DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR iv
DAFTAR ISI vi
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL xi
ABSTRAK xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan 3
1.5 Manfaat 3
1.6 Sistematika Penulisan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 *Gas Engine* 5
2.1.1. Prinsip Kerja Umum 5
2.2 Kontroler 6
2.3 Kontroler PID (Proporsional Integral Deferensial) 7
2.3.1 Kontroler Proporsional 7
2.3.2 Kontroler Integral 8
2.3.3 Kontroler Deferensial 9
2.3.4 Kontroler Proporsional Integral Deferensial (PID) 10
2.3.5 Metode Perancangan Kontroler Proporsional Integral Deferensial (PID) Menggunakan Metode Ziegler-Nichols 11
2.3.6 *Hand Tuning* Kontroler PID 14
2.4 PWM (*Pulse Width Modulation*) 15
2.5 Motor *Servo* 16
2.6 Mikrokontroler 17
2.6.1 Mikrokontroler ATmega328 17
2.7 Arduino Uno 18
2.8 Sensor *Hall effect* 19

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 21
3.1 Spesifikasi Alat 21
3.2 Studi Literatur 22
3.3 Perancangan dan Realisasi Pembuatan Alat 22
3.4 Perancangan Perangkat Keras dan Realisasi Pembuatan Alat 22
3.5 Perancangan dan Perhitungan Komponen yang akan Digunakan 22
3.6 Perancangan Perangkat Lunak 22
3.7 Pengujian Alat 22
3.8 Pengambilan Kesimpulan 24
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT 25
4.1 Spesifikasi Sistem 25
4.2 Diagram Blok Sistem 25
4.3 Perancangan Perangkat Keras 26
4.3.1 Gas Engine 27
4.3.2 Sensor *Hall effect* 27
4.3.3 Rangkaian *Frequency to Voltage* 28
4.3.4 CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) 29
4.3.5 UBEC (*Universal Battery Elimination Circuit*) 30
4.3.6 Pemilihan *Propeller* 30
4.3.7 Motor *Servo* 30
4.3.8 *Windtunnel* (Terowongan Angin) 31
4.3.9 Penentuan Nilai Penguatan Kontroler 31
4.3.10 Modul Arduino Uno 39
4.4 Perancangan Perangkat Lunak 39
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM 41
5.1 Pengujian Sensor *Hall effect* 41
5.2 Pengujian Sinyal Kontrol Motor *Servo* 44
5.3 Pengujian Motor *Servo* terhadap *Gas Engine* 49
5.4 Pengujian tanpa Kontroler 52
5.5 Pengujian Keseluruhan Sistem 55

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 59
6.1 Kesimpulan 59
6.2 Saran 59
DAFTAR PUSTAKA 60
LAMPIRAN 61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok Penampang *Gas Engine* dengan Memantik Api 6
Gambar 2.2 Blok Penampang *Gas Engine* dengan Menggerakan Piston..... 6
Gambar 2.3 Diagram Blok Kontroler Proporsional..... 7
Gambar 2.4 Diagram Blok Kontroler Integral..... 8
Gambar 2.5 Diagram Blok Kontroler Deferensial..... 9
Gambar 2.6 Diagram Blok Kontroler PID..... 10
Gambar 2.7 Fungsi Waktu antara Sinyal Keluaran dan Sinyal Masukan Kontroler PID..... 10
Gambar 2.8 Kurva Respon Unit Step yang Menunjukkan 25% *Maximum Overshoot*..... 11
Gambar 2.9 Respon Plant Terhadap Masukan Berupa Unit Step.....12
Gambar 2.10 Kurva Respon yang Berbentuk S..... 12
Gambar 2.11 Sistem Loop Tertutup dengan Kontroler Proporsional..... 14
Gambar 2.12 Osilasi Berkesinambungan dengan Periode *P*cr 14
Gambar 2.13 Gambar Sinyal PWM Secara Umum 15
Gambar 2.14 Bentuk Motor *Servo*.....16
Gambar 2.15 Konfigurasi *Pin* ATMega328 18
Gambar 2.16 Skema Arduino Uno 19
Gambar 2.17 Diagram *Sensor hall effect*..... 20
Gambar 2.17 Gelombang Sinyal Kotak *Hall Effect* 21
Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem..... 26
Gambar 4.2 Gas Engine 2-tak dengan displacement 9cc. 27
Gambar 4.3 Sensor *Hall effect* pada *Gas Engine*..... 28
Gambar 4.5 Skematik Rangkaian *Frequency to Voltage*..... 28
Gambar 4.6 *Capacitor Discharge Ignition* (CDI) 29
Gambar 4.7 UBEC (*Universal Battery Elimination Circuit*) 30
Gambar 4.8 Propeller tipe S2 *series* 11 x 5 inch. 30
Gambar 4.9 Motor *Servo* 30
Gambar 4.10 *Windtunnel* (Terowongan Angin) 30
Gambar 4.16 Respon Sistem dengan nilai Kp = 0.5, Ki = 0, dan Kd = 0.....32
Gambar 4.17 Respon Sistem dengan nilai Kp = 1, Ki = 0, dan Kd = 0..... 33

