

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan pembelajaran robotika di Indonesia mendorong perlunya perangkat praktikum yang mampu menjelaskan konsep kinematika, aktuasi, dan struktur mekanik secara komprehensif. Dalam beberapa penelitian nasional, upaya pengembangan media pembelajaran berbasis robot telah dilakukan, terutama pada robot lengan dengan konfigurasi serial 3-DOF untuk kebutuhan pendidikan vokasi maupun perguruan tinggi. Studi tersebut menegaskan bahwa penggunaan media berbasis robotik dapat meningkatkan pemahaman konsep mekanika dan kontrol gerak secara signifikan, sehingga mendorong perlunya pengembangan perangkat baru yang lebih representatif terhadap berbagai arsitektur robot modern.[1]

Meskipun penelitian robot lengan serial 3-DOF cukup banyak di Indonesia, sebagian besar masih berfokus pada struktur rangkaian seri yang memiliki karakteristik sederhana namun kurang mencerminkan variasi arsitektur robot industri. Penelitian seperti perancangan dan pengujian manipulator 3-DOF untuk pemindahan objek serta studi inverse kinematika robot lengan, menunjukkan bahwa mahasiswa dapat memahami konsep dasar manipulator, namun belum banyak studi yang memperkenalkan struktur paralel dalam bentuk prototipe pembelajaran.[2] Hal ini menunjukkan adanya celah penelitian (*research gap*) terkait pengembangan media pembelajaran berbasis manipulator paralel, yang hingga kini masih jarang ditemukan dalam publikasi nasional.

Manipulator paralel memiliki keunggulan dibandingkan struktur serial, seperti kekakuan yang lebih tinggi, presisi gerak yang lebih baik, serta kemampuan membawa beban yang lebih stabil. Keunggulan ini telah menjadi fokus penelitian internasional, terutama untuk desain paralel translasi 3-DOF seperti Tripteron. Struktur Tripteron dirancang dengan tiga aktuator linear yang saling ortogonal dan bersifat *decoupled*, sehingga pergerakan tiap sumbu translasi dapat dianalisis secara terpisah dan lebih mudah dipahami dalam konteks pendidikan.[3] Temuan ini

sangat bermanfaat sebagai dasar pemilihan topologi manipulator yang tidak hanya efisien, tetapi juga ideal dipelajari oleh mahasiswa teknik.

Beberapa penelitian terkini juga mengembangkan manipulators berbasis flexure atau mekanisme komplians untuk aplikasi berskala kecil. Desain ini memungkinkan pembuatan struktur mini yang lebih presisi dan mengurangi efek kesalahan perakitan. Pendekatan semacam ini sangat relevan bagi laboratorium pendidikan di Indonesia, karena memungkinkan pembuatan prototipe yang murah, ringkas, dan mudah direproduksi.[4] Dengan demikian, terdapat peluang untuk mengadaptasi prinsip-prinsip ini dalam merancang Tripteron versi mini yang sesuai untuk media pembelajaran.

Pemanfaatan robot sebagai media pembelajaran telah banyak dikembangkan untuk menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik dalam bidang robotika. Pengembangan robot lengan seperti SCARA dengan beberapa derajat kebebasan terbukti mampu membantu mahasiswa memahami konsep struktur mekanik dan karakteristik gerak robot secara lebih aplikatif melalui pengamatan langsung dan praktik laboratorium.[5] Selain itu, pengembangan media trainer robotika juga menunjukkan bahwa pendekatan rancang bangun alat fisik dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap sistem robotika secara menyeluruh, khususnya pada aspek struktur, gerak, dan integrasi sistem.[6]

Selain aspek desain mekanik, analisis workspace dan potensi tabrakan (collision-free area) menjadi faktor penting dalam perancangan manipulator paralel. Penelitian nasional mengenai analisis *workspace* pada robot serial menunjukkan pentingnya pemetaan area kerja untuk memastikan operasi aman dan efisien.[7] Namun, analisis serupa pada sistem paralel masih jarang dieksplorasi, sehingga pengembangan Tripteron mini menawarkan ruang penelitian yang signifikan untuk memperkaya literatur nasional, khususnya pada robotika berbasis struktur paralel.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan suatu penelitian yang berfokus pada pengembangan media pembelajaran robotika yang tidak hanya menekankan aspek konseptual, tetapi juga memungkinkan mahasiswa memahami karakteristik struktur

