

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kontes Robot Indonesia adalah salah satu kompetisi robotika tingkat regional dan nasional yang diadakan rutin setiap tahun oleh Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi (RISTEKDIKTI). Kompetisi yang diselenggarakan dibagi menjadi beberapa kategori, yaitu Kontes Robot Abu Indonesia (KRAI), Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) Berkaki, Kontes Robot Seni Tari Indonesia (KRSTI), Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI) Humanoid, dan yang terakhir yaitu Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI) Beroda. Masing-masing kategori mempunyai tema, peraturan, tugas, dan arena yang berbeda. Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) dahulu dikenal dengan nama Kontes Robot Cerdas Indonesia (KRCI), namun pada tahun 2013 KRCI dibubarkan dan diganti menjadi Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI).

KRPAI Berkaki merupakan kategori lomba pada Kontes Robot Indonesia yang mengikuti rule internasional Walking Division dari Trinity College Fire-Fighting Home Robot Contest. Robot diwajibkan memiliki sistem pergerakan menggunakan kaki dan diletakkan pada suatu arena yang merupakan simulasi rumah yang terdiri dari ruang-ruang dan lorong. Setiap sesi pertandingan terdapat satu buah lilin yang diletakkan dalam ruangan yang telah diacak sesuai undian. Pada model simulasi rumah tersebut terdapat rintangan-rintangan yang berfungsi sebagai penguji kestabilan sensor dan kecerdasan robot. Robot harus mampu untuk bernavigasi secara *autonomous* menelusuri ke setiap ruangan secepat mungkin untuk mencari, memadamkan api, serta kembali ke ruangan asal (RISTEKDIKTI, 2017).

Berdasarkan observasi, pengalaman riset, dan pengalaman berpartisipasi dalam perlombaan KRPAI, penulis mendapatkan tiga faktor penentu kemenangan dalam KRPAI. Dimulai dari yang paling fundamental, tiga faktor tersebut adalah: sistem pergerakan, akuisisi data sensor, dan algoritma/strategi, oleh karena itu penulis berfokus pada perancangan sistem pergerakan robot yang merupakan faktor penentu kemenangan paling fundamental.

Walaupun robot berkaki lebih adaptif untuk beroperasi pada medan yang tidak rata, namun robot berkaki memiliki permasalahan tersendiri. Berbeda dengan robot beroda yang umumnya hanya memerlukan sinyal tegangan yang proporsional dengan kecepatan bergerak

atau *steering angle* yang diperlukan, robot berkaki khususnya *quadruped robot* (robot berkaki empat) harus mengatur pergerakan sudut dari seluruh sendi di keempat kakinya secara simultan untuk menghasilkan pergerakan yang stabil. Maka dari itu tentu saja sistem pergerakan robot berkaki empat memerlukan suatu algoritma kontrol dan kalkulasi yang jauh lebih kompleks apabila dibandingkan dengan sistem pergerakan robot beroda.

Spesifikasi robot berkaki, baik itu *quadruped*, *hexapod*, maupun *octapod*, biasanya diklasifikasikan berdasarkan jumlah DOF (*Degree of Freedom*) dari masing-masing kakinya. Sebagai contohnya, 4 DOF *Quadruped Robot* memiliki arti robot berkaki empat yang memiliki empat sendi di setiap kakinya, dengan total sendi keseluruhan 16 sendi. Agar tubuh robot mampu bergerak dengan 6 DOF (*Degree of Freedom*), yaitu melakukan translasi dan rotasi menurut ketiga sumbunya, serta mampu beradaptasi dengan berbagai macam permukaan, *quadruped robot* memerlukan setidaknya 3 DOF (*Degree of Freedom*) pada setiap kakinya.

Setelah mekanisme *quadruped robot* telah dibuat, diperlukan sebuah *gait pattern* agar *quadruped robot* mampu bergerak dengan baik. *Gait pattern* adalah suatu pola pergerakan masing-masing kaki yang dikoordinasikan dengan pergerakan tubuh robot baik itu translasi maupun rotasi yang dilakukan secara repetitif agar tubuh robot dapat bergerak dari satu tempat ke tempat lainnya (Pablo Gonzales et al, 2006).

Forward kinematics dan *inverse kinematics* merupakan metode yang dapat digunakan pada robot berkaki, yang merupakan metode yang saling berkebalikan satu sama lain. *Forward kinematics* berfokus untuk mencari posisi *end effector* dari sudut-sudut yang diketahui dari masing-masing sendi, sedangkan *inverse kinematics* bertujuan untuk mencari sudut-sudut yang diperlukan dari masing-masing aktuator untuk mencapai koordinat *end effector* yang diinginkan. Metode *inverse kinematics* lebih mudah diimplementasikan pada robot berkaki yang memiliki banyak kaki dan *Degree of Freedom (DOF)*.

