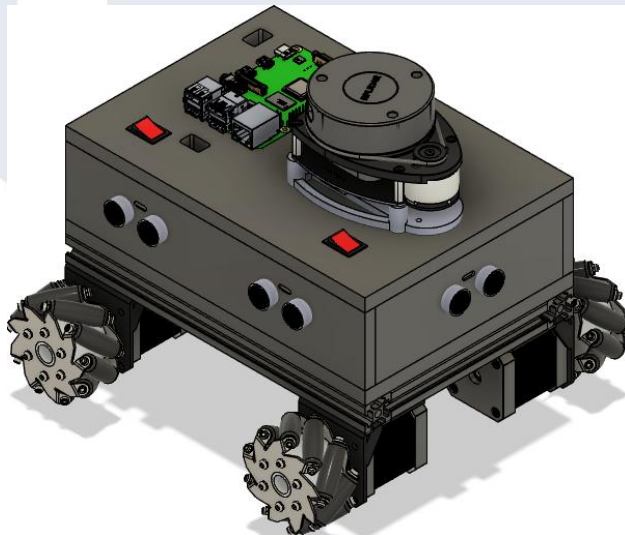


BAB II

KONSEP DESAIN & SPESIFIKASI SISTEM

2.1 Konsep Desain Sistem

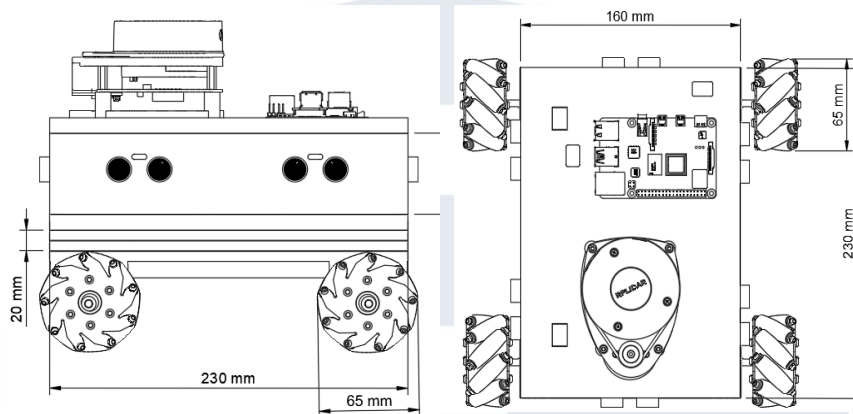
Produk yang dirancang dan dikembangkan merupakan *mecanum wheel mobile robot* dengan memiliki kemampuan untuk memetakan lingkungan kerja robot tersebut dan *obstacle avoidance* serta dapat berjalan ke titik yang akan dituju. Penggunaan roda mecanum pada robot ini meningkatkan manuverabilitas gerak sehingga efektif digunakan pada area yang sempit. Proses pengujian akan dilakukan di arena nyata, dengan menggunakan fisik robot yang telah dibuat seperti pada Gambar 2.3.



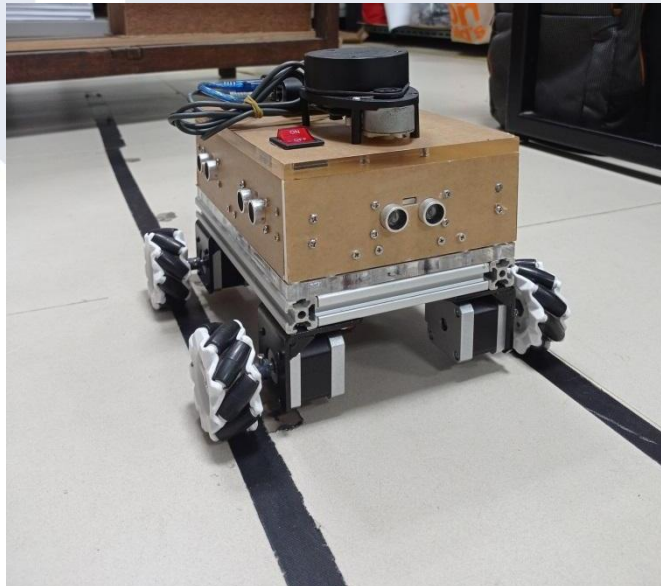
Gambar 2.1 - Model 3D Mecanum Wheel Mobile Robot

Model fisik robot yang digunakan untuk melakukan pengujian memiliki dimensi panjang 230 mm, lebar 160 mm, dan tinggi 25 mm, dengan diameter roda 65 mm seperti pada Gambar 2.2.

