

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berbagai teknologi telah dikembangkan sebagai upaya mempermudah kegiatan sehari-hari, dan salah satu bidang teknologi yang sedang mengalami perkembangan pesat adalah robotika dalam ilmu elektronika. Robot, sebagai suatu entitas yang memiliki tingkat kecerdasan tertentu, dirancang dengan bentuk fisik dan pergerakan khusus untuk dapat menjalankan berbagai tugas (Robot Institute of America, 1979). Ada berbagai bentuk robot, mulai dari yang menyerupai kendaraan, mesin, hingga makhluk hidup (Alfarobbi *et al.*, 2018). Mobile robot, atau yang dikenal sebagai robot berjalan, adalah jenis robot yang ditandai oleh penggunaan aktuator berbentuk roda atau kaki untuk menggerakkan seluruh tubuhnya, memungkinkan robot tersebut berpindah dari satu titik ke titik lainnya (Darwinson, Rusydi dan Imran, 2011). Secara umum, robot berjalan dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu robot berkaki dan robot beroda. Dalam hal berjalan di permukaan yang kasar, robot berkaki dianggap lebih unggul daripada robot beroda karena robot berkaki tidak memerlukan kontak yang berkelanjutan dengan permukaan jalannya (Ding dan Yang, 2016).

Robot berkaki yang dikembangkan selama ini biasanya memiliki dua kaki, empat kaki, dan enam kaki. Robot dengan dua kaki disebut dengan robot *humanoid*, karena bentuk robotnya mengikuti bentuk manusia. Sementara itu, robot berkaki empat dan berkaki enam umumnya disebut robot *animaloid*, karena bentuknya mengadopsi bentuk binatang. Robot berkaki empat mengambil bentuk anjing, kuda, atau cheetah, sedangkan robot berkaki enam memanipulasi bentuk laba-laba. Robot berkaki empat disebut dengan robot *quadruped*, sedangkan robot berkaki enam disebut dengan robot *hexapod* (Najmurokhman *et al.*, 2018). Robot *hexapod* terdiri dari enam kaki yang biasanya dikendalikan oleh dua belas atau delapan belas motor servo. Pada dasarnya robot *hexapod* terdiri dari enam kaki yang biasanya digerakkan oleh dua belas atau delapan belas aktuator yang digunakan sebagai sendi pada kaki robot. Aktuator yang digunakan pada robot *hexapod* biasanya adalah motor servo, servo adalah motor yang mampu bekerja 2 arah (*clockwise/CW*) dan (*counterclockwise/CCW*) yang pada artinya arah dan sudut kebebasan (*degree of freedom/DOF*) dalam pergerakannya dapat dikendalikan dengan memberikan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. (Firman dan Widiawan, 2018) menjelaskan DOF adalah derajat kebebasan yang digunakan untuk menyatakan posisi suatu system. Dalam pembuatan robot khususnya menggunakan servo sebagai aktuator penggerak seperti *humanoid* mirip manusia memerlukan lebih banyak DOF atau derajat

kebebasan karena pada tubuh manusia memiliki banyak sendi sebagai DOF untuk melakukan suatu gerakan.

Pada dasarnya, pergerakan servo pada kaki di robot hexapod dikendalikan oleh mikrokontroler yang bertugas mengirimkan sinyal kontrol untuk mengatur posisi dan kecepatan gerak servo. Dalam robot *hexapod* dengan servo konvensional, mikrokontroler seperti Arduino atau lainnya digunakan untuk menghasilkan sinyal PWM yang menentukan sudut putaran servo. Setiap servo motor pada kaki robot biasanya memiliki beberapa derajat kebebasan, yang memungkinkan robot untuk bergerak dalam berbagai arah, seperti maju, mundur, berbelok, atau naik turun. Namun, pengendalian gerak menggunakan servo konvensional dan mikrokontroler sederhana seringkali memiliki keterbatasan dalam hal presisi dan koordinasi gerakan. Servo biasa hanya menerima sinyal PWM sederhana, sehingga sulit untuk mengatur pergerakan yang lebih kompleks atau responsif terhadap perubahan lingkungan secara real-time. Sistem ini juga memerlukan lebih banyak perhitungan pada mikrokontroler untuk mengatur setiap pergerakan, yang dapat memperlambat respon gerak robot, terutama ketika menggerakkan banyak servo secara simultan pada robot hexapod yang memiliki enam kaki.

