UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengendalian Suhu dan Tekanan pada Mesin Produksi Paving Block Limbah Plastik Menggunakan PID
Khansa Prameswari Khair, Dr. Solikhatun, S.Si., M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL . . . . . **i**
HALAMAN PENGESAHAN . . . . . **ii**
HALAMAN PERNYATAAN . . . . . **iii**
HALAMAN PERSEMBAHAN . . . . . **iv**
HALAMAN MOTTO . . . . . **v**
PRAKATA . . . . . **vi**
DAFTAR ISI . . . . . **ix**
DAFTAR TABEL . . . . . **xiii**
DAFTAR GAMBAR . . . . . **xiv**
DAFTAR LAMBANG . . . . . **xvii**
INTISARI . . . . . **xviii**
ABSTRACT . . . . . **xix**
I PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang Masalah 1
1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian 3
1.3. Tinjauan Pustaka 4
1.4. Metodologi Penelitian 5
1.5. Sistematika Penulisan 9
II DASAR TEORI **11**
2.1. Sistem Persamaan Diferensial 11
2.2. Metode Aproksimasi Newton-Raphson 17
2.3. Transformasi Laplace 18
2.4. Sistem Kendali 22
2.4.1. Sistem Lup Terbuka *(Open Loop)* 22
2.4.2. Sistem Lup Tertutup *(Close Loop)* 23
2.4.3. Persamaan Umum Model Sistem Kendali 23
2.4.4. Karakteristik Kinerja Sistem Kendali 24
2.4.5. Fungsi Transfer dan Diagram Blok 24
2.5. Sistem Kendali PID 26
2.5.1. Sistem Kendali Proporsional 27
2.5.2. Sistem Kendali Integral 28
2.5.3. Sistem Kendali Derivatif 29
2.6. Aproksimasi Padé *(Padé approximation)* 31

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengendalian Suhu dan Tekanan pada Mesin Produksi Paving Block Limbah Plastik Menggunakan PID
Khansa Prameswari Khair, Dr. Solikhatun, S.Si., M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.7. Kriteria Nyquist 33
2.8. Identitas Euler 35
2.9. Metode *Tuning* Ziegler-Nichols (Z-N) 36
III PEMODELAN 38
3.1. Permasalahan 38
3.1.1. Material Baku (HDPE) 39
3.1.2. Rancangan Mesin 40
3.1.3. Proses Produksi 41
3.1.4. Uji Kuat Tekan 43
3.2. Asumsi Model 45
3.3. Identifikasi Variabel Proses 46
3.3.1. Setpoint Suhu 47
3.3.2. Setpoint Tekanan 47
3.4. *First Order Plus dead Time* (FOPDT) 49
3.4.1. Pembentukan Model Suhu dengan FOPDT 50
3.4.2. Penentuan Parameter Fungsi Alih Model Suhu 52
3.4.3. Kestabilan Model Dinamik Pemanasan Menggunakan Kriteria Nyquist 54
3.4.4. Analisis *DC Gain* Respon Suhu 57
3.4.5. Simulasi Pengaruh Variasi Parameter *Gain* terhadap Respon Sistem Suhu 58
3.4.6. Linearisasi Fungsi Transfer Model Dinamik Pemanasan . . 59
3.4.7. Analisis Zero Sistem Model Dinamik Pemanasan 60
3.4.8. Pembentukan Model Pengepresan dengan FOPDT 61
3.4.9. Penentuan Parameter Fungsi Alih Model Pengepresan . . . 63
3.4.10. Kestabilan Model Dinamik Pengepresan Menggunakan Kriteria Nyquist 65
3.4.11. Analisis *DC Gain* Respon Pengepresan 68
3.4.12. Simulasi Pengaruh Variasi Parameter *Gain* terhadap Respon Sistem Tekanan 68
3.4.13. Linearisasi Fungsi Transfer Model Dinamik Pengepresan . . 70
3.4.14. Analisis Zero Sistem Model Dinamik Pengepresan 71
3.5. *Controllable Canonical Form* (CCF) 71
3.5.1. Pembentukan State-Space Model Pembakaran 73
3.5.2. Pembentukan State-Space Model Pengepresan 76
3.6. Analisis Perilaku Dinamik Sistem 79
3.6.1. Analisis Sistem Suhu 79

