



**PENERAPAN *PID CONTROLLER* PADA PEMANAS AIR DALAM
APLIKASI PASTEURISASI SUSU**

Oleh

Taufik Kurniawan

NIM 101910101006

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2014



**PENERAPAN *PID CONTROLLER* PADA PEMANAS AIR DALAM
APLIKASI PASTEURISASI SUSU**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat untuk
menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) dan mencapai
gelar Sarjana Teknik

Oleh

Taufik Kurniawan

NIM 101910101006

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2014

PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah atas curahan rahmat, nikmat serta hidayahnya yang tiada henti sehingga karya tulis dalam bentuk skripsi yang sederhana ini dapat selesai. Untuk halaman persembahan ini penulis ingin berterima kasih serta memberikan atau mempersembahkan karya tulis ini atau skripsi khususnya kepada:

1. Ibunda Murwaningsih, dan Ayahanda Abdul Rahman Hidayat. Terima kasih atas semua cinta, kasih sayang, nasehat, pengorbanan, perhatian, doa, motivasi dan bimbingan serta didikanyang selalu tiada henti tercurahkan untuk ananda;
2. Adikku Kurniya Wahyu Laili yang kusayangi dan kucintai. Mari bersama-sama meraih cita-cita dan kebahagiaan demi kedua orang tua kita, semoga perjuangan mereka tidak kita sia-siakan;
3. Semua guru dari taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi serta guru dipendidikan nonformal. Terima kasih ilmu yang telah diberikan, semoga ilmu yang telah diberikan menjadi amal jariyah yang tidak akan terputus;
4. Almamater yang kubanggakan;
5. Teman saya Rr. Intan Januarti yang memberikan semangat dan dorongan motivasi yang sangat berarti;
6. Semua sahabat-sahabatku yang sudah memberikan dorongan motivasi dan semangat maupun yang begitu berarti, khususnya kepada sahabat-sahabat JongMadura dan Mech-X;

MOTTO

Barang siapa yang menghabiskan waktu berjam – jam lamanya untuk mengumpulkan harta kerana ditakutkan miskin, maka dialah sebenarnya orang yang miskin.

(Imam Al Ghazali)

Gantungkan cita-cita mu setinggi langit. Bermimpilah setinggi langit. Jika engkau jatuh, engkau akan jatuh di antara bintang-bintang.

(Ir. Soekarno)

Menyesali nasib tidak akan mengubah keadaan, terus berkarya dan bekerjalah yang membuat kita berharga.

(Gus Dur)

Menuntut ilmu adalah taqwa. Menyampaikan ilmu adalah ibadah. Mengulang-ulang ilmu adalah zikir. Mencari ilmu adalah jihad.

(Imam Al Ghazali)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Taufik Kurniawan**

NIM : **101910101006**

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “*Penerapan PID Controller Pada Pemanas Air dalam Aplikasi Pasteurisasi Susu*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 17Oktober2014

Yang menyatakan,

Taufik Kurniawan

NIM. 101910101006

SKRIPSI

**PENERAPAN PID *Controller* PADA PEMANAS AIR DALAM
APLIKASI PASTEURISASI SUSU**

Oleh

Taufik Kurniawan

101910101006

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Digdo Listyadi Setyawan. M.sc.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penerapan PID *Controller* pada Pemanas Air dalam Aplikasi Pasteurisasi Susu” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Jumat, 17 Oktober 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T.
NIP. 196812071995121002

Ir. Digdo Listyadi S.M.sc.
NIP. 196806171995011001

Anggota I,

Anggota II,

Andi Sanata, S.T., M.T.
NIP. 197505022001121001

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.
NIP. 196008121998021001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

PENERAPAN PID *Controller* PADA PEMANAS AIR DALAM APLIKASI PASTEURISASI SUSU. Taufik Kurniawan, 101910101006; 2014; halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kontrol otomatis telah memegang peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu dan teknologi. kontrol otomatis telah menjadi bagian yang penting dan terpadu dari proses-proses dalam pabrik dan industri modern. Didalam industri pengolahan susu teknik kontrol otomatis juga sangat dibutuhkan untuk meningkatkan kualitas dan menurunkan biaya produksi susu. Salah satunya pada proses pasteurisasi susu. Pengontrolan pemanas air menggunakan control PID dapat membuat nilai *error steady state* mendekati nol. Tujuan pengaturan pemanas air ini adalah untuk mengatur fluida panas yang berfungsi pemanas pada *heat exchanger* dapat menyesuaikan dengan *set point* yang telah di atur pada keluaran suhu produk.

