

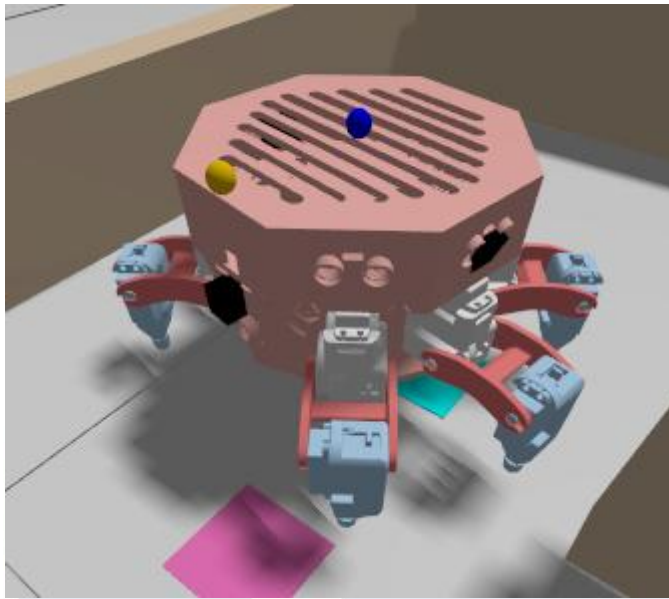
BAB II

KONSEP DESAIN & SPESIFIKASI SISTEM

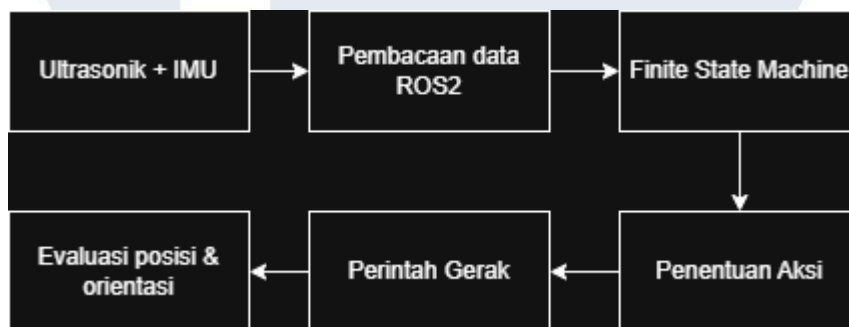
2.1 Konsep Desain Sistem

Robot *search and rescue* didesain dengan bentuk robot berkaki enam, dengan bentuk hexagon seperti pada gambar 2.1. Robot dilengkapi dengan sensor IMU yang terletak didalam sebagai instrumen pegnukur kemiringan robot. Pada sekeliling robot dilengkapi delapan sensor ultrasonik, dengan masing-masing memiliki perbedaan kemiringan 45 derajat pada sumbu Z. Sistem masukan robot hanya ddidapatkan melalui kedua sensor tersebut.

Sistem pemetaan dan navigasi dirancang, dikerjakan, dan diuji menggunakan simulasi pada *Gazebo* dengan bantuan *ROS2* sebagai dasar komunikasi dan eksekusi fungsi dalam sistem. Sensor IMU digunakan sebagai masukan data kemiringan robot pada setiap axis. Hanya sensor ultrasonik depan belakang kiri dan kanan yang digunakan sebagai data masukan jarak bebas robot dengan lingkungan sekitar. Sebuah kamera tetap diletakkan diatas arena sebagai data masukan untuk memonitor progress pergerakan robot. Alur kerja sistem pemetaan dan navigasi robot seperti pada gambar 2.2. Robot *search and rescue* didesain untuk dapat mengevakuasikan korban menggunakan capitan. Akan tetapi pada simulasi, robot tidak disimulasikan pada kemampuan evakuasi korban.