mekanik manipulator secara langsung. Salah satu bentuk manipulator paralel yang memiliki konfigurasi sederhana dan mudah diamati adalah Tripteron, yang bekerja dengan tiga derajat kebebasan translasi. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan pada kegiatan rancang bangun yang dibatasi pada aspek struktur mekanik, sehingga sesuai dengan lingkup dan capaian pembelajaran di tingkat sarjana. Atas dasar pertimbangan tersebut, maka dipilih judul **“Perancangan dan Pembuatan Struktur Mekanik Tripteron Mini sebagai Manipulator Paralel 3-DOF untuk Media Pembelajaran Robotika”**, dengan harapan hasil penelitian ini dapat menjadi sarana pendukung dalam pembelajaran robotika, khususnya dalam memahami prinsip dasar manipulator paralel secara struktural. Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini difokuskan pada rancang bangun Tripteron mini sebagai media pembelajaran yang menekankan pemahaman struktur mekanik dan prinsip kerja manipulator paralel tanpa melibatkan analisis kinematika dan sistem kontrol.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka beberapa permasalahan yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Media pembelajaran robotika di tingkat perguruan tinggi masih didominasi oleh manipulator serial, sehingga pemahaman mahasiswa terhadap karakteristik struktur mekanik manipulator paralel, khususnya tipe Tripteron, masih relatif terbatas.
2. Ketersediaan prototipe pembelajaran yang secara khusus menampilkan struktur mekanik manipulator paralel translasi 3-DOF dalam skala mini masih sangat terbatas, baik dari sisi desain maupun implementasi fisik.
3. Belum terdapat perancangan dan pembuatan struktur mekanik Tripteron mini yang dirancang secara khusus untuk memudahkan mahasiswa dalam memahami prinsip kerja dan susunan komponen manipulator paralel sebagai media pembelajaran robotika.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan membuat struktur mekanik Tripteron Mini sebagai manipulator paralel 3-DOF untuk media pembelajaran robotika?
2. Apa saja komponen dan material yang digunakan dalam pembuatan struktur mekanik Tripteron Mini?
3. Bagaimana hasil analisis kekuatan shaft stainless steel Ø8 mm dan linear bearing LM8UU terhadap pembebanan maksimum 10 kg?
4. Bagaimana fungsi gerak translasi pada sumbu X, Y, dan Z serta gerakan kombinasi end-effector pada Tripteron Mini?

1.4 Batasan Penelitian

1. Penelitian difokuskan pada perancangan dan pembuatan struktur mekanik Tripteron Mini sebagai manipulator paralel 3-DOF.
2. Komponen yang dibahas meliputi rangka, motor stepper NEMA17, lead screw T8, nut T8, shaft, linear bearing LM8UU, support bearing, flexible coupler, lengan manipulator, dan end-effector.
3. Analisis kekuatan secara kuantitatif dibatasi pada shaft stainless steel Ø8 mm dan linear bearing LM8UU sebagai komponen sistem pemandu gerak.
4. Pembebanan yang digunakan dalam analisis kekuatan ditetapkan sebesar maksimum 10 kg atau sekitar 98,1 N.
5. Komponen mekanik selain shaft dan linear bearing LM8UU tidak dianalisis kekuatannya secara numerik.
6. Pengujian alat dibatasi pada verifikasi fungsional gerakan translasi pada sumbu X, Y, dan Z serta gerakan kombinasi end-effector.
7. Penelitian tidak membahas sistem kontrol, sensor, perangkat lunak, dan analisis kinematika secara mendalam.

1.5 Tujuan Penelitian

1. Mengidentifikasi dan menentukan komponen-komponen yang diperlukan dalam perancangan struktur mekanik Tripteron mini sehingga mampu menghasilkan gerakan paralel 3-DOF sesuai prinsip kerja Tripteron.

2. Menganalisis karakteristik serta fungsi setiap komponen yang digunakan, guna mengetahui kontribusinya terhadap performa dasar Tripteron mini sebagai media pembelajaran robotika.
3. Menganalisis kekuatan shaft stainless steel Ø8 mm dan linear bearing LM8UU terhadap pembebanan maksimum 10 kg.
4. Memverifikasi fungsi gerak translasi pada sumbu X, Y, dan Z serta gerakan kombinasi end-effector pada Tripteron Mini.

1.6 Manfaat Penelitian

1. Memberikan referensi komprehensif mengenai jenis, karakteristik, dan fungsi komponen yang diperlukan dalam perancangan struktur mekanik Tripteron mini, sehingga dapat menjadi acuan bagi mahasiswa atau peneliti yang ingin mempelajari dasar-dasar manipulasi paralel 3-DOF.
2. Mempermudah proses pembelajaran robotika, khususnya pada materi manipulator paralel, dengan menyediakan informasi terstruktur mengenai komponen-komponen fisik yang membentuk sistem Tripteron mini sebagai media praktikum.
3. Menyediakan rujukan bagi proses perancangan alat sejenis di masa depan, terutama dalam pemilihan komponen mekanik yang tepat berdasarkan kebutuhan struktur, kekakuan, dan kesederhanaan konstruksi.
4. Mendukung pengembangan media pembelajaran berbasis prototipe sederhana, sehingga institusi pendidikan dapat membangun perangkat robotika dengan biaya lebih terjangkau namun tetap representatif untuk kegiatan laboratorium.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini disusun sebagai berikut:

1. **Bab I Pendahuluan**, berisi latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

2. **Bab II Landasan Teori**, berisi teori-teori pendukung yang berkaitan dengan penelitian.
3. **Bab III Metoda Penelitian**, menjelaskan tahapan dan metode penelitian yang digunakan.
4. **Bab IV Hasil dan Pembahasan**, menyajikan hasil perancangan dan pembuatan serta pembahasan yang diperoleh.
5. **Bab V Kesimpulan dan Saran**, berisi kesimpulan dari penelitian dan saran untuk pengembangan selanjutnya.

