

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PERANCANGAN KONTROLER PID LEVEL *DEAERATOR* &
KONDENSOR PADA *STEAM POWER PLANT* BERBASIS
ALGORITMA GENETIKA**

Diajukan guna melengkapi sebagian syarat dalam mencapai
gelar Sarjana Strata Satu (S1)



Nama : Zaenal Abidin
N.I.M : 41419120222
Pembimbing : Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.Eng

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2021**

HALAMAN PENGESAHAN
PERANCANGAN KONTROLER PID LEVEL *DEAERATOR* &
KONDENSOR PADA *STEAM POWER PLANT* BERBASIS ALGORITMA
GENETIKA



Disusun Oleh:

Nama : Zaenal Abidin
N.I.M : 41419120222
Program Studi : Teknik Elektro

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

(Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.Eng)

Kaprodi Teknik Elektro

(Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.Eng)

Koordinator Tugas Akhir

(Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, ST., M.Sc)

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Zaenal Abidin
NIM : 41419120222
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Judul Tugas Akhir : Perancangan Kontroler PID Level *Decerator* dan Kondensor pada *Steam Power Plant* Berbasis Algoritma Genetika

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Jakarta, 22 Juli 2021



10000
MERCU
TEMPEL
54480A,0C179430346

(Zaenal Abidin)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perancangan Kontroler PID Level *Deaerator* dan Kondensor pada *Steam Power Plant* Berbasis Algoritma Genetika” sebagai salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana Jakarta.

Izinkan penulis mengucapkan terima kasih atas support dan motivasi dari berbagai pihak diantaranya yaitu:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan do’a, support dan motivasinya hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.Eng selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta dan Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan terhadap penulis selama pembuatan Tugas akhir ini.
3. Seluruh dosen program studi Teknik Elektro Universitas Mercubuana kampus Warung Buncit, atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis.
4. Teman-teman kuliah program studi Teknik Elektro Universitas Mercubuana kampus Warung Buncit Reguler 2 atas motivasi dan kerjasamanya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun selalu kami harapkan demi kesempurnaan makalah ini.

Jakarta, 7 Juli 2021

Penulis

ABSTRAK

Sistem air penambah pada PLTU bekerja dengan sirkulasi secara tertutup, akan tetapi didalam proses sirkulasinya terjadi kehilangan massa air yang antara lain disebabkan oleh adanya sistem *blowdown* untuk menjaga kualitas uap dan adanya kebocoran *minor* yang terjadi didalam sistem. Pada saat unit pembangkit beroperasi, temperatur fluida didalam *deaerator* berkisar 150 °C dengan tekanan 8 kg/cm², sedangkan temperatur air penambah berkisar 35- 36 °C, ketika dua fluida dengan deviasi temperatur yang besar bertemu, dapat berpotensi terjadinya *water hammer* dan *thermal stress* yang dapat menyebabkan kerusakan mekanis atau *catastrophic failure* pada *deaerator* dalam jangka panjang sehingga dapat mengurangi keandalan dan *life time* peralatan.

Sesuai *best practice*, sistem pengisian air dapat dialihkan ke *hotwell* dengan pertimbangan deviasi temperatur antara air kondensat dan air penambah tidak terlalu besar sehingga dapat meminimalisir *water hammer*. Proses aliran fluida dalam *condensate water system* bersifat *non-linier*, sehingga diperlukan pengendali yang handal dan *robust* dalam mengatur ketinggian air di *deaerator* dan kondensor. Kendali PID memiliki kelemahan terkait tuning dalam penentuan nilai parameter K_p, K_i dan K_d yang dilakukan secara manual, *trial and error* sehingga memakan waktu dan membutuhkan pengalaman agar diperoleh performansi sistem yang optimal. Untuk itu, perlu dilakukan optimasi penalaan kontroler PID untuk mendapatkan konstanta K_p, K_i dan K_d yang optimal dengan metode algoritma genetika guna memenuhi spesifikasi kontrol yang diinginkan.

