

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Pembahasan.....	3
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Bioetanol.....	5
2.2 Distilasi	6
2.3 Sensor Suhu <i>Thermocouple Type K</i>	9
2.4 Sensor Tekanan MPX5100AP	10
2.5 Elemen Pemanas	10
2.6 Rangkaian <i>Dimmer</i>	12
2.6.1 Rangkaian TRIAC	12
2.6.2 Rangkaian <i>Zero Cross Detector</i>	13
2.7 Arduino Mega 2560.....	14
2.8 Kontroler.....	14
2.8.1 Kontroler Proporsional.....	15
2.8.2 Kontroler Integral	15
2.8.3 Kontroler Diferensial	16
2.8.4 Kontroler Proporsional Integral Diferensial (PID).....	17
2.9 <i>Tuning</i> PID Metode Ziegler-Nichols.....	18
2.9.1 Metode Kurva Reaksi	18
2.9.2 Metode Osilasi.....	20
2.10 Kompensator <i>Setpoint</i>	21
2.11 <i>Feedback Control</i> (Kontrol Umpan Balik).....	21

METODOLOGI	23
3.1 Studi literatur	23
3.2 Prancangan Alat	23
3.3 Realisasi Pembuatan Alat	24
3.3.1 Pembuatan Perangkat Keras	24
3.3.2 Pembuatan Perangkat Lunak	24
3.4 Pengujian dan Analisa Data	24
3.5 Pengambilan Kesimpulan dan Saran	25
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	27
4.1 Perancangan Sistem	27
4.2 Perancangan Blok Diagram Sistem	27
4.3 Spesifikasi Alat	28
4.4 Prinsip Kerja	29
4.5 Perancangan Perangkat Keras	29
4.5.1 Pemilihan Elemen Pemanas	30
4.5.2 Perancangan Rangkaian <i>Dimmer</i>	30
4.5.3 Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal Sensor Suhu <i>Thermocouple Type K (MAX6675)</i>	31
4.5.4 Perancangan Rangkaian <i>Power Supply Decoupling</i> dan <i>Output Filtering</i> Sensor Tekanan MPX5100AP	32
4.5.5 Perancangan I/O Modul Arduino Mega 2560	33
4.6. Perancangan Perangkat Lunak	34
4.6.1 Perancangan Kontroler PID	34
4.6.2 Perancangan Kompensator <i>Setpoint</i>	37
4.6.3 <i>Flowchart Sistem</i>	39
PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM	41
5.1 Pengujian Sensor Suhu <i>Thermocouple Type K</i>	41
5.1.1 Peralatan yang Digunakan	41
5.1.2 Langkah Pengujian	41
5.1.3 Hasil Pengujian	42
5.2 Pengujian Sensor Tekanan MPX5100AP	46
5.2.1 Peralatan yang Digunakan	46
5.2.2 Langkah Pengujian	46
5.2.3 Hasil Pengujian	46

