

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam lingkungan teknologi yang serba cepat ini selalu ada perkembangan sistem otomatis yang tidak hanya meningkatkan kemudahan dalam bekerja, tetapi juga secara signifikan mengurangi kemungkinan terjadinya kesalahan manusia khususnya pada sistem otomasi laboratorium. Sistem otomasi laboratorium sangat penting dalam mengurangi kemungkinan kesalahan manusia. Salah satu metode pemeriksaan laboratorium dalam sistem otomasi laboratorium ini yaitu test PCR. Metode ilmiah ini berguna untuk menguji sejumlah senyawa secara cepat untuk menunjang penegakkan diagnosis dari suatu wabah virus SARS-CoV-2. Prosedur uji *Real-time Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction* (RT-PCR) membutuhkan ketelitian tinggi dalam penanganan sampel terutama pada tahap *dispensing* cairan ke dalam *96-well microplate*. Proses *dispensing* cairan dilakukan dengan cara menambahkan campuran reagen sebanyak 0,015 ml dan *Ribonucleic Acid* (RNA) 0,005 ml dalam jumlah volume yang sesuai. Setelah semua cairan dilakukan *dispensing* ke lubang, *microplate* ditutup dengan segel khusus dan dilakukan sentrifugasi setelah itu analisis data proses RT-PCR [1]. Mikropipet merupakan salah satu metode manual yang paling banyak digunakan untuk proses *dispensing* cairan ke dalam tabung uji kecil dengan volume tertentu.

Pada metode manual ini memiliki beberapa tantangan dan kendala tertentu yang dapat mengakibatkan perbedaan dan ketidakakuratan dalam hasil pengukuran. Dalam skenario laboratorium beberapa pengujian mengharuskan penanganan banyak sampel, penggunaan teknik pemipetan manual cenderung mengalami *human error* dalam kesalahan ketepatan untuk *dispensing* cairan banyak sample akibat kelelahan manusia. Sistem *dispensing* cairan secara otomatis sudah banyak diterapkan seperti pada penelitian penerapan robot *arm* 6-DoF dengan mengintegrasikan mikropipet manual. Sistem sering kali masih terdapat tantangan di beberapa masalah terutama penentuan posisi tujuan yang direncanakan. Hal ini disebabkan kesulitan dalam mendapatkan *pose* pada *microplate*, serta ujungnya tidak terpusat sempurna di lubang *microplate*. Selain itu penggunaan robot

manipulator membutuhkan konsumsi energi yang tinggi dengan menerapkan 6 motor, di setiap *Degree of Freedom* (DoF) [2]. Pada penelitian lain dengan permasalahan *dispensing* cairan tetapi dengan menerapkan robot *five bar* sebagai solusi, sistem melibatkan proses sistematis dimana pompa digunakan untuk mendistribusikan cairan dengan volume tertentu dari *reservoir* ke lokasi target seperti lubang pada *microplate*. Permasalahan cairan robot *five bar* memainkan kendali untuk pergerakan *nozzle* atau *end effector* sebagai pengeluaran cairan yang akurat ke dalam lubang *microplate* [3].

Pada penelitian ini mengusulkan alat otomatisasi *dispensing* cairan dengan menggunakan robot *five bar* sebagai solusi untuk *dispensing* cairan dengan banyak sampel dalam waktu yang lebih singkat. Robot *5 bar linkage* atau robot *five bar* adalah mekanisme yang memiliki kemampuan untuk melintasi berbagai orientasi maupun posisi. Robot ini direkayasa untuk melaksanakan tugas yang memungkinkan kontrol dari posisi *end effector* di ruang kerja dua dimensi. Robot ini sangat penting dan berguna dalam dunia laboratorium dimana presisi untuk penempatan dari titik ke titik yang akan dituju dibutuhkan seperti proses *dispensing* cairan. Robot *five bar* memiliki konfigurasi unik dengan dua batang aktif yang digerakkan oleh aktuator dan tiga batang pasif yang membentuk struktur mekanisme. Berbeda dari sistem robot *serial* seperti robot *arm* yang hanya memiliki satu rantai lengan, robot ini menawarkan kestabilan dan kecepatan yang lebih tinggi dalam bidang dua dimensi [4]. Penggunaan robot *five bar* akan mengurangi kesalahan posisi *dispensing* area kerja yang ditentukan.

