

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gangguan atau masalah pada lengan bisa sangat berpengaruh pada kemampuan individu untuk melakukan berbagai aktivitas sehari-hari, termasuk makan. Kegiatan makan yang seharusnya menjadi aktivitas dasar yang mudah dilakukan, bisa menjadi tantangan besar bagi mereka yang mengalami keterbatasan fisik pada tangan atau lengan mereka.

Saat ini, telah banyak terjadi kecelakaan hingga mengakibatkan orang – orang menderita atau terluka di bagian alat gerak tangan dan membutuhkan waktu yang cukup lama dalam proses penyembuhan, Penderita ini kesulitan untuk melakukan aktivitas memasukan makanan dimana makan merupakan kebutuhan primer manusia untuk bertahan hidup [1]. Beberapa orang yang menderita penyakit dan harus melakukan rawat inap di rumah sakit juga cukup kesulitan dalam melakukan aktivitas makan sedangkan mayoritas pelayanan atau fasilitas di rumah sakit hanya sebatas mengantar makanan dan minuman yang dilakukan oleh suster dan perawat.

Akibat dari keterbatasan ini, banyak individu yang bergantung pada bantuan orang lain untuk makan. Ketergantungan ini tidak hanya mengurangi rasa kemandirian mereka, tetapi juga dapat mempengaruhi kualitas hidup secara keseluruhan, termasuk harga diri dan kesejahteraan emosional.

Robot arm (Lengan robot) telah menjadi salah satu aplikasi populer di bidang robotik, lengan robot merupakan salah satu jenis robot yang sering digunakan dalam dunia industri sampai saat ini. Robot merupakan rangkaian peralatan yang dapat diprogram ulang, memiliki banyak fungsi yang biasanya didesain untuk memindahkan material, part, atau peralatan khusus lainnya [2]. Namun, harga robot arm yang tersedia di marketplace saat ini seringkali terlalu tinggi dan tidak terjangkau oleh semua orang yang membutuhkan. Potensi besar dalam menyediakan solusi robot yang lebih terjangkau, yang dapat membuka akses bagi lebih banyak orang untuk memanfaatkan teknologi ini.

Salah satu tantangan utama pengendalian *robot arm* adalah menentukan

konfigurasi sudut setiap *joint* untuk mencapai posisi dan orientasi tertentu dari *end-effector*. Untuk menyelesaikan permasalahan ini, metode *Inverse Kinematic* menjadi solusi untuk menentukan sudut setiap *joint*. *Inverse Kinematic* adalah proses untuk menentukan nilai sudut atau posisi dari setiap *joint* berdasarkan koordinat yang diinginkan dari *end-effector*. Berbeda dengan *Forward Kinematic* yang menghitung posisi *end-effector* berdasarkan sudut *joint* yang diberikan. Kinematika robot ini sangat penting dalam menentukan arah dan kecepatan gerak robot. Melalui arah dan kecepatan masing-masing, dihasilkan vektor gaya total yang mengarahkan pergerakan robot sesuai yang diinginkan, tanpa mengubah orientasi robot atau sudut kemiringannya [3].

Pada penelitian ini, metode *inverse kinematic* dipilih karena lebih sesuai untuk kebutuhan aplikasi robot penyuaap makanan, yang mengharuskan ujung lengan robot (sendok) mencapai titik koordinat tertentu dengan akurasi tinggi, seperti posisi mulut pengguna. Dalam kasus seperti ini, posisi tujuan diketahui, sehingga solusi *invers kinematic* menjadi penting dalam menghitung konfigurasi sendi yang tepat agar robot dapat bergerak ke posisi tersebut. Selain itu, metode *inverse kinematic* membuat pengendalian robot jadi lebih mudah dipahami, terutama jika sistemnya menggunakan kamera atau deteksi visual. Hal ini karena kita cukup menentukan posisi tujuan yang ingin dicapai oleh ujung lengan robot, tanpa perlu menghitung satu per satu sudut gerakan tiap sendi [4].