Pembuatan Plant pasteurisasi susu dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember. Untuk Pengujian sinyal gelombang Operasional amplifier dilakukan di Laboratorium Dasar, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember. Dan pengujian Plant secara Keseluruhan dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember. Waktu pelaksanaan penelitian mulai bulan April sampai dengan bulan September 2014. Variabel yang digunakan variasi perubahan setpoint 1 volt, 3 volt dan 5 volt. Sedangkan parameter yang diamati adalah nilai *error* keluaran dari penggunaan PID.

Dari hasil analisa berupa grafik pada penelitian ini diketahui bahwa, *plant* atau sistem yang tidak menggunakan kontroller memiliki nilai *error steady state* sebesar 0.9°C dan *error steady state* dari produk keluarannya sebesar 0.88°C . dari hasil penalaan parameter menggunakan metode Ziegler-nichols kurva s didapat nilai K_p 4.4, T_i 6 dan T_d 1.5 dari parameter tersebut produk keluaran *plant* didapat *error*

steady state sebesar 0.525°C dengan *setpoint* masukan sebesar 1 volt. Untuk *error steady state* dari air pemanas didapatkan sebesar 0.36°C untuk *setpoint* masukan sebesar 3 volt, sedangkan untuk yang 5 volt didapatkan *error steady state* sebesar 0.272°C . penggunaan PID dengan parameter tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan PID controller sangat berpengaruh terhadap kinerja kestabilan sistem .

SUMMARY

IMPLEMENTATION OF PID CONTROLLER IN HEATING WATER IN MILK PASTEURIZATION APPLICATIONS. Taufik Kurniawan, 101910101006; 2014; page; Department of Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Jember University.

Automatic control has a very important role in the development of science and technology. automatic control has become an important and integrated part of the processes in plants and modern industry. In the dairy processing industry, automatic control engineering is also needed to improve the quality and the lower cost of milk production. One was in the process of pasteurization of milk. Controlling the water heater using PID control can make the error steady state value is close to zero. The purpose of this water heater setting is to set the hot fluid that used to heat the product in heat exchanger so it can adjust the set point that has been set to the output temperature of the product.

Making Plant milk pasteurization is done in the Energy Conversion Laboratory Department of Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Jember University. For Testing Operational amplifiers'signal wave is done in Basic Laboratory, Department of Electrical Engineering, Engineering Faculty, Jember University. Entire Plant and testing conducted in Energy Conversion Laboratory Department of Mechanical Engineering, Engineering Faculty, Jember University. The observation and experimental have done from April to September 2014. Variables used variations of setpoint change 1 volt, 3 volts and 5 volts. While the observed parameter is the output error steady state value of the use of the PID.

From the analysis in the form of graphs in this research we can conclude that, plant or system that does not use the controller has an error steady state rate of 0.9°C and the error steady state of the output product is 0.88°C . the results of tuning parameters using the Ziegler-Nichols method s curve obtained value with K_p 4.4, T_i 6 and T_d 1.5 from the parameters output error steady state of plant products is 0.525°

C with setpoint input 1 volt. output error steady state of plant products is 0.36°C
with setpoint input 3 volts, output error steady state of plant products is 0.272°C
with setpoint input 5 volts. the use of the PID parameters can be concluded that the
use of a PID controller is very influential on the performance of the system stability.

