BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi robotika pada era Industri 4.0 dan 5.0 mendorong peningkatan pemanfaatan sistem otomasi untuk menggantikan pekerjaan manusia yang memiliki tingkat risiko tinggi [1]. Robot banyak digunakan pada sektor konstruksi, energi pemeliharaan infrastruktur, serta inspeksi fasilitas berbahaya dengan tujuan meningkatkan keselamatan kerja dan efisiensi operasional [1][2]. Salah satu pengembangan robot yang mendapatkan perhatian khusus adalah robot yang mampu beroperasi pada lingkungan non-horizontal, seperti permukaan vertikal dan permukaan terbalik [3].

Robot *wall-climbing* merupakan jenis robot bergerak yang dirancang untuk dapat menempel dan bergerak pada permukaan vertikal, seperti dinding bangunan, kaca, tangki industri, hingga struktur tinggi lainnya [4]. Robot ini dikembangkan untuk membantu pekerjaan inspeksi, pemeliharaan, dan pembersihan pada area/ yang sulit dijangkau manusia serta memiliki tingkat risiko keselamatan yang tinggi [2]. Tantangan utama dalam pengembangan robot *wall-climbing* terletak pada kemampuan robot untuk mempertahankan perlekatan yang stabil terhadap permukaan vertikal selama beroperasi [5].

Pada permukaan vertikal, robot harus mampu menghasilkan gaya adhesi yang cukup untuk menahan pengaruh gaya gravitasi. Apabila gaya adhesi yang dihasilkan tidak mencukupi, robot berpotensi kehilangan kontak dengan permukaan dan mengalami kegagalan operasi [6]. Komponen penentu efektivitas rancang bangun robot *wall-climbing* terletak pada sistem adhesinya, karena berperan langsung dalam menjaga kestabilan dan keselamatan operasi robot [7].

Permasalahan tersebut menjadi semakin kompleks ketika robot dioperasikan pada permukaan vertikal yang tidak sepenuhnya rata, memiliki celah atau sudut kemiringan tertentu, termasuk dalam kondisi percepatan, perlambatan, dan perubahan arah gerak robot [2]. Tanpa sistem kendali yang memadai, perubahan kondisi ini dapat mengakibatkan berkurangnya gaya adhesi *Electric Ducted Fan* (EDF) yang berpotensi menyebabkan kegagalan pergerakan atau terlepasnya robot

dari permukaan [7].

Penerapan sistem adhesi berbasis EDF menghadapi permasalahan berupa ketidakstabilan gaya adhesi selama robot bergerak secara dinamis [6]. Perubahan kecepatan putar kipas, kondisi permukaan, serta kebocoran udara dapat menyebabkan fluktuasi tekanan(perubahan tekanan yang tidak stabil) yang berdampak pada penurunan gaya adhesi [4][5]. Fluktuasi ini berpotensi mengganggu kestabilan robot, terutama saat robot mengalami percepatan, perlambatan, atau perubahan arah gerak [5].

Permasalahan kestabilan gaya adhesi menunjukkan bahwa sistem adhesi berbasis EDF memerlukan pengendalian *real-time* agar kestabilan tekanan vakum (gaya adhesi) tetap berada pada kondisi aman dan stabil selama robot beroperasi [8]. Oleh karena itu, metode kendali *Proportional–Integral–Derivative* (PID) diterapkan untuk mengatur kecepatan EDF karena sederhana, mudah diimplementasikan pada sistem tertanam, dan efektif dalam sistem umpan balik [8]. Penelitian terdahulu telah banyak membahas mekanisme adhesi dan kestabilan robot wall-climbing, namun implementasi kendali umpan balik yang secara langsung menggunakan ΔP untuk mengatur kerja EDF pada prototipe skala laboratorium masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan kendali PID untuk mempertahankan ΔP berdasarkan umpan balik dua sensor tekanan.

Berdasarkan permasalahan dan keterbatasan tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi prototipe robot *wall-climbing* pada permukaan vertikal dengan sistem adhesi EDF berbasis kendali PID. Nilai selisih tekanan (ΔP) digunakan sebagai variabel terkendali, sedangkan PWM EDF digunakan sebagai variabel manipulasi. Pengujian difokuskan pada kemampuan sistem dalam mempertahankan ΔP mendekati *setpoint* serta kemampuan sistem adhesi mempertahankan robot tetap menempel pada permukaan vertikal dalam kondisi statis.