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengendalian Suhu dan Tekanan pada Mesin Produksi Paving Block Limbah Plastik Menggunakan PID
Khansa Prameswari Khair, Dr. Solikhatun, S.Si., M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.6.2. Analisis Sistem Tekanan 80
3.7. Interval Waktu Simulasi 80
3.7.1. Interval Waktu Simulasi Suhu 81
3.7.2. Interval Waktu Simulasi Tekanan 82
3.8. Perbandingan Respon Waktu Sistem Sebelum dan Sesudah Aproksimasi Padé 82
3.8.1. Respon Suhu terhadap Waktu 83
3.8.2. Respon Tekanan terhadap Waktu 89
3.9. Respon Langkah (*Step Response*) 96
3.9.1. Tujuan Perhitungan Respons Langkah 97
3.9.2. Rumus Respons Langkah FOPDT 98
3.9.3. Respons Langkah Proses Suhu dan Tekanan 98
3.10. PID dengan Metode *Tuning* Ziegler-Nichols (Z-N) 100
3.10.1. Penentuan Parameter PID untuk Model Pembakaran 100
3.10.2. Penentuan Parameter PID untuk Model Pengepresan 107
3.11. PID 113
3.11.1. PID pada Variabel Pembakaran 114
3.11.2. PID pada Variabel Pengepresan 120
IV PENUTUP 127
4.1. Kesimpulan 127
4.2. Saran 128
DAFTAR PUSTAKA 129
A LAMPIRAN SKRIP PROGRAM 132
1.1. Skrip Program Grafik Variabel Suhu Sebelum Dilinearisasi Terhadap Waktu. 132
1.2. Skrip Program Grafik Variabel Suhu Sebelum Dilinearisasi Terhadap Waktu dalam Keadaan Aktual. 134
1.3. Skrip Program Grafik Variabel Suhu Setelah Dilinearisasi Terhadap Waktu. 137
1.4. Skrip Program Grafik Variabel Suhu Setelah Dilinearisasi Terhadap Waktu dalam Keadaan Aktual. 140
1.5. Skrip Program Grafik Variabel Tekanan Sebelum Dilinearisasi Terhadap Waktu. 143
1.6. Skrip Program Grafik Variabel Tekanan Sebelum Dilinearisasi Terhadap Waktu dalam Keadaan Aktual. 145
1.7. Skrip Program Grafik Variabel Tekanan Setelah Dilinearisasi Terhadap Waktu. 148

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pengendalian Suhu dan Tekanan pada Mesin Produksi Paving Block Limbah Plastik Menggunakan PID
Khansa Prameswari Khair, Dr. Solikhatun, S.Si., M.Si.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1.8. Skrip Program Grafik Variabel Tekanan Setelah Dilinearisasi Terhadap Waktu dalam Keadaan Aktual. 151
1.9. Skrip Metode Newton-Raphson Mencari Frekuensi Kritis Pada Variabel Suhu 154
1.10. Skrip Metode Newton-Raphson Mencari Frekuensi Kritis Pada Variabel Suhu 155
1.11. Skrip Grafik Variasi Sistem Pemanasan (Celcius) Terhadap Waktu (Detik) 156
1.12. Skrip Grafik Variasi Sistem Pengepresan (Bar) Terhadap Waktu (Detik) 157
1.13. Skrip Grafik Respon Suhu (Celcius) Terhadap Waktu (Detik) Menggunakan PID Ziegler-Nichols 158
1.14. Skrip Grafik Respon Suhu (Celcius) Terhadap Waktu (Detik) Menggunakan PID Setelah *Fine-Tuning* 161
1.15. Skrip Grafik Respon Suhu (Celcius) Terhadap Waktu (Detik) Dalam Kondisi Aktual Menggunakan PID 163
1.16. Skrip Grafik Respon Suhu (Celcius) Terhadap Waktu (Detik) Menggunakan PID dan Baseline 166
1.17. Skrip Grafik Respon Tekanan (Bar) Terhadap Waktu (Detik) Menggunakan PID Ziegler-Nichols 169
1.18. Skrip Grafik Respon Tekanan (Bar) Terhadap Waktu (Detik) Menggunakan PID Setelah *Fine-Tuning* 172
1.19. Skrip Grafik Respon Tekanan (Bar) Terhadap Waktu (Detik) Dalam Kondisi Aktual Menggunakan PID 174
1.20. Skrip Grafik Respon Tekanan (Bar) Terhadap Waktu (Detik) Setelah Menggunakan PID dan Baseline 177
1.21. Skrip Grafik Perbandingan Respon Aktual Sistem Nonlinear, Linear serta Menggunakan PID Pada Model Suhu Terhadap Waktu 180
1.22. Skrip Grafik Perbandingan Respon Aktual Sistem Nonlinear, Linear serta Menggunakan PID Pada Model Tekanan Terhadap Waktu . . . 184
1.23. Skrip Tinjauan Sinyal Kendali PID pada Variabel Suhu di Waktu Tertentu 188
1.24. Skrip Tinjauan Sinyal Kendali PID pada Variabel Tekanan di Waktu Tertentu 188