PRAKATA

Segala puji dan syukur kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Penerapan PID Controller Pada Pemanas Air Dalam Aplikasi Pasteurisasi Susu*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua saya Bapak Abdul Rahman Hidayat dan Ibu Murwaningsih yang telah memberi semangat serta doa.
2. Bapak Aris Zainul Muttaqin, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I, dan Bapak Ir. Digdo Listyadi M. M.sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatiannya dalam penulisan skripsi ini.
3. Bapak Andi Sanata, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I dan Bapak Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T. selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan saran dan kritik dalam penulisan skripsi ini.
4. Adikku Kurniya Wahyulaili.
5. Rr. Intan januarti sebagai Teman yang memberi semangat serta motivasi.
6. Teman-teman kontrakan JongMadura dan teman-teman Mech X yang telah membantu dalam penelitian skripsi ini “Heru, Abi, Fazlur, Firman, Aang, Taufik, Erieq, Nuril, Ubet, Adeva, Yohanes, Ryan, Reyhan, Riko, fiky, Andi, Wahyu, Wawan,”
7. Semua teman-teman Teknik Mesin, khususnya Teknik Mesin 2010 (Mech-X) “*Solidarity Forever*”

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 17 Oktober 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER.....	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN.....	v
HALAMAN BIMBINGAN	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Heat Exchanger	5
2.2 Shell and Tube Heat Exchanger	9
2.3 Perhitungan Perpindahan Panas	13
2.3.1 Neraca enthalphi dalam penukar panas	13

2.3.2 Koefisien perpindahan panas menyeluruh (<i>U</i>)	14
2.4 Ball Valve	15
2.5 Sistem kontrol.....	16
2.5.1 Sistem kontrol <i>loop</i> tertutup (<i>Closed-Loop Kontrol Sistem</i>).....	18
2.5.2 Fungsi Alih	20
2.5.3 Diagram Blok.....	22
2.5.4 Kontrol PID.....	27
2.5.5 Sistem Sistem Thermal	29
2.6 Hipotesa penelitian	34
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	35
3.1 Metodologi Penelitian	35
3.2 Waktu dan Tempat	35
3.3 Alat dan Bahan	35
3.3.1 Alat.....	35
3.3.2 Bahan	36
3.4 Prosedur dan Langkah-langkah Penelitian	36
3.4.1 Penyusunan alat penelitian dan persiapan pengujian awal	36
3.4.2 Data dan hasil Pengujian Plant secara keseluruhan	45
3.5 Flow Chart Penelitian	47
3.6 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	49
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50
4.1 Hasil pengujian plant pasteurisasi tanpa sistem kontrol.....	50
4.1.1 Hasil pengujian pemanas air	50
4.1.2 Efektifitas Heat Exchanger	52
4.2 Hasil pengujian dari sistem kontrol.....	54
4.2.1 P.I.D (Propotional, Integrator,Derivative)	54
4.2.2 Pengujian Sensor suhu LM35DZ.....	61
4.3 Pengujian Plant dengan menggunakan sistem kontrol	62

4.3.1. Penalaan parameter PID metode zieger-nichols	62
4.3.2. Identifikasi fungsi alih	66
4.3.3 Pengujian Plan dengan menggunakan hasil tuning PID	73
4.3.4 Pengujian Plant Pasteurisasi susu dengan setpoint produk 50°C	77
4.4 Perbandingan nilai error	78
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	80
5.1 Kesimpulan.....	80
5.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA	84
LAMPIRAN DATA DAN PERHITUNGAN.....	85
LAMPIRAN DOKUMENTASI.....	94

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Aturan aljabar diagram blok	26
3.1 pengujian awal tanpa system kontroller	44
3.2 pengujian dengan masukan produk	44
3.3 Suhu keluaran tanpa PID kontroller	45
3.4 suhu keluaran dengan PID controller set point 3 volt dan 5 volt	46
3.5 pengujian dengan masukan produk menggunakan PID	46
4.1 nilai error yang dihasilkan plan tanpa sistem kontrol	51
4.2 suhu masukan dan keluaran pada heat exchanger tipe shell and tube	53
4.3 hasil pengujian penguatan op-amp proposional dengan penguatan 1	55
4.4 Pengujian sensor suhu Lm35dz	62
4.5 Tabel error tanggapan plan dengan masukan sebesar 0 sampai 1 volt	64
4.6 Tanggapan peralihan sistem dengan pengaturan katup	65
4.7 Tabel rumus kurva s Ziegler-nichols	66
4.8 Tabel error tanggapan plan dengan PID dengan masukan 3 volt	75
4.9 Tabel error tanggapan plan dengan PID dengan masukan 5volt	76
4.10 nilai error produk dengan set point 50°C	77