Berdasarkan metode osilasi Ziegler-Nichols, untuk pengendali level deaerator didapatkan konstanta K_p = 53,8, K_i = 21,4 dan K_d = 33,9, menghasilkan *maximum overshoot* sebesar 18,1%, *rise time* sebesar 1150 detik, *error steady-state* sebesar 0,3, sedangkan untuk pengendali level *hotwell* didapatkan konstanta K_p = 28,2, K_i = 8,7 dan K_d = 22,8, menghasilkan *maximum overshoot* sebesar 25,7%, *rise time* sebesar 1120 detik dan *error steady-state* sebesar 0,07. Hasil optimasi algoritma genetika untuk PID pengendalian level deaerator, didapatkan konstanta K_p = 97,3, K_i = 15,6 dan K_d = 63,1 dengan *fitness overshoot* sebesar 2,1%, *rise time* sebesar 1190 detik dan *error steady-state* sebesar 0,01 untuk PID pengendalian level deaerator. Sedangkan untuk PID pengendalian level *hotwell* didapatkan konstanta K_p = 94,2 ; K_i = 20,7 dan K_d = 71,5 dengan *maximum overshoot* sebesar 1,6%, *rise time* sebesar 1218 detik dan *error steady-state* sebesar 0,001. Penalaan PID dengan algoritma genetika menghasilkan *overshoot* dan *setling time* yang lebih cepat dibandingkan dengan metode osilasi Ziegler-Nichols, akan tetapi memiliki *rise time* yang lebih lambat. Untuk *error steady-state* kedua metode tersebut menghasilkan nilai <1% sehingga memenuhi syarat untuk pengontrolan sistem yang baik.

Kata Kunci : PID, Algoritma Genetika, overshoot, rise time, error steady-state

ABSTRACT

Make-up water system in the steam power plant works with closed circulation, but the circulation there is a loss of water mass which is partly caused by the blowdown system to maintain the steam quality and minor leakage that occur in the system. At the time of operation, the temperature of the fluid in the deaerator is around 150 °C with a pressure 8 kg/cm², meanwhile the temperature of the adding water is around 35-36 °C, when two fluids with large temperature deviations mixed, there can be potential for water hammer and thermal stress that can cause mechanical damage or catastrophic failure of the deaerator in the long term so that it can reduce the reliability and life time of the equipment.

According to best practice, the make-up water system must be able to transfer to the hotwell with consideration of the temperature deviation between the condensate water and the addition water not being too large so that it can minimize water hammer. The process of fluid flow in the condensate water system is non-linear, so a reliable and robust controller is needed in regulating the water level in the deaerator and condenser. PID control has weaknesses related to tuning in determining the parameter values of K_p, K_i and K_d which is done manually, trial and error so that it takes time and requires experience in order to obtain optimal system performance. For this reason, it is necessary to optimize the PID controller tuning to obtain optimal K_p, K_i and K_d constants with genetic algorithms to fulfill the desired control specifications.

Based on the Ziegler-Nichols oscillation method, for the deaerator level controller, the constant K_p = 53,8, K_i = 21,4 and K_d = 33,9, obtained an overshoot 18.1%, rise time 1150 seconds, steady-state error 0,3, meanwhile for the hotwell level controller the constant K_p = 97,3, K_i = 15,6 and K_d = 63,1, resulting maximum overshoot 25.7%, rise time 1120 seconds and steady-state error 0.07. The results of the genetic algorithm optimization for PID deaerator level control, obtained constant K_p = 97.3, K_i = 15.6 and K_d = 63.1 with fitness overshoot 2.1%, rise time 1190 seconds and steady-state error 0.01 for PID deaerator level control. Meanwhile, for hotwell level control PID, the limit constant K_p = 94.2, K_i = 20.7 and K_d = 71.5 with fitness overshoot 1.6%, rise time 1218 seconds and steady-state error 0.001. PID tuning with genetic algorithm produces faster overshoot and setting time than Ziegler-Nichols oscillation method, but has a slower rise time. For steady-state error both methods produce a value of <1% so that it meets the requirements for control system.

