

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Di masa lalu, pembersihan jendela gedung tinggi menimbulkan tantangan besar karena melibatkan tenaga manusia yang menghadapi risiko tinggi dan ketidaknyamanan. Untuk mengatasi tantangan ini, berbagai alat mekanis seperti tangga dan alat pengangkat telah dikembangkan. Namun, meski alat ini memberikan kemudahan, penggunaannya tetap membutuhkan keterlibatan langsung manusia dan tidak sepenuhnya menghilangkan risiko yang ada.

Dalam dekade terakhir, berbagai teknologi telah dikembangkan dan diuji untuk mencapai tujuan ini, termasuk robot yang dirancang khusus untuk merangkak pada permukaan vertikal. Robot-robot ini telah digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk pembersihan jendela gedung, pemeliharaan jembatan, pemeliharaan pipa, dan pemeliharaan jaringan listrik. Pembersihan dan pemeliharaan bangunan modern, terutama pada bagian jendela, telah menjadi tantangan signifikan dalam dunia konstruksi. Pekerjaan di ketinggian yang melekat pada tugas ini membawa risiko tinggi bagi pekerja manusia. Untuk meningkatkan kemampuan robot dalam merangkak di permukaan vertikal, teknologi penghisap motor diterapkan sebagai metode utama untuk menjaga robot tetap melekat pada permukaan jendela. Mekanisme ini menggunakan kipas berkecepatan tinggi untuk menciptakan area bertekanan rendah di dalam ruang suction.

Pembersihan jendela gedung tinggi sejak lama berisiko karena bergantung pada manusia, dan meski alat mekanis membantu, risikonya tidak hilang; hal ini memicu pengembangan robot perayap dengan mekanisme hisap bertekanan rendah [12], [10][7], serta desain dan pemodelan modular [5]. Pada sisi kendali gerak dan penelusuran lintasan, pendekatan penggunaan roda tracking ditujukan untuk robot mobil [4], diikuti studi odometri dan kinematika untuk platform beroda [8] dan implementasi kendali PID [13]. Untuk navigasi dan estimasi keadaan, literatur banyak memadukan IMU dengan encoder roda guna memperoleh posisi dan heading [6], dan tambahan pelacakan orientasi multi-sensor pada robot fasad [14]. Secara teoretis, studi ini menggunakan perbandingan *complementary filter* dan

Kalman filter [1], dan pengembangan metode estimasi percepatan sudut berbasis *complementary filter* [3]. Meski demikian, gap yang masih terlihat adalah karya-karya tersebut cenderung mengandalkan encoder atau visi untuk posisi pemanfaatan barometer sebagai sumber posisi vertikal pada bidang kaca, khususnya di eksterior yang terpapar angin/tekanan dinamis, belum dilaporkan pada studi-studi yang dirujuk di atas [6], [14]. observabilitas posisi dan yaw tanpa encoder tetap lemah, sementara peristiwa tepi (edge) dari sensor ultrasonik belum dimanfaatkan sebagai update terukur dalam *Kalman filter* untuk menekan *drift* posisi pada konteks robot pembersih jendela [7], [10], [12] implementasi *complementary filter* adaptif yang robust terhadap getaran motor hisap/kipas khas platform ini belum tampak pada literatur orientasi yang ada [1], [3], [14]. Berangkat dari celah tersebut, penelitian ini merumuskan arsitektur fusi IMU–barometer–ultrasonik, *complementary filter* adaptif untuk orientasi dan *Kalman filter* berbasis IMU untuk posisi, disertai kompensasi tekanan dinamis pada barometer, guna memungkinkan gerak zig-zag sistematis dan estimasi pose yang andal tanpa ketergantungan pada encoder maupun kamera dengan arah kebutuhan praktis yang juga tampak pada studi platform *cleaning robot* sebelumnya [9], tetapi memperluasnya pada aspek fusi sensor dan metodologi evaluasi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang robot pembersih jendela yang mampu berjalan secara otonom?
2. Apa desain sistem navigasi otomatis dapat bekerja sebagai pembersih jendela di gedung bertingkat?

