



UNIVERSITAS DIPONEGORO

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

PROYEK AKHIR

**ANUGERAH BINTANG MAHENDRA
40040222650091**

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

**SEMARANG
2025**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

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

PROYEK AKHIR

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

**ANUGERAH BINTANG MAHENDRA
40040222650091**

**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 : ANUGERAH BINTANG MAHENDRA

NIM : 40040222650091

Tanda Tangan : 

Tanggal : 20 Juli 2026



SURAT TUGAS

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. :531/PA/RPM/IV/2026

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama	: Anugerah Bintang Mahendra
NIM	: 40040222650091
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 *frame quadcopter*
2. Memfabrikasi *frame quadcopter*
3. Melakukan pengujian simulasi FEA (*Finite Element Analysis*) dan pengujian beban
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 Mandayani S.T., M.T.
197609152003122001

Tembusan:

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

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Anugerah Bintang Mahendra
NIM : 40040222650091
Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul Proyek Akhir : Implementasi Prototipe Teknologi UAV Untuk Optimalisasi Pembersihan Dinding Luar Gedung (Tugas Khusus : *Frame Drone*)

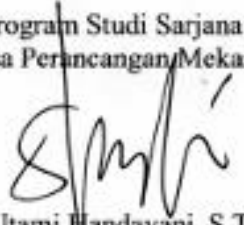
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing	: Prof. Dr.Eng. Ir. Munadi S.T., M.T.	()
Penguji 1	: Prof. Dr.Eng. Ir. Munadi S.T., M.T.	()
Penguji 2	: Didik Ariwibowo S.T., M.T.	()
Penguji 3	: Bambang Setyoko S.T., M.Eng	()

Semarang, 20 Juli 2026

Ketua Program Studi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik


Dr. Sri Utami Mandayani, 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 : Anugerah Bintang Mahendra
NIM : 40040222650091
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 Prototipe Teknologi UAV Untuk Optimalisasi Pembersihan Dinding Luar Gedung (Tugas Khusus : *Frame Drone*)”

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 : 20 Juli 2026

Yang menyatakan



(Anugerah Bintang Mahendra)

MOTTO

“Design, Analyze, Improve.”

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir dengan judul “Implementasi Prototipe Teknologi UAV Untuk Optimalisasi Pembersihan Dinding Luar Gedung (Tugas Khusus : *Frame Drone*)”.

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 terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Budiyo, 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 Diponegoro Semarang,
3. Prof. Dr.Eng. Ir. 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, Drs. Budi Sulistyorini, dan Alm Bambang Joko Mulyono S.H., M.H., dan kakak saya Anugerah Ramadhani Pratiwi S.H., yang telah membesarkan penulis dengan penuh kasih sayang tanpa mengharap apapun.
6. Teman-teman tim Proyek Akhir Hafidh Shafriyan Pamilih dan Joshua Adi Pratama, yang berjuang bersama dalam mengerjakan Proyek Akhir.
7. Christina Prihatini, selaku teman saya yang menemani dan memberi semangat

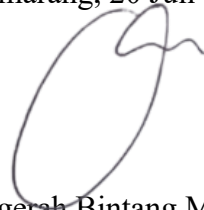
dalam menyelesaikan Proyek Akhir.

