DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING ii

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI iii

HALAMAN PERSEMBAHAN iv

HALAMAN MOTTO v

KATA PENGANTAR vi

ABSTRAK viii

DAFTAR ISI vii

DAFTAR GAMBAR xiii

DAFTAR TABEL xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penyusunan Tugas Akhir 3

1.4 Batasan Masalah 4

1.5 Manfaat Penyusunan Tugas Akhir 5

1.6 Sistematika Penulisan 5

BAB II DASAR TEORI

2.1 PID Digital 7

2.2 Penalaan Besaran (Tuning) 10

2.2.1 Metode *Ziegler-Nichols* 11

2.2.2 Metode *Quarter-Delay* 12

2.3 Tanggapan Transien 12

2.4 Sensor Suhu Termokopel 14

2.5 Penguat Operasional 15

2.6 Mikrokontroler MC68HC908QB8 17

2.6.1 Diagram Blok Mikrokontroler MC68HC908QB8 19

2.6.2 Organisasi Memori 19

2.3.2.1 *Random Access Memory (RAM)* 20

2.3.2.2 *Read Only Memory (ROM)* 20

2.6.3 Register-register 20

2.6.3.1 *Accumulator* 21

2.6.3.2 *Index Register* 21

2.6.3.3 *Stack Pointer (SP)* 22

2.6.3.4 *Program Counter (PC)* 22

2.6.3.5 *Condition Code Register* 23

2.6.4 *Timer Interface Module (TIM)* 24

2.6.5 *Analog to Digital Converter (ADC)* 27

2.7 Triac 30

2.8 Optokopler 31

2.9 Transistor Sebagai Saklar 32

2.10 Relai 32

2.11 Motor DC 33

2.12 *Liquid Crystal Display (LCD)* 34

BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI PERANGKAT KERAS DAN PERANGKAT LUNAK

3.1 Perancangan Perangkat Keras 35

3.1.1 Pengkondisi Isyarat 36

3.1.2 Sistem Minimum Mikrokontroler MC68HC908QB8 37

3.1.3 *Analog to Digital Converter (ADC)* 37

3.1.4 *Driver Motor* 38

3.1.5 *Driver Heater* 39

3.1.6 Pengaturan Daya 40

3.2 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*) 43

3.2.1 Gambaran Umum Program 43

3.2.2 Sub Rutin Kontrol *Heater* 44

3.2.2 Perancangan Pengendali PID 45

3.2.2 Sub Rutin Menaikkan dan Menurunkan Keranjang 50

BAB IV HASIL PENGAMATAN

4.1 Pengukuran 53

4.2 Pembahasan 54

4.2.1 Sensor Termokopel 56

4.2.2 Mikrokontroler MC68HC908QB8 56

4.2.3 *Driver Heater* 57

4.2.4 Tampilan (*Display*) 59

4.2.5 *Driver Motor* 60

4.3 Analisa Pengendali PID 60

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan 68

5.2 Saran 69

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kendali PID 10

Gambar 2.2 Kurva proses reaksi o*pen-loop tuning* 11

Gambar 2.3 Metode pengukuran dengan termokopel 15

Gambar 2.4 Diagram blok *operational amplifier* 16

Gambar 2.5 Skematik penguat operasional 17

Gambar 2.6 Susunan kaki-kaki mikrokontroler MC68HC908QB8 15

Gambar 2.7 Diagram blok mikrokontroler MC68HC908QB8 19

Gambar 2.8 Register-register mikrokontroler MC68HC908QB8 21

Gambar 2.9 *Accumulator* 21

Gambar 2.10 *Index Register* 22

Gambar 2.11 *Stack Pointer* 22

Gambar 2.12 *Program Counter* 23

Gambar 2.13 *Condition Code Register* 23

Gambar 2.14 Diagram blok *Timer Interface Modul* (TIM) 26

Gambar 2.15 Diagram blok ADC internal mikrokontroler MC68HC908QB8 28

Gambar 2.16 Konfigurasi Triac 30

Gambar 2.17 Optokopler 31

Gambar 2.18 Transistor sebagai saklar 32

Gambar 2.19 Simbol relai 33

Gambar 2.20 Diagram blok LCD 34

Gambar 3.1 Diagram blok alat pemeram panili 35

Gambar 3.2 Rangkaian pengkondisi isyarat 36

Gambar 3.3 Sistem minimum mikrokontroler MC68HC908QB8 37
Gambar 3.4 Rangkaian *driver motor* 39
Gambar 3.5 *Driver heater* 40
Gambar 3.6 Waktu tunda dan saat MT1 dan MT2 terhubung 41
Gambar 3.7 Grafik waktu tunda vs P/Pmax 42
Gambar 3.8 Bagan alir program utama 44
Gambar 3.9 Bagan alir sub rutin kontrol *heater* 45
Gambar 3.10 Bagan alir sub rutin motor naik turun 52
Gambar 4.1 Sudut picu 0° 58
Gambar 4.2 Sudut picu 20° 58
Gambar 4.3 Sudut picu 40° 58
Gambar 4.4 Sudut picu 90° 58
Gambar 4.5 Sudut picu 140° 59
Gambar 4.6 Sudut picu 160° 59
Gambar 4.7 Sudut picu 180° 59
Gambar 4.8 Respon PID pada nilai Kp=25, Ki=50, Kd=100 62
Gambar 4.9 Respon PID pada nilai Kp=50, Ki=50, Kd=100 63
Gambar 4.10 Respon PID pada nilai Kp=75, Ki=50, Kd=100 63
Gambar 4.11 Respon PID pada nilai Kp=50, Ki=100, Kd=25 64
Gambar 4.12 Respon PID pada nilai Kp=50, Ki=100, Kd=50 64
Gambar 4.13 Respon PID pada nilai Kp=50, Ki=100, Kd=75 65
Gambar 4.14 Respon PID pada nilai Kp=100, Ki=50, Kd=25 65
Gambar 4.15 Respon PID pada nilai Kp=100, Ki=50, Kd=50 66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fungsi kaki-kaki pada mikrokontroler MC68HC908QB8 18

Tabel 3.1 Waktu dan kondisi Motor 51

Tabel 4.1 Hasil pengukuran *Output* termokopel dan pengkondisi isyarat 53