Gambar 4.18 Respon Sistem dengan nilai Kp = 1.5, Ki = 0, dan Kd = 0 33
Gambar 4.19 Respon Sistem dengan nilai Kp = 1, Ki = 0.005, dan Kd = 0 34
Gambar 4.20 Respon Sistem dengan nilai Kp = 1, Ki = 0.01, dan Kd = 0 35
Gambar 4.21 Respon Sistem dengan nilai Kp = 1, Ki = 0.015, dan Kd = 0 35
Gambar 4.22 Respon Sistem dengan nilai Kp = 1, Ki = 0.01, dan Kd = 0,05 36
Gambar 4.23 Respon Sistem dengan nilai Kp = 1, Ki = 0.01, dan Kd = 0,1 37
Gambar 4.24 Respon Sistem dengan nilai Kp = 1, Ki = 0.01, dan Kd = 0,12 37
Gambar 4.25 Rangkaian Board Arduino Uno 39
Gambar 4.26 *Flowchart* Perangkat 40
Gambar 5.1 Diagram Blok Pengujian Sensor 42
Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Keluaran Sensor 44
Gambar 5.3 Rangkaian Pengujian Sinyal Kontrol *Servo* 45
Gambar 5.4 Pengujian Sinyal Kontrol *Servo* 45
Gambar 5.5 Sinyal Kontrol dan Parameter *Servo* pada Sudut 0° 46
Gambar 5.6 Sinyal Kontrol dan Parameter *Servo* pada Sudut 40° 46
Gambar 5.7 Sinyal Kontrol dan Parameter *Servo* pada Sudut 90° 47
Gambar 5.8 Sinyal Kontrol dan Parameter *Servo* pada Sudut 120° 47
Gambar 5.9 Sinyal Kontrol dan Parameter *Servo* pada Sudut 180° 48
Gambar 5.10 Grafik Perbahan Derajat terhadap *Duty Cycle* Motor *Servo* 49
Gambar 5.11 Pengujian *Servo* terhadap *Gas Engine* 50
Gambar 5.12 Grafik Hubungan Pergerakan *Servo* dengan Kecepatan Putaran 52
Gambar 5.13 Rangkaian Pengujian Sistem 52
Gambar 5.14 Pengujian Sistem tanpa Kontoler dengan *Setpoint*= 6000 RPM 53
Gambar 5.15 Pengujian Sistem menggunakan Kontoler dengan *Setpoint*= 6000 RPM 53
Gambar 5.16 Pengujian Sistem dengan Gangguan Windtunnel/ Terowongan Angin 56
Gambar 5.17 Respon Sistem dengan *Setpoint* 6000 RPM terhadap Gangguan Perubahan Aliran Angin 56
Gambar 5.18 Respon Sistem dengan *Setpoint* 7000 RPM terhadap Gangguan Perubahan Aliran Angin 57
Gambar 5.19 Respon Sistem dengan *Setpoint* 8000 RPM terhadap Gangguan Perubahan Aliran Angin 57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Aturan Penalaan Ziegler-Nichols Berdasarkan Respon Unit Step Dari Plan 13
Tabel 2.2 Aturan Dasar Ziegler-Nichols Berdasarkan Critical Gain *Kcr* dan Critical Period *Pcr* 14
Tabel 4.2 Hasil Tuning Parameter Kp 34
Tabel 4.3 Hasil Tuning Parameter Ki 36
Tabel 4.4 Hasil Tuning Parameter Kd 38
Tabel 4.5 Fungsi Pin Arduino Uno 39
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor 43
Tabel 5.2 Pengujian *Duty Cycle* Motor *Servo* 48
Tabel 5.3 Hasil Pengujian *Servo* terhadap *Gas Engine* 51