8. Teman-teman angkatan 2022 (IRYASENA) senasib dan seperjuangan dalam meraih pendidikan dan kelulusan.

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, 20 Juli 2026



Anugerah Bintang Mahendra

ABSTRAK

IMPLEMENTASI PROTOTIPE TEKNOLOGI UAV UNTUK OPTIMALISASI PEMBERSIHAN DINDING LUAR GEDUNG

Perkembangan teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) mendorong pemanfaatannya dalam berbagai bidang, salah satunya untuk pembersihan dinding luar gedung. Penelitian ini bertujuan merancang, menganalisis, dan memproduksi *frame quadcopter* untuk aplikasi pembersih dinding luar gedung menggunakan kombinasi material PETG dan *carbon tube*. Proses perancangan dilakukan menggunakan perangkat lunak CAD dengan dua alternatif desain, yaitu *Frame Model 1* sebagai desain dasar dan *Frame Model 2* sebagai desain pengembangan yang dilengkapi *stiffener*, *rib*, pembesaran *fillet*, dan sistem *pin lock*. Analisis struktur dilakukan menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) pada kondisi *static hovering*, *static full thrust*, *transient full thrust*, dan *explicit dynamic impact at lip bracket*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kedua model memiliki performa yang relatif sama pada kondisi *hovering*, *full thrust*, dan *transient full thrust* dengan *equivalent stress* maksimum berturut-turut sebesar 9,91–10,47 MPa, 17,87–18,87 MPa, dan 17,11–18,37 MPa, serta *maximum principal stress* sebesar 12,09–12,60 MPa, 21,77–22,70 MPa, dan 20,60–22,10 MPa, dengan *factor of safety* minimum lebih dari 13. Pada kondisi *impact*, *Frame Model 2* menunjukkan performa yang lebih baik dengan *equivalent stress* sebesar 49,64 MPa dan deformasi maksimum sebesar 9,65 mm dibandingkan *Frame Model 1* yang menghasilkan *equivalent stress* sebesar 132 MPa dan deformasi maksimum sebesar 340,92 mm. Berdasarkan hasil simulasi, *Frame Model 2* dipilih sebagai desain akhir dan berhasil diproduksi menggunakan mesin 3D printer Anycubic Kobra X dengan material PETG SUNLU. Frame yang dihasilkan memiliki massa sebesar 1350 gram, mampu mengintegrasikan seluruh komponen *quadcopter*, serta berhasil melewati uji penerbangan tanpa ditemukan retakan, deformasi permanen, maupun kerusakan struktural. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Frame Model 2* memiliki tingkat keamanan yang baik dan layak digunakan untuk aplikasi *quadcopter* pembersih dinding luar gedung.

Kata kunci : UAV, *frame quadcopter*, *Finite Element Analysis*, 3D printing, pembersih fasad gedung.

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF UAV PROTOTYPE TECHNOLOGY FOR OPTIMIZATING BUILDING EXTERIOR WALL CLEANING

The development of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technology has expanded its applications in various fields, including building exterior wall cleaning. This research aims to design, analyze, and manufacture a quadcopter frame for building exterior wall cleaning applications using a combination of PETG and carbon tube materials. The design process was carried out using CAD software with two alternative designs: Frame Model 1 as the baseline design and Frame Model 2 as the improved design incorporating stiffeners, ribs, enlarged fillets, and a pin-lock system. Structural analysis was performed using the Finite Element Analysis (FEA) method under static hovering, static full thrust, transient full thrust, and explicit dynamic impact at the lip bracket conditions. The simulation results showed that both models exhibited similar structural performance under hovering, full thrust, and transient full thrust conditions, with maximum equivalent stresses of 9.91–10.47 MPa, 17.87–18.87 MPa, and 17.11–18.37 MPa, respectively. The corresponding maximum principal stresses were 12.09–12.60 MPa, 21.77–22.70 MPa, and 20.60–22.10 MPa, while the minimum factor of safety remained above 13 in all operating conditions. Under impact loading, Frame Model 2 demonstrated superior performance, producing an equivalent stress of 49.64 MPa and a maximum deformation of 9.65 mm, compared to 132 MPa and 340.92 mm for Frame Model 1. Based on the simulation results, Frame Model 2 was selected as the final design and successfully manufactured using an Anycubic Kobra X 3D printer with SUNLU PETG filament. The manufactured frame had a total mass of 1350 g, successfully integrated all quadcopter components, and passed flight tests without cracks, permanent deformation, or structural damage. These results indicate that Frame Model 2 provides adequate structural strength and safety, making it suitable for quadcopter-based building exterior wall cleaning applications.

Keywords : UAV, quadcopter frame,, Finite Element Analysis, 3D printing, facade cleaning.

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
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Luaran.....	6
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
1.7 Unmanned Aerial Vehicle Rotary-wing UAV	8
1.8 <i>Frame Rotary-wing</i> UAV.....	11
1.9 <i>Software</i>	12
1.9.1 <i>Solidwroks</i>	13
1.9.2 Dinding Luar Gedung Material Kaca.....	13
1.9.3 <i>Ansys</i>	13
1.10 Perancangan <i>Frame quadcopter</i>	14
1.10.1 <i>Free Body Diagram Quadcopter</i>	14

