

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya populasi manusia, perkembangan teknologi juga mengalami perkembangan yang pesat untuk mengimbangi perkembangan populasi tersebut seperti kebutuhan dalam keamanan dan pertahanan negara, kebutuhan dalam kesehatan dan lainnya [1], yang bertujuan untuk mempermudah kehidupan manusia. Salah satu perkembangan teknologi yang dapat dilihat adalah teknologi robotika seperti *Mobile Robot* yang sangat berperan dalam bidang industri, militer, kesehatan dan pada bidang eksplorasi daerah berbahaya atau luar angkasa seperti eksplorasi daerah yang terkontaminasi virus, racun atau nuklir atau untuk eksplorasi planet [1], [2], [3], [4], [5], [6]. *Mobile Robot* merupakan robot cerdas yang dapat beroperasi dan bernavigasi secara bebas dan secara otomatis di lingkungan yang tidak diketahui dan dapat menghindari rintangan atau penghalangan yang ada disekitarnya, biasanya juga disebut sebagai *Autonomous Mobile Robot* [7], [8], [9], [10], [11]. Kegunaan *Mobile Robot* bahkan sudah sampai pada kehidupan sehari-hari manusia seperti aplikasinya pada pertanian, olahraga, restoran, perkantoran, hingga peralatan rumah tangga [6], [12], [13].

Dalam kaitannya dalam hal eksplorasi, *Mobile Robot* memiliki peran yang sangat signifikan [14], [15], [16]. Hal ini dikarenakan kemampuan *Mobile Robot* untuk dapat beroperasi di tempat yang kecil atau sempit dan di lokasi yang berbahaya atau yang tidak dapat dicapai oleh manusia seperti lokasi pascabencana alam, eksplorasi planet dan lainnya. Dalam melakukan eksplorasi pada daerah yang belum diketahui, salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah bidang permukaan lantai yang harus dilalui oleh *Mobile Robot* sehingga tipe penggerak atau mobilitas *Mobile Robot* menjadi hal yang krusial untuk ditentukan.

Berdasarkan tipe mobilitasnya, *Mobile Robot* dapat dibagi menjadi 3 jenis utama yaitu beroda (*wheeled*), berkaki (*foot/legged*) dan menggunakan rantai (*track type*) [17], [18]. Robot beroda memiliki biaya yang rendah dalam pembuatannya,

struktur yang sederhana dan memiliki efisiensi daya dan kecepatan yang tinggi serta kompleksitas perangkatnya paling rendah diantara tipe *Mobile Robot* yang lain [19]. Kekurangan dari robot beroda adalah ketidakmampuannya untuk melewati rintangan dengan permukaan yang tidak rata seperti jalan pecah, berbatu dan lainnya [2], [4], [12], [17], [20]. Robot berkaki memiliki kemampuan untuk melewati rintangan yang lebih baik seperti dapat melewati tangga dan parit namun memiliki efisiensi daya dan kecepatan yang lebih rendah daripada robot beroda dan berantai [17], [20], [21]. Robot dengan tipe rantai memiliki tingkat keuntungan dan kerugian diantara dua tipe sebelumnya. Robot berantai memiliki kemampuan untuk melewati rintangan yang lebih baik daripada robot beroda dengan kecepatan yang lebih tinggi dari robot berkaki namun memiliki efisiensi daya yang rendah [17], [18], [22], [23], [24], [25].

Berdasarkan tipe mobilitas di atas, tipe robot yang memiliki kemampuan untuk melewati rintangan dalam hal eksplorasi adalah robot berkaki yang dapat beradaptasi dengan mempertahankan stabilitasnya dengan permukaan lantainya [26], [27], [28], [29]. Hal ini juga dapat dilihat pada manusia maupun hewan yang menggunakan postur kakinya untuk beradaptasi dan melakukan pergerakan [30], [31]. Dalam proses pergerakan robot berkaki, penggunaan jumlah kaki pada robot sangat berpengaruh dalam kestabilan dan kompleksitas yang harus dimiliki dalam sistem gerak robot tersebut [32].

Pada robot berkaki dua atau *bipedal robot* (terkadang disebut *humanoid robot*), keseimbangan menjadi tantangan utama karena robot hanya memiliki dua titik tumpu [33], [34], [35], [36]. Keseimbangan robot bipedal biasanya dicapai dengan algoritma seperti *Center of Mass (CoM)* dan *Zero Moment Point (ZMP)*, yang kompleks dan memerlukan perhitungan cukup dalam. Beberapa algoritma baru menggunakan *Neural Networks (NN)* untuk meniru otot dan pembelajaran penguatan (*Reinforcement Learning*) untuk meningkatkan adaptabilitas dalam lingkungan yang realistis, namun algoritma ini membutuhkan komputasi yang intensif sehingga dapat mengurangi respons waktu [33], [37], [38]. Pada robot berkaki empat (*quadruped*) dengan lebih dari satu kaki yang menopang badan ketika perpindahan *gait*, robot *quadruped* lebih stabil dibandingkan robot *bipedal*