Keywords : PID, Genetic algorithm, overshoot, rise time, error steady-state

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II	7
LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 <i>Condensate Water System</i>	9
2.2.1 <i>Deaerator</i>	10
2.2.2 Kondensor	12
2.3 <i>Make-Up Water System</i>	13
2.4 <i>Proportional Integral Derivative (PID)</i>	14
2.5 Algoritma Genetika	18
2.6 Perangkat Lunak.....	21
2.6.1 Python	21
2.6.2 LabView	21

BAB III.....	23
PERANCANGAN SISTEM	23
3.1 Diagram Alir.....	23
3.2 Permodelan Sistem Pengaturan Level Deaerator dan Kondensor.....	25
3.2.1 Permodelan Matematis Tangki	26
3.2.2 Permodelan Level Transmitter.....	32
3.2.3 Permodelan Matematis <i>Control Valve</i>	34
3.3 Perancangan Kontroler PID.....	37
3.4 Perancangan Kontroler PID dengan Optimasi Algoritma Genetika.....	43
3.5 Perancangan <i>Human Machine Interface</i> (HMI).....	50
BAB IV	53
HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Pengujian Sistem <i>Open Loop</i>	53
4.2 Pengujian Sistem <i>Close Loop</i> dengan Variasi Konstanta PID	54
4.2.1 Variasi Konstanta K_p (<i>Proportional Gain</i>).....	55
4.2.2 Variasi Konstanta K_i (<i>Integral Gain</i>).....	56
4.2.3 Variasi Konstanta K_d (<i>Derivative Gain</i>).....	58
4.3 Pengujian Sistem Kontroler PID dengan Metode Ziegler-Nichols	60
4.4 Pengujian Sistem dengan Optimasi Penalaan Algoritma Genetika.....	61
4.5 Perbandingan Metode Ziegler-Nichols dengan Algoritma Genetika	65
4.6 Pengujian Sistem dengan <i>Disturbances</i>	67
4.6.1 Perubahan <i>setpoint</i>	67
4.6.2 Uji Perubahan Parameter <i>Plant</i>	69
BAB V.....	73
PENUTUP.....	73
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem air utama pada PLTU	9
Gambar 2.2 (a) Bagian utama <i>deaerator</i> , (b) <i>Deaerator</i> pada PLTU NTB (Munarto, 2014)	11
Gambar 2.3 Bagian kondensor (PLN Corporate University).....	12
Gambar 2.4 Sistem terkontrol PID close loop	15
Gambar 2.5 Kurva karakteristik respon	16
Gambar 2.6 Istilah dalam Algoritma Genetika	18
Gambar 2.7 Tampilan <i>Front Panel</i> dan <i>Block Diagram</i> pada LabView	22
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	24
Gambar 3.2 Ilustrasi Pendekatan Permodelan Kondensor	26
Gambar 3.3 Ilustrasi Pendekatan Permodelan Deaerator.....	30
Gambar 3.4 Pendekatan model sisi tabung deaerator	30
Gambar 3.5 Diagram instalasi deaerator, (a) Tampak depan, (b) Tampak samping	31
Gambar 3.6 Perancangan Sistem Pengendalian Level pada Deaerator dan Kondensor	38
Gambar 3.7 Diagram Blok Pengendali Level Tangki Deaerator	38
Gambar 3.8 Diagram Blok Pengendali Level Tangki Kondensor	38
Gambar 3.9 Diagram Blok Pengaturan Level Deaerator dengan PID-GA	44
Gambar 3.10 Diagram Blok Pengaturan Level Kondensor dengan PID-GA	44
Gambar 3.11 Blok Diagram Kendali PID-GA.....	45
Gambar 3.12 Tampilan HMI Kendali Level Deaerator dan Kondensor	50
Gambar 3.13 Diagram Blok Kendali Level Deaerator.....	51
Gambar 3.14 Diagram Blok Kendali Level Kondensor.....	51
Gambar 3.15 Integrasi Labview dan Python untuk Fungsi Dearator	52
Gambar 3.16 Integrasi Labview dan Python untuk Fungsi Kondensor	52
Gambar 4.1 Respon Open Loop pada Kontrol Level Deaerator	53
Gambar 4.2 Respon Open Loop pada Kontrol Level Kondensor	54
Gambar 4.3 Respon Plant dengan Variasi K_p pada Kontrol Level Deaerator.....	55
Gambar 4.4 Respon Plant dengan Variasi K_p pada Kontrol Level Kondensor	56
Gambar 4.5 Respon Plant dengan Variasi K_i pada Kontrol Level Deaerator	57
Gambar 4.6 Respon Plant dengan Variasi K_i pada Kontrol Level Kondensor	57
Gambar 4.7 Respon Plant dengan Variasi K_d pada Kontrol Level Deaerator	58
Gambar 4.8 Respon Plant dengan Variasi K_d pada Kontrol Level Kondensor	59
Gambar 4.9 Respon Plant pada kendali level deaerator dengan tuning metode Ziegler-Nichols	60
Gambar 4.10 Respon Plant pada kendali level hotwell dengan tuning metode Ziegler-Nichols	61

