



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**IMPLEMENTASI PROTOTIPE TEKNOLOGI UAV UNTUK
OPTIMALISASI PEMBERSIHAN DINDING LUAR GEDUNG**

PROYEK AKHIR

JOSHUA ADI PRATAMA

40040222650070

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG

2026



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**IMPLEMENTASI PROTOTIPE TEKNOLOGI UAV UNTUK
OPTIMALISASI PEMBERSIHAN DINDING LUAR GEDUNG
(TUGAS KHUSUS : DESAIN ELEKTRIKAL)**

PROYEK AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik**

**JOSHUA ADI PRATAMA
40040222650070**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

SEMARANG

2026

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Proyek Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : JOSHUA ADI PRATAMA

NIM : 40040222650070

Tanda Tangan :



Tanggal : 24 Juli 2026

SURAT TUGAS



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI

Jalan Prof. Sudarto, S.H. Tembung Semarang
Kode Pos 50275
Telp/Fax (024) 7471379
Laman www.vokasi.undip.ac.id
e-mail vokasi@vwa.undip.ac.id

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. :532/PA/RPM/IV/2026

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama	: Joshua Adi Pratama
NIM	: 40040222650070
Judul Proyek Akhir	: Implementasi Teknologi UAV Untuk Optimalisasi Pembersihan Dinding Luar Gedung
Dosen Pembimbing	: Prof. Dr. Eng. Munadi S.T., M.T
NIP	: 197706012003121004

Isi Tugas:

1. Merancang sistem elektrik dan *propeller* UAV *quadcopter*
2. Melakukan Setting PID *quadcopter*
3. Melakukan pengujian sistem kontrol dan elektrik
4. Membuat laporan
5. Membuat HKI prototipe

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 09 Maret 2026
Ketua Prodi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik

Dr. Sri Utami Handayani S.T., M.T.
197609152003122001

Tembusan:

1. Ketua Prodi
2. Bagian pengajaran
3. Mahasiswa ybs

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Joshua Adi Pratama
NIM : 40040222650070
Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul Proyek Akhir : Implementasi Teknologi UAV Untuk Optimalisasi Pembersihan Dinding Luar Gedung

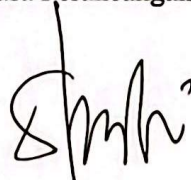
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing	: Prof. Dr.Eng. Munadi S.T., M.T.	()
Penguji 1	: Prof. Dr.Eng. Munadi S.T., M.T.	()
Penguji 2	: Didik Ariwibowo, S.T., M	()
Penguji 3	: Rofiq Cahyo Prayogo, S.T., M.T.	()

Semarang, 24 Juli 2026

Ketua Program Studi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik



Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP. 197609152003122001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Joshua Adi Pratama
NIM : 40040222650070
Jurusan/Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Proyek Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Implementasi Teknologi UAV Untuk Optimalisasi Pembersihan Dinding Luar Gedung”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 24 Juli 2026

Yang menyatakan



(Joshua Adi Pratama)

MOTTO

Kita hendaknya untuk hidup dengan cara yang membuat kita bahagia, namun kita tidak akan bahagia jika kita berusaha untuk bahagia (eudaimonia).

- Aristoteles

Kebebasan itu pertama-tama bukan tentang aku melakukan yang kuingini, oleh sebab itu aku hanya menuruti ego pribadi. Kebebasan itu tentang memilih secara sadar dan bertanggung jawab atas hal-hal yang baik untuk diriku dan orang lain.

- Pepatah yang diajarkan dari sebuah sekolah kecil di Yogyakarta

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir dengan judul “Implementasi Teknologi UAV Untuk Optimalisasi Pembersihan Dinding Luar Gedung”

Penyusunan laporan proyek akhir ini tentunya tidak terlepas dari bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Dponegoro Semarang,
3. Prof. Dr.Eng. Munadi S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing selama penyusunan Tugas Akhir.
4. Seluruh dosen dan teknisi yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
5. Kedua orang tua, Bapak Ekwanto dan Ibu Fransiska Tri Ambar Wijayanti yang telah mendukung dan memberikan doa kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir serta memberikan pendidikan dengan baik.
6. Mas Nurachman Anwar, yang sudah memberikan pengalaman dalam membuat UAV.
7. Teman-teman tim Proyek Akhir Hafidh Shafriyan Pamilih dan Anugerah

Bintang Mahendra, yang berjuang bersama dalam mengerjakan Proyek Akhir.