1.3. Tujuan dan Manfaat Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan robot pembersih jendela untuk digunakan di gedung-gedung tinggi. Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Membangun sistem orientasi yang stabil pada permukaan vertikal datar
2. Merancang pola gerakan zig-zag otomatis untuk pembersihan jendela persegi
3. Menciptakan sistem navigasi yang bekerja optimal pada struktur jendela sederhana

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat praktis yang dapat mendukung perkembangan teknologi robot pembersih jendela. Adapun manfaat yang dapat dihasilkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan Produktivitas: Robot yang bekerja secara otomatis dapat meningkatkan produktivitas pembersihan, karena dapat bekerja secara kontinu tanpa intervensi manusia.
2. Manfaat Akademik: Referensi pengembangan robot untuk aplikasi permukaan planar

1.4. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa batasan yang harus diperhatikan agar solusi yang dihasilkan tetap relevan dan dapat diterapkan secara optimal. Batasan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Robot pembersih jendela dirancang khusus untuk diaplikasikan pada area dengan permukaan jendela yang datar.
2. Penelitian ini fokus pada pengembangan sistem navigasi otomatis, pada satu area kaca.
3. Robot hanya dirancang untuk membersihkan jendela kaca, Bukan pembersihan permukaan lain seperti dinding atau permukaan non-kaca.
4. Pengujian robot dilakukan dengan asumsi bahwa kondisi cuaca mendukung, sehingga tidak mencakup operasi robot pada saat hujan deras atau angin kencang.
5. Robot telah dilakukan pengujian dengan jendela setinggi 2,5 meter.

1.5. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan yang mencakup beberapa metode untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Adapun metode yang digunakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Dilakukan untuk memahami perkembangan teknologi robot pembersih jendela yang telah ada. Studi ini mencakup tinjauan berbagai penelitian dan desain robot pembersih yang menggunakan sistem navigasi otomatis dan teknologi penghisap. Informasi dari studi ini digunakan sebagai dasar dalam perancangan dan pengembangan robot.

2. Perancangan Sistem

Pada tahap ini, robot pembersih jendela dirancang berdasarkan hasil studi literatur dan analisis kebutuhan. Desain mencakup mekanisme navigasi, sistem penghisap, dan struktur robot. Perangkat keras dan lunak dipilih dengan mempertimbangkan dalam kemudahan implementasi.

3. Simulasi dan Pengujian

Sebelum implementasi fisik, simulasi dilakukan untuk memverifikasi desain robot, terutama terkait dengan sistem navigasi dan kemampuan penghisap. Simulasi ini bertujuan untuk mengevaluasi performa robot dalam pembersihan jendela.

4. Implementasi

Setelah tahap perancangan dan simulasi selesai, robot dibangun dan diuji secara langsung pada jendela kaca dengan kondisi yang sudah ditentukan. Implementasi dilakukan dengan mengamati kinerja robot dalam membersihkan jendela.

5. Analisis Hasil

Data yang diperoleh dari pengujian robot akan dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif untuk mengevaluasi apakah robot pembersih ini mampu mencapai tujuan yang ditetapkan. Hasil analisis akan digunakan untuk menyempurnakan desain dan meningkatkan performa robot.

1.6. Proyeksi Pengguna

Hasil penelitian ini memiliki potensi untuk dimanfaatkan oleh berbagai kalangan pengguna, terutama yang bergerak dalam bidang industri dan pengelolaan bangunan. Adapun proyeksi pengguna yang dapat memanfaatkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengembang Properti

Pengembang properti dapat mengintegrasikan teknologi robot pembersih jendela dalam desain gedung modern sebagai fitur inovatif yang dapat menarik calon pembeli atau penyewa, terutama untuk gedung tinggi dan kompleks.

2. Institusi Penelitian dan Universitas

Institusi pendidikan dan penelitian yang fokus pada robotika, otomasi, dan smart building dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai acuan atau pengembangan lebih lanjut, khususnya dalam bidang robotik untuk aplikasi industri dan perkotaan.

3. Masyarakat Umum di Lingkungan Perkotaan

Pada skala yang lebih kecil, masyarakat umum yang tinggal di apartemen atau gedung bertingkat juga bisa mendapatkan manfaat dari robot ini, terutama untuk menjaga kebersihan jendela secara otomatis tanpa memerlukan usaha fisik yang berlebihan atau risiko bahaya.