

DAFTAR ISI

SKRIPSI	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASME	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN TUGAS	iv
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xvi
INTISARI	xix
ABSTRACT	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Perumusan Masalah	4
I.3. Tujuan	5
I.4. Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
BAB III DASAR TEORI.....	11
III.1 Pembentukan Uap.....	11
III.2 Proses <i>Minipower Plant</i> dan Siklus Sederhana <i>Rankine</i>	12
III. 3 <i>Boiler</i>	13
III.4 Hukum Pertama Termodinamika.....	16
III.5 Pengendalian Proses.....	18
III.6 <i>Sensing Element</i>	19
III.7 <i>Final Element</i>	23
III.8 Analisis Sistem Kendali.....	25
III. 9 Pengendalian PID.....	27
III.10 <i>Routh Hurwitz</i>	31

III.11 Metode Tuning	33
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN	34
IV.1 Alat Penelitian.....	34
IV.2 Bahan Penelitian.....	34
IV.3 Tata Laksana Penelitian.....	35
IV.3.1 Studi Literatur.....	35
IV.3.2 Pemahaman Sistem.....	37
IV.3.3 Menyusun Pemodelan Sistem.....	37
IV.3.4 Penentuan Arsitektur Desain.....	38
IV.3.5 Simulasi Sistem dengan Pengendali Secara Keseluruhan.....	37
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	40
V.1 Sistem <i>Steam Drum Boiler</i>	40
V.2 Parameter Sistem.....	42
V.3 Penyusunan Blok Diagram.....	45
V.4 Pemodelan Sistem.....	47
V.4.1 Neraca Massa	47
V.4.2 Neraca Energi.....	50
V.4.3. Pemilihan <i>Sensing Element</i>	53
V.4.4. Pemilihan <i>Final Element</i>	55
V.4.5 Diagram Blok Keseluruhan.....	58
V.5 Desain Sistem Pengendalian.....	59
V.5.1 Sistem Pengendalian Level <i>Steam Drum</i>	59
V.5.1.1 Analisis Sistem Pengendalian Level Ketinggian <i>Steam Drum</i>	59
V.5.1.2 Desain Sistem Kendali Menggunakan <i>Root Locus</i>	61
V.5.1.3 Tuntutan Desain.....	63
V.5.1.4 Desain Sistem menggunakan <i>Ziegler Nichols II</i>	64
V.5.2 Sistem Pengendalian Kualitas Uap <i>Steam Drum Boiler</i>	67
V.5.2.1 Analisis Sistem Pengendalian Kualitas Uap <i>Steam Drum Boiler</i>	67
V.5.2.2 Desain Sistem Kendali menggunakan <i>Root Locus</i>	71