8. Teman-teman angkatan 2022 (IRYASENA) senasib dan seperjuangan dalam meraih pendidikan dan kelulusan.
9. Diri saya sendiri yang telah berjuang untuk bertahan hingga saat ini, meskipun melalui berbagai rintangan serta ombak masalah yang menerjang, yang pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan baik.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis sangat mengharapkan kritik serta saran yang membangun.

Penulis berharap, semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan, diberi balasan kebajikan. Amin. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca secara umum, baik dari kalangan akademis maupun yang lain.

Semarang, 24 Juli 2026



Joshua Adi Pratama

ABSTRAK

IMPLEMENTASI TEKNOLOGI UAV UNTUK OPTIMALISASI PEMBERSIHAN DINDING LUAR GEDUNG

Pembersihan dinding luar gedung secara konvensional memiliki risiko keselamatan yang tinggi, biaya operasional yang besar, serta membutuhkan waktu pengerjaan yang relatif lama. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) sebagai platform pembersihan dinding luar gedung berbahan kaca. Sistem yang dikembangkan menggunakan konfigurasi *Quadcopter* dengan sistem penyemprotan berbasis ground pump sehingga suplai air dialirkan dari permukaan tanah melalui selang menuju nozzle yang dipasang pada UAV. Tahapan penelitian meliputi perancangan sistem elektrik dan mekanik, integrasi komponen, konfigurasi flight controller, serta pengujian performa terbang pada kondisi tanpa beban dan dengan sistem penyemprotan. Parameter kestabilan dianalisis menggunakan data blackbox ArduPilot berupa attitude, gyroscope, vibrasi, serta posisi GPS. Hasil pengujian menunjukkan bahwa UAV dengan massa total sekitar 5,5 kg yang menggunakan motor Tarot 5006 KV320 dan propeller karbon berukuran 16×5,5 inci mampu melakukan penerbangan secara stabil. Parameter PID hasil tuning mampu mempertahankan kestabilan sikap UAV yang ditunjukkan oleh respons yang stabil tanpa osilasi berlebihan serta nilai vibrasi yang masih berada pada batas aman. Namun, ketika sistem penyemprotan diaktifkan, kemampuan UAV dalam mempertahankan posisi mengalami penurunan akibat pengaruh gaya reaksi nozzle, beban dinamis selang, dan gangguan eksternal lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi teknologi UAV memiliki potensi untuk digunakan sebagai alternatif sistem pembersihan dinding luar gedung yang lebih aman, meskipun masih diperlukan optimasi lebih lanjut pada konfigurasi mekanik dan sistem kendali untuk meningkatkan performa sistem secara keseluruhan.

Kata kunci: UAV, *Quadcopter*, Pembersihan Fasad, Ground Pump, PID Kontrol.

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF UAV TECHNOLOGY FOR OPTIMIZATION OF CLEANING OF EXTERIOR ALL BUILDINGS

Conventional exterior building cleaning methods involve high safety risks, considerable operational costs, and relatively long working times. Therefore, this study aims to design and implement an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) as a platform for cleaning glass building facades. The developed system employs a Quadcopter configuration integrated with a ground pump-based spraying system, where water is supplied from the ground through a hose connected to a nozzle mounted on the UAV. The research stages include electrical and mechanical system design, component integration, flight controller configuration, and flight performance evaluation under both unloaded and spraying conditions. Stability characteristics were analyzed using ArduPilot blackbox data, including attitude response, gyroscope measurements, vibration levels, and GPS position data.

The experimental results show that the UAV, with a total mass of approximately 5.5 kg and equipped with Tarot 5006 KV320 motors and 16 × 5.5-inch carbon propellers, was capable of achieving stable flight performance. The tuned PID parameters were able to maintain vehicle attitude stability, as indicated by stable responses without excessive oscillations and vibration levels remaining within acceptable limits. However, when the spraying system was activated, the UAV experienced a reduction in position-holding capability due to the influence of nozzle reaction forces, hose-induced dynamic loads, and other external disturbances. The results demonstrate that UAV technology has the potential to serve as an alternative solution for exterior building cleaning applications with improved operational safety. Nevertheless, further optimization of the mechanical configuration and control system is required to enhance the overall performance of the system.