5.3	Pengujian LCD.....	51
5.3.1	Peralatan yang Digunakan.....	51
5.3.2	Langkah Pengujian	51
5.3.3	Hasil Pengujian.....	51
5.4	Pengujian Penyulutan TRIAC.....	52
5.4.1	Peralatan yang Digunakan.....	52
5.4.2	Langkah Pengujian	52
5.4.3	Hasil Pengujian.....	53
5.5	Pengujian Rangkaian <i>Dimmer</i>	57
5.5.1	Peralatan yang Digunakan.....	57
5.5.2	Langkah Pengujian	57
5.5.3	Hasil Pengujian.....	58
5.6	Pengujian Kompensator <i>Setpoint</i>	59
5.6.1	Peralatan yang Digunakan.....	59
5.6.2	Langkah Pengujian	59
5.6.3	Hasil Pengujian.....	60
5.7	Pengujian Sistem Keseluruhan.....	61
5.7.1	Peralatan yang Digunakan.....	61
5.7.2	Langkah Pengujian	61
5.7.3	Hasil Pengujian.....	62
PENUTUP		65
6.1	Kesimpulan	65
6.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....		67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Dasar Pembuatan Bioetanol	6
Gambar 2.2 Titik Didih Campuran Etanol-Air pada Tekanan 1 atm	7
Gambar 2.3 Titik Didih Etanol di Bawah Tekanan 1 atm	8
Gambar 2.4 Distilasi Etanol pada Tekanan di bawah 1 atm	8
Gambar 2.5 Proses Pembuatan Bioetanol dengan Distilasi Vakum	9
Gambar 2.6 Prinsip Kerja <i>Thermocouple</i>	9
Gambar 2.7. Sensor Suhu <i>Thermocouple Type K</i>	10
Gambar 2.8 Sensor Tekanan MPX5100AP	10
Gambar 2.9 Elemen Pemanas Listrik Bentuk Dasar	11
Gambar 2.10 Elemen Pemanas Listrik Bentuk Lanjut	12
Gambar 2.11 <i>Dimmer Module</i>	12
Gambar 2.12 TRIAC BT138 dan MOC3022	13
Gambar 2.13 <i>Optocoupler</i> 4N25	13
Gambar 2.14 Arduino Mega 2560	14
Gambar 2.15 Diagram Blok Kontroler Proporsional	15
Gambar 2.16 Diagram Blok Kontroler Integral	16
Gambar 2.17 Diagram Blok Kontroler Diferensial	17
Gambar 2.18 Diagram Blok Kontroler PID	17
Gambar 2.19 Kurva Respon <i>Unit Step</i> yang Memperlihatkan 25% Lonjakan Maksimum	18
Gambar 2.20 Respon <i>Unit Step</i> Suatu <i>Plant</i>	18
Gambar 2.21 Kurva Respon Berbentuk S	19
Gambar 2.22 Sistem Close Loop dengan Kontroler Proporsional	20
Gambar 2.23 Kurva Sustained Oscillation dengan Periode P_{cr}	20
Gambar 2.24 Blok Diagram <i>Feedforward Control</i>	21
Gambar 2.25 Blok Diagram <i>Feedback Control</i>	22
Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem	27
Gambar 4.2 Skema Keseluruhan Sistem	29
Gambar 4.3 Pemasangan Elemen Pemanas	30
Gambar 4.4 Skema Rangkaian <i>Dimmer</i>	30
Gambar 4.5 Rangkaian <i>Dimmer</i>	31
Gambar 4.6 Skema Rangkaian MAX6675	32
Gambar 4.7 Rangkaian Modul MAX6675	32