Gambar 2.1 Tampak robot pada simulasi gazebo

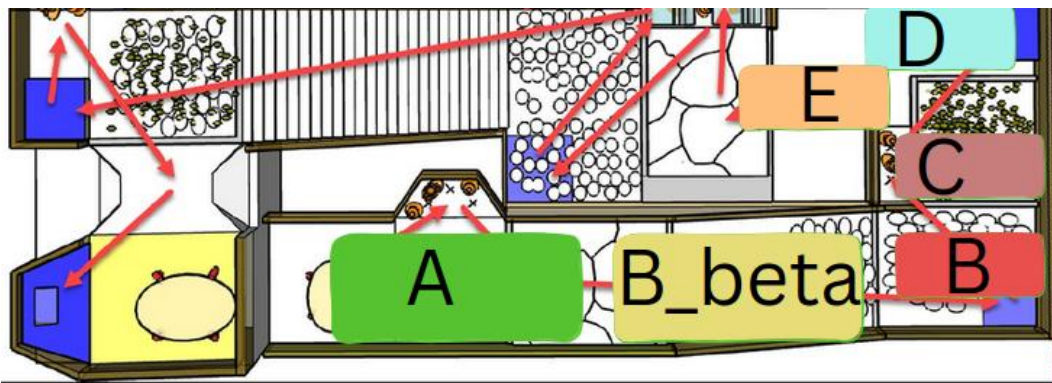


Gambar 2.2 Diagram alur sistem

2.2 Spesifikasi Sistem

2.2.1 Subsistem pemetaan dan lokalisasi state

Sistem pemetaan dan lokalisasi state robot menggunakan *finite-state machine* (FSM), dimana metode pemetaan yang dilakukan tidak menggunakan sistem global, melainkan mengikuti arahan-arahan yang sebelumnya sudah diberikan. Menggunakan data hasil bacaan sensor, sistem mampu menentukan kondisi yang tepat bagi robot saat tersebut. State lokasi dibagi menjadi bagian-bagian pada arena seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pembagian arena ROS pada state lokasi sistem navigasi

Setiap lokasi pada arena mampu dibedakan melalui aspek unik yang dimiliki masing-masing. Lokasi A merupakan lokasi pertama dan lokasi yang tidak perlu ditentukan berdasarkan bacaan sensor. Hal ini karena pada saat simulasi dijalankan, robot akan dimunculkan pada lokasi A, sehingga tidak perlu adanya pengecekan parameter. Lokasi B_beta terletak setelah lokasi A, dan merupakan bidang miring dengan permukaan yang datar. Lokasi B terletak setelah lokasi B_beta, dengan aspek unik berupa dinding pada sisi kanan dan sisi bawah arena. Lokasi C terletak setelah lokasi B dengan aspek unik adalah jarak antara robot dengan dinding sisi kiri dan kanan sama. Lokasi berikutnya merupakan lokasi D, dengan aspek unik berupa dinding pada sisi kanan dan sisi atas arena. Lalu terakhir adalah lokasi E yang terletak setelah lokasi D, dan terdapat dinding kecil pada sisi kiri dan dinding biasa pada sisi atas.

Sistem navigasi robot menggunakan tipe *Moore Machine*, dengan keluaran data navigasi terjadi pada saat dalam state tersebut. Tabel 2.1 menunjukkan tabel state lokasi dan keluaran yang perlu dijalankan oleh robot.

Tabel 2.1 Tabel pembagian lokasi menjadi statecode dan keluaran

Navigation State	State Code	Output
A	1.0	Gerak Maju Tripod
B_beta	2.0	Gerak Maju Tetrapod
B	3.0	Putar Berlawanan Arah Jarum Jam (90°)
B_next	4.0	Gerak Maju Tripod
C	5.0	Gerak Maju Tripod
D	6.0	Putar Berlawanan Arah Jarum Jam (90°)
D_next	7.0	Gerak Maju Tripod

E	8.0	Berhenti
F	9.0	Berhenti

Masing-masing state lokasi merepresentasikan masing-masing jenis pergerakan yang perlu dilakukan dalam arena. Lokasi A merupakan lokasi awal mulai, dimana robot di munculkan pertama kali. Lokasi A merupakan persegi panjang berukuran 145cm x 60cm dengan letak ketinggian 20 cm di atas daratan. Robot hanya perlu berjalan lurus. Lokasi ini merupakan lokasi pertama yang terdapat peletakkan korban bencana. Lokasi setelah A merupakan B_beta, lokasi ini berukuran 80cm x 60 cm dengan kemiringan 14.1 derajat. Pergerakan yang dilakukan oleh robot adalah gerak maju, tetapi agar memastikan kemiringan robot mengarah ke depan, diberlakukan pergerakan maju mode tetrapod. Lokasi berikut merupakan B yang berukuran 60cm x 60cm. Robot pada lokasi tersebut dikelilingi dinding pada sisi depan dan kanan, maka robot perlu berputar berlawanan arah jarum jam hingga tegak lurus dengan posisi sebelumnya. State berikutnya adalah B_next yang terletak antara lokasi B dan C. State ini tidak merepresentasikan area baru robot, melainkan memerintahkan pergerakan maju tripod pada robot dalam lokasi B. Lokasi berikutnya adalah lokasi C, lokasi ini merupakan lokasi kedua yang terdapat peletakan korban. Pada simulasi ini robot akan berjalan maju terus. Lokasi berikut adalah lokasi D. Pada lokasi ini robot akan berputar berlawanan arah jarum jam hingga tegak lurus dengan arah sebelumnya. State berikutnya adalah D_next, dimana state ini memerintahkan robot berjalan maju pada lokasi D. Lokasi berikut dan terakhir adalah lokasi E. Pada lokasi tersebut robot akan diam, dan state berpindah ke state akhir yaitu F.

2.2.2 Subsistem navigasi dan pergerakan robot

Sistem navigasi dan pergerakan robot menggunakan data hasil penentuan lokasi dari subsistem lokalisasi. Pergerakan robot hexapod didesain untuk menggunakan dua macam gait yaitu gait tripod dan gait tetrapod. Dalam sistem navigasi terdapat parameter koreksi yang akan menentukan apakah robot perlu melakukan pergerakan koreksi, serta pergerakan koreksi apa yang perlu dijalankan. Tabel 2.2 menunjukkan tabel state kompensasi error pergerakan.

Tabel 2.2 Tabel jenis penyimpangan pergerakan dan trigger serta keluaran

Compensation State	Trigger	Output	Exit Condition
Idle	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
Koreksi Kanan	Yaw miring ke kiri	Putar berlawanan arah	Yaw berada didalam nilai

		jarum jam	toleransi
Koreksi Kiri	Yaw miring ke kanan	Putar searah jarum jam	Yaw berada didalam nilai toleransi
Jalan Miring Kiri	Dinding kanan terlalu dekat	Jalan Miring Kiri	Jarak kanan lebih besar daripada batasan
Jalan Miring Kanan	Dinding kiri terlalu dekat	Jalan Miring Kanan	Jarak kiri lebih besar daripada batasan

2.3 Subsistem monitoring

Sistem pemetaan dan navigasi otonom robot mampu berjalan dengan sendirinya tanpa campur tangan manusia. Tetapi oleh karena terbatasnya sensor yang digunakan dalam robot, diperlukan sumber data tambahan sebagai pelengkap dalam sistem pemetaan dan navigasi. Dengan penambahan *computer vision* dalam simulasi, akan didapatkan sistem monitoring yang dapat digunakan untuk mengawasi proses pergerakan otonom yang dilakukan oleh robot. Sistem monitoring cukup menggunakan satu kamera yang diletakkan diatas arena untuk mengenali posisi robot dalam arena, orientasi robot, dan kemajuan robot dalam menjelajahi arena. Pemetaan lokasi pada robot juga menggunakan pembagian lokasi yang sama dengan pembagian *state* seperti pada gambar 2.3.

2.4 Metode Verifikasi Spesifikasi

Sistem pemetaan dan navigasi robot akan diverifikasi berdasarkan hasil yang diberikan oleh node-node yang bersangkutan. Pengujian dilakukan pada sistem pemetaan dan lokalisasi dan sistem navigasi dan pergerakan robot. Sistem pemetaan dan navigasi robot diuji dengan menggerakkan robot menggunakan node teleop dan membandingkan keluaran *state* lokasi dengan *state* lokasi yang terbaca oleh *computer vision* dari kamera tetap. Pengujian sistem navigasi dilakukan dengan melakukan simulasi robot selama 30 kali, lalu mengambil nilai mean dan standar deviasi waktu simulasi. Waktu pengukuran dimulai saat semua node sudah selesai dipanggil, lalu waktu pengukuran dihentikan ketika robot sudah mencapai lokasi E atau F.