1.2. Tinjauan Penelitian Terdahulu

Table 1.1. Rujukan Utama

No	Judul	Peneliti	Tahun
1	*Design and Stability Analysis of a Wall-climbing Robot Using Propulsive Force of Propeller* [5].	Liang et al.	2021
2	*DP-Climb: A Hybrid Adhesion Climbing Robot Design and Analysis for Internal Transition* [4].	Zhang et al.	2022
3	*Advances in Research of Wall-climbing Robots:from Biology to Bionics-A Review* [9].	Kong et al.	2025
4	*A Comprehensive Review on Climbing Robots: Mechanisms, Adhesion Techniques, and Applications* [10].	Sahoo et al.	2025

Berdasarkan Tabel 1.1, penelitian [5] mengkaji mengenai perancangan dan analisis kestabilan robot *wall-climbing* yang menggunakan gaya tekan balik (*reverse thrust*) dari baling-baling sebagai sumber gaya adhesi pada permukaan vertikal. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh adanya keterbatasan pada metode adhesi konvensional yang banyak digunakan pada robot pemanjat dinding, seperti sistem vakum dan magnet. Metode vakum memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap kondisi permukaan dinding, terutama tingkat kerataan, kekasaran, serta keberadaan celah yang dapat menyebabkan kebocoran tekanan sehingga gaya adhesi mengalami penurunan. Sementara itu, metode magnet hanya dapat diaplikasikan pada permukaan berbahan feromagnetik sehingga memiliki keterbatasan penggunaan pada lingkungan operasional yang lebih luas. Oleh karena itu, diperlukan metode adhesi alternatif yang mampu memberikan gaya lekat secara aktif tanpa bergantung secara langsung terhadap karakteristik material permukaan.

Dalam penelitian tersebut, peneliti mengusulkan penggunaan dua buah propeller yang menghasilkan gaya tekan balik (*reverse thrust*) untuk menghasilkan gaya normal yang menekan robot menuju permukaan dinding. Prinsip kerja ini

memanfaatkan perbedaan tekanan udara yang dihasilkan oleh putaran baling-baling sehingga menghasilkan gaya dorong menuju permukaan. Sistem tersebut kemudian dikombinasikan dengan mekanisme roda sebagai penggerak utama robot sehingga robot mampu melakukan pergerakan secara vertikal. Struktur mekanik robot dirancang dengan konfigurasi simetris untuk memastikan distribusi gaya adhesi yang lebih merata pada seluruh bagian robot. Selain itu, besar gaya adhesi dapat dikontrol melalui pengaturan sudut kemiringan rotor dan perubahan kecepatan putaran motor *brushless*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan gaya tekan udara memiliki potensi sebagai metode adhesi aktif pada robot *wall-climbing* karena mampu menghasilkan gaya lekat tanpa kontak langsung dengan permukaan. Namun, penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan karena fokus utama penelitian berada pada aspek desain mekanik, distribusi gaya, serta analisis kestabilan struktur robot. Sistem yang dikembangkan belum menerapkan mekanisme kendali umpan balik (*feedback control*) yang mampu mempertahankan gaya adhesi secara otomatis ketika terjadi perubahan kondisi operasi, seperti perubahan beban robot, gangguan eksternal, maupun variasi karakteristik permukaan dinding. Kondisi tersebut dapat menyebabkan gaya adhesi yang dihasilkan tidak selalu berada pada nilai optimal sehingga berpotensi menyebabkan robot kehilangan kestabilan ketika bergerak secara dinamis.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

Dengan demikian, penelitian [5] menjadi salah satu dasar penting dalam pengembangan robot *wall-climbing* berbasis gaya tekan udara, khususnya dalam pemanfaatan propeller sebagai sumber gaya adhesi aktif. Namun, masih terdapat peluang pengembangan lebih lanjut melalui integrasi sistem kendali otomatis yang mampu membaca perubahan kondisi sistem dan melakukan koreksi secara *real-time*. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah kendali PID (*Proportional Integral Derivative*) yang mampu mengatur keluaran sistem berdasarkan perbedaan antara nilai aktual dan nilai referensi, sehingga gaya adhesi dapat dipertahankan pada kondisi yang stabil selama robot beroperasi.