1.10.2	Kriteria Desain <i>Quadcopter</i>	15
1.10.3	Perhitungan Desain <i>Frame</i>	17
1.10.4	CAD Modeling.....	18
1.10.5	<i>Finite Element Analysis</i> FEA	19
1.10.6	Hasil Simulasi FEA.....	23
1.11	Skenario simulasi FEA.....	25
1.11.1	<i>Static Hovering</i>	26
1.11.2	<i>Static Full Thrust</i>	26
1.11.3	<i>Transient Full Thrust</i>	27
1.11.4	<i>Explicit Dynamic Impact at Lip Bracket</i>	27
1.12	Uji Terbang Pada <i>Test Bed</i>	28
1.13	Uji Terbang	28
1.14	Material	29
1.14.1	<i>Filament PETG</i>	29
1.14.2	<i>Carbon Tube</i>	30
1.15	<i>Material Properties</i>	30
1.15.1	Density	31
1.15.2	<i>Young's Modulus</i>	31
1.15.3	<i>Tensile Strength</i>	31
1.15.4	<i>Poission's Ratio</i>	31
1.15.5	<i>Yield Strength</i>	32
1.15.6	<i>Tangent Modulus</i>	32
1.15.7	<i>Tensile Ultimate Strength</i>	32
BAB III METODE DAN PROSEDUR PELAKSANAAN PROYEK AKHIR		33
1.16	Diagram Alir	33
1.17	Studi Literatur	35
1.18	Perancangan <i>Frame quadcopter</i>	35
1.18.1	Free Body Diagram.....	36
1.18.2	Kriteria <i>Design Quadcopter</i>	38
1.18.3	Pengumpulan Data Spesifikasi <i>Quadcopter</i>	41
1.18.4	Pembuatan 3D Model.....	43
1.18.5	Simulasi FEA	45
1.19	Manufaktur <i>Frame Quadcopter</i>	79
1.20	Uji Terbang Pada <i>Test Bed</i>	83
1.21	Uji Terbang	83

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	85
1.22 Hasil	85
1.22.1 Hasil Perancangan <i>Frame Quadcopter</i>	86
1.22.2 Hasil Manufaktur Quadcopter.....	115
1.22.3 Hasil Uji Terbang Pada <i>Test Bed</i>	116
1.22.4 Hasil Uji Terbang.....	116
1.23 Pembahasan.....	117
1.23.1 Pembahasan Perancangan <i>Frame Quadcopter</i>	117
1.23.2 Pembahasan Manufaktur <i>Frame Quadcopter</i>	122
1.23.3 Pembahasan Uji Terbang Pada <i>Test Bed</i>	123
1.23.4 Pembahasan Uji Terbang	124
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	125
2.1 Kesimpulan.....	125
2.2 Saran.....	126
DAFTAR PUSTAKA	127
LAMPIRAN.....	129

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Material Properties PETG</i>	29
Tabel 2.2 <i>Material Properties Carbon Tube</i>	30
Tabel 2.3 <i>Parameter Input Static Full Thrust</i>	59
Tabel 2.4 <i>Solution Result Static Full Thrust</i>	60
Tabel 2. 5 <i>Parameter Input Transient Full Thrust</i>	67
Tabel 2. 6 <i>Solution transient full thrust</i>	70
Tabel 3.2 Berat Komponen	41
Tabel 3.3 <i>Parameter Static Hovering</i>	51
Tabel 3.4 <i>Solution Static Hovering</i>	52
Tabel 3.3 <i>Parameter Explicit Dynamic Impact at Lip bracket</i>	76
Tabel 3.4 <i>Jenis Solusi Implicit Dunamic Impact at Lip Bracket</i>	78
Tabel 3.5 parameter Setting 3D Print.....	80
Tabel 3.6 Proses 3D Print	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rotary-Wing UAV	9
Gambar 2.2 Arah Rotasi Motor <i>Quadcopter</i>	10
Gambar 2.3 Gerakan <i>Quadcopter</i>	11
Gambar 2.4 Frame Rotary-wing	12
Gambar 2.5 <i>Free Body Diagram Drone</i>	15
Gambar 3.1 <i>Free Body Diagram Drone Washer</i>	36
Gambar 3.2 Integrasi Komponen.....	39
Gambar 3.3 <i>Bracket Payload</i>	40
Gambar 3.4 <i>Propeller Guard</i>	40
Gambar 3.5 <i>Frame Model 1</i>	44
Gambar 3.6 <i>Frame Model 2</i>	45
Gambar 3.7 <i>Material Properties PETG</i>	46
Gambar 3.8 <i>Material Properties Carbon Tube</i>	46
Gambar 3.9 <i>Geometri Frame Model 1</i>	47
Gambar 3.10 <i>Gemometri Frame Model 2</i>	47
Gambar 3.11 <i>Details of Contact Region</i>	48
Gambar 3.12 Fixed Support Statcic Hovering Frame Model 1	49
Gambar 3.13 Fixed Support Statcic Hovering Frame Model 2	49
Gambar 3.14 <i>Skewness Mesh Metrics Spectrum</i>	50
Gambar 3.15 <i>Force Static Hovering Frame Model 1</i>	51
Gambar 3.16 <i>Force Static Hovering Frame Model 2</i>	52
Gambar 3.17 <i>Material Properties PETG</i>	54
Gambar 3.18 <i>Metrial Properties Carbon Tube</i>	54
Gambar 3.19 <i>Geometri Frame Model 1</i>	55
Gambar 3.20 <i>Geometri Frame Model 2</i>	55
Gambar 3.21 <i>Contacr Region</i>	56
Gambar 3.22 <i>Fixed Support Frame Model 1</i>	56
Gambar 3.23 <i>Fixed Support Frame Model 2</i>	57

Gambar 3.24 <i>Skewness mesh metric spektrum</i>	57
Gambar 3.25 <i>Force Static Full Thrust Frame Model 1</i>	59
Gambar 3. 26 <i>Force Static Full Thrust Frame Model 2</i>	60
Gambar 3.27 <i>Material Properties PETG</i>	62
Gambar 3.28 <i>Material Properties Carbon Tube</i>	62
Gambar 3.29 <i>Geometri Frame Model 1</i>	63
Gambar 3.30 <i>Geometri Frame Model 2</i>	63
Gambar 3.31 <i>Contact Region</i>	64
Gambar 3.32 <i>Fixed Support Frame Model 1</i>	65
Gambar 3.33 <i>Fixed Support Frame Model 2</i>	65
Gambar 3.34 <i>Skewness mesh metrics spektrum</i>	66
Gambar 3.35 <i>Standart Earth Gravity Transient Full Thrust Model 1</i>	68
Gambar 3.36 <i>Standart Earth Gravity Transient Full Thrust Model 2</i>	68
Gambar 3.37 <i>Force Transient Full Thrust Model 1</i>	69
Gambar 3.38 <i>Force Transient Full Thrust Model 2</i>	69
Gambar 3.39 <i>Material Properties PETG</i>	71
Gambar 3.40 <i>Material Properties Carbon Tube</i>	71
Gambar 3.41 <i>Geometri Frame Model 1</i>	72
Gambar 3.42 <i>Geometri Frame Model 2</i>	72
Gambar 3.43 <i>Details of Contact Region (Bonded)</i>	73
Gambar 3.44 <i>Details of Contact Region (Frictional)</i>	74
Gambar 3.45 <i>Fixed Support Explicit Dynamic Frame Model 1</i>	74
Gambar 3.46 <i>Fixed Support Explicit Dynamic Frame Model 2</i>	75
Gambar 3.47 <i>Skewness Mesh Metrics Spectrum</i>	75
Gambar 3.48 <i>Velocity Explicit Dynamix Frame Model 1</i>	77
Gambar 3.49 <i>Velocity Explicit Dynamix Frame Model 2</i>	77
Gambar 3.50 <i>Fixed Support Explicit Dynamix Frame Model 1</i>	77
Gambar 3.51 <i>Fixed Support Explicit Dynamix Frame Model 2</i>	78
Gambar 3.52 <i>Export STL</i>	80
Gambar 3.53 <i>Parameter Setting Slicer 3D Print</i>	80
Gambar 3.54 <i>Memotong Carbon Tube</i>	82
Gambar 3.55 <i>Uji Terbang</i>	84

Gambar 4.1 <i>Design Frame Model 1</i>	86
Gambar 4.2 <i>Design Frame Model 2</i>	87
Gambar 4.3 <i>Design Frame Model 1</i> dengan Komponen	87
Gambar 4.4 <i>Design Frame Model 2</i> dengan Komponen	88
Gambar 4.5 <i>Total Deformation Static Hovering Frame Model 1</i>	89
Gambar 4.6 <i>Equivalent Elastic Strain Static Hovering Frame Model 1</i>	89
Gambar 4.7 <i>Equivalent Stress Static Hovering Frame Model 1</i>	90
Gambar 4.8 <i>Maximum Principal Stress Static Hovering Frame Model 1</i>	91
Gambar 4.9 <i>Factor of Safety Static Hovering Frame Model 1</i>	91
Gambar 4.10 <i>Total Deformation Static Hovering Frame Model 2</i>	92
Gambar 4.11 <i>Equivalent Elastic Strain Static Hovering Frame Model 2</i>	93
Gambar 4.12 <i>Equivalent Stress Static Hovering Frame Model 2</i>	93
Gambar 4.13 <i>Maximum Principal Stress Static Hovering Frame Model 2</i>	94
Gambar 4.14 <i>Factor of Safety Frame Model 2</i>	95
Gambar 4.15 <i>Total Deformation Static Full Thrust Frame Model 1</i>	96
Gambar 4.16 <i>Equivalent Strain Static Full Thrust Frame Model 1</i>	96
Gambar 4.17 <i>Equivalent Stress Static Full Thrust Frame Model 1</i>	97
Gambar 4.18 <i>Maximum Principal Stress Static Full Thrust Frame Model 1</i>	98
Gambar 4.19 <i>Factor of Safety Static Full Thrust Frame Model 1</i>	98
Gambar 4.20 <i>Total Deformation Static Full Thrust Frame Model 2</i>	99
Gambar 4.21 <i>Equivalent Strain Static Full Thrust Frame Model 2</i>	100
Gambar 4.22 <i>Equivalent Stress Static Full Thrust Frame Model 2</i>	100
Gambar 4.23 <i>Maximum Principal Stress Static Full Thrust Frame Model 2</i>	101
Gambar 4.24 <i>Factor of Safety Static Full Thrust Frame Model 2</i>	102
Gambar 4.25 <i>Total Deformation Transient Full Thrust Frame Model 1</i>	103
Gambar 4.26 <i>Equivalent Strain Transient Full Thrust Model 1</i>	103
Gambar 4.27 <i>Equivalent Stress Transient Full Thrust Frame Model 1</i>	104
Gambar 4.28 <i>Maximum Principal Stress Transient Full Thrust Frame Model 1</i>	105
Gambar 4.29 <i>Factor of Safety Transient Full Thrust Frame Model 1</i>	105
Gambar 4.30 <i>Total Deformation Transient Full Thrust Frame Model 2</i>	106
Gambar 4.31 <i>Equivalent Strain Transient Full Thrust Model 2</i>	107
Gambar 4.32 <i>Equivalent Stress Transient Full Thrust Frame Model 2</i>	107

Gambar 4.33 <i>Maximum Principal Stress Transient Full Thrust Frame Model 2....</i>	108
Gambar 4.34 <i>Factor of Safety Transient Full Thrust Frame Model 2.....</i>	109
Gambar 4.35 <i>Total Deformation Explicit Dynamic Impact at Lip Bracket Frame Model 1.....</i>	110
Gambar 4.36 <i>Equivalent Elastic Strain Explicit Dynamic Impact at Lip Bracket Frame Model 1.....</i>	111
Gambar 4.37 <i>Equivalent Stress Explicit Dynamic Impact at Lip Bracket Frame Model 1.....</i>	111
Gambar 4.38 <i>Maximum Principall Stress Explicit Dynamic Impact at Lip Bracket</i>	112
Gambar 4.39 <i>Total Deformation Explicit Dynamic Impact at Lip Bracket Frame Model 2.....</i>	113
Gambar 4.40 <i>Equivalent Strain Explicit Dynamic Impact at Lip Bracket Frame Model 2.....</i>	113
Gambar 4.41 <i>Equivalent Stress Explicit Dynamic Impact at Lip Bracket Frame Model 2.....</i>	114
Gambar 4.42 <i>Maximum Principall Stress Explicit Dynamic Impact at Lip Bracket Frame Model 2.....</i>	115
Gambar 4.43 <i>Hasil Penyecekan Visual Setelah Uji Terbang.....</i>	116

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 3D Design Frame Model 1	129
Lampiran 2 3D Design Frame Model 1	129
Lampiran 3 Dokumentasi Fabrikasi Proses 3D Print	130
Lampiran 4 Hasil Cetak 3D print	130
Lampiran 5 Proses Penyatuan Frame	131
Lampiran 6 Proses Pemasangan Komponen	131
Lampiran 7 Dokumentasi Uji Penerbangan Frame Model 1	131
Lampiran 8 Dokumentasi Uji Penerbangan Frame Model 2	132
Lampiran 9 Dokumentasi Uji Penerbangan Dengan Menyemprot Frame Model 2	132
Lampiran 10 Tabel Grid Independent Analysis Frame Model 2	133
Lampiran 11 Tabel Grid Independent Analysis Frame Model 1	134
Lampiran 12 Grafik Grid Independent Analysis Frame Model 2	135
Lampiran 13 Grafik Grid Independent Analysis Frame Model 2	136
Lampiran 14 Spesifikasi Motor	137
Lampiran 15 Material Properties PETG SULU	143
Lampiran 16 Material Properties carbon Tube Performance Composite	144
Lampiran 17 Gambar Kerja Quadcopter	145

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Pertama kali muncul Halaman
T	Gaya Thrust	16
g	Gravitasi	16
W	Beban	16
m	Massa	16
L	Panjang Lengan	16
D	Diameter	16
C	Jarak Bebas	17
F	Gaya	21
M	Momen	22
I	Inersia	22
π	phi	22
σ	Tegangan	22
δ	Defleksi	23
E	Modulus Elastisitas	23