Menurut penelitian yang terkait memahami tata letak geometris atau area kerja robot sangat penting dilakukan dengan menghitung batasan yang memungkinkan *end effector* robot dapat menjangkaunya. Metode perhitungan ini melibatkan algoritma *inverse kinematics* dengan mencari data nilai pada dimensi robot, panjang *links*, dan susunan *joint* pada robot *five bar* yang sudah diketahui untuk menghitung sudut aktuator yang diperlukan untuk posisi *end-effector*. *Inverse kinematics* merupakan metodologi yang digunakan pada bidang robotika dalam penghitungan parameter aktuator yang diperlukan robot untuk menempatkan *end effector* pada koordinat lokasi yang ditentukan. Perhitungan *inverse kinematics* didasarkan pada koordinat lintasan yang dihasilkan melalui pemeriksaan koordinat

ini sudut sambungan yang diperlukan dapat ditentukan untuk mencapai posisi dan orientasi yang diinginkan dari *end effector* selama proses. Dalam robot *five bar* algoritma *inverse kinematics* dipilih untuk menghitung sudut sendi setiap lengan berdasarkan posisi target yang diinginkan [5]. Pada penelitian ini penerapan robot *five bar* memerlukan adanya algoritma *inverse kinematics* untuk mendistribusikan cairan secara presisi ke dalam lubang tabung uji pada *microplate*. Perhitungan ini memerlukan data posisi yang ingin dicapai oleh *end effector* robot untuk pergerakan yang presisi, data tersebut dapat diperoleh pada posisi dari nilai x dan y pada lubang *microplate* yang akan *dispensing* cairan sesuai lintasan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penulis membuat robot *five bar* dengan merancang lintasan pergerakan *end effector* dengan pola zig-zag karena sesuai dengan kebutuhan pada penelitian ini. Metode CPP telah digunakan dalam berbagai sistem robotik termasuk yang dirancang untuk aplikasi pembersihan atau pertanian, namun metode ini jarang disesuaikan untuk konfigurasi robot *five bar*. Pada penelitian ini metode CPP diterapkan bertujuan untuk memastikan *end-effector* dari robot *five bar* dapat *dispensing* cairan ke seluruh area lubang *microplate* tanpa celah atau tumpang tindih berlebihan. Penerapan perencanaan jalur dengan metode algoritma *boustrophedon* dalam CPP sangat memudahkan untuk cakupan area yang akan dilalui pada lubang *microplate*. Nama *boustrophedon* yang berasal dari bahasa Yunani yang berarti “jalan lembu yang berputar” adalah pola gerakan kanan dan ke kiri dengan baris-baris yang bergantian mirip dengan pola zig-zag [6]. Cara kerja pada metode ini area target dibagi menjadi lintasan sederhana dan kemudian merencanakan jalur dengan pola baris ganjil dan genap untuk menentukan arah yang akan dilalui pada *microplate*. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibutuhkan metode CPP untuk merencanakan jalur dalam pola *boustrophedon* di area *microplate* dengan bentuk teratur dan tanpa kerumitan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pada permasalahan yang telah diuraikan pada latar belakang, maka rumusan masalah pada penelitian ini ditekankan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengimplementasikan robot *five bar* untuk *dispensing* cairan pada setiap lubang *microplate*?

2. Bagaimana *webcam* dapat merancang kontrol perencanaan jalur untuk mencapai titik koordinat target dari posisi lubang *microplate*?
3. Bagaimana mengatur ukuran volume cairan dengan tepat untuk proses *dispensing* cairan?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan pada pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut:

1. Dapat merancang robot *five bar* untuk *dispensing* cairan dengan *inverse kinematics* yang dilengkapi pompa peristaltik dan menggunakan *webcam* untuk mendeteksi lubang yang kosong.
2. Dapat mengimplementasikan metode CPP untuk mengerakan sesuai lintasan *end-effector* untuk *dispensing* cairan mencakupi 8×12 lubang *microplate*.
3. Dapat mengatur pengaktifan pompa agar volume cairan sesuai yang diinginkan.