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA



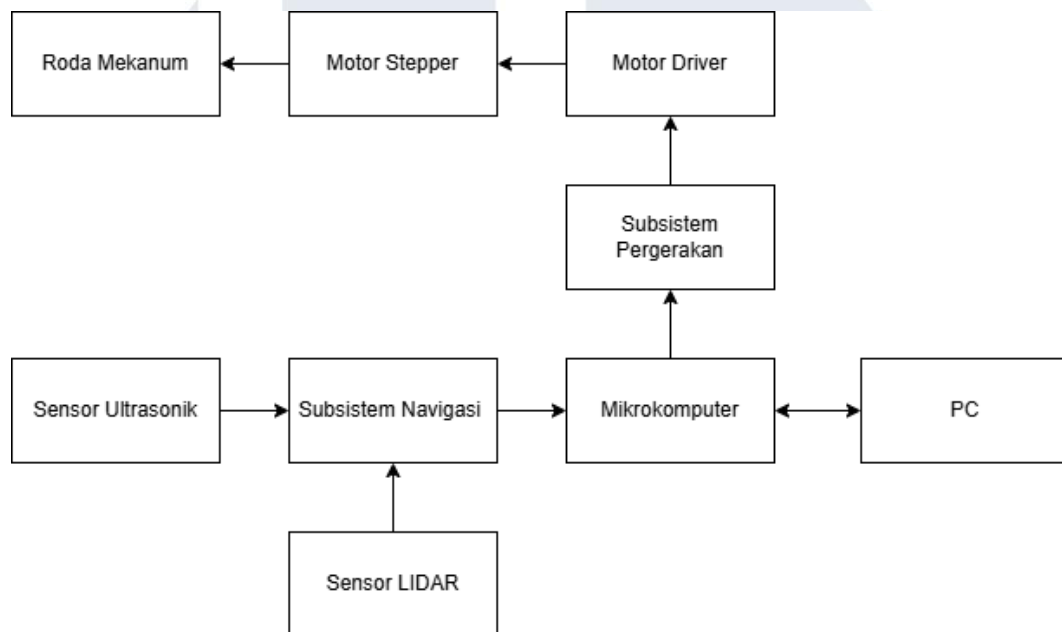
Gambar 2.2 - Dimensi *Mecanum Wheel Mobile Robot*



Gambar 2.3 - Tampak Isometrik *Mecanum Wheel Mobile Robot*

Ilustrasi tiga dimensi dari rancangan produk ditampilkan pada Gambar 2.1, sedangkan dimensi ukurannya dapat dilihat pada Gambar 2.2 Implementasi fisik dari robot ditunjukkan pada Gambar 2.3 Robot beroda mecanum ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu sasis dan badan utama. Material utama yang digunakan adalah akrilik dan aluminium *profile*. Sasis dirakit dari aluminium *profile* berbentuk persegi panjang dengan tambahan sekat di setiap sudut, berfungsi sebagai rangka utama sekaligus tempat pemasangan *motor stepper* dan roda mecanum. Sementara itu, badan utama dibuat dari akrilik yang dipotong

presisi menggunakan mesin *LASER*, sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan. Bagian ini berfungsi sebagai wadah berbagai komponen elektronik seperti baterai, sensor, mikrokontroler, dan lainnya.



Gambar 2.4 - Diagram Blok Sistem Navigasi dan Pergerakan

Diagram blok untuk sistem navigasi dan sistem pergerakan pada *mecanum wheel mobile robot* ini dapat dilihat pada Gambar 2.4 sistem navigasi ini dijalankan dengan menggunakan dua sensor. Pertama sensor ultrasonik dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Mega yang bertugas untuk mengambil data di sekitar robot berupa waktu yang dikonversi menjadi jarak dan data yang diambil tersebut lalu dikirim ke Raspberry Pi 4 untuk diolah sehingga bisa melakukan algoritma *obstacle avoidance*. Kedua sensor LIDAR yang terhubung langsung ke mikrokomputer, dan dari data yang didapat akan dikirim ke PC user dan divisualisasikan dalam *Pygame* sehingga dapat memetakan lingkungan sekitar. Sensor LIDAR juga dapat mampu membantu sensor ultrasonik yang memiliki titik buta pada pembacaan nya sehingga 2 sensor tersebut sinergi dalam melakukan *obstacle avoidance* maupun pendeteksian lingkungan sekitar. Dari subsistem navigasi tersebut digunakan untuk menentukan pergerakan yang ingin dilakukan oleh robot pada subsistem pergerakan