Dalam penelitian terdahulu yang telah dilakukan, dijelaskan bahwa mengembangkan lengan robot yang dikendalikan oleh gerakan tangan manusia menggunakan flex sensor dan MPU6050. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan sensor ini memungkinkan pengendalian robot dengan lebih fleksibel dibandingkan dengan metode sebelumnya yang menggunakan gamepad. Hasilnya, lengan robot dapat mengikuti gerakan tangan manusia, memberikan kontribusi dalam membantu individu melakukan pekerjaan berbahaya [5].

Kecelakaan telah banyak terjadi yang mengakibatkan orang – orang menderita atau terluka di bagian tangan dan membutuhkan waktu yang cukup lama dalam proses penyembuhan. Penderita ini kesulitan untuk melakukan aktivitas memasukan makanan dimana makan merupakan kebutuhan primer

manusia untuk bertahan hidup [1]. Sehingga, kebutuhan mendesak untuk mengembangkan perangkat bantu yang efektif yang dapat membantu meningkatkan kemandirian dan kemudahan mereka dalam melakukan aktivitas makan. Solusi teknologi yang inovatif, seperti lengan robot bantu mandiri, dapat menjadi jawaban atas tantangan ini. Alat ini diharapkan dapat memberikan alternatif yang lebih mandiri dan efisien dibandingkan dengan bantuan konvensional. Lengan robotik dapat digunakan untuk memberikan layanan keperawatan, seperti perawatan lansia, dll., sehingga mengurangi beban staf medis dan meningkatkan kualitas perawatan, lengan robot dapat dirancang sebagai perangkat portabel yang ringan agar mudah dipindahkan dan digunakan [1].

Pada penelitian ini, dibuat perancangan *Robot Arm* dengan menggunakan sistem kendali dengan deteksi kondisi kedipan mata sebagai input, Penggunaan deteksi kedipan mata sebagai input bisa sangat intuitif dan efisien, terutama dalam alat yang membutuhkan *hands-free control*. Sistem mekanik *robot arm* tersusun dari 6 derajat kebebasan (DoF) yang memungkinkan robot bergerak sesuai dengan kebutuhan. Struktur arm robot ini berbasis desain dan printing 3 dimensi, pada sistem kendali dengan deteksi kondisi mata, gerakan *robot arm* akan mengikuti perintah dari kondisi mata manusia melalui sebuah kamera yang telah terpasang, metode ini digunakan sebagai indikator *robot arm* melakukan pengambilan makanan untuk melakukan proses penyuaian makanan. Mula – mula dicari posisi mata menggunakan kamera dengan algoritma pemrosesan citra dan setelah itu dibuat algoritma kondisi saat mata terbuka dan tertutup. Kondisi mata berubah dari terbuka menjadi tertutup atau disebut dengan istilah berkedip merupakan trigger proses pengambilan makanan oleh *robot arm* setelah melakukan gerakan penyuaian makanan. Gerakan *robot arm* akan mengikuti arah sesuai posisi mata dan mulut. Keterbaruan pada penelitian ini yaitu *robot arm* dapat dikendalikan dengan deteksi kondisi mata menggunakan *machine learning* sebagai pengatur *robot arm* yang dapat digunakan sesuai kebutuhan dan kemampuan pengguna.

1.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Berbagai pihak telah melakukan penelitian mengenai *robot arm*. Tinjauan penelitian sebelumnya mencakup kajian atas penelitian-penelitian terdahulu yang terkait dengan topik ini. Penelitian-penelitian tersebut menjadi acuan dalam mengembangkan tugas akhir ini untuk menghindari plagiarisme dari hasil penelitian pihak lain. Kami membahas secara singkat penelitian-penelitian ini di sini untuk memperkuat alasan diadakannya penelitian ini. Tabel 1.1 menyajikan daftar pustaka dari penelitian serupa yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya.

Tabel 1. 1 Referensi Utama.