Gambar 4.11 Respon Plant pada kendali level deaerator dengan optimasi algoritma genetika.....	64
Gambar 4.12 Respon Plant Hasil optimasi untuk level hotwell menggunakan GA	64
Gambar 4.13 Perbandingan metode Ziegler-Nichols dengan Algoritma Genetika untuk Pengendali Level Deaerator	65
Gambar 4.14 Perbandingan metode Ziegler-Nichols dengan Algoritma Genetika untuk Pengendali Level Hotwell	66
Gambar 4.15 Respon Plant terhadap tracking setpoint untuk deaerator	68
Gambar 4.16 Respon Plant terhadap tracking setpoint untuk hotwell	69
Gambar 4.17 Respon Plant terhadap perubahan parameter Plant untuk deaerator	70
Gambar 4.18 Respon Plant terhadap perubahan parameter Plant untuk hotwell..	70
Gambar 4.19 Respon Plant terhadap blowdown dan leakage pada deaerator.....	71
Gambar 4.20 Respon Plant terhadap blowdown dan leakage pada hotwell	72



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perubahan parameter Kp, Ki dan Kd terhadap Tanggapan Respon Sistem.....	17
Tabel 3.1 Spesifikasi dan Parameter Operasi Kondensor	28
Tabel 3.2 Spesifikasi dan Parameter Operasi Deaerator	31
Tabel 3.3 Spesifikasi level transmitter deaerator dan kondensor.....	33
Tabel 3.4 Penalaan paramater PID dengan metode osilasi	43
Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Konstanta PID dengan metode Ziegler-Nichols.....	43
Tabel 4.1 Optimasi kriteria algoritma generika dengan beberapa variasi populasi, generasi dan random mutasi pada kontrol level air deaerator.....	62
Tabel 4.2 Optimasi kriteria algoritma generika dengan beberapa variasi populasi, generasi dan random mutasi pada kontrol level air hotwell.....	63
Tabel 4.3 Karakteristik sistem untuk pengendali Level Deaerator	66
Tabel 4.4 Karakteristik sistem untuk pengendali Level Hotwel	67



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan
PLTU	Pusat Listrik Tenaga Uap
CCV	<i>Condensate Water Control Valve</i>
MCV	<i>Make Up Water Control Valve</i>
PID	<i>Proportional Integral Derivative</i>
LPH	<i>Low Pressure Heater</i>
HPH	<i>High Pressure Heater</i>
BFP	<i>Boiler Feed Pump</i>
LT	<i>Level Transmitter</i>
MWT	<i>Make Up Water Tank</i>
DCS	<i>Distributed Control System</i>
GA	<i>Genetic Algorithm</i>
PV	<i>Process Variable</i>
MV	<i>Manipulated Variable</i>
MWSV	<i>Make up Water Supply Valve</i>

MERCU BUANA