2.2 Spesifikasi Sistem

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

2.2.1 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Kemampuan dan Fungsionalitas

Dalam pengembangan *mecanum wheel mobile robot*, spesifikasi sistem ditentukan berdasarkan kemampuan dan fungsionalitas yang dibutuhkan dalam proses perencanaan dan implementasi. Robot ini mampu bergerak mengikuti jalur yang dihasilkan oleh algoritma A*, sehingga posisi awal (*start*) dan tujuan akhir (*goal*) pada dunia nyata sesuai dengan hasil perencanaan di *grid*. Robot juga dapat berhenti secara otomatis saat mendeteksi rintangan (*obstacle*) menggunakan sensor ultrasonik dan sensor LIDAR. Selain itu, robot terintegrasi dengan sensor LIDAR yang digunakan untuk melakukan pendeteksian lingkungan secara *real-time*

Pada sisi pemrosesan, Raspberry Pi 4 berperan sebagai mikrokomputer yang bertugas untuk mengelola data, menerima masukan dari sensor, dan menjalankan logika navigasi. Sementara itu, mikrokontroler Arduino Mega bertanggung jawab untuk membaca data dari sensor jarak (ultrasonik) dan mengirimkannya ke mikrokomputer melalui komunikasi serial, dengan format data berupa *string*, sehingga perintah dan *feedback* dapat dikirim dengan mudah dan dapat dimengerti oleh keduanya.

2.2.2 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Standarisasi

Produk *mecanum wheel mobile robot* ini memiliki beberapa standarisasi industri yang akan diikuti baik standar nasional Indonesia maupun secara global oleh produk sebagai berikut:

1. IP20 adalah standar yang mengatur perlindungan produk terhadap debu, dan interaksi dengan anggota tubuh manusia. Standar ini artinya robot terlindungi dari sebagian besar anggota tubuh manusia
2. IEC 60086-4:2019 adalah standar robot yang memastikan keamanan baterai *lithium*
3. EN 50144-1 adalah standar robot mengenai keselamatan peralatan elektronik yang menggunakan motor elektrik

4. SNI 04-6972-2003 adalah standar robot dengan memastikan penyajian dan spesifikasi data keandalan untuk komponen elektronik

2.2.3 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Keandalan dan Perawatan

Berdasarkan sistem yang telah dikembangkan *mecanum wheele mobile robot* ini mengonsumsi daya pada masing-masing baterai dengan asumsi setiap komponen menggunakan daya maksimal, Pada baterai 2 sel komponen yang terhubung adalah Raspberry Pi 4 mengonsumsi daya sebesar 15 W, LIDAR mengonsumsi daya sebesar 4 W, 6 buah ultrasonik mengonsumsi daya sebesar 0,45 W, dan Arduino Mega mengonsumsi daya 0,5 W. Total penggunaan daya pada baterai ini sekitar 20 W. Pada baterai 3 sel komponen yang terhubung adalah *motor stepper* mengonsumsi daya masing-masing motor 9,6 W. Total penggunaan daya pada baterai ini sekitar 38,4 W.