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Profil temperatur pada aliran <i>counter current</i>	7
2.2 Profil temperatur pada aliran <i>co-current</i>	8
2.3 Aliran silang (<i>crosss flow</i>)	8
2.4 <i>Heat Excahnger Tipe Shell and Tube</i>	9
2.5 Macam rangkaian pipa <i>tube</i> pada <i>Heat Exchanger tipe shell and Tube</i>	10
2.6 Tipe-tipe desain <i>Front-End Head, Shell, dan Rear-End Head</i>	11
2.7 <i>baffle</i>	12
2.8 Gradien suhu pada konveksi paksa	15
2.9 <i>Ball valve</i>	16
2.10 Kontrol <i>loop</i> tertutup.....	19
2.11 Kontrol <i>loop</i> tertutup pendingin udara.....	20
2.12 Diagram blok.....	22
2.13 titik penjumlahan.....	23
2.14 Sistem loop tertutup dari blok diagram.....	24
2.15 Panel muka dari sebuah pengontrol	27
2.16 (a) sistem thermal (b) diagram blok sistem.....	33
3.1 Sketsa Heat Exchanger yang akan digunakan.....	36

3.2 Sketsa Plant yang akan dirancang	37
3.3 Rangkaian Op-amp Komparator	38
3.4 Rangkaian op-amp proposional.....	39
3.5 Rangkaian op-amp integrator	39
3.6 Rangkaian op-amp differensiator	40
3.7 Rangkaian Op-amp Adder	40
3.8 Rangkaian multivibrator Astable	41
3.9 Struktur Rangkaian multivibrator Monostable.....	41
3.10 Rangkaian driver dengan beban AC	42
3.11 skema rangkaian controller	42
3.12 Plant pasteurisasi.....	43
4.1 Grafik perubahan suhu pemanas air tanpa controller.....	50
4.2 Grafik aktifitas perpindahan panas pada heat Exchanger	53
4.3 Profil temperatur aliran <i>counter current</i> produk.....	54
4.4 Rangkaian op-amp proposional.....	55
4.5 simulasi rangkaian op-amp proposional dengan software proteus	56
4.6 Hasil pengujian op-amp proposional dengan osiloskop.....	56
4.7 Rangkaian op-amp integrator	57
4.8 simulasi rangkaian op-amp integrator dengan software proteus.....	58

4.9 Hasil pengujian op-amp integrator dengan osiloskop.....	58
4.10 Rangkaian op-amp differensiator	59
4.11 simulasi rangkaian op-amp differensiator software proteus	59
4.12 Hasil pengujian op-amp differensiator dengan osiloskop.....	60
4.13 Rangkaian Op-amp Komparator	61
4.14 Rangkaian Op-amp Adder.....	61
4.15 Grafik tanggapan plan menggunakan kontroller masukan sebesar 1v	63
4.16 kurva tanggapan peralihan sistem (kurva s).....	65
4.17 Diagram fungsi alih sistem	66
4.18 Diagram fungsi alih Plan pemanas dengan kontrol PID	69
4.19 simulasi fungsi alih hasil pemodelan sistem menggunakan matlab.....	70
4.20 Grafik respon fungsi alih hasil pemodelan sistem dengan matlab.....	70
4.21 simulasi fungsi alih hasil identifikasi respon sistem menggunakan matlab..	72
4.22 respon fungsi alih hasil identifikasi grafik respon sistem dengan matlab.....	72
4.23 Grafik tanggapan plan dengan controller PID dengan masukan 3v.....	74
4.23 Grafik respon sistem penggunaan kontrol PID dengan setpoint 67°C.....	76
4.25 Grafik Hasil Produk dengan penggunaan pengaturan PID	78