Penelitian [4] mengusulkan robot *wall-climbing* bernama DP-Climb yang menggunakan sistem adhesi hibrid untuk meningkatkan kestabilan robot ketika

bergerak pada permukaan vertikal serta melakukan proses transisi dari bidang horizontal menuju bidang vertikal. Penelitian ini berangkat dari permasalahan bahwa penggunaan satu metode adhesi saja sering mengalami keterbatasan ketika robot menghadapi kondisi operasi yang kompleks. Sistem adhesi tunggal, seperti vakum atau gaya magnet, umumnya memiliki performa yang baik pada kondisi tertentu, tetapi mengalami penurunan kemampuan ketika terjadi perubahan lingkungan, perubahan sudut orientasi robot, maupun ketika robot melakukan perpindahan bidang.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, DP-Climb dirancang menggunakan kombinasi beberapa mekanisme, yaitu gaya tekan balik dari dua rotor propeller yang tersusun secara simetris, torsi roda belakang, serta peningkatan gaya gesek roda menggunakan material khusus. Kombinasi beberapa mekanisme tersebut bertujuan untuk menghasilkan gaya adhesi yang lebih stabil sekaligus mempertahankan kemampuan mobilitas robot. Dalam penelitian tersebut, analisis dinamika robot dilakukan menggunakan pendekatan Newton–Euler untuk mengetahui hubungan antara gaya, torsi, dan gerakan robot selama proses operasi.

Selain analisis mekanik, penelitian [4] juga telah menerapkan strategi kendali berbasis PID sistem umpan tetutup untuk mengatur kestabilan postur robot ketika melakukan transisi dari lantai menuju dinding. Sistem kendali tersebut digunakan untuk mengoreksi perubahan posisi dan orientasi robot berdasarkan informasi sensor yang diperoleh selama proses operasi. Penerapan kendali umpan balik pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem kontrol memiliki peran penting dalam meningkatkan kestabilan robot, khususnya ketika robot menghadapi kondisi dinamis yang tidak dapat diprediksi hanya melalui desain mekanik.

Meskipun demikian, penelitian DP-Climb masih memiliki ruang pengembangan terutama pada aspek pengendalian gaya adhesi secara langsung. Sistem kendali yang diterapkan lebih berfokus pada pengaturan postur dan proses transisi robot, sedangkan pengaturan besar gaya adhesi dari sistem propeller belum menjadi fokus utama. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki keterkaitan dengan penelitian tersebut melalui penerapan kendali PID pada sistem adhesi berbasis EDF (*Electric Ducted Fan*) dengan tujuan mempertahankan nilai perbedaan tekanan

(*differential pressure*) secara otomatis. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan kestabilan gaya adhesi ketika robot bergerak pada permukaan vertikal.

Penelitian [9] membahas perkembangan teknologi adhesi pada robot *wall-climbing* melalui kajian terhadap berbagai metode perlekatan, seperti tekanan negatif (*negative pressure*), *dry adhesion*, *wet adhesion*, elektrostatik, dan magnetik. Studi tersebut menunjukkan bahwa setiap metode adhesi memiliki kelebihan dan keterbatasan masing-masing berdasarkan karakteristik permukaan dan kebutuhan aplikasi. Sistem berbasis tekanan negatif memiliki kemampuan menghasilkan gaya adhesi yang besar, tetapi memerlukan konsumsi energi yang relatif tinggi dan memiliki sensitivitas terhadap kondisi permukaan. Sementara itu, metode *dry adhesion* dan *wet adhesion* memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik pada permukaan tertentu, tetapi mengalami keterbatasan ketika digunakan pada lingkungan yang kompleks.

Kajian tersebut juga menjelaskan bahwa perkembangan robot *wall-climbing* tidak hanya bergantung pada pemilihan mekanisme adhesi, tetapi juga pada kemampuan sistem dalam mempertahankan kestabilan gaya adhesi selama robot bergerak. Pada sistem adhesi aktif, perubahan kecepatan aktuator, perubahan massa robot, maupun gangguan eksternal dapat menyebabkan perubahan gaya adhesi yang signifikan. Oleh sebab itu, sistem kendali menjadi komponen penting untuk memastikan gaya adhesi tetap berada pada rentang kerja yang aman.