Penelitian ini berfokus pada perancangan sistem pergerakan *quadruped robot* (robot berkaki empat) dengan menggunakan metode *inverse kinematics* dan *trot gait pattern* untuk mengatur koordinasi masing-masing kaki untuk membentuk pola pergerakan dasar dari robot, sehingga *quadruped robot* memiliki pola pergerakan yang halus, presisi, dan cepat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana cara untuk membuat sistem mekanika dan elektronika *quadruped robot* 3 DOF (*Degree of Freedom*), yaitu *quadruped robot* dengan 3 sendi pada setiap kakinya dan memiliki 12 sendi keseluruhan.
- 2) Bagaimana cara untuk merancang perangkat lunak sebagai pengolah data dan kendali utama sistem *quadruped robot* 3 DOF (*Degree of Freedom*).
- 3) Bagaimana cara untuk merancang sistem pergerakan *quadruped robot* 3 DOF (*Degree of Freedom*) dengan menggunakan *geometric approach inverse kinematics* dan *trot gait pattern*.

1.3 Batasan Masalah

Akibat banyaknya kemungkinan yang akan terjadi dalam penelitian ini, penulis membatasi masalah yang akan dibahas. Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) *Quadruped robot* yang dibuat memiliki 3 DOF (*Degree of Freedom*) pada setiap kakinya.
- 2) Ukuran robot harus sesuai dengan rule Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI) Berkaki 2017.
- 3) Motor servo yang digunakan adalah Dynamixel AX-12A Smart Servo.
- 4) Jarak perpindahan robot diamati dengan sensor HC-SR04 *Ultrasonic Rangefinder*.
- 5) Deviasi orientasi robot diamati dengan sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*). Sensor yang dipakai adalah CMPS11 *Magnetic Compass*.
- 6) Pengendalian *Quadruped Robot* menggunakan *open-loop control system*.
- 7) *Gait pattern* yang digunakan adalah *trot gait pattern*.
- 8) Kumpulan nilai koordinat tujuan *end-effector* dari masing-masing kaki robot dibangkitkan oleh *trajectory generator* sederhana yang memiliki pola gelombang *half-wave rectified sine*.
- 9) Nilai sudut sendi *coxa*, *femur*, dan *tibia* dikalkulasi menggunakan *geometric approach inverse kinematics*.
- 10) Tidak memperhitungkan gaya gesek dan selip antara kaki robot dan lapangan.
- 11) Tidak memperhitungkan konsumsi daya robot.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat sebuah *quadruped robot* 3 DOF (*Degree of Freedom*) dengan menggunakan 12 aktuator Dynamixel AX-12A Smart

Servo. Sistem pergerakan *quadruped robot* dengan menggunakan metode *geometric approach inverse kinematics* dan *trot gait pattern* yang mampu membuat robot bernavigasi dengan stabil dan memiliki offset yang sekecil mungkin untuk diterapkan pada Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Manfaat utama dari penelitian ini yaitu memberikan alternatif sistem pergerakan robot KRPAI yang efisien dari segi konsumsi daya, dimensi, beban mekanik, dan tentunya lebih *cost effective* dibandingkan dengan konstruksi *hexapod robot* (robot berkaki enam) yang lebih umum digunakan pada Kontes Robot Pemadam Api Indonesia (KRPAI).
- 2) Konstruksi dan algoritma robot membuka jalur riset baru yang memudahkan robot untuk bergerak secara *omnidirectional*, sehingga mampu mengubah paradigma algoritma navigasi yang lazim digunakan pada *mobile robot* KRPAI.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika pembahasan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

BAB III Metodologi Penelitian

Berisi tentang metode-metode yang dipakai dalam melakukan perancangan, pengujian, dan analisis data.

BAB IV Pengujian dan Analisis

Memuat aspek pengujian meliputi penjelasan tentang cara pengujian dan hasil pengujian. Aspek analisis meliputi penilaian atau komentar terhadap hasil-hasil pengujian. Pengujian dan analisis ini terhadap alat yang telah direalisasikan berdasarkan masing-masing blok dan sistem secara keseluruhan.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Memuat intisari hasil pengujian dan menjawab rumusan masalah serta memberikan rekomendasi untuk perbaikan kualitas penelitian di masa yang akan datang.