Adapun manfaat yang diharapkan adanya penelitian implementasi metode CPP pada robot *five bar* untuk otomatisasi dalam aplikasi *dispensing* cairan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem otomatisasi untuk penerapan *dispensing* cairan dalam bidang laboratorium kimia dan bioteknologi.
2. Memberikan solusi dari penerapan mekanisme robot *five bar* dalam aplikasi *dispensing* cairan otomatis.

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan tujuan maka untuk menghasilkan sebuah penelitian memerlukan batasan masalah yang bertujuan untuk memfokuskan kepada masalah-masalah yang ingin dipecahkan. Adapun batasan-batasan yang digunakan dalam penulisan skripsi sebagai berikut:

1. Pergerakan robot difokuskan pada *dispensing* cairan dari lubang ke lubang *microplate* atau mengikuti jalur untuk memastikan seluruh area kerja terjangkau.

2. Volume cairan yang akan *dispensing* ditentukan berdasarkan waktu jeda saat pompa peristaltik menyala dengan cairan berwarna merah dan kapasitas volume maksimal 0,3 ml per lubang.
3. Penentuan jumlah volume cairan dilakukan secara manual dengan memutar *rotary encoder switch*.
4. Pengujian dilakukan pada *microplate* berukuran 8 x 12 dengan jarak antara lubang 9 mm dan berwarna putih.
5. *Microplate* berada di tempat yang tetap, simetris, dan tidak berubah saat robot melakukan *dispensing*.
6. Robot *five bar* tidak dirancang untuk menghindari rintangan dinamis, sehingga tidak menghalangi robot melakukan *dispensing*.

1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan kerangka penyusunan skripsi dari bab awal hingga bab terakhir dalam menjawab rumusan masalah dengan tujuan agar lebih terstruktur, tahapan-tahapan dibagi kedalam beberapa bagian utama diantaranya yaitu:

1. Identifikasi masalah
Identifikasi masalah merupakan suatu bentuk mendefinisikan permasalahan yang ada di laboratorium berdasarkan sistem yang telah ada sebagai lingkup penelitian. Pada penelitian ini dilakukan identifikasi untuk memberikan sebuah kekurangan dan kelemahan sistem *dispensing* cairan ke dalam *microplate* secara otomatis dengan manual. Sehingga kekurangan yang telah diidentifikasi tersebut dapat memberikan solusi untuk sistem *dispensing* cairan kedalam *microplate* dengan robot *five bar*.
2. Studi literatur
Studi literatur merupakan tahap awal proses identifikasi referensi yang relevan dengan permasalahan untuk menambah wawasan mengenai topik yang dibahas. Melalui tahapan ini peneliti dapat mengenali informasi sebanyak mungkin untuk mendukung penyelesaian yang berkaitan dengan metode CPP serta algoritma *inverse kinematics* pada robot *five bar*. Sumber referensi yang digunakan yaitu berupa jurnal atau artikel ilmiah, buku,

makalah ilmiah, dan sumber lainnya berupa *website* yang dapat dipertanggung jawabkan.

3. Perancangan kebutuhan sistem

Perancangan sistem merupakan tahapan analisis kebutuhan dan desain guna untuk keberhasilan sistem yang akan dibangun. Tahapan yang dilakukan meliputi desain mekanik robot *five bar*, rangkaian elektronika, diagram blok sistem, *flowchart* sistem, *flowchart* penerapan metode, pemilihan sensor, mikrokontroler, dan komponen lainnya yang diperlukan untuk metode CPP.

4. Pembuatan robot *five bar* untuk *dispensing* cairan.

Setelah kebutuhan sistem selesai dirancang, tahap berikutnya adalah merancang robot *five bar* untuk *dispensing* cairan secara keseluruhan. Pada tahap ini dilakukan pencetakan mekanika dan pemasangan elektronika, termasuk pembuatan program untuk mengendalikan perangkat elektronika robot dan sesuai dengan metode CPP serta *inverse kinematics* robot *five bar*.