Namun, penelitian [9] masih berfokus pada kajian mekanisme adhesi dan analisis karakteristik masing-masing metode tanpa melakukan implementasi langsung sistem endali umpan balik pada robot *wall-climbing*. Penelitian tersebut belum membahas bagaimana sistem kontrol dapat digunakan untuk menjaga kestabilan gaya adhesi berbasis tekanan udara secara *real-time*. Hal ini menunjukkan adanya peluang penelitian lanjutan berupa penerapan algoritma kendali sederhana namun efektif, seperti PID, untuk mengatur keluaran aktuator berdasarkan perubahan kondisi aktual sistem.

Penelitian [10] menyajikan kajian komprehensif mengenai perkembangan robot *wall-climbing* dengan meninjau berbagai mekanisme lokomosi dan teknik

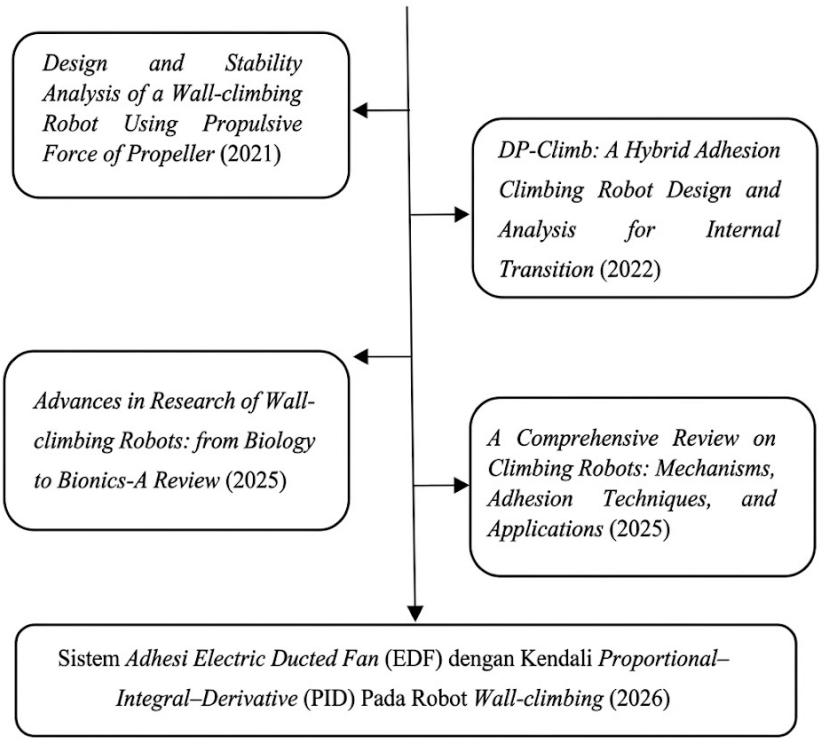
adhesi yang memungkinkan robot bergerak pada permukaan vertikal maupun permukaan terbalik. Studi tersebut mengklasifikasikan beberapa metode adhesi aktif, seperti *magnetic adhesion*, *vacuum suction*, *electroadhesion*, serta sistem berbasis kipas (*fan-based adhesion*) yang memiliki prinsip kerja serupa dengan penggunaan EDF sebagai sumber gaya lekat.

Penelitian tersebut menjelaskan bahwa salah satu tantangan utama dalam pengembangan robot *wall-climbing* adalah menjaga kestabilan gaya adhesi ketika robot mengalami perubahan kondisi operasi. Robot yang bergerak pada bidang vertikal membutuhkan gaya adhesi yang cukup besar untuk melawan gaya gravitasi, tetapi gaya tersebut juga harus dikendalikan agar tidak menyebabkan konsumsi energi yang berlebihan. Apabila gaya adhesi terlalu kecil, robot berisiko kehilangan kontak dengan permukaan, sedangkan apabila terlalu besar dapat meningkatkan kebutuhan daya dan mengurangi efisiensi sistem.

Sebagai penelitian berbasis studi literatur, penelitian [10] belum membahas implementasi kendali tertutup secara spesifik pada sistem adhesi EDF. Kajian tersebut memberikan gambaran bahwa pengembangan robot *wall-climbing* pada masa mendatang membutuhkan integrasi antara mekanisme adhesi aktif dengan sistem kendali otomatis. Oleh karena itu, penelitian ini berkontribusi dengan menerapkan sistem kendali PID untuk mengatur gaya adhesi EDF berdasarkan nilai tekanan aktual yang diperoleh dari sensor tekanan. Sistem tersebut memungkinkan robot melakukan penyesuaian keluaran EDF secara otomatis sehingga gaya adhesi dapat dipertahankan sesuai nilai referensi yang telah ditentukan.

