

## DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>PRAKATA</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>INTISARI</b> .....	xii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Metodologi Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b> .....	8
3.1 <i>Quadrotor</i> .....	8
3.2 Pergerakan <i>Quadrotor</i> .....	8
3.3 PID controller pada <i>quadrotor</i> .....	10
3.4 Metode Penalaan Konstanta PID <i>Ziegler-Nichols</i> .....	11
3.5 <i>Ant Colony Optimization (ACO)</i> .....	13
3.6 Metode PID <i>Ant Colony</i> .....	16
<b>BAB IV ANALISIS DAN RANCANGAN PENELITIAN</b> .....	19
4.1 Analisis Sistem.....	19
4.2 Fungsi Transfer <i>Quadrotor</i> .....	21
4.3 Rancangan Arsitektur Sistem.....	23
4.4 Rancangan Sistem Kendali.....	24
4.5 Rancangan Elektronis Sistem.....	26
4.6 Rancangan Mekanik Sistem.....	29

4.7	Rancangan Perangkat Lunak.....	30
4.8	Rancangan Ant Colony Optimization .....	34
4.9	Rencana Pengujian Sistem .....	36
<b>BAB V IMPLEMENTASI.....</b>		<b>38</b>
5.1	Implementasi Perangkat Keras.....	38
5.1.1	Implementasi Mekanik Sistem .....	39
5.1.2	Implementasi Elektronik .....	40
5.2	Implementasi Sistem Kendali .....	41
5.3	Implementasi Program Aktuator.....	43
5.4	Implementasi Penalaan Menggunakan Metode <i>Ziegler-Nichols</i> ...	44
5.5	Implementasi Optimasi ACO.....	45
5.6	Implementasi Terbang Sistem.....	48
<b>BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>49</b>
6.1	Hasil Implementasi Metode <i>Ziegler-Nichols</i> .....	49
6.1.1	Hasil Implementasi Metode ZN Untuk Sudut <i>Pitch</i> dan <i>Roll</i> .....	50
6.1.2	Hasil Implementasi Metode ZN Untuk sudut <i>yaw</i> .....	51
6.1.3	Hasil Implementasi Metode ZN Untuk Ketinggian.....	51
6.2	Hasil Optimasi Menggunakan Metode ACO .....	52
6.2.1	Hasil Optimasi Metode ACO Pada Sudut <i>Pitch</i> dan <i>Roll</i> .....	53
6.2.2	Hasil Optimasi Metode ACO Pada Sudut <i>Yaw</i> .....	54
6.2.3	Hasil Optimasi Metode ACO Untuk Ketinggian .....	55
6.3	Respon Hasil ZN dibanding ACO .....	57
6.3.1	Respon Hasil ZN dibanding ACO Pada Sudut <i>Pitch</i> dan <i>Roll</i> . ..	57
6.3.2	Respon Hasil ZN dibanding ACO Pada Sudut <i>Yaw</i> .....	60
6.3.3	Respon Hasil ZN dibanding ACO Pada Penahan Ketinggian ....	61
6.4	Uji Terbang Sistem.....	64
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>66</b>
7.1	Kesimpulan .....	66
7.2	Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>68</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>70</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Quadrotor (Masselli dkk., 2013) .....	8
Gambar 3.2 Ilustrasi pergerakan <i>quadrotor</i> (Sá dkk., 2013) .....	9
Gambar 3.3 Blok diagram PID <i>controller</i> (Liang 2013).....	10
Gambar 3.4 Periode osilasi sistem (Ogata 2010) .....	12
Gambar 3. 5 Ilustrasi pencarian rute terbaik oleh koloni semut. (Santosa 2014) .	13
Gambar 3. 6 Grafik ACO dengan $3 \times 5000 + 2$ <i>nodes</i> untuk 3 parameter PID <i>Controller</i> (Hsiao et al. 2004) .....	16
Gambar 4.1 Konfigurasi <i>quadrotor</i> tipe (+) (Gupte et al. 2012) .....	19
Gambar 4.2 Diagram arsitektur sistem.....	23
Gambar 4.3 Diagram rancangan sistem kendali .....	25
Gambar 4.4 Diagram rancangan konversi sudut menjadi PWM.....	26
Gambar 4.5 Rancangan elektronis sistem .....	27
Gambar 4.6 Skematik rangkaian elektronis untuk <i>shield</i> mikrokontroler master.	28
Gambar 4.7 Rancangan mekanik <i>quadrotor</i> .....	29
Gambar 4 8 <i>Flowchart</i> mikrokontroler <i>master</i> .....	31
Gambar 4.9 <i>Flowchart</i> mikrokontroler <i>slave</i> .....	32
Gambar 4.10 <i>Flowchart</i> sub-program kendali PID .....	33
Gambar 4.11 <i>Flowchart</i> program ACO .....	35
Gambar 5.1 Implementasi mekanik pada sistem .....	39
Gambar 5.2 Desain <i>shield</i> yang digunakan.....	40
Gambar 5. 3 <i>Shield</i> yang terpasang pada sistem .....	40
Gambar 5. 4 Implementasi mekanik aktuator pada sistem .....	41
Gambar 5. 5 Program kendali sudut <i>pitch</i> .....	41
Gambar 5.6 Program kendali sudut <i>roll</i> .....	42
Gambar 5.7 Program kendali sudut <i>yaw</i> .....	42
Gambar 5.8 Program kendali ketinggian .....	43
Gambar 5.9 Potongan program penentu <i>setpoint</i> ketinggian.....	43
Gambar 5.10 Program PWM aktuator .....	44
Gambar 5.11 Proses penalaan menggunakan metode ZN.....	45
Gambar 5.12 Program <i>cost function</i> pada ACO (Budiono & Dharmawan 2015) 45	
Gambar 5.13 Program utama optimasi ACO .....	46
Gambar 5.14 Program pembaharuan nilai <i>pheromone</i> global .....	47
Gambar 5.15 Implementasi terbang sistem.....	48