Keywords: *Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Quadcopter, Building Facade Cleaning, PID Control, Ground Pump System.*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
SURAT TUGAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Luaran.....	4
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 <i>Unmanned Aerial Vehicle Rotary-wing</i>	6
2.2 Freebody Diagram UAV <i>Quadcopter</i>	9
2.3 Kriteria Desain UAV <i>Quadcopter</i>	10
2.3.1 Mampu Terbang Dengan Stabil	11
2.3.2 UAV <i>Quadcopter</i> Dapat Mengintegrasikan Setiap Komponen Elektronik.....	11
2.3.3 Mempunyai <i>Bracket</i> Untuk Sistem Penyemprot.....	11
2.3.4 <i>Flight Time</i>	12
2.3.5 UAV <i>Quadcopter</i> Mampu Beroperasi Pada Gedung Dua Lantai	12

2.3.6	UAV <i>Quadcopter</i> Mampu Terbang Dalam Radius 700 Meter.....	12
2.3.7	UAV <i>Quadcopter</i> Terdapat Proteksi Baling-Baling.....	13
2.4	Arsitektur Sistem UAV	13
2.4.1	Sistem Propulsi	13
2.4.2	Sistem Kendali dan Navigasi	16
2.4.3	Sistem Daya	18
2.4.4	Sistem <i>Payload</i>	20
2.4.5	Sistem Penyemprot Berbasis <i>Ground Pump</i>	22
2.5	Dinding Luar Gedung Material Kaca.....	22
2.6	Perhitungan Perancangan <i>Hardware</i>	23
2.6.1	Perhitungan <i>Thrust</i> UAV	23
2.6.2	Perhitungan <i>Flight Time</i>	23
2.7	PID	25
2.7.1	Proportional.....	26
2.7.2	Integral	27
2.7.3	Derivative.....	28
BAB III METODE DAN PROSEDUR PELAKSANAAN PROYEK AKHIR		30
3.1	Diagram Alir Perakitan UAV <i>Quadcopter</i> serta Diagram Alir Setup	30
3.2	Perancangan <i>Hardware</i>	32
3.2.1	Analisis Kebutuhan Misi.....	33
3.2.2	Pemilihan Konfigurasi UAV.....	35
3.2.3	Freebody Diagram UAV	39
3.2.4	Komponen UAV	42
3.2.5	Perhitungan Kebutuhan Gaya Angkat.....	43
3.2.6	Perhitungan <i>Flight Time</i>	44
3.2.7	Perhitungan Sistem Penyemprot	47
3.2.8	Perhitungan massa air	50
3.2.9	Desain 3D UAV	50
3.3	Perancangan <i>Software</i>	51
3.4	Proses Perakitan Sistem Elektrikal.....	52
3.5	Metode Pengujian.....	53
3.5.1	Pengujian Sistem Propulsi	53
3.5.2	Pengujian Sistem Kendali dan Navigasi	53

3.5.3 Uji Terbang Tanpa Beban	54
3.5.4 Uji Terbang dengan Sistem Penyemprot.....	54
3.5.5 Pengujian Performa Pembersihan	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1 Perakitan dan Integrasi Sistem Elektrik	56
4.2 Pengetesan dan Tuning PID	58
4.2.1 Pengujian Pertama Tanpa Beban dengan PID Tanpa Perubahan.....	58
4.2.2 Uji Terbang Tanpa Beban Dengan Perubahan Nilai PID	63
4.2.3 Uji Terbang Tanpa Beban Setelah Tuning PID	73
4.2.4 Uji Terbang Dengan Beban Setelah Tuning PID	77
4.2.5 Uji Terbang Dengan Beban Tekanan Pompa 200 Bar	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	83
5.1 Kesimpulan.....	83
5.2 Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN.....	87

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komponen UAV	42
Tabel 3.2 Berat Komponen	43
Tabel 3.3 Parameter Data Peyemprotan.....	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rotary-Wing UAV	6
Gambar 2.2 Arah Rotasi Motor Quadcopter	8
Gambar 2.3 Gerakan Quadcopter	9
Gambar 2.4 Free Body Diagram UAV Quadcopter	10
Gambar 2.5 Motor Brushless	14
Gambar 2.6 ESC	14
Gambar 2.7 Propeller	15
Gambar 2.8 Flight Controller	16
Gambar 2.9 GPS	17
Gambar 2.10 Radio Telemetry	17
Gambar 2.11 Power Module	19
Gambar 2.12 Power Distribution Board	19
Gambar 2.13 Baterai	20
Gambar 2.14 Kamera	20
Gambar 2.15 Selang	21
Gambar 2.17 Rod	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Perakitan serta Setup	31
Gambar 3.2 Lanjutan Diagram Alir Setup	32
Gambar 3.4 Desain sistem elektrikal	33
Gambar 3.6 3D design UAV Quadcopter	51
Gambar 3.7 Software Ardupilot Mission Planner	51
Gambar 4.1 Peletakkan Komponen UAV <i>Quadcopter</i> Washer Fasad Gedung	56
Gambar 4.2 Diagram Wiring Perakitan UAV <i>Quadcopter</i> Washer	57
Gambar 4.4 Grafik Plot Pitch dan Roll Pengujian Pertama	58
Gambar 4.5 Diagram Plot Sensor Accelerometer Pengujian Pertama	60
Gambar 4.6 Grafik Plot Sensor Gyroscope Pengujian Pertama	60
Gambar 4.7 Nilai Awal PID Pengujian Pertama	61
Gambar 4.8 Grafik Plot VIBE Pengujian Pertama	63
Gambar 4.9 Grafik Plot Pitch dan Roll Pengujian Kedua	65
Gambar 4.10 Grafik Plot Sensor <i>Accelerometer</i> Pengujian Kedua.	66
Gambar 4.11 Grafik Plot Sensor <i>Gyroscope</i> Pengujian Kedua	68
Gambar 4.12 Grafik Plot VIBE Pengujian Kedua	69

Gambar 4.13 Nilai PID Sesudah Dilakukan Perubahan Manual	71
Gambar 4.13 Nilai Hasil Tuning PID Pengujian Ketiga.....	74
Gambar 4.14 Grafik Plot Pitch dan Roll Pengujian Ketiga	75
Gambar 4.15 Grafik Plot Sensor Accelerometer Pengujian Ketiga.....	76
Gambar 4.16 Grafik Plot Pitch, Roll dan Altitude	77
Gambar 4.17 Grafik Plot Pitch dan Roll Pengujian Keempat.....	78
Gambar 4.18 Grafik Plot Sensor Gyroscope Pengujian Keempat	79
Gambar 4.19 Grafik Plot Sensor Accelerometer Pengujian Keempat	80
Gambar 4.20 Grafik Plot VIBE Pengujian Keempat	81
Gambar 4.21 Grafik Plot Pitch dan Roll Pengujian kelima	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 3d Design Frame.....	87
Lampiran 2. Perakitan UAV <i>Quadcopter</i>	88
Lampiran 3. Uji Pengetesan UAV <i>Quadcopter</i>	89
Lampiran 4. Data Hasil Pengetesan	90

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Pertama kali muncul Halaman
T	Thrust	23
W	Berat	23
m	Massa UAV	23
g	Gravitasi	23
N	Banyak Motor	24
A	Ampere	24
V	Tegangan Listrik	24
C	Kapasitas Baterai	24
I	Arus	24
E	Energi	24
P	Daya	24
t	Waktu	25
m	Satuan Panjang	26
m ²	Satuan Luas	26
Kg/m ³	Satuan Densitas	26
m/s	Satuan Kecepatan	26
m/s ²	Satuan Gravitasi	26
Bar	Satuan Tekanan	26
m ³ /s	Satuan Debit	26
A	Luas Penampang	26
D	Diameter	26
Q	Debit Air	26
v	Kecepatan Aliran	26
Re	Reynold Number	26
v	Viskositas Kinematik	27

f	Faktor Gesekan Darcy Weisbach	27
ε	Kekasaran Absolut	27
H	Head	27
K	Koefisien Kerugian (<i>Loss</i>)	28
L	Panjang	28
P	Tekanan	28
ρ	Densitas Air	28
V	Volume Air	29
m	Massa Air	30