[39], [40]. Penggunaan sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) untuk memperkirakan kemiringan medan dan pengontrolan gaya reaksi kaki membantu robot ini menavigasi medan yang miring dengan lebih efektif [41], [42]. Metode *Whole-Body Control* (WBC) juga memperkuat kestabilan robot *quadruped* dengan mempertimbangkan dinamika seluruh tubuh dan mendistribusikan gaya reaksi tanah dengan tepat [43], [44]. Robot berkaki enam atau heksapoda memiliki kestabilan dan toleransi beban yang lebih tinggi dari robot berkaki dua dan berkaki 4 [45], [46]. Dengan enam titik tumpu, robot heksapoda memiliki margin kestabilan yang lebih besar dan dapat mempertahankan keseimbangan dengan lebih mudah meskipun ada gangguan eksternal atau perubahan medan atau permukaan yang signifikan [42], [47]. Keunggulan lain dari robot heksapoda adalah redundansi derajat kebebasan (DOF), yang memungkinkan robot untuk tetap berfungsi meskipun salah satu kaki mengalami kerusakan [48], [49]. Mekanisme kaki pada robot heksapoda juga dapat digunakan kembali sebagai lengan robot, yang memberikan fleksibilitas tambahan dalam tugas-tugas pemeliharaan atau pemulihan setelah terbalik [50].

Dengan keuntungan robot berkaki untuk melakukan eksplorasi dengan keunggulan robot berkaki enam dalam hal kestabilan dan kompleksitas, peneliti akan membuat robot otomatis berkaki enam (*Autonomous Hexapod*) bernama Hectarus yang dapat melewati rintangan atau permukaan tidak rata. Rintangan atau permukaan tidak rata akan menggunakan ilustrasi yang menggambarkan kondisi yang sebenarnya untuk pengujiannya.

1.2 Identifikasi Masalah

Robot berkaki enam harus memiliki pola atau urutan pergerakan kaki yang tepat untuk dapat melakukan tugasnya terutama dalam melewati rintangan-rintangan dalam melakukan eksplorasi. Urutan atau pola pergerakan kaki tersebut disebut sebagai *gait*. Penggunaan *gait* yang tepat akan membuat robot memiliki kestabilan pergerakan yang tinggi dan kecepatan eksplorasi yang tinggi. Pada robot Hectarus, akan diterapkan 3 *gait* yang akan digunakan untuk menguji penggunaan *gait* yang tepat untuk melewati rintangan-rintangan yang ada pada lokasi pengujian hingga

sampai pada titik akhir Tiga *gait* tersebut adalah Tripod, *Wave*, dan *Tetrapod gait* [51], [52], [53], [54].

Tripod *gait* menggunakan pola pergerakan kaki dengan mengangkat 3 kaki untuk melakukan pergerakan. Ketika 3 kaki mengangkat dan melangkah, sisa 3 kakinya digunakan untuk menopang badan hingga 3 kaki yang melangkah selesai melangkah [54]. Tripod *gait* memiliki kecepatan pergerakan yang paling tinggi dengan kestabilan yang cukup pada bidang lantai/permukaan yang rata [52], [53].

Wave gait menggunakan pola pergerakan kaki dengan mengangkat 1 kaki dengan 5 kaki lainnya menopang badan [54]. Penggunaan *gait* ini akan memiliki kestabilan dan konsumsi energi yang paling tinggi dan dapat melewati rintangan-rintangan di permukaan yang berpasir [51], [52], [53] Kekurangan dari *Wave gait* ini adalah kecepatan pergerakannya yang sangat kecil sehingga tidak cocok untuk tugas yang memerlukan waktu cepat.