V.5.2.3 Tuntutan Desain.....	73
V.5.1.4 Desain Sistem menggunakan <i>Ziegler Nichols II</i>	73
V.6 Simulasi Secara Keseluruhan.....	77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	80
VI.1. Kesimpulan	80
VI.2. Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN A.....	83
LAMPIRAN B.....	88
LAMPIRAN C.....	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Penelitian sebelumnya mengenai <i>minipower plant</i> dan metode yang digunakan.....	8
Tabel 3.1	Hubungan antara masukan, tipe sistem, konstanta kesalahan statis, dan kesalahan keadaan tunak.....	25
Tabel 3.2	Tabel Routh Hurwitz.....	31
Tabel 3.3	Parameter pengendali dengan Metode Ziegler Nichols II.....	33
Tabel 5.1	Spesifikasi sistem <i>steam drum boiler</i> pada Tugas Akhir.....	43
Tabel 5.2	Data sifat air umpan <i>subcooled</i> dengan tekanan 4 bar dan suhu 55°C	43
Tabel 5.3	Data sifat uap saturasi dengan tekanan 4 bar dan suhu 143,6 °C	44
Tabel 5.4	Laju aliran massa dan laju kalor dalam keadaan tunak.....	44
Tabel 5.5	Spesifikasi <i>Level Transmitter</i> 3051C	54
Tabel 5.6	Spesifikasi Transmitter Densitas 7847.....	55
Tabel 5.7	Karakteristik <i>flanged angle valve</i>	56
Tabel 5.8	Karakteristik <i>globe valve</i>	57
Tabel 5.9	Tabel Routh Hurwitz untuk sistem pengendalian level.....	64
Tabel 5.10	Tabel Routh Hurwitz untuk sistem pengendalian kualitas.....	74
Tabel 5.11	Nilai parameter pengendalian sistem pengendalian <i>steam drum boiler</i>	77
Tabel 5.12	Data gain pengendalian sistem <i>steam drum boiler</i> dan <i>error</i> secara keseluruhan.....	79
Tabel 6.1	Karakteristik sistem pengendalian secara keseluruhan.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Skema alir dari <i>minipower plant</i>	2
Gambar 1.2	Proses pembentukan uap air di <i>steam drum</i>	3
Gambar 3.1	Proses pembangkitan skala kecil.....	12
Gambar 3.2	Skema <i>natural circulation</i> di <i>steam drum boiler</i>	15
Gambar 3.3	Diagram blok sistem pengendalian otomatis	18
Gambar 3.4	Diagram blok transfer fungsi gabungan komponen sensor dan <i>transmitter</i>	20
Gambar 3.5	Komponen dalam <i>control valve</i> pneumatik.....	23
Gambar 3.6	Karakteristik <i>control</i>	23
Gambar 3.7	Respon sistem orde dua <i>underdamped</i> ketika diberi masukan <i>step</i>	27
Gambar 3.8	Fungsi transfer lup terbuka	31
Gambar 3.9	Osilasi sempurna dengan Kcr dan periode osilasi Pcr.....	32
Gambar 4.1	Desain <i>steam drum boiler</i>	35
Gambar 4.2	Diagram alir perancangan sistem kendali level dan kualitas uap..	36
Gambar 5.1	Skema sistem <i>steam drum boiler</i>	40
Gambar 5.2	Diagram blok sistem pengendalian level di <i>steam drum boiler</i>	46
Gambar 5.3	Diagram blok sistem pengendalian di <i>steam drum boiler</i>	47
Gambar 5.4	Skema aliran massa pada <i>steam drum boiler</i>	47
Gambar 5.5	Bagian diagram blok yang berisi blok proses dan variabel beban pada pengendalian level.....	49
Gambar 5.6	Skema aliran energi <i>steam drum boiler</i>	50
Gambar 5.7	Bagian diagram blok yang berisi blok proses dan variabel beban pada pengendalian kualitas uap air.....	53
Gambar 5.8	Diagram blok keseluruhan dari sistem.....	58
Gambar 5.9	Respon plant sistem pengendalian level <i>steam drum</i> kalang terbuka dengan penambahan beban \dot{m}_s	60
Gambar 5.10	Respon plant sistem pengendalian level <i>steam drum</i> kalang terbuka dengan penambahan beban x.....	60