Sebagai upaya meningkatkan performa dan fleksibilitas dalam pergerakan, robot sekarang banyak yang menggunakan motor servo dari manufaktur Robotis seperti seri servo Dynamixel AX-12A. Tidak seperti servo konvensional, Dynamixel memiliki fitur komunikasi dua arah yang memungkinkan mikrokontroler tidak hanya mengirim perintah posisi dan kecepatan, tetapi juga menerima umpan balik dari servo, seperti posisi aktual, suhu, dan beban. Hal ini memungkinkan robot untuk melakukan kontrol gerak yang lebih presisi dan adaptif terhadap kondisi aktual di lapangan. Servo Dynamixel AX-12A juga dirancang dengan protokol komunikasi digital yang lebih canggih, sehingga mampu dihubungkan secara serial dalam jaringan *daisy chain*, mengurangi jumlah kabel yang diperlukan dan meningkatkan efisiensi pengendalian. Selain itu, servo ini dapat diatur dengan berbagai parameter gerakan, seperti kecepatan, torsi maksimum, dan resolusi posisi, yang memberikan fleksibilitas lebih dalam mengatur algoritma pergerakan robot hexapod. Dengan menggunakan kontroler khusus seperti OpenCM 9.04, servo Dynamixel dapat dikendalikan secara lebih efisien, memungkinkan robot *hexapod* untuk melakukan gerakan yang lebih kompleks dan responsif dibandingkan dengan servo konvensional. Pada robot hexapod yang diteliti, sistem keseluruhan dikontrol oleh Arduino Mega sebagai mikrokontroler utama. Sistem kontrol pergerakan robot menggunakan mikrokontroler opencm

9.04. Arduino dan opencm terhubung untuk mengirim dan menerima data pergerakan yang berasal dari opencm. Arduino sebagai mikrokontroler utama tidak dapat mengontrol langsung servo Dynamixel karena perbedaan protokol komunikasi. Oleh karena itu, opencm berfungsi sebagai *driver* servo motor control atau penghubung antara servo Dynamixel dan mikrokontroler utama.

Namun, mikrokontroler opencm 9.04 yang saat ini digunakan sebagai *driver* kontrol motor servo Dynamixel pada robot memiliki kekurangan dari aspek ketersediaan produk yang berasal dari manufakturnya. Berdasarkan informasi yang tercantum pada forum komunitas (Forum.robotis.com, 2023a), produksi mikrokontroler OpenCM 9.04 telah dihentikan. Hal ini juga diperkuat oleh pernyataan di situs resmi Robotis (En.robotis.com, 2023) yang menyebutkan bahwa produk mikrokontroler opencm 9.04 sudah kehabisan stok akibat masalah rantai pasok global (*global supply chain issue*). Menurut (Kaihatu, 2016), rantai pasok adalah serangkaian kerja sama antara beberapa perusahaan untuk menghasilkan dan mendistribusikan suatu produk, mulai dari bahan baku hingga produk jadi yang sampai ke konsumen akhir. Sebagai pengganti mikrokontroler opencm 9.04 yang telah dihentikan produksinya, perusahaan manufaktur Robotis mengeluarkan openrb-150 sebagai generasi terbaru. Namun, informasi mengenai referensi penggunaan openrb-150 masih terbatas, mengingat produk ini relatif baru dibandingkan pendahulunya. Berdasarkan informasi yang tercantum pada forum komunitas (Forum.robotis.com, 2023b), openrb-150 tidak kompatibel dengan servo Dynamixel seri AX-12 yang digunakan pada robot hexapod dalam penelitian ini. Oleh karena itu, mikrokontroler generasi terbaru ini belum dapat dijadikan alternatif pengganti untuk sistem kontrol pergerakan robot hexapod dalam penelitian ini, mengingat aktuator yang digunakan dalam sistem masih mengandalkan servo Dynamixel seri AX-12. Selain dari kekurangan utama pada aspek ketersediaan produk, mikrokontroler ini juga memiliki kekurangan lain yaitu dari segi biaya. Diketahui harga mikrokontroler opencm 9.04 mengalami kenaikan dikarenakan stok barang yang tersisa di *marketplace* tergolong sedikit. Kenaikan harga tersebut tergolong kurang ideal untuk penggantian komponen dalam jangka panjang. Meskipun harga tidak memengaruhi performa dan penggunaan sistem kontrol pergerakan saat ini, dalam konteks keberlanjutan, biaya tinggi dapat menjadi kendala, terutama jika komponen perlu diganti akibat kerusakan atau sebagai pengembangan pada penelitian di masa depan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan solusi dalam rangka menggantikan opencm 9.04 yang ketersediaan barangnya di *marketplace* telah habis, dan yang menjadi sistem kontrol pergerakan robot *hexapod* pada saat ini. Yakni sebuah perancangan *driver* kontrol motor servo Dynamixel AX-12A sebagai

