

**PERANCANGAN SISTEM *VERTICAL TAKE-OFF AND LANDING* TIPE  
*TILT-ROTOR* PADA PESAWAT MODEL *UNMANNED AERIAL VEHICLE*  
*TWIN BOOM* SEBAGAI PENGIRIM KANTUNG DARAH**

**SKRIPSI**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat  
Strata-1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun Oleh:**

**TRI ANDI NUGROHO**

**20160130129**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA**

**2021**

## HALAMAN PERNYATAAN

Penulis yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tri Andi Nugroho

Nomor Mahasiswa : 20160130145

Penulis menyatakan dengan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya sendiri. Tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi mana pun. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan daftar pustaka.

Yogyakarta, 6 Juli 2021



(Tri Andi Nugroho)

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

Motto:

*“... Sesungguhnya Allah tidak akan membebani diluar batas kemampuannya”*

- Alquran surat. Al-baqarah ayat 286 -

*“There are no secrets to success. It is the result of preparation, hardwork, and learning from failure”*

-Colin Powell-

Persembahan:

Karya ini kupersembahkan untuk keluargaku, dosen-dosenku dan semua orang yang sedang berjalan mencapai sebuah tujuan.

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warohmatullahi wabarokatuh.

Puji dan syukur senantiasa kita panjatkan kepada tuhan pencipta semesta alam Allah swt. Shalawat dan salam semoga tetap tercurah limpah kepada nabi akhir zaman Muhammad SAW berkat petunjuk-Nya serta risalah yang telah dibawa nabi telah membawa umat manusia menuju zaman yang maju seperti saat ini. Alhamdulillah berkat izin-Nya penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan Sistem *Vertical Take-off and Landing* tipe *Tilt-rotor* pada Pesawat Model *Unmanned Aerial Vehicle Twin Boom* sebagai Pengirim Kantung Darah”

Penulis sangat bersyukur karena dapat menyelesaikan skripsi yang menjadi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana teknik di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Selain itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama proses penyusunan skripsi.

Penulis dengan tangan terbuka serta kerendahan hati penulis mengharapkan kritik serta saran yang membangun. Penulis menyadari penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Harapannya penulis dapat memperbaiki kesalahan-kesalahan yang ada serta dapat dijadikan sebagai pembelajaran pada masa yang akan datang.

Yogyakarta, 6 Juli 2021  
Penulis



(Tri Andi Nugroho)

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
INTISARI.....	xix
<i>ABSTRACT</i> .....	xx
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Batasan Masalah.....	3
1.4    Tujuan Perancangan .....	4
1.5    Kriteria perancangan .....	4
1.6    Manfaat perancangan.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	5
2.1    Tinjauan Pustaka .....	5
2.2    Dasar Teori .....	8
2.2.1 <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> .....	8

2.2.2	Klasifikasi UAV .....	9
2.2.3	Aerodinamika .....	12
2.2.4	Dinamika terbang .....	14
2.2.5	Sistem kendali .....	20
2.2.6	Bidang kendali pada pesawat .....	24
2.2.7	<i>Flight controller</i> .....	26
2.2.8	Pesawat Model Ababil-UAV .....	30
2.2.9	Protokol pengiriman darah .....	32
BAB III .....		34
METODE PERANCANGAN .....		34
3.1	Tahapan Perancangan .....	34
3.2	Diagram alir .....	35
3.3	Alat dan bahan .....	37
3.3.1	Alat perancangan sistem .....	37
3.3.2	Alat pemasangan komponen elektrik .....	37
3.3.3	Bahan perancangan komponen elektrik .....	38
BAB IV .....		39
PEMBAHASAN .....		39
4.1	Pemilihan pesawat model .....	39
4.2	Pemilihan sistem propulsi .....	42
4.3	Perancangan mekanisme <i>tilt-rotor</i> .....	51
4.4	Pemilihan komponen atau perangkat <i>flight controller</i> .....	57
4.5	Perancangan parameter <i>flight controller</i> atau sistem kendali .....	58
4.5.1	Perakitan <i>flight controller</i> dan komponen elektrik .....	59
4.5.2	Instalasi <i>firmware</i> .....	60