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul
1	Muhammad Arif Nur Huda, Sugeng Hadi Susilo, Pribadi Mumpuni Adhi	2022	<i>Implementation Of Inverse Kinematic And Trajectory Planning On 6-Dof Robotic Arm For Straight-Flat Welding Movement</i> [6]
2	Zen Nurkholik, Farrady Alif 2, Diah Arie	2022	Rancangan Bangun Lengan <i>Robot Arm</i> Untuk Menggambar Menggunakan <i>Invers Kinematic</i> [7]
3	Afrizal Septiano Arisandi, Joko Subur, Suryadhi	2020	Rancang Bangun Robot Lengan Pemindah Barang 3 Dof Menggunakan Metode <i>Inverse Kinematics</i> Berbasis Android [8]
4	Indra Sulaeman, Akhmad Wahyu Dani, Triyanto Pangaribowo	2022	Analisa <i>Inverse Kinematics</i> Pada Prototype 3-DoF Arm Robot Dengan Metode Anfis [9]

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul
5	Rifqi Alvaro, Hurriyatul Fitriyah, Rizal Maulana	2022	Perancangan Robot Manipulator Pindah Tanam pada Hidroponik dengan Metode <i>Inverse Kinematics</i> berbasis Arduino [10]

Pada penelitian pertama diteliti oleh Muhammad Arif Nur Huda, Dkk [6], yaitu *Implementation Of Inverse Kinematic And Trajectory Planning On 6-Dof Robotic Arm For Straight-Flat Welding Movement*, Penelitian ini menerapkan algoritma *inverse kinematics* dan metode perencanaan trajektori pada lengan robot 6-DOF untuk gerakan pengelasan lurus-datar. Didapat bahwa perbedaan nilai solusi *inverse kinematics* dengan nilai solusi geometrik sangat kecil. Hasil ini membuktikan bahwa algoritma *inverse kinematics* metode analitik dapat diimplementasikan ke dalam pengontrol lengan robotik 6 DOF. Penelitian ini menggunakan perhitungan *forward kinematics* untuk mengkonversi data pengukuran menjadi posisi ujung efektor, dan algoritma *inverse kinematics* dengan metode analitis (geometris dan aljabar). Aspek yang membedakan pada penelitian ini yaitu Penelitian ini fokus pada aplikasi pengelasan, menggunakan penerapan *inverse kinematic* untuk gerakan pengelasan datar lurus dan perencanaan lintasan yang kompleks untuk menjaga kualitas las.

Penelitian kedua yang dilakukan oleh Zen Nurkholik, Dkk [7] adalah Rancangan Bangun Lengan *Robot Arm* Untuk Menggambar Menggunakan *Invers Kinematik*. Penelitian ini merancang dan mengembangkan lengan robot dengan tiga derajat kebebasan (3-DOF) menggunakan *inverse kinematics* untuk menggambar pada bidang datar, dengan tujuan menciptakan alat pembelajaran untuk memahami gerakan lengan robot. Lengan ini mampu bergerak pada sumbu x, y, dan z di ruang tiga dimensi, dan posisi ujung efektor dapat diubah dengan mengubah sudut masing-masing motor stepper. Kekurangan dari penelitian ini yaitu bahwa lengan ini memiliki keterbatasan dalam gerakannya. Aspek yang membedakan pada penelitian ini yaitu berfokus pada menggunakan *inverse kinematic* untuk aplikasi menggambar, yang membutuhkan kontrol