Gambar 4.8 Skema Rangkaian <i>Power Supply Decoupling</i> dan <i>Output Filtering</i>	33
Gambar 4.9 Rangkaian <i>Power Supply Decoupling</i> dan <i>Output Filtering</i>	33
Gambar 4.10 Modul Arduino Mega 2560.....	33
Gambar 4.11 Kurva Respon Berbentuk S	35
Gambar 4.12 Kurva Karakteristik <i>Plant</i>	35
Gambar 4.13 Grafik Hubungan Titik Didih Etanol dengan Tekanan Vakum.....	38
Gambar 4.14 <i>Flowchart</i> Sistem Keseluruhan	39
Gambar 4.15 <i>Flowchart</i> Kompensator <i>Setpoint</i>	40
Gambar 5.1 Skema Pengujian Sensor Suhu <i>Thermocouple Type K</i>	42
Gambar 5.2 Grafik Pembacaan Suhu Termometer dan Sensor <i>Thermocouple Type K</i> Sebelum Kalibrasi.....	43
Gambar 5.3 Grafik Pembacaan suhu Termometer dan Sensor <i>Thermocouple Type K</i> Setelah Kalibrasi.....	44
Gambar 5.4 Grafik Hubungan Pembacaan Sensor Suhu <i>Thermocouple Type K</i> dengan Keluaran Tegangan	45
Gambar 5.5 Skema Pengujian Sensor Tekanan MPX5100AP	46
Gambar 5.6 Grafik Pembacaan Tekanan <i>Pressure Gauge</i> dan Sensor MPX5100AP Sebelum Kalibrasi.....	48
Gambar 5.7 Grafik Pembacaan Tekanan <i>Pressure Gauge</i> dan Sensor MPX5100AP Setelah Kalibrasi.....	49
Gambar 5.8 Grafik Hubungan Pembacaan Sensor Tekanan MPX5100AP dengan Keluaran Tegangan	50
Gambar 5.9 Hasil Pengujian LCD	51
Gambar 5.10 Program LCD	52
Gambar 5.11 Rangkaian Pengujian Sudut Penyalaan TRIAC	53
Gambar 5.12 Bentuk Gelombang Keluaran Arduino	53
Gambar 5.13 Bentuk Gelombang Keluaran TRIAC dengan PWM 32 atau Sudut Penyalaan 45°	54
Gambar 5.14 Grafik Hubungan Nilai PWM dengan Tegangan Pada Beban	59
Gambar 5.15 Skema Pengujian <i>Feedforward Controller</i>	60
Gambar 5.16 Skema Pengujian Keseluruhan.....	61
Gambar 5.17 Respon <i>Plant</i> Pengujian Keseluruhan pada Tekanan 0,5 atm atau <i>Setpoint</i> 61,82 °C dengan $K_p = 6,18$; $K_i = 0,00384$ dan $K_d = 2487,01$	62

Gambar 5.18 Respon <i>Plant</i> Pengujian Keseluruhan pada Tekanan 0,65 atm atau <i>Setpoint</i> 68,25 °C dengan $K_p = 6,18$; $K_i = 0,00384$ dan $K_d = 2487,01$	63
Gambar 5.19 Respon <i>Plant</i> Pengujian Keseluruhan pada Tekanan 0,8 atm atau <i>Setpoint</i> 73,43 °C dengan $K_p = 6,18$; $K_i = 0,00384$ dan $K_d = 2487,01$	63
Gambar 5.20 Respon <i>Plant</i> Menggunakan Kontroler PID dengan Kompensator <i>Setpoint</i> dengan $K_p = 6,18$; $K_i = 0,00384$ dan $K_d = 2487,01$	64



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konversi Biomassa ke Bioetanol	5
Tabel 2.2 <i>Tuning</i> Parameter PID dengan Metode Kurva Reaksi	19
Tabel 2.3 <i>Tuning</i> Parameter PID dengan Metode Osilasi.....	20
Tabel 4.1 Fungsi Pin Arduino Mega 2560	34
Tabel 4.2 Titik Didih Etanol pada Tekanan Vakum.....	38
Tabel 5.1 Hasil Pembacaan Sensor <i>Thermocouple Type K</i> Sebelum Kalibrasi	42
Tabel 5.2 Hasil Pembacaan Sensor <i>Thermocouple Type K</i> Setelah Kalibrasi	44
Tabel 5.3 Keluaran Tegangan Sensor Suhu <i>Thermocouple Type K</i>	45
Tabel 5.4 Hasil Pembacaan Sinyal Analog Sensor MPX5100AP.....	47
Tabel 5.5 Pembacaan Sensor MPX5100AP Sebelum Kalibrasi	47
Tabel 5.6 Pembacaan Sensor MPX5100AP Setelah Kalibrasi.....	49
Tabel 5.7 Keluaran Tegangan Sensor Tekanan MPX5100AP	50
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Penyulutan TRIAC.....	54
Tabel 5.9 Besar <i>Error</i> Waktu Tunda Pengujian Penyulutan TRIAC	57
Tabel 5.10 Perbandingan Nilai PWM terhadap Tegangan pada Beban.....	58
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Kompensator <i>Setpoint</i>	60
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Keseluruhan.....	64

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 FOTO ALAT.....	69
LAMPIRAN 2 LISTING PROGRAM.....	73
LAMPIRAN 3 DATASHEET	77