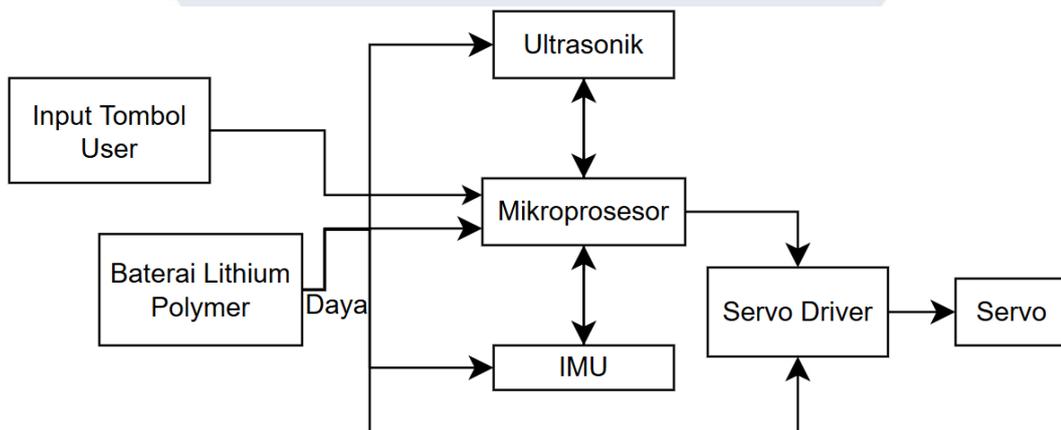
Tetrapod gait pada dasarnya pola pergerakan yang berada di antara Tripod dan *Wave gait*. *Tetrapod* menggunakan 2 kaki untuk melangkah dan menggunakan 4 kaki lainnya untuk menopang badan sehingga memerlukan 3 siklus pergerakan [54]. *Tetrapod gait* memiliki kestabilan yang lebih baik dari Tripod dan kecepatan yang lebih baik dari *Wave gait*.

Dengan 3 jenis pola/*gait* yang dipaparkan sebelumnya, penulis akan menguji ketiga *gait* tersebut untuk robot Hectarus dan membandingkan keunggulannya baik dalam kecepatan dan kemampuannya melewati rintangan-rintangan dengan menggunakan robot berkaki enam yang dirancang. Meskipun keunggulan atau keuntungan karakteristik pola pergerakan kaki atau *gait* pada robot berkaki enam telah banyak diteliti oleh peneliti lain, sebagian besar penelitian tersebut dilakukan pada medan yang homogen, berfokus pada aspek efisiensi energi, navigasi umum atau pada aspek simulasi [26], [52], [53], [55]. Robot yang dikembangkan bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan pengujian dan membandingkan secara langsung ketiga *gait* yang digunakan pada lokasi pengujian yang merepresentasikan lokasi pascabencana alam. Lokasi pengujian akan dilakukan di arena Kontes Robot SAR Indonesia 2024. Arena tersebut terdiri dari rintangan jalan pecah, jalan berbatu

yang diilustrasikan dengan batu koral, rintangan kelereng yang diilustrasikan sebagai jalan berlumpur, jalan miring dan tangga.

1.3 Konsep Sistem

Autonomous Hexapod yang akan dibuat, bernama Hectarus bersumber daya dari baterai Lithium Polymer yang akan menyuplai komponen-komponen penting seperti mikroprosesor, ultrasonik, sensor IMU dan servo *driver*. Secara garis besar, Hectarus bekerja dengan input tombol dari *user* sebagai pemicu untuk memulai pergerakan, kemudian seluruh pengambilan data dari sensor ultrasonik dan sensor IMU akan diolah oleh mikroprosesor. Data sensor ultrasonik akan digunakan untuk mendeteksi adanya halangan. Data sensor IMU akan digunakan untuk memperbaiki proses berjalan yang tidak lurus dan juga mengetahui kondisi robot Hectarus. Data tersebut diolah dan menghasilkan menghasilkan sebuah pergerakan yang membuat robot Hectarus berjalan dan menghindari tantangan.



Gambar 1.1 Diagram Blok Kerja Hectarus

1.4 Batasan Sistem

Batasan sistem yang dimiliki oleh Hectarus adalah hanya dapat beroperasi dalam daratan kering dan padat. Permukaan atau bidang yang basah dapat membuat pergerakan Hectarus menjadi tidak stabil dan juga tidak menutup kemungkinan untuk merusak komponen yang digunakan. Selain itu, permukaan yang cair berpotensi untuk membuat robot Hectarus tersangkut/tenggelam. Hectarus juga memiliki keterbatasan pada beban yang dibawa oleh robotnya sendiri.

Hectarus akan dibuat dapat beroperasi tanpa membawa beban tambahan eksternal yang membuat robot menjadi tidak stabil karena penambahan beban. Keterbatasan ini membuat Hectarus akan memiliki batas beban pada perubahan

komponen seperti penambahan LiDAR untuk penelitian selanjutnya atau perubahan spesifikasi penggunaan baterai. Batas penambahan beban karena perubahan komponen akan bergantung pada hasil perhitungan yang akan menentukan spesifikasi servo dan desain robot.

1.5 Fungsi dan Manfaat Sistem

Robot Hectarus memiliki kegunaan untuk dapat bergerak dan berjalan dalam bidang/permukaan yang tidak rata. Fungsi ini dapat diterapkan dalam bidang eksplorasi terutama dalam area bencana alam. Robot Hectarus akan berjalan secara otomatis tanpa operator yang mengendalikannya, sehingga Hectarus dapat bekerja/melakukan eksplorasi secara independen berdasarkan area lingkungannya.