Gambar 5.11	Sistem pengendalian level ketinggian <i>steam drum</i> dengan beban keseluruhan kalang terbuka.....	61
Gambar 5.12	Diagram blok sistem kendali level menggunakan pengendali K....	61
Gambar 5.13	Kedudukan akar akar sistem pengendalian level dengan kalang terbuka.....	62
Gambar 5.14	Respon sistem pengendalian dengan gain proporsional K 4,863...	63
Gambar 5.15	Respon sistem dengan pengendali proporsional ,masukan step, tanpa gangguan, dan K = 225.....	65
Gambar 5.16	Respon sistem pengendalian level dengan pengendalian PI.....	66
Gambar 5.17	Respon sistem pengendalian level dengan tuning PI.....	67
Gambar 5.18	Respon <i>plant</i> sistem pengendalian kualitas uap air di <i>steam drum</i> kalang terbuka dengan penambahan beban \dot{m}_F	68
Gambar 5.19	Respon <i>plant</i> sistem pengendalian kualitas uap air di <i>steam drum</i> kalang terbuka dengan penambahan beban \dot{m}_S	69
Gambar 5.20	Respon <i>plant</i> sistem pengendalian kualitas uap air di steamdrum kalang terbuka dengan penambahan beban z	70
Gambar 5.21	Sistem pengendalian kualitas uap <i>steamdrum</i> dengan beban keseluruhan kalang terbuka.....	70
Gambar 5.22	Diagram blok sistem kendali kualitas uap menggunakan pengendali K.....	71
Gambar 5.23	Kedudukan akar akar sistem pengendalian level dengan kalang terbuka.....	72
Gambar 5.24	Respon sistem pengendalian dengan gain proporsional K sebesar 6.....	72
Gambar 5.25	Respon sistem pengendalian kualitas uap dengan dengan masukan step dan tanpa gangguan dengan K=1125.....	74
Gambar 5.26	Respon sistem pengendalian kualitas uap air dengan pengendalian PI.....	75
Gambar 5.27	Respon sistem pengendalian kualitas uap manual tuning.....	76
Gambar 5.28	Respon sistem pengendalian level dan kualitas uap dengan simulasi keseluruhan.....	77

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang	Singkatan	Satuan
\dot{M}_F	laju massa umpan air (<i>feedwater</i>) <i>steady</i>	kg/s
\dot{m}_F	perubahan laju massa umpan air (<i>feedwater</i>)	kg/s
\dot{M}_S	laju massa uap <i>steady</i>	kg/s
\dot{m}_S	perubahan laju massa uap	kg/s
\dot{Q}	laju kalor yang dihasilkan burner <i>steady</i>	kJ/s
\dot{q}	perubahan laju kalor yang dihasilkan burner	kJ/s
\dot{M}_U	laju massa udara <i>steady</i>	kg/s
\dot{m}_U	perubahan laju massa udara	kg/s
Z	ketinggian <i>steam drum</i> <i>steady</i>	m
z	perubahan ketinggian <i>steam drum</i>	m
X	kualitas uap air	-
x	perubahan kualitas uap	-
M_{SISTEM}	massa dalam sistem	kg
E_{SISTEM}	energi di dalam sistem	kJ
EP	energi potensial	kJ
EK	energi kinetik	kJ
FE	<i>flow energy</i>	kJ
U	energi dalam	kJ
H	entalpi	kJ
\dot{M}_{IN}	laju massa masuk	kg/s
\dot{M}_{OUT}	laju massa keluar	kg/s
\dot{E}_{IN}	laju energi masuk	kJ/s
\dot{E}_{OUT}	laju energi keluar	kJ/s
S	entropi	kJ/kg
u	energi dalam spesifik	kJ/kg
h	entalpi spesifik	kJ/kg

s	entropi spesifik	kJ/kg.K
c_p	<i>heat capacity</i>	kJ/kg.K
h_{camp}	entalpi spesifik campuran	kJ/kg
h_L	entalpi spesifik liquid saturasi	kJ/kg
h_v	entalpi spesifik vapor saturasi	kJ/kg
P	tekanan	atm
V	volume	m^3
v	volume spesifik	m^3/kg
K_p	gain proporsional	-
K_I	gain integral	-
K_d	gain diferensial	-
K_{cr}	gain kritis	-
T_i	waktu integral	sekon
T_d	waktu derivatif	sekon
P_{cr}	periode kritis	$1/\text{sekon}$
G_v	fungsi transfer <i>valve</i>	-
G_p	fungsi transfer <i>plant</i>	-
H_s	fungsi transfer sensor	-
G_c	fungsi transfer kontroler	-
L	panjang <i>drum</i>	m
$\bar{\rho}$	densitas rata-rata	kg/m^3
ρ_v	densitas vapor	kg/m^3
ρ_L	densitas liquid	kg/m^3

Singkatan	Kepanjangan
MVA	Mega Volt Ampere
KMS	Kilo Meter Sirkit
SNI	Standar Nasional Indonesia