Berdasarkan kajian terhadap penelitian terdahulu [4][5][9][10], dapat diketahui bahwa sebagian besar penelitian sebelumnya telah berhasil mengembangkan konsep mekanisme adhesi aktif berbasis gaya tekan udara pada robot *wall-climbing*. Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa penggunaan propeller atau sistem berbasis kipas memiliki potensi besar sebagai alternatif metode adhesi karena tidak bergantung pada jenis material permukaan. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek desain mekanik, analisis gaya, serta kestabilan struktur robot, sedangkan penerapan sistem kendali umpan balik untuk menjaga kestabilan gaya adhesi secara langsung masih relatif terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini memiliki posisi sebagai pengembangan dari penelitian sebelumnya dengan mengintegrasikan sistem adhesi berbasis EDF dan kendali PID umpan balik. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang lebih banyak mengatur sistem secara terbuka (*open-loop*), Posisi dan keterkaitan penelitian ini terhadap penelitian terdahulu ditunjukkan pada Gambar 1.1



Gambar 1.1. Hubungan penelitian.

Berdasarkan hubungan penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1.1, dapat diketahui bahwa penelitian robot *wall-climbing* sebelumnya telah banyak membahas desain mekanik, analisis kestabilan, serta kajian tinjauan mengenai berbagai mekanisme adhesi. Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk meningkatkan kemampuan robot dalam menempel dan bergerak pada permukaan vertikal, seperti penggunaan sistem vakum, gaya tekan propeller maupun metode adhesi lainnya [10]. Kajian-kajian tersebut memberikan landasan teoritis dan konseptual yang kuat dalam memahami prinsip kerja sistem adhesi dan stabilitas gerak robot pada bidang non-horizontal. Berbeda dengan sebagian penelitian terdahulu yang lebih berfokus pada desain mekanik, kestabilan postur, dan mekanisme adhesi, penelitian ini memfokuskan kendali PID secara langsung

pada nilai ΔP sistem adhesi EDF.

Meskipun beberapa penelitian telah membahas sistem adhesi aktif dan penerapan kendali tertutup pada robot *wall-climbing*, sebagian besar masih berfokus pada analisis mekanik, simulasi, pengendalian postur, atau kajian berbagai metode adhesi. Implementasi sistem adhesi berbasis *Electric Ducted Fan* (EDF) dengan kendali PID yang secara langsung menggunakan nilai selisih tekanan (ΔP) sebagai variabel umpan balik pada prototipe skala laboratorium masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan melalui perancangan dan pengujian eksperimental sistem adhesi EDF dengan kendali PID untuk mempertahankan ΔP mendekati nilai *setpoint*. Pengujian difokuskan pada kondisi statis pada permukaan vertikal, sedangkan pengujian terhadap gerak robot dan gangguan eksternal menjadi ruang pengembangan penelitian selanjutnya.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang, berikut rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana rancangan dan implementasi sistem adhesi EDF dengan kendali PID pada robot *wall-climbing?*
2. Bagaimana kinerja kendali sistem adhesi EDF dengan kendali PID pada robot *wall-climbing?*

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1. Tujuan Penelitian

Berdasarkan pemaparan latar belakang dan rumusan masalah, berikut tujuan penelitian pada penelitian ini yaitu:

1. Merancang dan mengimplementasi sistem adhesi EDF dengan kendali PID pada robot *wall-climbing.*
2. Menganalisis kinerja kendali sistem adhesi EDF dengan kendali PID pada robot *wall-climbing.*

1.4.2. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dan dapat diperoleh dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis

Manfaat akademis dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi pada pengembangan keilmuan teknik elektro, khususnya robotika dan sistem kendali, melalui kajian penerapan sistem adhesi vakum berbasis EDF pada robot *wall-climbing* di permukaan vertikal. Penelitian ini memperkaya pemahaman mengenai integrasi sistem mekanik, adhesi aktif, dan kendali PID berbasis mikrokontroler dalam menjaga kestabilan adhesi dan pergerakan robot, serta dapat menjadi referensi akademik dan bahan pendukung pembelajaran maupun penelitian lanjutan pada robot di permukaan non-horizontal.

2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis dari penelitian ini adalah sebagai media pembelajaran dan eksperimen dalam perancangan serta pengujian prototipe robot *wall-climbing* dengan sistem adhesi vakum berbasis EDF. Prototipe yang dikembangkan memberikan gambaran nyata mengenai implementasi sistem adhesi EDF dan penerapan kendali PID untuk mengatur kestabilan kondisi adhesi, sehingga hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai referensi teknis dalam kegiatan praktikum, tugas akhir, maupun sebagai dasar awal pengembangan robot *wall-climbing* yang lebih andal dan aplikatif untuk kebutuhan inspeksi, pemeliharaan, atau pengujian pada lingkungan yang sulit dijangkau dan berisiko tinggi.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah yang berhubungan dengan penelitian ini memiliki cakupan yang sangat luas. Oleh karena itu, diperlukan batasan masalah agar penelitian lebih spesifik dan terarah. Batasan masalah ini menitik beratkan pada:

1. Prototipe robot *wall-climbing* yang dikembangkan masih berada pada tahap skala laboratorium.
2. Sistem kendali yang dipakai PID metode Ziegler Nichols Tipe 1

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

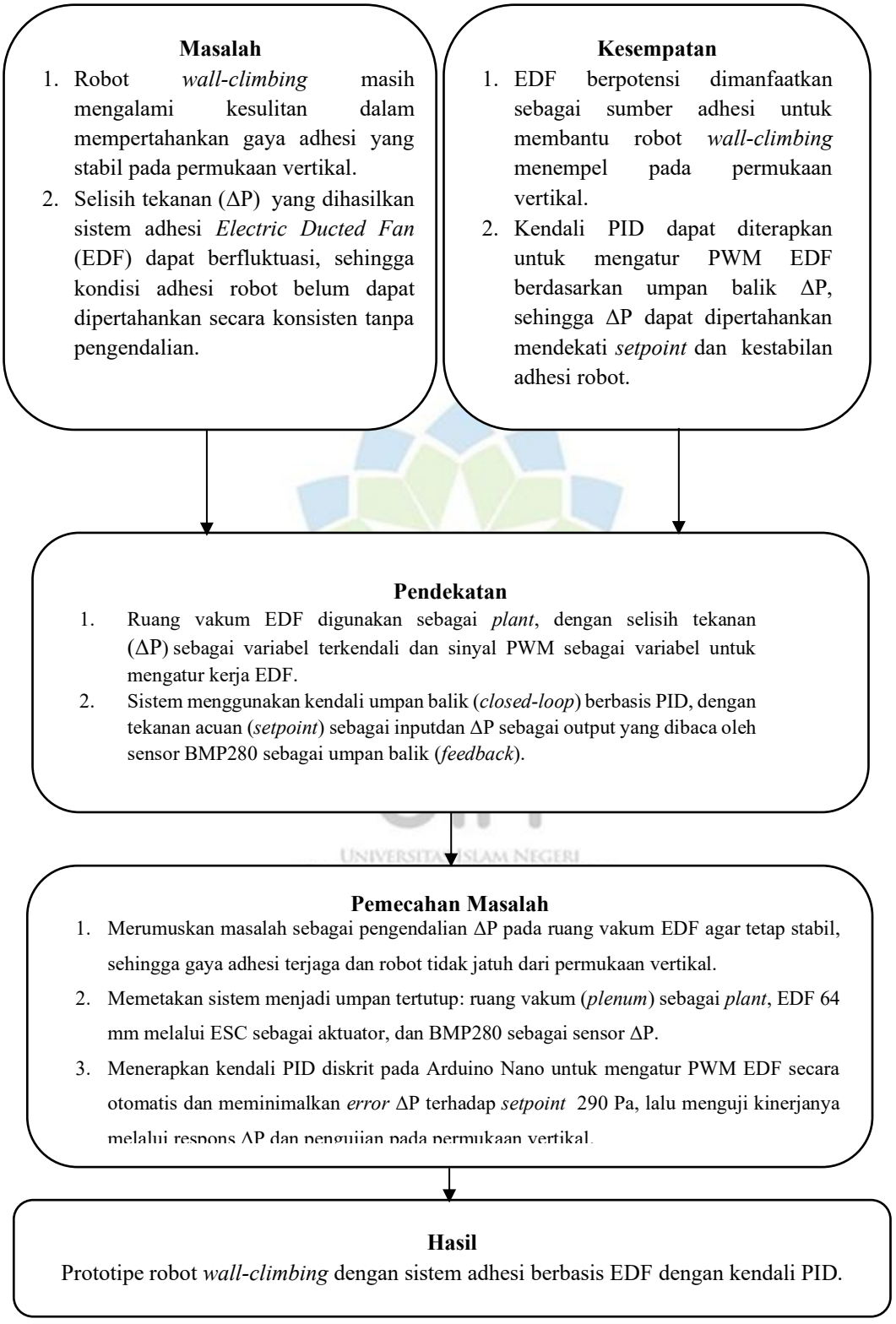
3. Gaya adhesi tidak diukur secara langsung menggunakan sensor gaya, tetapi dianalisis berdasarkan nilai ΔP sebagai variabel kendali sistem.
4. Pengujian sistem dilakukan pada permukaan vertikal yang datar, rata, dan memiliki karakteristik permukaan yang seragam, sehingga pengaruh kondisi lingkungan eksternal tidak dianalisis.
5. Sensor yang digunakan dalam sistem kendali hanya berupa sensor tekanan BMP280.
6. Pengujian prototipe dan kinerja kendali dilakukan pada kondisi statis pada permukaan vertikal dengan *setpoint* ΔP sebesar 290 Pa dan tidak mencakup pengujian gerak robot maupun gangguan secara terstruktur, seperti variasi beban, kebocoran udara, perubahan karakteristik permukaan, dan perubahan *setpoint*.

1.6. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir penelitian ini disusun untuk menggambarkan alur pemikiran secara sistematis, penelitian ini dilatarbelakangi oleh permasalahan robot *wall-climbing* yang masih mengalami kesulitan dalam mempertahankan gaya adhesi secara stabil pada permukaan vertikal. Selisih tekanan (ΔP) yang dihasilkan oleh sistem adhesi berbasis *Electric Ducted Fan* (EDF) dapat mengalami fluktuasi, sehingga kondisi adhesi robot belum dapat dipertahankan secara konsisten tanpa pengendalian. Di sisi lain, EDF berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber adhesi, sedangkan kendali PID dapat diterapkan untuk mengatur kerja EDF berdasarkan umpan balik ΔP agar nilai ΔP dapat dipertahankan mendekati *setpoint* yang ditentukan.

Pendekatan penelitian dilakukan dengan menjadikan ΔP sebagai variabel terkendali dan sinyal PWM EDF sebagai variabel manipulasi. Sistem ini berbasis PID, dengan nilai ΔP aktual yang dibaca oleh sensor BMP280 sebagai umpan balik (*feedback*). Kerangka berpikir ditunjukkan pada gambar 1.2.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG



Gambar 1.2. Kerangka Berpikir

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas dan terstruktur mengenai pembahasan dalam laporan penelitian ini, penulisan laporan ini dibagi menjadi enam bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat gambaran umum penelitian dan landasan permasalahan yang melatarbelakangi penelitian. Pembahasan diawali dengan latar belakang yang menjelaskan urgensi perancangan prototipe robot *wall-climbing* serta permasalahan kestabilan daya hisap pada permukaan vertikal.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini berisi kajian teoritis yang disusun secara sistematis sebagai dasar pendukung penelitian, meliputi konsep robot *wall-climbing*, sistem adhesi berbasis EDF, stabilitas robot pada permukaan vertikal, serta sistem kendali berbasis mikrokontroler dengan metode PID.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan dalam perancangan dan realisasi sistem. Uraian meliputi tahapan penelitian, analisis dan perancangan sistem secara umum, perancangan mekanik dan elektronik, serta perancangan dan implementasi kendali PID berbasis mikrokontroler.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini berisi perancangan dan implementasi sistem adhesi pada robot *wall-climbing* dengan kendali PID dengan sensor tekanan sebagai umpan balik.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini berisi pengujian serta analisi sistem adhesi pada robot *wall-climbing* dengan kendali PID dengan sensor tekanan sebagai umpan balik.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan dan saran dari keseluruhan pengujian sistem adhesi robot *wall-climbing* dengan kendali PID menggunakan sensor tekanan sebagai umpan balik

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG