

BAB 1

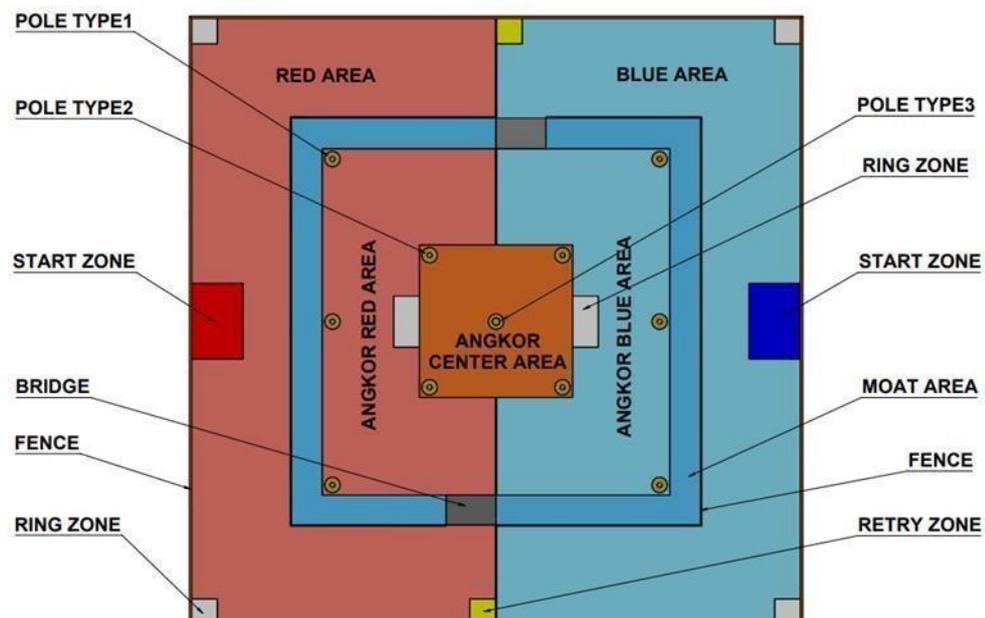
ANALISIS KEBUTUHAN

1.1 Latar Belakang Masalah

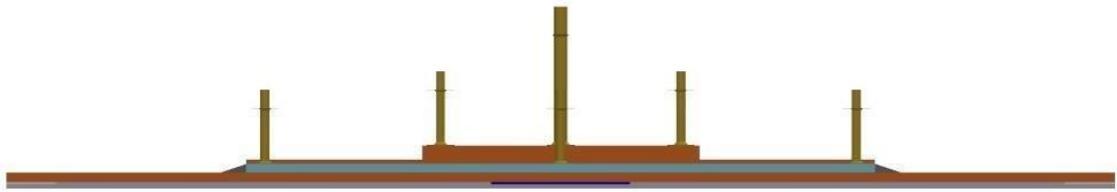
Kontes ABU (Asia Pacific Broadcasting Union) Robocon adalah kontes robot tahunan antar perguruan tinggi se-Asia Pasifik. Setiap tahunnya kontes ini memiliki tema yang berbeda menyesuaikan dengan negara tuan rumah yang telah ditentukan. Kontes ABU Robocon tahun 2023 akan diadakan di Phnom Penh, Kamboja. Tema kontes robot tahun ini adalah “Casting Flower Over Angkor Wat”. Dalam proses seleksi perwakilan dari setiap negara, Indonesia mengadakan Kontes Robot Indonesia (KRI) sebagai tempat dimana mahasiswa dari universitas di seluruh Indonesia berkompetisi. Pada KRI, divisi lomba yang mewakili Kontes ABU Robocon adalah divisi Kontes Robot ABU Indonesia (KRAI).

Objektif dari permainan ini adalah peserta melempar ring pada tiang – tiang yang tersedia di lapangan untuk mendapatkan poin. Pada permainan ini peserta akan dibagi menjadi dua tim, Blue Team dan Red Team. Permainan ini berlangsung selama tiga menit. Tim dengan skor tertinggi akan menjadi pemenangnya.

Setiap tim akan bertanding dengan dua buah robot, Elephant Robot (ER) dan Rabbit Robot (RR). Kedua robot ini akan melempar ring pada lapangan permainan yang terdiri dari rintangan bidang datar dua dimensi, bidang miring, dan bidang berbentuk anak tangga. Setiap tim diberikan 40 ring untuk digunakan dalam permainan dan diletakkan pada Ring Zone yang tersedia. Desain dari lapangan permainan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2 [1].



Gambar 1.1 Desain lapangan kontes ABU ROBOCON 2023 (tampak atas)



Right View

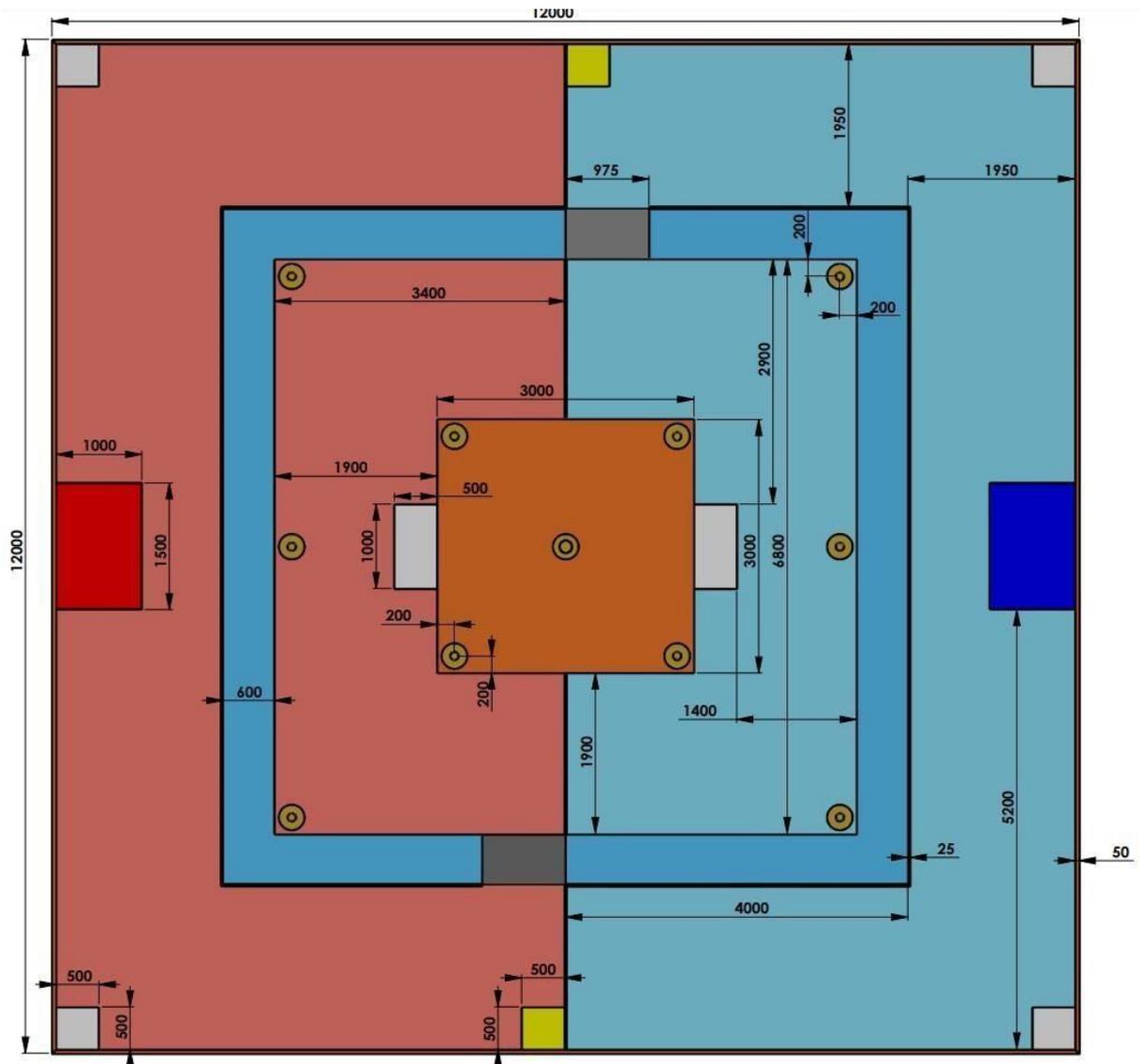
Gambar 1.2 Desain lapangan kontes ABU ROBOCON 2023 (tampak samping)

Berdasarkan aturan permainan, RR dapat bergerak pada Blue/Red Area, Angkor Blue/Red Area, dan Angkor Center Area, sedangkan ER hanya dapat bergerak pada Blue/Red Area [2]. RR memiliki area pergerakan yang lebih luas dan lebih dinamis dari ER. Apabila RR memiliki mobilitas yang stabil saat melewati rintangan di dalam lapangan permainan, RR akan dengan mudah mendapatkan poin. Dalam Capstone Design ini, topik pembahasan akan difokuskan pada mobilitas RR di dalam lapangan permainan.

1.2 Informasi Pendukung

1.2.1 Lapangan Permainan

Dalam Rule Book ABU Robocon 2023, terdapat penjelasan tentang dimensi dari lapangan permainan yang akan digunakan. Dimensi dari lapangan adalah 1200cm x 1200cm dan berbahan plywood. Permukaan lapangan dicat menggunakan cat kayu. Area bagi masing - masing tim untuk bergerak terbagi menjadi tiga; Blue/Red Area, Angkor Blue/Red Area, dan Angkor Center Area. Pembagian area lapangan dapat dilihat pada Gambar 1.1, dimensi keseluruhan lapangan ditunjukkan pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Dimensi lapangan permainan ABU ROBOCON 2023 (dimensi dalam satuan mm)

Di dalam Blue/Red Area terdapat Start Zone, Ring Zone, dan Retry Zone. Start Zone merupakan tempat dimana robot akan ditempatkan sebelum permainan dimulai. Dimensi dari Start Zone adalah 150cm x 100cm dan kedua robot yang dimiliki sebuah tim tidak boleh melebihi dimensi dari Start Zone. Ring Zone merupakan tempat dimana ring ditempatkan. Retry Zone merupakan tempat untuk robot yang telah melanggar aturan atau ketika sebuah tim ingin melakukan penyetulan terhadap robot dan terbatas oleh peraturan-peraturan yang ada. Dalam permainan ini, sebuah tim dapat mengajukan Retry dengan jumlah yang tidak ditentukan. Keadaan Retry memiliki dua ketentuan:

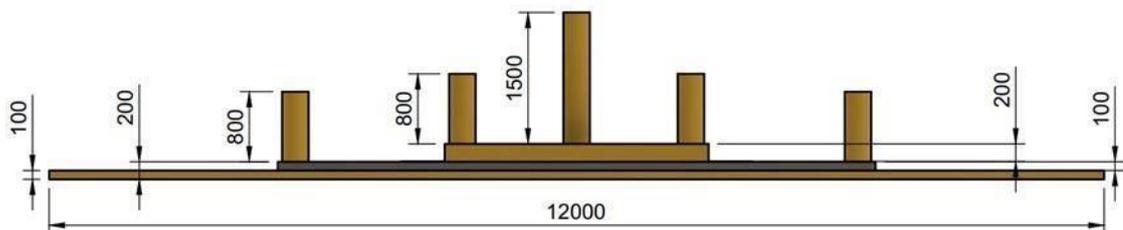
1. Apabila robot berada di Blue/Red Area atau jembatan, robot akan kembali ditempatkan di Start Zone
2. Apabila robot berada di Angkor Area, maka robot akan ditempatkan di Retry Zone

Antara Angkor Blue/Red Area dan Blue/Red Area terdapat Moat Area. Baik ER maupun RR dilarang untuk memasuki Moat Area. Untuk berpindah dari Blue/Red Area ke Angkor Blue/Red Area terdapat sebuah jembatan bidang miring dengan panjang 60 cm.

Di dalam Angkor Center Area terdapat lima buah tiang. Empat buah tiang berada di sudut - sudut Angkor Center Area dan tiang sisanya berada di tengah Angkor Center Area.

Ketiga wilayah yang tersedia bagi sebuah tim memiliki ketinggian yang berbeda - beda. Posisi Blue/Red Area menempel pada tanah. Sedangkan posisi Angkor Blue/Red Area berada pada ketinggian 20 cm dari permukaan tanah. Angkor Center Area merupakan permukaan dengan posisi tertinggi, yaitu 40 cm dari permukaan tanah. Permukaan Angkor Center Area berada tegak lurus terhadap Angkor Blue/Red Area, sehingga membentuk bidang dengan sudut 90° untuk dilewati oleh robot.

Selain itu, tiang - tiang pada lapangan permainan memiliki tinggi yang berbeda. Untuk tiang Tipe 1 dan Tipe 2 memiliki tinggi 80 cm dan tiang Tipe 3 memiliki tinggi 150 cm. Tiang Tipe 1 berada pada Angkor Blue/Red Area dan tiang Tipe 2 serta Tipe 3 berada pada Angkor Center Area. Tinggi dari setiap area dan tiang yang ada pada lapangan permainan dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar1.4 Tinggi dari setiap area dan tiang pada lapangan permainan

1.2.2 Ring

Ring berbahan karet dengan bentuk silinder. Diameter dalam dari silinder karet adalah 8mm dan diameter luarnya 14mm. Untuk diameter dalam ring adalah sebesar 20cm. Berat dari ring adalah 200gr.



Gambar1.5 Contoh ring yang digunakan pada Kontes ABU ROBOCON 2023

1.2.3 Rabbit Robot (RR)

Dalam Rule Book ABU Robocon 2023 [2], terdapat aturan dalam membangun RR dan batasan - batasan ketika RR bermain. Batasan – batasan dalam membangun RR dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.1. Aturan terkait RR

No	Aturan
1	Dimensi dari RR tidak melebihi 50cmx50cmx50cm
2	Akumulasi berat RR dan ER tidak melebihi 50kg.
3	Perpanjangan dimensi RR ketika bermain tidak melebihi 70cmx70cmx80
4	RR wajib dikendalikan secara nirkabel
5	RR dilarang memiliki mekanisme yang menghisap permukaan
6	RR dilarang memiliki mekanisme yang dapat mengudara
7	Sumber daya robot hanya boleh didapat dari baterai, udara kompresor, atau gaya elastis. Dilarang menggunakan sumber daya yang berbahaya.
8	Setiap baterai yang digunakan memiliki tegangan maksimum 24V

1.2.4 Komunikasi

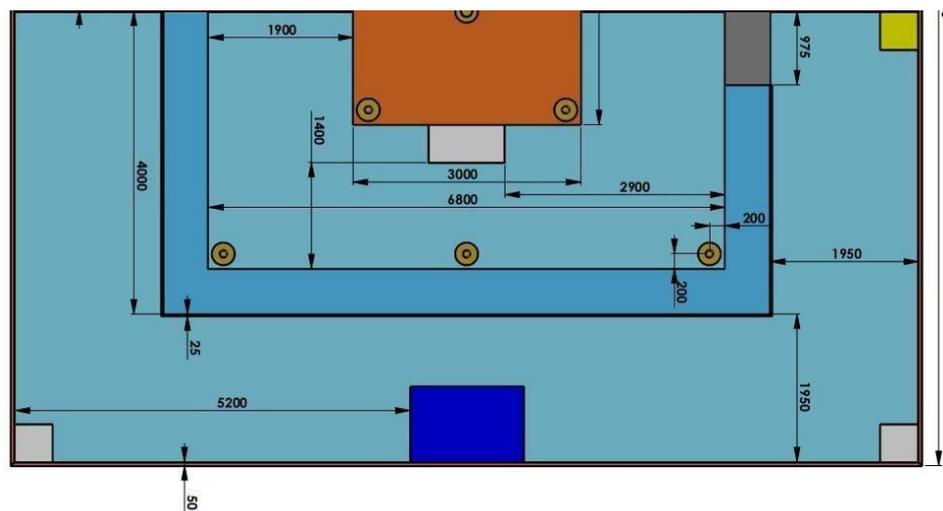
Komunikasi antara controller dan robot, maupun antara robot dan robot, hanya dapat berupa bluetooth, WiFi (IEEE 802.11), atau Zigbee (IEEE 802.15).

1.3 Constraint

Batasan – batasan pada robot didasari oleh informasi pendukung yang telah dipaparkan sebelumnya. Batasan – batasan tersebut dapat dikategorikan dalam Aspek Lingkungan dan Aspek Manufakturabilitas.

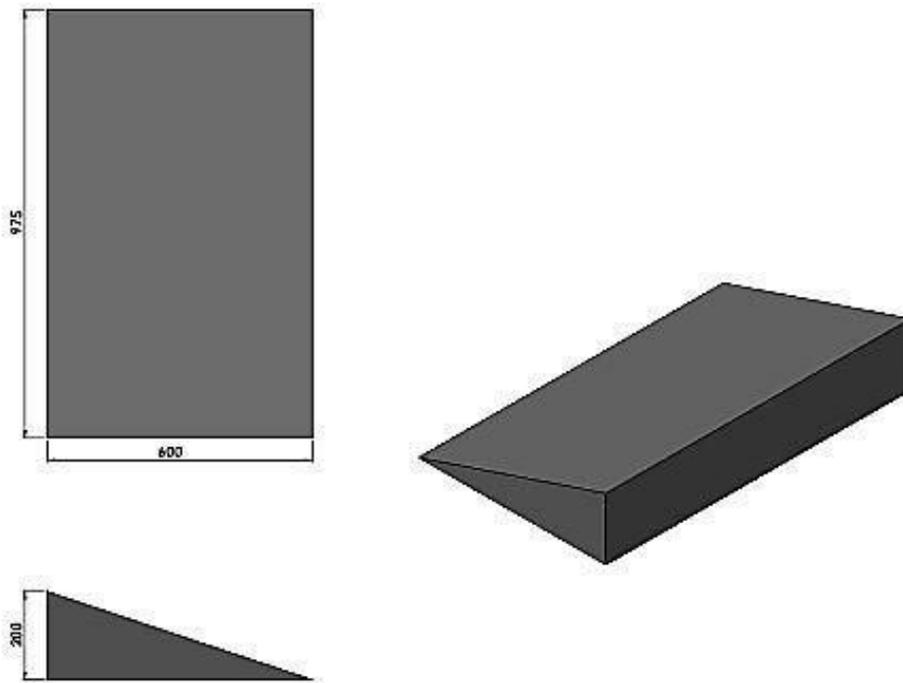
1.3.1 Aspek Lingkungan

Lingkungan RR terbatas dalam lapangan permainan. Pada lapangan permainan, RR menghadapi tiga rintangan, yaitu rintangan bidang datar, rintangan bidang miring dan rintangan bidang anak tangga. Rintangan pertama berada pada Blue/Red Area, dimana RR berjalan melalui bidang datar. Bidang datar yang dilalui oleh RR memiliki lebar jalur sebesar 1950mm di sepanjang lintasan. Pada area ini juga terdapat Moat Area, area dimana RR dilarang untuk menyentuh atau memasuki permukaannya. Metode pergerakan dan respon dari RR dalam melewati rintangan ini dibatasi oleh waktu permainan yang ditentukan. Mobilitas yang akan digunakan oleh RR harus mampu mendukung permainan RR dalam mendapatkan poin dalam rentang waktu yang terbatas.



Gambar 1.6 Rintangan pada Blue/Red Area

Rintangan kedua berada di antara Blue/Red Area dan Angkor Blue/Red Area. Rintangan kedua ini berbentuk bidang miring yang dinamakan Bridge.



Gambar 1.7 Rintangan Bidang Miring (dimensi dalam mm)

Rintangan bidang miring memiliki panjang lintasan sebesar 632,45mm. Lebar dari lintasan yang dilalui RR dapat dilihat pada Gambar 6, yaitu sebesar 975mm. Kemiringan dari lintasan dapat diketahui dengan persamaan (1.1).

$$\cos^{-1} \left(\frac{600}{\sqrt{600^2 + 200^2}} \right) = 18.43^\circ \quad (1.1)$$

Untuk melewati rintangan ini, manufaktur dari RR harus memiliki desain yang kokoh dan penempatan posisi titik berat yang tepat. Hal yang dihindari ketika RR melewati bidang miring adalah gerakan dari RR yang slip atau menghambat laju RR serta bagaimana RR mempertahankan posisinya ketika melewati bidang miring dan tidak terjatuh.

Rintangan ketiga berada di antara Angkor Blue/Red Area dan Angkor Center Area. Rintangan ini berbentuk sebuah anak tangga dengan tinggi 200mm.

Hal ini juga didukung oleh dimensi dari Angkor Center Area yang terbatas pada 3000mm x 3000mm.

1.3.2 Aspek Manufakturabilitas (*manufacturability*)

Manufaktur dari RR terbatas pada dimensi 50cmx50cmx50cm dengan berat tidak melebihi 25kg. Berdasarkan hal tersebut, material yang digunakan untuk membangun struktur RR perlu dipertimbangkan segi berat dan kokoh. Dari batasan – batasan yang telah disebutkan, material yang tepat untuk digunakan adalah logam. Beberapa material logam yang dapat digunakan dalam membangun struktur RR antara lain; besi, aluminium, stainless steel, dan tembaga. Perbandingan jenis material logam dapat dilihat pada

Tabel 1.2. Sifat – Sifat Material Logam

Jenis Material	Basis Logam	Density (gr/cm ³)	Kelebihan	Kekurangan	Referensi
Stainless Steel	Besi	7.86	Tidak mudah berkarat dan lebih padat	Lebih berat	[3]
Aluminium Alloy	Aluminium	2.7	Tidak dapat berkarat dan lebih ringan	Tidak sepadat besi	[4]
Besi	Besi	7.87	Material lebih padat	Dapat berkarat dan lebih berat	[5]
Tembaga	Tembaga	8.89	Material lebih padat	Lebih mudah menghantarkan arus listrik dan lebih berat	[6]

Relasi antara tekanan dan tingkat kepadatan berbanding lurus. Ketika tingkat kepadatan semakin tinggi, maka tekanan yang dapat diterima semakin tinggi. Begitu pula sebaliknya. Dari perbandingan jenis material pada Tabel 1. Dapat diketahui jenis material yang kokoh dan ringan. Mempertimbangkan batasan berat robot, material yang tepat untuk digunakan adalah aluminium.

Dari poin 1.2.3, pilihan metode RR untuk bergerak adalah berkaki dan beroda. Karena pergerakan robot beroda relatif lebih cepat dan pengoperasiannya lebih sederhana dari robot berkaki [7], maka dipilih mekanisme robot beroda. Robot beroda mempunyai pilihan bentuk roda dan metode kemudi yang berbeda – beda. Jenis – jenis roda yang umum digunakan pada robot beroda dapat dilihat pada

Tabel 1.3. Tipe Roda

Tipe Roda	Gambar	Deskripsi	Kelebihan	Kekurangan	Referensi
-----------	--------	-----------	-----------	------------	-----------

Roda Standar		Pergerakan dua arah.	Struktur yang sederhana dan ukuran yang beragam.	Cocok hanya pada ruangan indoor	[8]
Roda Omni		Dilengkapi dengan roller dengan perbedaan sudut 90° terhadap arah putar roda. Bergerak ke berbagai arah.	Dapat bergerak dengan cepat ke berbagai arah. Harga relatif lebih murah dari roda mekanum	Lebih sulit dioperasikan karena struktur yang digunakan oleh roda.	[8]
Roda Mekanum		Dilengkapi dengan roller dengan perbedaan sudut 45° terhadap arah putar roda. Bergerak ke berbagai arah.	Dapat bergerak secara dinamis ke berbagai arah. Cocok digunakan pada ruangan indoor atau outdoor	Relatif lebih mahal dan lebih berat. Bergerak secara lambat.	[8]

Pemilihan roda yang akan digunakan mempengaruhi pergerakan RR dalam bermain. RR diharapkan dapat bermain dengan mendapatkan skor maksimal dalam waktu kurang atau sama dengan tiga menit. Mempertimbangkan batasan – batasan pada Aspek Lingkungan yang telah dibahas pada sub – bab sebelumnya, roda yang sesuai digunakan oleh RR adalah roda yang dapat membantu RR bergerak ke segala arah.

Aspek manufaktur lain adalah bagaimana robot dapat dikendalikan secara nirkabel oleh pengguna. Komunikasi yang akan digunakan berada dalam batasan - batasan pilihan komunikasi yang ada pada Rule Book ABU Robocon 2023. Komunikasi WiFi bergantung pada jaringan internet. Penggunaan internet dengan memanfaatkan router atau data seluler relatif kurang praktis karena robot akan berlatih dan bermain di tempat yang berbeda - beda. Komunikasi Bluetooth dengan protokol Bluetooth 5.0 memiliki fitur untuk mendeteksi Angle of Arrival (AOA) dan Angle of Departure (AOD). Fitur tersebut dapat mengetahui sudut dan arah dari sinyal yang didapat maupun yang dikirim. Fokus dari penggunaan Bluetooth adalah harga yang terjangkau, konsumsi daya rendah, dan cakupan jangkauan sinyal yang sempit [8]. Komunikasi Zigbee didesain untuk alat yang sangat membutuhkan konsumsi daya rendah. Rentang jarak komunikasi Zigbee Cakupan jangkauan sinyal dari ZigBee dapat mencapai jarak 100 m di ruang bebas, tetapi terbatas pada 20 m - 30 m di dalam ruangan tertutup [8]. Perbedaan dengan bluetooth adalah harganya yang relatif lebih mahal. Maka dari itu dipilih komunikasi dengan menggunakan Bluetooth.

1.3.3 Aspek Performa Robot

Robot diharapkan dapat bermain dengan menghasilkan poin tertinggi dalam waktu tiga menit. Dengan melihat batasan dari aspek lingkungan pada sub – bab 1.3.1, robot yang dibangun harus memiliki respon yang cepat terhadap input dari pengguna. Hal ini menentukan performa dari kendali yang digunakan dalam mekanisme yang dibangun pada robot untuk melewati rintangan yang ada pada lapangan. Selain pemilihan sistem kendali yang akan digunakan, pemilihan media penggerak robot harus merupakan pilihan yang dapat mendukung pergerakan robot secara efisien dalam waktu tiga menit.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Kebutuhan yang dirancang didasari oleh aturan pada kontes ABU Robocon 2023 [2] dan pihak konsumen yang akan menggunakan robot untuk mengikuti kontes tersebut. Pihak konsumen yang dituju adalah tim KRAI dari Universitas Telkom. Tantangan dari kontes tahun ini adalah lapangan permainan yang memiliki tiga rintangan; rintangan bidang datar, rintangan bidang miring, dan rintangan berbentuk anak tangga. *Mobile robot* yang akan dibangun berfokus pada mobilitas robot dalam melewati rintangan yang ada pada lapangan. Dari pemaparan tersebut, kebutuhan yang harus dipenuhi oleh *mobile robot* adalah sebagai berikut:

1.4.1 Robot dikendalikan oleh pengguna secara nirkabel via Bluetooth

Berdasarkan aturan permainan [2], RR wajib dikendalikan secara nirkabel. Jenis komunikasi nirkabel yang digunakan adalah komunikasi Bluetooth. Komunikasi Bluetooth relatif memiliki *data rate* yang lebih cepat dibandingkan WiFi. Bluetooth juga memiliki harga yang lebih murah dari radio dan LoRa. Pemakaian dari Bluetooth juga lebih mudah dibanding radio dan WiFi. Agar pengguna dapat mengakses pergerakan dan fitur dari robot, digunakan kontroler atau *gamepad* yang kompatibel dengan komunikasi Bluetooth.

1.4.2 Robot menggunakan roda sebagai media pergerakan robot

Pemilihan roda sebagai media pergerakan robot akan memudahkan robot dalam bergerak dengan respon yang cepat dibandingkan dengan robot berkaki.

1.4.3 Robot bergerak ke segala arah pada bidang datar tanpa mengubah orientasi dari robot

Pemilihan roda omni sebagai tipe roda yang digunakan pada robot akan memudahkan robot dalam bergerak ke segala arah tanpa mengubah orientasi robot. Hal ini didasari oleh lebar dari lintasan permainan yang berada pada rentang 1meter – 3meter. Apabila robot bergerak dengan manuver seperti *differential driving* atau manuver yang digunakan pada

mobil secara umum, robot tidak dapat bergeser ke kanan dan ke kiri tanpa mengubah orientasi dari robot.

1.4.4 Robot memiliki kecepatan maksimum 1m/s

Dari hasil diskusi dengan pihak konsumen, kecepatan maksimum dari robot yang dibangun tidak melebihi 1m/s.

1.4.5 Robot dapat melewati lintasan bidang miring dengan lebar lintasan 975mm dan sudut kemiringan 18,43°

Salah satu rintangan pada lapangan permainan ABU Robocon 2023 adalah lintasan bidang miring. Lintasan bidang miring memiliki lebar 975mm dan sudut kemiringan 18,43°.

1.4.6 Robot melewati bidang anak tangga setinggi 20cm

Rintangan lain yang ada pada lapangan permainan ABU Robocon 2023 adalah rintangan berbentuk anak tangga. Robot yang dibangun diwajibkan untuk dapat melewati rintangan bidang anak tangga agar dapat bermain.

1.4.7 Berat total robot tidak melebihi 25kg

Sebuah tim diwajibkan membuat dua robot dengan berat total kedua robot adalah 50kg. Berdasarkan hal tersebut dan hasil diskusi dengan pihak konsumen, berat maksimum dari RR tidak melebihi 25kg.

1.4.8 Dimensi dari robot tidak melebihi 50cmx50cmx50cm

Menurut aturan permainan [2], dimensi robot ER dan RR dibatasi. Untuk RR, dimensi panjang x lebar x tinggi maksimum dari robot adalah 50cm x 50cm x 50cm.

1.5 Tujuan

Berdasarkan poin kebutuhan yang telah dihasilkan, tujuan yang ingin dicapai adalah RR memiliki pergerakan yang stabil pada bidang datar dan dapat melewati rintangan yang ada dilapangan permainan. Rintangan pada lapangan permainan ABU Robocon 2023 mencakup sebuah lintasan bidang miring dengan lebar 975mm dan sudut kemiringan 18,43° dan rintangan berbentuk sebuah anak tangga setinggi 20cm.