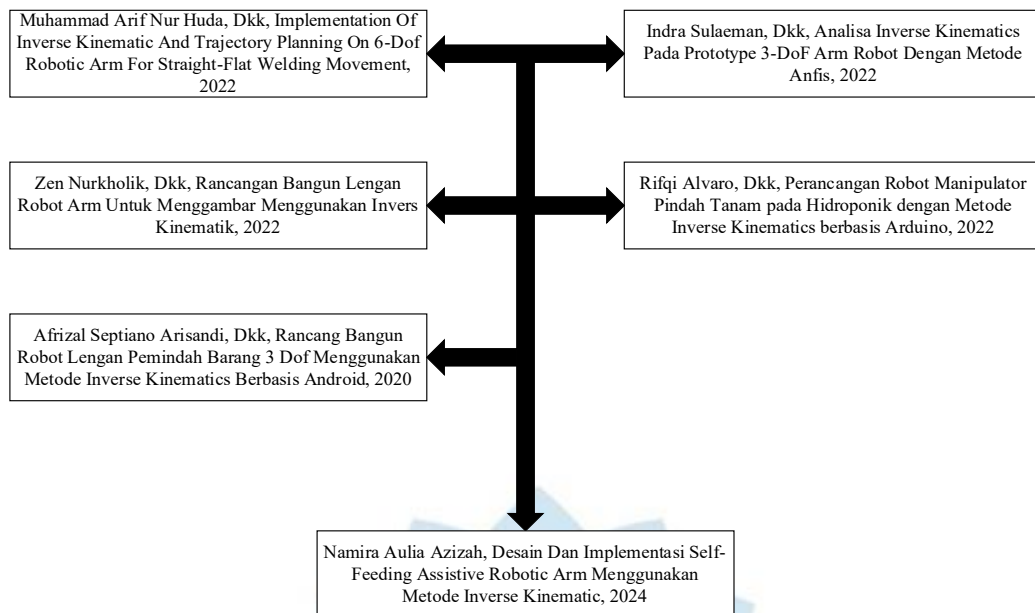
gerakan halus dan akurasi tinggi untuk menghasilkan gambar yang presisi.

Kemudian, penelitian ketiga dilakukan oleh Afrizal Septiano Arisandi, Dkk [8] yaitu Rancang Bangun Robot Lengan Pemindah Barang 3 Dof Menggunakan Metode *Inverse Kinematics* Berbasis Android. Penelitian ini berfokus pada desain dan implementasi lengan robot yang menggunakan *inverse kinematics* untuk memindahkan objek, dengan penekanan pada pengujian ketahanan dan kekuatan lengan dalam mengangkat botol dengan berbagai bobot. Lengan robot mampu memindahkan objek dari satu koordinat ke koordinat lain dalam periode rata-rata 6 hingga 7 detik dengan tingkat kesalahan sebesar 0,64%. Lengan robot mampu mengangkat botol seberat 10g dan 35g dengan tingkat keberhasilan 100% dan 90%, masing-masing. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *inverse kinematics*, Lengan robot dirancang memiliki 3 DOF (*Degrees of Freedom*) dan diimplementasikan menggunakan servo Dynamixel AX-12A. Aspek yang membedakan pada penelitian ini yaitu merancang lengan robot 3-DOF untuk memindahkan barang menggunakan metode *inverse kinematics* dengan kontrol berbasis android, menggabungkan kontrol berbasis Android untuk memudahkan interaksi pengguna dengan robot.

Berikutnya, penelitian keempat yang diteliti oleh Indra Sulaeman, Dkk [9] adalah Analisa *Inverse Kinematics* Pada *Prototype 3-DoF Arm Robot* Dengan Metode Anfis. Penelitian ini mengeksplorasi penerapan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) sebagai solusi untuk *inverse kinematics* dalam mengontrol lengan robot 3-DOF, meskipun kesalahan masih relatif tinggi akibat berbagai faktor seperti gangguan dari sensor dan konstruksi robot. Penelitian ini menggunakan ANFIS untuk memprediksi data keluaran berdasarkan data masukan, dan membandingkan hasilnya dengan metode *inverse kinematics*. Penelitian ini juga menggunakan Raspberry Pi sebagai pusat kontrol dan driver motor stepper untuk mengontrol lengan robot. Dapat disimpulkan bahwa ANFIS dapat digunakan sebagai alternatif untuk *inverse kinematics* dalam mengontrol lengan robot 3-DOF, meskipun kesalahannya masih relatif tinggi karena berbagai faktor. Aspek yang membedakan pada penelitian ini yaitu metode yang digunakan adalah *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS).