Dari hasil estimasi konsumsi daya, baterai *logic* 2 sel dengan tegangan total memiliki kapasitas 7,4 V dan kapasitas maksimum sebesar 5200 mAh sehingga total daya per-jamnya sebesar 38,5 Wh sehingga dapat dioperasikan selama 114 menit. Dengan perhitungan daya, *mecanum wheel mobile robot* pada sisi *power logic* dapat dioperasikan 7 jam per hari, dengan asumsi 4 kali pengisian daya per hari. Sedangkan baterai untuk *power motor* 3 sel dengan tegangan total memiliki kapasitas 11.1 V dan kapasitas maksimum 5400 mAh sehingga total daya per-jamnya sebesar 59,9 Wh sehingga dapat dioperasikan selama 94 menit. Dengan perhitungan daya, *mecanum wheel mobile robot* pada sisi *power motor* dapat dioperasikan 6 jam per hari, dengan asumsi 4 kali pengisian daya per hari. Dalam setahun, dengan asumsi 260 hari kerja, target waktu operasional tahunan masing-masing baterai yaitu 1976 jam untuk baterai *logic* dan 1638 jam untuk baterai motor. Berdasarkan karakteristik komponen, bagian yang paling rentan terhadap kerusakan adalah *motor stepper* NEMA dengan rata-rata waktu sebelum gagal (*Mean Time Before Failure/ MTBF*) sekitar 2000 hingga 3000 jam. Sementara itu, rata-rata waktu perbaikan (*Mean Time To Repair / MTTR*) untuk kerusakan, seperti penggantian motor, *motor driver* atau kalibrasi ulang sensor adalah sekitar 1-2 jam. Hal ini dikarenakan komponen *motor stepper* tidak terlalu sulit ditemukan dan dipasang kembali ke *mecanum wheel mobile robot*

2.2.4 Spesifikasi Sistem Berdasarkan Hambatan

Pada *mecanum wheel mobile robot* ini juga terdapat spesifikasi sistem berdasarkan hambatan sebagai berikut:

1. Jenis sensor yang digunakan adalah sensor LIDAR jenis RPLIDAR-A1M8 dan sensor ultrasonik HC-SR04.
2. Material badan utama terbuat dari bahan akrilik.
3. Dimensi panjang, lebar, dan tinggi *mecanum wheel mobile robot* adalah 23 x 16 x 25 cm.
4. *Mecanum wheel mobile robot* hanya dapat dioperasikan di dalam ruangan yang permukaan datar serta tidak terlalu licin, tidak terdapat tangga.
5. Pengoperasian robot hanya pada lingkungan indoor yang kering dan bersih.
6. Benda yang digunakan untuk jadi halangan/*obstacle* pada pembacaan LIDAR tidak memiliki warna yang dapat mengganggu pembacaan sensor LIDAR serta tidak transparan.

2.3 Metode Verifikasi Spesifikasi

2.3.1 Prosedur Pengujian

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

1. Pengujian dimulai dengan memverifikasi fungsi dasar dari setiap mikrokomputer Raspberry Pi 4 dan mikrokontroler Arduino Mega yang digunakan. Proses ini dilakukan dengan mengunggah program sederhana ke masing-masing perangkat, kemudian mengamati hasil eksekusinya untuk memastikan bahwa kedua jenis perangkat dapat beroperasi dengan baik.
2. Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap sensor-sensor yang terpasang pada robot. Sensor ultrasonik akan diuji secara individual menggunakan kode sederhana yang hanya menampilkan hasil nilai pembacaan jarak ke serial monitor. Selanjutnya sensor LIDAR akan diuji dengan menjalankan kode sederhana untuk membaca data secara

real-time dan menampilkannya dalam bentuk nilai sudut dan jarak pada terminal. Nilai yang dihasilkan oleh sensor akan dibandingkan dengan hasil pengukuran dari alat ukur standar

3. Pada subsistem pergerakan, yaitu *motor stepper*, pengujian dilakukan untuk memastikan kemampuan *motor stepper* dapat berputar searah jarum jam (*clockwise*) maupun berlawanan arah jarum jam (*counterclockwise*). Aktuator juga dijalankan dengan berbagai variasi langkah untuk mengetahui konsistensi gerakan yang dihasilkan.
4. Setelah pengujian masing-masing komponen selesai, seluruh komponen akan dirakit dan dihubungkan dengan mikrokomputer serta mikrokontroler sesuai dengan fungsinya dalam subsistem tertentu. Pengujian integrasi ini dilakukan menggunakan program sederhana yang merepresentasikan tugas masing-masing subsistem, untuk memastikan seluruh komponen terhubung dan bekerja secara normal.
5. Tahap akhir adalah pengujian sistem secara keseluruhan. Setelah seluruh subsistem terintegrasi menjadi satu kesatuan, pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem produk dapat berjalan dengan baik tanpa adanya konflik atau gangguan antar subsistem.