Gambar 6.1 Grafik osilasi sudut <i>pitch</i> .....	50
Gambar 6.2 Grafik osilasi sudut <i>yaw</i> .....	51
Gambar 6.3 Grafik osilasi terhadap ketinggian.....	52
Gambar 6.4 <i>Step Response</i> sistem hasil optimasi sudut <i>pitch</i> dan <i>roll</i> .....	54
Gambar 6.5 <i>Step Response</i> sistem hasil optimasi sudut <i>yaw</i> .....	55
Gambar 6.6 <i>Step response</i> ISE dan IAE pada ketinggian .....	56
Gambar 6.7 <i>Step response</i> ITAE dan ITSE pada ketinggian .....	57
Gambar 6.8 Grafik respon sistem pada sudut <i>pitch</i> menggunakan $K_i$ hasil optimasi ACO .....	58
Gambar 6.9 Respon ZN dibanding ACO pada sudut <i>pitch</i> .....	59
Gambar 6.10 Respon ZN dibanding ACO pada sudut <i>roll</i> .....	60
Gambar 6.11 Grafik respon sistem pada sudut <i>yaw</i> menggunakan $K_i$ hasil optimasi ACO .....	60
Gambar 6.12 Respon ZN dibanding ACO pada sudut <i>yaw</i> .....	61
Gambar 6.13 Respon ZN pada ketinggian .....	62
Gambar 6.14 Respon sistem menggunakan $K_i$ hasil optimasi ACO pada ketinggian.....	62
Gambar 6.15 Grafik Respon Hasil Optimasi ACO pada penahan ketinggian dengan $K_i = 0,013$ .....	63
Gambar 6.16 Grafik Respon Hasil Optimasi ACO pada penahan ketinggian dengan $K_i = 0,027$ .....	64
Gambar 6.17 Respon sistem pada saat uji terbang.....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tinjauan pustaka .....	7
Tabel 3.1 Tabel perhitungan konstanta PID <i>Ziegler-Nichols</i> (Ogata 2010) .....	12
Tabel 3.2 Karakteristik keempat <i>cost function</i> (Kaushal 2012).....	16
Tabel 4.1 Rancangan pengujian sistem.....	37
Tabel 5.1 Tabel hasil pengukuran sistem.....	38
Tabel 6.1 Tabel Nilai hasil penalaan metode ZN untuk sudut <i>pitch</i> dan <i>roll</i> .....	50
Tabel 6.2 Tabel nilai hasil penalaan metode ZN sudut <i>yaw</i> .....	51
Tabel 6.3 Tabel nilai hasil penalaan metode ZN pada ketinggian .....	52
Tabel 6.4 Hasil optimasi metode ACO dengan 4 <i>cost function pitch roll</i> .....	53
Tabel 6.5 Karakteristik respon keempat <i>cost function pitch roll</i> .....	53
Tabel 6.6 Hasil optimasi metode ACO dengan 4 <i>cost function yaw</i> .....	54
Tabel 6.7 Karakteristik respon keempat <i>cost function yaw</i> .....	55
Tabel 6.8 Hasil optimasi metode ACO dengan 4 <i>cost function</i> ketinggian .....	56