Selanjutnya penelitian kelima yang diteliti oleh Rifqi Alvaro, Dkk [10] adalah Perancangan Robot Manipulator Pindah Tanam pada Hidroponik dengan Metode *Inverse Kinematics* berbasis Arduino. Penelitian ini berfokus pada pengembangan *robot arm* yang mampu mengotomatisasi proses pemindahan tanaman pada sistem hidroponik. Pemindahan tanaman secara manual pada sistem ini bisa sangat melelahkan dan tidak efisien, oleh karena itu penggunaan robot menjadi solusi. Manipulator robot ini dirancang memiliki 4 DOF dan menggunakan motor servo Dynamixel AX-12A, menggunakan Arduino sebagai pusat kontrol utama. Algoritma *inverse kinematics* diterapkan pada Arduino untuk mengontrol posisi dan orientasi *end-effector* (bagian ujung manipulator yang berinteraksi langsung dengan objek). Pengujian dilakukan dengan melakukan sejumlah percobaan pemindahan tanaman bibit seberat 20 gram. Disimpulkan bahwa sistem robot yang dikembangkan berhasil melakukan pemindahan tanaman dengan tingkat keberhasilan mencapai 97,5%. Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat keberhasilan antara lain adalah presisi motor servo, akurasi algoritma *inverse kinematics*, serta kualitas sensor yang digunakan. Aspek yang membedakan pada penelitian ini yaitu menggunakan arduino sebagai control, dan memiliki 4 *Degree of Freedom*.

Berdasarkan Tabel 1.1 disimpulkan bahwa sistem *robot arm* memiliki peluang yang baik untuk diterapkan sebagai solusi otomatisasi dalam berbagai aplikasi. Berdasarkan kelima penelitian di atas, ada beberapa kesamaan penelitian yang cukup mendasar, terutama dalam hal pengembangan penggunaan sistem robotik, perancangan *robot arm*, dan penerapan algoritma *inverse kinematics* untuk mengoptimalkan gerakan robotik. Kemudian perbedaannya penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu pada penelitian ini pada merancang lengan robot bantu makan untuk orang dengan disabilitas fisik fokus pada *assistive technology* menggunakan metode *inverse kinematics* dengan menggunakan arduino UNO sebagai *controller* dan memiliki 6 *degree of freedom* (DOF).



Gambar 1. 1 Hubungan penelitian.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana desain dan implementasi *self feeding assistive robot arm* menggunakan metode *inverse kinematic*?
2. Bagaimana kinerja sistem kendali *robot arm* menggunakan metode *inverse kinematic*?

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian penting untuk menggambarkan tindakan yang diambil dalam penelitian ini. Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Membuat desain dan implementasi lengan robot *self-feeding assistive* menggunakan metode *invers kinematic* untuk membantu individu dengan keterbatasan fisik pada lengan.
2. Menganalisis kinerja sistem kendali lengan robot *self-feeding* berbasis metode *invers kinematic* untuk memastikan akurasi dan efisiensi gerakan.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik mengenai perkembangan dibidang keilmuan sistem kendali khususnya pada kendali *robot arm*.

2. Manfaat Praktis

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi para pegiat teknisi dalam penggunaan *robot arm* di Bidang Industri. Selain itu, diharapkan dapat meningkatkan produk sistem kendali yang menjadi referensi dalam rekayasa teknologi.

1.6 Batasan Masalah

Ruang lingkup masalah yang diangkat sangat luas, maka dari itu perlu adanya batasan masalah dalam Desain dan Implementasi *Self-Feeding Assistive Robot Arm* Menggunakan Metode *Inverse Kinematic* agar mendapatkan hasil yang lebih spesifik sesuai dengan tujuan penelitian. Berikut batasan masalah pada penlitian ini.

