

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME .....	ii
HALAMAN KOSONG.....	iv
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN .....	xiv
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I 1 Latar Belakang .....	1
I 2 Perumusan Masalah .....	3
I.2.1. Batasan Masalah .....	3
I 3 Tujuan Penelitian .....	4
I 4 Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
II 1 Pengaruh <i>Fuzzy Logic</i> terhadap Waktu Respons dan Stabilitas.....	6
II 2 Pengaruh Variasi Beban terhadap Kinerja Motor BLDC.....	8
II 3 Pengaruh Variasi <i>Throttle</i> terhadap Kinerja Motor BLDC .....	10
II 4 Posisi Penelitian .....	12
<b>BAB III DASAR TEORI .....</b>	<b>14</b>
III 1 Motor <i>Brushless Direct Current</i> (Motor BLDC) .....	14
III 2 <i>Electronic Speed Controller</i> (ESC).....	16
III 3 Konsep <i>Fuzzy Logic</i> .....	17
III.3.1. Himpunan <i>Fuzzy</i> ( <i>Fuzzy Sets</i> ) .....	17
III.3.2. Fungsi Keanggotaan ( <i>Membership Function</i> ).....	18
III.3.3. Metode Inferensi pada <i>Fuzzy Logic</i> .....	22
III.3.4. Sistem Inferensi Fuzzy ( <i>Fuzzy Inference System</i> ).....	23
III.3.5. Model Sistem Inferensi Fuzzy ( <i>Fuzzy Inference System</i> ) .....	24
III 4 Karakteristik Sistem Pengendalian .....	25



III.5	<i>Programmable System-on-Chip (PSoC)</i> .....	27
III.6	ESP32 .....	28
III.7	<i>Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART)</i> .....	29
III.8	HIPOTESIS .....	30
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN .....		31
IV.1	Metode Penelitian .....	31
IV.2	Waktu dan Lokasi Penelitian .....	31
IV.3	Alat dan Bahan Penelitian .....	31
IV.4	Tata Laksana Penelitian .....	35
IV.4.1.	Identifikasi Masalah .....	36
IV.4.2.	Studi Pustaka .....	36
IV.4.3.	Penyusunan Tuntutan Perancangan Sistem .....	37
IV.4.4.	Perancangan Sistem .....	38
IV.4.5.	Pembangunan Sistem .....	42
IV.4.6.	Pengujian dan Analisis Tuntutan Perancangan .....	43
IV.4.7.	Pengambilan Data Primer .....	43
IV.4.8.	Pengolahan Data .....	44
IV.4.9.	Analisis Data .....	44
IV.4.10.	Kesimpulan dan Saran .....	45
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....		46
V.1	Hasil Perancangan Perangkat Keras .....	46
V.2	Hasil Perancangan Kendali <i>Fuzzy Logic</i> pada PSoC .....	49
V.3	Hasil Pembangunan dan Pengintegrasian Sistem .....	52
V.4	Hasil Tuntutan Perancangan .....	54
V.4.1.	Motor BLDC .....	54
V.4.2.	ESC .....	55
V.4.3.	PSoC .....	56
V.4.4.	Tuas rem, <i>loadcell</i> , dan ESP32 .....	57
V.4.5.	Komputer .....	59
V.5	Hasil Pengujian Sistem Motor BLDC dengan Variasi Beban .....	61
V.5.1.	Analisis <i>Rise Time</i> dengan Variasi Beban .....	65
V.5.2.	Analisis <i>Peak Time</i> dengan Variasi Beban .....	69



V.5.3. Analisis <i>Settling Time</i> dengan Variasi Beban .....	74
V.5.4. Analisis Stabilitas Kecepatan Motor .....	78
V.6 Hasil Pengujian Waktu Respons dan Stabilitas dengan Variasi <i>Throttle</i> ..	82
V.6.1. Analisis <i>Rise Time</i> dengan Variasi <i>Throttle</i> .....	86
V.6.2. Analisis <i>Peak Time</i> dengan Variasi <i>Throttle</i> .....	90
V.6.3. Analisis <i>Settling Time</i> dengan Variasi <i>Throttle</i> .....	95
V.6.4. Analisis Stabilitas Kecepatan Motor dengan Variasi <i>Throttle</i> .....	100
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	105
VI.1 Kesimpulan .....	105
VI.2 Saran .....	105
DAFTAR PUSTAKA .....	106
LAMPIRAN .....	110
LAMPIRAN A .....	110
LAMPIRAN B .....	112
LAMPIRAN C .....	116
LAMPIRAN D .....	121
LAMPIRAN E .....	126
LAMPIRAN F.....	133
LAMPIRAN G .....	139



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4.1.</b> Alat yang digunakan pada penelitian .....	31
<b>Tabel 4.2.</b> Bahan yang digunakan pada penelitian .....	32
<b>Tabel 5.1.</b> Port pada ESC .....	48
<b>Tabel 5.2.</b> Hasil <i>rise time</i> dengan variasi beban .....	68
<b>Tabel 5.3.</b> Hasil <i>peak time</i> dengan variasi beban .....	73
<b>Tabel 5.4.</b> Hasil <i>settling time</i> dengan variasi beban .....	77
<b>Tabel 5.5.</b> Hasil standar deviasi <i>error steady state</i> dengan variasi beban.....	81
<b>Tabel 5.6.</b> Hasil <i>rise time</i> dengan variasi <i>throttle</i> .....	89
<b>Tabel 5.7.</b> Hasil <i>peak time</i> dengan variasi <i>throttle</i> .....	94
<b>Tabel 5.8.</b> Hasil <i>settling time</i> dengan variasi <i>throttle</i> .....	99
<b>Tabel 5.9.</b> Hasil standar deviasi <i>error steady state</i> dengan variasi <i>throttle</i> .....	103