5. Pengujian sistem dan pengambilan data

Pengujian sistem merupakan tahapan pengujian perancangan sistem yang telah dibuat untuk mengetahui keberhasilan dengan metode yang diterapkan, sehingga sistem sesuai dengan yang diinginkan. Penelitian ini akan diuji untuk pendistribusian cairan pada lubang *microplate* dengan menggunakan algoritma *coverage path planning*, dengan menggunakan algoritma tersebut memastikan jalur sesuai dengan yang dicapai. Pengambilan data penelitian akan diperoleh dari pengujian suatu sistem. Pengambilan data didapat dari *error* antara posisi target dan sudut putaran aktuator selama pergerakan dari perhitungan *inverse kinematics*.

6. Analisis data penelitian

Analisis data penelitian yaitu untuk menyajikan informasi dalam berbagai format seperti tabel, grafik, dan diagram guna mempermudah pemahaman bagi para pembaca. Fokus analisis ini terutama pada evaluasi dalam menentukan posisi aktual selama proses *dispensing* dan sudut aktual yang dihasilkan oleh *stepper*. Data ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter kontrol dan meningkatkan akurasi posisi dan kemampuan sistem dapat dalam menghasilkan sudut aktuator.

7. Pembuatan laporan

Pembuatan laporan merupakan tahapan akhir sebuah penelitian dari keseluruhan proses tahapan dan data pengujian yang sudah dilaksanakan. Laporan dibuat berdasarkan analisis yang diolah dari data yang diperoleh dengan metode tertentu, sehingga didapat kesimpulan faktor - faktor penentu keberhasilan alat dan ketepatan metode yang digunakan serta saran yang berguna untuk penelitian selanjutnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penulisan skripsi merupakan kerangka penyusunan skripsi dari bab awal hingga bab terakhir disajikan sebagai berikut:

1. BAB 1. Pendahuluan

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan skripsi yang akan dibuat.

2. BAB II. Teori Penunjang

Pada bab ini memuat mengenai teori penunjang mencakup penelitian terdahulu dan dasar teori yang memiliki pembahasan topik yang serupa untuk dijadikan bahan acuan landasan pemikiran dalam penelitian.

3. BAB III. Perancangan Sistem

Pada bab ini akan menjelaskan tentang perancangan perangkat yang dikembangkan dan analisis kebutuhan sistem untuk mendapatkan data, mengolah dan menginterpretasikannya ke penelitian.

4. BAB IV. Implementasi dan Hasil

Bab ini menjelaskan pembahasan implementasi sistem yang telah dirancang serta menyajikan hasil pengujian alat yang telah dikerjakan serta analisis kinerja alat berdasarkan metode dan parameter yang ditentukan.

5. BAB V. Penutup

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang dapat digunakan sebagai bahan pengembangan penelitian selanjutnya.

6. Daftar Pustaka

7. Lampiran

1.7. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian dijadwalkan dalam waktu enam bulan yang dimulai dari perancangan, pembuatan alat dan penyelesaian. Berikut merupakan rincian dan jadwal pelaksanaan penelitian yang terdapat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian.

No.	Nama Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1.	Studi literatur dan mencari referensi jurnal dan juga artikel ilmiah.						
	1. Pencarian literatur tentang robot <i>five bar</i> , algoritma <i>inverse kinematics</i> , dan metode CPP.						
	2. Pembuatan proposal awal.						
2.	Mendesain dan merancang sistem alat.						
	3. Pemilihan jenis perangkat keras dan lunak yang sesuai (meliputi mekanik dan elektronik).						
	4. Desain rancang bangun robot <i>five bar</i> untuk <i>dispensing</i> cairan.						
3.	Pembuatan robot <i>five bar</i> untuk <i>dispensing</i> cairan.						
	5. Pencetakan mekanik yang terbuat dari bahan akrilik dan 3D <i>print</i> , juga pemasangan elektronika.						
	6. Membuat program sesuai sensor yang digunakan, dan metode CPP, serta <i>inverse kinematics</i> .						
4.	Pengujian robot <i>five bar</i> untuk <i>dispensing</i> cairan dan pengambilan data.						
	7. Melakukan analisis dan pengujian program CPP dan <i>inverse kinematics</i> .						
5.	Evaluasi dan pembuatan laporan akhir.						