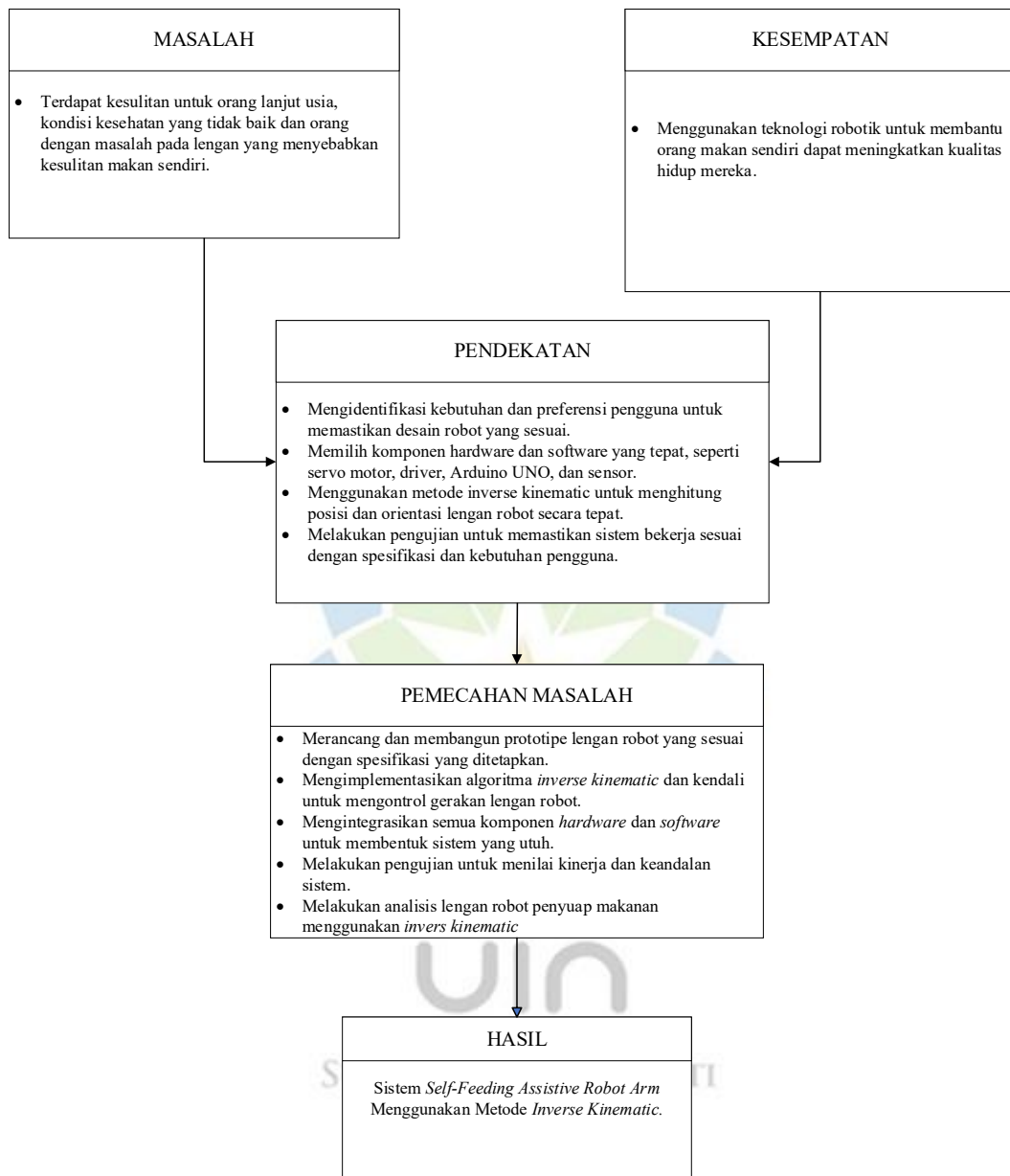
- i. Robot yang dirancang memiliki enam derajat kebebasan (6 DOF) dengan semua jenis sambungan berupa revolute *joint*.
- ii. Sistem menggunakan servo motor TD8120MG dan SG90 sebagai aktuator. Kontrol motor dilakukan secara langsung melalui sinyal PWM dari Arduino tanpa menggunakan driver tambahan.
- iii. Sistem kendali bersifat *loop* terbuka, tanpa sensor umpan balik (feedback). Pergerakan servo sepenuhnya berdasarkan hasil perhitungan sudut dari *inverse kinematic*.
- iv. Pengguna duduk dalam posisi tetap pada kursi, dan kamera diletakkan pada posisi tetap di depan pengguna. Sistem tidak mendeteksi atau mengikuti pergerakan pengguna secara dinamis.
- v. Tidak mempertimbangkan variasi kondisi lingkungan.
- vi. Menganalisis seberapa dekat posisi *end-effector* dengan target mulut.
- vii. Menganalisis seberapa konsisten lengan robot mencapai posisi yang