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 3.1.</b> Bagian-bagian Motor BLDC [33].....	14
<b>Gambar 3.2.</b> <i>Electronic Speed Controller</i> (ESC) [37].....	16
<b>Gambar 3.3.</b> Grafik fungsi keanggotaan linear naik [40].....	19
<b>Gambar 3.4.</b> Grafik fungsi keanggotaan linear turun [40] .....	19
<b>Gambar 3.5.</b> Grafik fungsi keanggotaan segitiga [40].....	20
<b>Gambar 3.6.</b> Grafik fungsi keanggotaan trapesium [40] .....	20
<b>Gambar 3.7.</b> Grafik fungsi keanggotaan sigmoid pertumbuhan [40].....	21
<b>Gambar 3.8.</b> Grafik fungsi keanggotaan sigmoid penyusutan [40].....	21
<b>Gambar 3.9.</b> Parameter fungsi keanggotaan sigmoid [40] .....	22
<b>Gambar 3.10.</b> Alur logika sistem inferensi <i>fuzzy</i> [40] .....	24
<b>Gambar 3.11.</b> Grafik respon sistem untuk masukan step [41]. .....	26
<b>Gambar 3.12.</b> <i>Programmable System-on-Chip</i> [42].....	28
<b>Gambar 3.13.</b> ESP32 [43].....	29
<b>Gambar 4.1.</b> Diagram alir tata laksana penelitian .....	35
<b>Gambar 4.2.</b> Diagram alir <i>Fuzzy Logic Controller</i> .....	38
<b>Gambar 4.3.</b> Diagram alir tahapan fuzzifikasi.....	39
<b>Gambar 4.4.</b> Diagram alir penentuan fungsi keanggotaan .....	40
<b>Gambar 4.5.</b> Diagram alir tahap <i>inference engine</i> .....	41
<b>Gambar 4.6.</b> Diagram alir tahapan defuzzifikasi .....	42
<b>Gambar 5.1.</b> Blok diagram perangkat keras sistem motor BLDC.....	46
<b>Gambar 5.2.</b> <i>Detail Engineering Design</i> (DED) .....	47
<b>Gambar 5.3.</b> Konfigurasi Kendali FLC .....	49
<b>Gambar 5.4.</b> Diagram alir perangkat lunak .....	50
<b>Gambar 5.5.</b> Diagram alir perangkat lunak (lanjutan).....	51
<b>Gambar 5.6.</b> Hasil pembangunan sistem tampak atas .....	53
<b>Gambar 5.7.</b> Hasil pembangunan sistem tampak samping.....	53
<b>Gambar 5.8.</b> Cuplikan hasil akuisisi pembuktian tuntutan motor BLDC.....	54
<b>Gambar 5.9.</b> Pengiriman dan penerimaan data hexadesimal ESC .....	55
<b>Gambar 5.10.</b> Komunikasi UART1 antara ESC dengan PSoC .....	55
<b>Gambar 5.11.</b> Penggunaan ADC, PWM, dan UART pada PSoC .....	56
<b>Gambar 5.12.</b> Algoritma <i>fuzzy logic controller</i> pada PSoC .....	57
<b>Gambar 5.13.</b> Kode program untuk mengirimkan data dari ESP32 ke PSoC .....	58
<b>Gambar 5.14.</b> Hasil pembacaan nilai beban dari ESP32 .....	58
<b>Gambar 5.15.</b> Kode program akuisisi data pada komputer .....	59
<b>Gambar 5.16.</b> Komunikasi UART2 antara komputer dengan PSoC .....	60
<b>Gambar 5.17.</b> Grafik kecepatan putar terhadap waktu .....	60
<b>Gambar 5.18.</b> Cuplikan hasil akuisisi data dengan variasi beban .....	61
<b>Gambar 5.19.</b> Grafik kecepatan motor terhadap waktu dengan variasi beban ....	64



<b>Gambar 5.20.</b> Grafik <i>rise time</i> dengan variasi beban .....	67
<b>Gambar 5.21.</b> Grafik <i>peak time</i> dengan variasi beban.....	72
<b>Gambar 5.22.</b> Grafik <i>settling time</i> dengan variasi beban .....	76
<b>Gambar 5.23.</b> Grafik stabilitas kecepatan dengan variasi beban.....	80
<b>Gambar 5.24.</b> Cuplikan hasil akuisisi data dengan variasi <i>throttle</i> .....	82
<b>Gambar 5.25.</b> Grafik kecepatan motor terhadap waktu dengan variasi <i>throttle</i> ..	85
<b>Gambar 5.26.</b> Grafik <i>rise time</i> dengan variasi <i>throttle</i> .....	88
<b>Gambar 5.27.</b> Grafik <i>peak time</i> dengan variasi <i>throttle</i> .....	93
<b>Gambar 5.28.</b> Grafik <i>settling time</i> dengan variasi <i>throttle</i> .....	98
<b>Gambar 5.29.</b> Grafik stabilitas kecepatan dengan variasi <i>throttle</i> .....	102