4.5.3	Kalibrasi <i>flight controller</i> atau sistem kendali .....	62
4.5.4	Perancangan mode penerbangan atau <i>flight mode</i> .....	64
4.5.5	Perancangan sistem kendali <i>tilt rotor</i> .....	67
4.5.6	Perancangan kendali dan parameter kecepatan penerbangan .....	74
4.6	Pengujian <i>tilt-rotor</i> , penerbangan dan VTOL .....	77
4.6.1	Pengujian kemampuan <i>tilt-rotor</i> .....	77
4.6.2	Pengujian penerbangan .....	80
4.6.3	Pengujian <i>Vertical take-off and landing</i> .....	87
BAB V.....		96
PENUTUP.....		96
5.1	Kesimpulan.....	96
5.2	Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA .....		97
LAMPIRAN.....		100
Lampiran-1 Tampilan <i>user interface mission planner</i> sebagai GCS .....		100
Lampiran-2 Gambar teknik Ababil UAV dan komponen pendukung .....		101
Lampiran-3 Dokumentasi kegiatan .....		109

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Hybrid UAV</i> .....	6
Gambar 2.2 <i>Tilt-rotor UAV</i> .....	7
Gambar 2.3 <i>Tilt-rotor UAV</i> pada pesawat konvensional .....	7
Gambar 2.4 Spektrum perbedaan UAV berdasarkan massa dan bentang sayap ....	9
Gambar 2.5 Pengkategorian <i>drone</i> .....	9
Gambar 2.6(a)Pesawat dengan <i>tilt-rotor</i> . (b) Pesawat dengan <i>tilt-wing</i> .....	10
Gambar 2.7 Pesawat dengan inovasi <i>tilt body</i> .....	11
Gambar 2.8 <i>Heli-wing X-50A</i> .....	12
Gambar 2.9 <i>Festo Air jelly</i> .....	12
Gambar 2.10 Sumbu gerakan pedawat .....	13
Gambar 2.11 Gaya yang bekerja pada pesawat .....	13
Gambar 2.12 <i>Flying and handling qualities</i> pesawat konvensional . .....	15
Gambar 2.13 <i>Flying and handling quality</i> pesawat dengan FBW .....	16
Gambar 2.14 Dasar hubungan kontrol dan respons pada pesawat .....	16
Gambar 2.15 Airfoil .....	17
Gambar 2.16 Konfigurasi sayap pesawat.....	18
Gambar 2.17 konfigurasi dari <i>aft tail</i> .....	20
Gambar .2.18 <i>Open loop system</i> .....	21
Gambar 2.19 <i>Close loop system</i> .....	21
Gambar 2.20 Diagram blok PID sistem tertutup .....	22
Gambar 2.21 Macam-macam respons PID sistem tertutup.....	22
Gambar 2.22 Bidang kendali primer pada pesawat konvensional .....	25
Gambar 2.23 Bidang kendali sekunder pada pesawat.....	25
Gambar 2.24 <i>Flight controller Pixhawk 4</i> .....	27
Gambar 2.25 APM Arducopter .....	28
Gambar 2.26 Matek F722-Wing .....	29
Gambar 2.27 Pesawat model twin boom Ababil UAV .....	30
Gambar 2.28 Tampak samping Ababil UAV.....	31
Gambar 2.29 Airfoil sayap Selig 7055.....	32
Gambar 2.30 Airfoil ekor NACA 0012.....	32



Gambar 3.1 Diagram Alir penelitian.....	37
Gambar 4.1 Konsep Misi .....	40
Gambar 4.2 Grafik nilai Cl terhadap <i>alpha</i> .....	41
Gambar 4.3 Motor <i>brushless</i> sunnysky 2820.....	43
Gambar 4.4 Gaya yang bekerja pada pesawat model .....	44
Gambar 4.5 Rangkaian sistem motor .....	45
Gambar 4.6 Diagram blok motor <i>brushless</i> DC dengan <i>input</i> 14.8 V .....	48
Gambar 4.7 Grafik respons sinyal dengan <i>input</i> 14.8 V .....	48
Gambar 4.8 Diagram blok motor <i>brushless</i> DC dengan <i>input</i> 16.8 V .....	49
Gambar 4.9 Grafik respons sinyal dengan <i>input</i> 16.8 V .....	49
Gambar 4.10 Diagram blok motor <i>brushless</i> DC dengan <i>input</i> 14.8 V dan 16.8 V .....	50
Gambar 4.11 Grafik respons sinyal dengan <i>input</i> 14.8 V dan 16.8 V .....	50
Gambar 4.12 <i>Bracket</i> motor <i>servo</i> .....	52
Gambar 4.13 Mekanisme sistem <i>tilt-rotor</i> .....	52
Gambar 4.14 Gaya-gaya yang bekerja pada sistem <i>tilt-rotor</i> .....	53
Gambar 4.15 Motor <i>Servo</i> PDI-6221MG .....	54
Gambar 4.16 Fitur pada Pixhawk 4.....	58
Gambar 4.17 Tampilan <i>flight controller</i> dan komponen elektrik pada <i>test bench</i>	59
Gambar 4.18 <i>Wiring</i> rangkaian komponen elektrik dan <i>flight controller</i> .....	60
Gambar 4.19 Tampilan menu Instalasi <i>firmware</i> .....	61
Gambar 4.20 Tampilan pemilihan tipe <i>flight controller</i> .....	62
Gambar 4.21 Tampilan menu kalibrasi akselerometer .....	63
Gambar 4.22 Tampilan menu kalibrasi kompas .....	63
Gambar 4.23 Tampilan menu kalibrasi radio.....	64
Gambar 4.24 Tampilan <i>Logical switch</i> pada <i>radio control</i> .....	65
Gambar 4.25 Tampilan <i>Mixing channel</i> pada <i>radio control</i> .....	66
Gambar 4.26 Tampilan menu mode penerbangan .....	66
Gambar 4.27 Tampilan parameter pemilihan konfigurasi .....	68
Gambar 4.28 Tampilan parameter pemilihan konfigurasi dan kontrol .....	69
Gambar 4.29 Tampilan parameter penggerak <i>tilt-rotor</i> .....	70