sama dalam setiap percobaan.

- viii. Makanan yang digunakan dalam pengujian memiliki tekstur lunak atau semi-cair seperti bubur, bubur sumsum, jagung susu, dan sayur kacang. Sistem tidak dirancang untuk makanan padat keras atau yang memerlukan alat bantu pemotong.
- ix. Posisi pengguna dan alat sudah ditentukan. Pengujian dilakukan pada empat orang pengguna dengan rentang tinggi badan tertentu (± 158 – 170 cm) yang duduk pada posisi tetap. Sistem tidak diuji untuk pengguna dalam kondisi berdiri atau dengan postur tubuh dinamis.
- x. Sistem belum dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi secara otomatis apakah makanan telah berhasil diambil dan dimakan oleh pengguna. Proses penyuaipan hanya mengandalkan pemberian jeda waktu (delay) sebagai asumsi bahwa pengguna telah menyuaipkan makanan, tanpa adanya verifikasi atau umpan balik langsung dari sistem.

1.7 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir adalah struktur yang menggambarkan cara berpikir secara sistematis, merangkum informasi yang muncul dari perumusan masalah penelitian, dan menguraikan langkah-langkah penelitian secara logis, dengan tujuan untuk mengejar suatu solusi atau jawaban terhadap masalah yang ada. Kerangka pemikiran penelitian ini dijelaskan pada Gambar 1.2.



Gambar 1. 2 Kerangka berpikir penelitian.

1.8 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman dalam penulisan tugas akhir ini maka akan dibagi menjadi enam bab dan setiap bab dibagi kedalam beberapa sub-bab dengan penjelasan sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan tentang latar belakang, tinjauan penelitian terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka pemikiran, dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini dituliskan tinjauan pustaka tentang dasar ilmu penunjang yang digunakan dalam penelitian serta memberikan gambaran peralatan yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini diberikan diagram alur penelitian untuk tugas akhir. Desain dan Implementasi *Self-Feeding Assistive Robot Arm* Menggunakan Metode *Inverse Kinematic*.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini memberikan pemaparan perangkat lunak dan perangkat keras yang dibutuhkan serta memberi gambaran tentang rancangan program atau perangkat keras yang digunakan. Bagian ini berisikan gambaran sistem yang sudah diintegrasikan secara keseluruhan.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada bab ini membahas serangkaian pengujian untuk mendapatkan hasil serta analisis berdasarkan teori yang sudah ada dalam menganalisis kinerja sistem *Self-Feeding Assistive Robot Arm* Menggunakan Metode *Inverse Kinematic*.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini membahas tentang kesimpulan, serta berisi saran terkait dengan bagaimana cara dan apa saja yang harus dikembangkan pada sistem *Self-Feeding Assistive Robot Arm* Menggunakan Metode *Inverse Kinematic*.