sistem kontrol gerak robot dengan memanfaatkan prinsip kerja gerbang logika *three-state buffer*. Salah satu pemanfaatan gerbang logika ini ialah berada di IC 74LS241. (Firman dan Widiawan, 2018) menjelaskan IC 74LS241 sebagai komponen yang dapat digunakan sebagai solusi kebutuhan data port pada mikrokontroler yang berfungsi sebagai jembatan antar servo Dynamixel AX-12A dengan cara membedakan data *transmitter* dan *receiver*. Berdasarkan uraian yang telah dijabarkan, penulis melakukan penelitian dengan judul “Perancangan *driver* kontrol motor servo Dynamixel AX-12A menggunakan rangkaian *three-state buffer* untuk robot *hexapod*”. Pada penelitian ini akan merancang *driver* kontrol motor servo Dynamixel AX-12A untuk robot *hexapod* dengan memanfaatkan rangkaian logika *three-state buffer* yang berada pada IC 74LS241 untuk penghubung antara servo dengan Arduino Mega yang posisinya sebagai mikrokontroler utama pada robot *hexapod*. Diharapkan perancangan *driver* kontrol motor servo ini dapat menjadi alternatif untuk menggantikan opencm 9.04 yang mengalami *out of stock*, sekaligus mengurangi biaya dari penggantian kontroler OpenCM 9.04.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah ditemukan diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana merancang *driver* kontrol motor servo Dynamixel AX-12A sebagai alternatif untuk OpenCM 9.04?
2. Bagaimana ketepatan dari perancangan *driver* kontrol motor servo Dynamixel AX-12A?

1.3 Batasan Masalah

Guna memfokuskan tujuan penelitian maka penulis memberikan batasan masalah pada rencana penelitian ini. Adapun batasan masalahnya antara lain:

1. Penelitian ini difokuskan pada pembahasan kinerja *driver* kontrol motor servo dirancang untuk robot hexapod. Selanjutnya, penelitian juga akan membahas kinerja pergerakan robot hexapod setelah penggunaan *driver* kontrol motor servo.
2. Penelitian ini menggunakan desain mekanis robot *hexapod* yang sudah ada. Dan hanya berfokus pada perancangan *driver* kontrol motor servo Dynamixel menggunakan rangkaian logika *three-state buffer* pada komponen IC 74LS241 sebagai pengganti kontroler opencm 9.04 sebagai *driver* kontrol motor servo pada robot *hexapod* yang digunakan sebelumnya.

3. Sistem yang digunakan pada pembahasan kinerja pergerakan robot ialah sistem dengan *loop* terbuka, yakni analisis dibatasi hanya pada metode pergerakan robot *hexapod* saja.
4. Penelitian ini menggunakan metode *tripod gait* sebagai dasar pola pergerakan dan hanya mengimplementasikan algoritma kontrol gerak dasar yaitu gerakan maju, mundur, geser kiri, geser kanan, putar kiri dan putar kanan.
5. Arena pengujian yang digunakan terbuat dari multiplek dengan permukaan datar (kemiringan 0°).
6. Kinerja robot diamati dari keberhasilan pengujian gerakan dasar, yang dinilai berdasarkan kemampuan robot dalam menyelesaikan serangkaian pola langkah/*gait* dari setiap gerakan dasar.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu:

1. Merancang *driver* kontrol motor servo Dynamixel AX-12A menggunakan rangkaian logika *three-state buffer* sebagai alternatif untuk OpenCM 9.04.
2. Melakukan pengukuran ketepatan dari *driver* kontrol motor servo Dynamixel AX-12A.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Program Studi Teknik Elektro, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan *driver* kontrol motor servo.
2. Bagi Unit Kegiatan Mahasiswa Robotika dan Otomasi Universitas Jambi, penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi dalam merancang dan mengembangkan sistem robotika. Khususnya untuk perancangan robot *hexapod* maupun jenis robot lainnya.
3. Bagi peneliti, penelitian ini digunakan sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Elektro serta diharapkan dapat memperdalam pemahaman dalam merancang *driver* kontrol motor servo untuk pergerakan kaki pada robot *hexapod*.