Gambar 4.30 Parameter nilai <i>pitch</i> saat transisi.....	71
Gambar 4.31 Tampilan parameter <i>tilt rate</i> .....	72
Gambar 4.32 Tampilan dari parameter Q_ESC_CAL.....	73
Gambar 4.33 Parameter Q_M_SPIN_ARM.....	73
Gambar 4.34 Tampilan menu <i>basic tuning</i> .....	74
Gambar 4.35 Tampilan parameter Q_ACCEL_Z.....	75
Gambar 4.36 Tampilan parameter Q_M_THST_HOVER.....	75
Gambar 4.37 Tampilan parameter Q_ASSIST.....	76
Gambar 4.38 Tampilan parameter Q_RTL.....	77
Gambar 4.39 Posisi rotor vertikal.....	78
Gambar 4.40 Posisi rotor horizontal.....	78
Gambar 4.41 Posisi rotor horizontal dan vertikal.....	78
Gambar 4.42 Pengecekan posisi vertikal pada sudut 90 derajat.....	79
Gambar 4.43 pengecekan posisi horizontal pada sudut 0 derajat.....	79
Gambar 4.44 a.) <i>Airframe</i> uji saat persiapan, b.) <i>Airframe</i> uji saat penerbangan.	80
Gambar 4.45 Pesawat model Ababil-UAV.....	80
Gambar 4.46 a.) Ababil UAV persiapan penerbangan b.) Ababil UAV saat uji penerbangan.....	81
Gambar 4.47 Jalur penerbangan pada pengujian pertama.....	81
Gambar 4.48 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> pengujian pertama.....	82
Gambar 4.49 Jalur penerbangan pada pengujian kedua.....	82
Gambar 4.50 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> pada pengujian kedua	83
Gambar 4.51 Jalur penerbangan pada pengujian ketiga.....	83
Gambar 4.52 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> pada pengujian ketiga	84
Gambar 4.53 Jalur penerbangan pada pengujian keempat.....	84
Gambar 4.54 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> pada pengujian keempat.....	85
Gambar 4.55 Jalur penerbangan pada pengujian kelima.....	86
Gambar 4.56 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> pada pengujian kelima.....	86

Gambar 4.57 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> pada pengujian keenam .....	87
Gambar 4.58 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> saat lepas landas pada pengujian pertama .....	88
Gambar 4.59 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> saat pendaratan pada pengujian pertama .....	88
Gambar 4.60 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> saat lepas landas pada pengujian kedua .....	89
Gambar 4.61 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> saat pendaratan pada pengujian kedua .....	89
Gambar 4.62 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> saat lepas landas pada pengujian ketiga .....	90
Gambar 4.63 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> saat pendaratan pada pengujian ketiga .....	90
Gambar 4.64 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> saat lepas landas pada pengujian keempat .....	91
Gambar 4.65 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> saat pendaratan pada pengujian keempat .....	91
Gambar 4.66 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> saat lepas landas pada pengujian kelima .....	92
Gambar 4.67 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> saat pendaratan pada pengujian kelima .....	92
Gambar 4.68 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> saat lepas landas pada pengujian keenam.....	93
Gambar 4.69 Grafik sikap <i>pith</i> dan <i>roll</i> terhadap <i>altitude</i> saat pendaratan pada pengujian keenam.....	93
Gambar 5.1 Tampilan GCS.....	100
Gambar 5.2 a) Perakitan komponen b) Perancangan program .....	109
Gambar 5.3 Pengujian penerbangan dengan <i>airframe</i> uji a.) Pasca penerbangan b.) Persiapan penerbangan.....	109

Gambar 5.4 a) Persiapan pengujian penerbangan Ababil-UAV b) Posisi penerbangan .....	109
Gambar 5.5 a) Persiapan penerbangan b.) Dokumentasi bersama pasca ujian pendadaran .....	110
Gambar 5.6 a.) Dokumentasi pasca ujian pendadaran bersama dosen pembimbing b.) Dokumentasi pasca ujian pendadaran.....	110

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Pixhawk 4 .....	27
Tabel 2.2 spesifikasi APM Arducopter .....	29
Tabel 2.3 spesifikasi Matek F722-wing .....	30
Tabel 2.4 Spesifikasi pesawat model .....	31
Tabel 4.1 Kriteria pemilihan pesawat model .....	39
Tabel 4.2 Estimasi massa wahana .....	42
Tabel 4.3 Spesifikasi Motor <i>brushless</i> sunnysky 2820 .....	44
Tabel 4.4 Hasil pengujian kecepatan putar motor .....	51
Tabel 4.5 Spesifikasi motor <i>servo</i> .....	55
Tabel 4.6 Kriteria pemilihan <i>flight controller</i> .....	57
Tabel 4.7 Rentang nilai PWM .....	65
Tabel 4.8 Parameter rencana misi .....	68
Tabel 4.9 Durasi waktu pergerakan <i>tilt-rotor</i> .....	79
Tabel 4.10 Data sikap pergerakan lepas landas .....	94
Tabel 4.11 Data sikap pergerakan pendaratan .....	94
Tabel 4.12 Data kecepatan pesawat lepas landas dan pendaratan .....	95

## DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI

AOA	=	<i>Angle of Attack</i>
APM	=	<i>Ardupilot Mega</i>
DSM	=	<i>Data Signal Modulator</i>
EDF	=	<i>Electric Ducted Fan</i>
ESC	=	<i>Electronic Speed Control</i>
FBW	=	<i>Fly by Wire</i>
FFP	=	<i>Fresh Frozen Plasma</i>
GPS	=	<i>Global Positioning System</i>
GCS	=	<i>Ground Control Station</i>
HTOL	=	<i>Horizontal Take-off and Landing</i>
MH	=	<i>Martin Hepler</i>
MTOW	=	<i>Maximum Take-off Weight</i>
NACA	=	<i>National Advisory Committee for Aeronautics</i>
PRC	=	<i>Packed Red Cell</i>
PID	=	<i>Proportional Integral Derivative</i>
PPM	=	<i>Pulse Position Modulation</i>
PWM	=	<i>Pulse Width Modulation</i>
S	=	<i>Selig</i>
SBUS	=	<i>Signal Bus</i>
UTD	=	<i>Unit Transfusi Darah</i>
UAV	=	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>

VTOL = *Vertical Take-off and Landing*  
 WE = *Wash Eritrosite*  
 WB = *Whole Blood*  
 $\rho$  = Massa jenis  
 $V$  = Kecepatan udara  
 $S$  = Luas sayap  
 $C_l$  = *Coefficient lift*  
 $C_D$  = *Coefficient drag*  
 $n$  = *Engine throttle*  
 $\eta_p$  = Koefisien efisiensi propeller  
 $P_{max}$  = Power maksimum  
 $K_p$  = *Gain* proporsional  
 $u(t)$  = *output* atau keluaran  
 $e(t)$  = Sinyal kesalahan  
 $K_p$  = *Gain* proporsional  
 $u(t)$  = *output* atau keluaran  
 $e(t)$  = Sinyal kesalahan  
 $v$  = kecepatan pesawat dalam (m/s),  
 $l$  = lebar *chord* (m)  
 $\nu$  = viskositas kinematik udara =  $1.511 \times 10^{-5}$  (m<sup>2</sup>/s)  
 $R_a$  = *Armature Resistance* ( $\Omega$ )  
 $L_a$  = *Armature inductance* (H)  
 $I_a$  = *Armatur current* (A)

$E_b$  = *Back electromotive force* atau e.m.f(V)

$\tau$  = Torsi (N.m)

$\theta$  = Posisi rotor (rad)

$J$  = Inersia rotor (kg. m<sup>2</sup>)



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran-1 Tampilan <i>user interface mission planner</i> sebagai GCS .....	100
Lampiran-2 Gambar teknik Ababil UAV dan komponen pendukung .....	101
Lampiran-3 Dokumentasi kegiatan .....	109