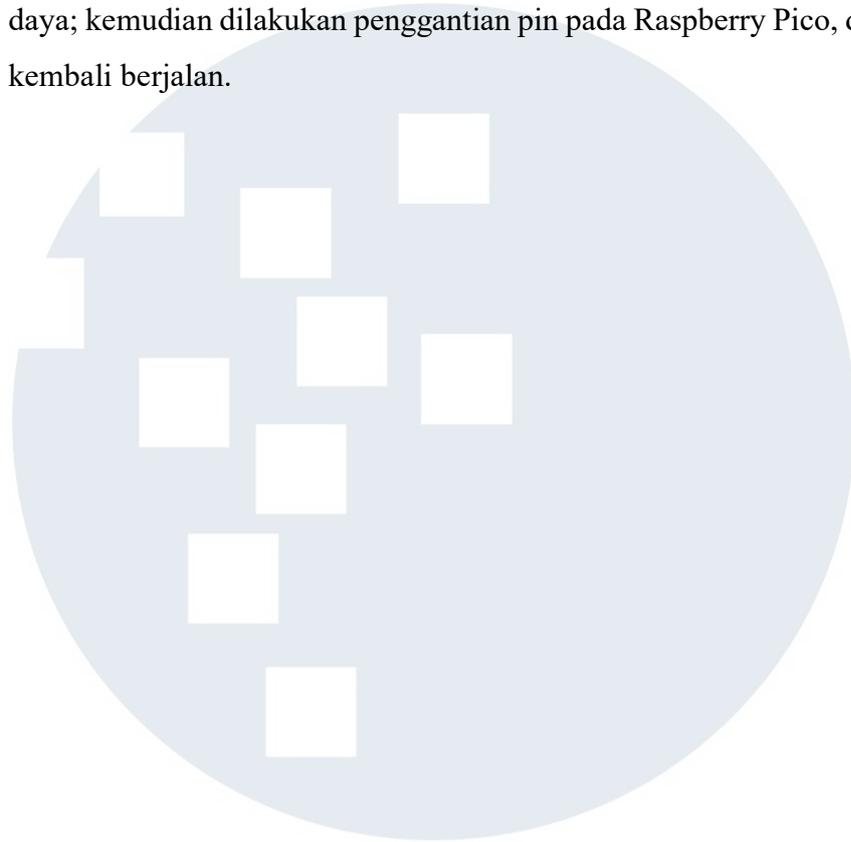
b. Hambatan dan Solusi Subsistem *Mapping*

Kendala yang ditemukan saat pengembangan subsistem ada pada kabel *micro* USB yang digunakan tidak dapat mentransmisi data dan hanya daya saja, sehingga dilakukan penggantian kabel yang dapat memindahkan data juga. Pada saat pengujian juga terdapat kesulitan dalam melakukan pembacaan LiDAR, sensor tidak dapat aktif melakukan pembacaan dan hanya berputar saja. Setelah dilakukan pemeriksaan, kendala bukan terletak pada jalur komunikasi yang tidak terbentuk, namun dikarenakan kurangnya daya yang disuplai oleh *port* USB sehingga perlu mengganti kode untuk pengaktifan pembacaan bawaan dan menaikkan tegangan suplai ke Raspberry Pi 4 dari 5V menjadi 5.1 V.

c. Hambatan dan Solusi Subsistem Lokomosi

Terdapat beberapa permasalahan yang ditemukan selama proses implementasi robot ini, pada waktu pemasangan motor DC ke *bracket*, lubang sekrup pada *bracket* tidak sesuai dengan posisi pada motor DC dan *bracket* motor terlalu tipis sehingga ketika sedikit deformasi ketika menopang robot, sehingga solusi yang diterapkan adalah mengganti *bracket* motor dengan yang sesuai. Selama proses pengkabelan juga mengalami kendala dalam peletakan kabel pada badan utama robot karena jumlah kabel yang banyak dan peletakan komponen yang jauh satu sama lain sehingga yang dapat dilakukan adalah merapikan kabel dengan menggunakan *cable ties* dan *cable organizer* serta menggunakan kabel yang lebih panjang dari yang dibutuhkan agar kabel dijadikan satu kelompok dan diletakan pada sisi samping badan utama robot. Selain permasalahan dari segi pemasangan, terdapat kendala pada Raspberry Pi 4 yang hanya memiliki 6 pin PWM sedangkan membutuhkan 8 pin PWM, sehingga perlu menambahkan mikrokontroler Raspberry Pico RP2040 yang GPIO-nya dapat mengeluarkan sinyal PWM. Terdapat juga kendala pada saat ingin menjalankan keempat roda, roda satu tidak berputar, dilakukan pengecekan menggunakan multimeter untuk mengetahui apakah terdapat tegangan pada

driver. Setelah pengecekan tegangan ada dan tidak ada kendala dari sisi daya; kemudian dilakukan penggantian pin pada Raspberry Pico, dan motor kembali berjalan.



UMMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA