

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN TUGAS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN.....	xiii
INTISARI.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Perumusan Masalah.....	5
I.3 Tujuan Penelitian.....	5
I.4 Batasan Masalah.....	6
I.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
BAB III DASAR TEORI.....	11
III.1 Tangki Penampungan LNG.....	11
III.2 Sistem Penukar Kalor <i>Condenser</i>	13
III.2.1 <i>Film Condensation</i> [11].....	13
III.2.2 <i>Nucleate Boiling</i> (NB).....	15
III.3 Hukum Pertama Termodinamika[11].....	17
III.4 Elemen Pengukuran.....	18
III.5 Aktuator dan Elemen Pengendali Akhir.....	19
III.6 Teknik Kendali Otomatis.....	19
III.7 Desain Sistem Pengendalian.....	21
III.8 Pengendali PID.....	22
III.9 <i>Tuning</i> Pengendali.....	22

III.10 <i>Robustness</i> Sistem.....	26
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN.....	30
IV.1 Bahan dan Alat Penelitian.....	30
IV.2 Tata Laksana Penelitian.....	30
IV.2.1 Studi Literatur.....	30
IV.2.2 Pemodelan Sistem.....	31
IV.2.3 Menyusun Diagram Blok Sistem Pengendalian.....	31
IV.2.4 Penentuan Parameter Kendali.....	31
IV.2.5 Simulasi Sistem.....	32
BAB V PEMBAHASAN.....	34
V.1 Pemodelan Sistem.....	34
V.1.1 Sistem Pengendalian Tekanan.....	34
V.1.2 Sistem Pengendalian Level.....	41
V.1.3 Parameter Proses.....	44
V.2 Pemilihan Sensor dan Elemen Pengendali Akhir.....	47
V.2.1 Pemilihan Sensor.....	47
V.2.2 Pemilihan Elemen Pengendali Akhir.....	50
V.3 Penyusunan Diagram Blok Sistem Pengendalian.....	51
V.4 Penentuan Parameter Kendali PID.....	55
V.4.1 Tuntutan Desain.....	55
V.4.2 <i>Tuning</i> PID.....	55
V.4.3 <i>Robustness</i> Sistem.....	60
V.5 Simulasi Sistem Pengendalian.....	63
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
VI.1 Kesimpulan.....	71
VI.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN A.....	76
A.1 Neraca Massa.....	79
A.2 Neraca Energi.....	80
A.3 Kondisi Tunak.....	82
LAMPIRAN B.....	85
B.1 Desain <i>Condenser</i>	87

B.2 Neraca Massa.....	90
B.3 Neraca Energi.....	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terkait.....	8
Tabel 5.1 Karakteristik Tangki Penampungan LNG Tipe <i>Full Containment</i>	45
Tabel 5.2 Karakteristik <i>Condenser</i> Tipe Permukaan.....	45
Tabel 5.3 Properti Metana Jenuh ($M_r = 16,04$ gr/mol) di Dalam Tangki Penampungan.....	46
Tabel 5.4 Properti Metana Jenuh ($M_r = 16,04$ gr/mol) di Dalam Condenser.....	46
Tabel 5.5 Properti Nitrogen Jenuh di Dalam Tube.....	47
Tabel 5.6 Spesifikasi Umpan Balik pada Sistem Pengendalian Tekanan ABP 250MG.....	49
Tabel 5.7 Spesifikasi Umpan Balik pada Sistem Pengendalian Level STD720.....	49
Tabel 5.8 Spesifikasi Katup Kendali.....	51
Tabel 5.9 Perhitungan Periode Kritis dan Gain Kritis.....	56
Tabel 5.10 Metode <i>Direct Synthesis</i>	57
Tabel 5.11 Parameter PID dan Performasi Sistem di Domain Frekuensi.....	61
Tabel 5.12 Performasi Sistem Pengendalian di Domain Waktu.....	70
Tabel A.1 Perhitungan Resistansi Termal (K/W) dengan Level Liquid 34,9 m dan Level BOG 1,1 m.....	83
Tabel A.2 Kenaikan Laju Evaporasi.....	84

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alokasi gas bumi tahun 2012[1].....	2
Gambar 1.2 Konsumsi energi per sektor[1].....	3
Gambar 1.3 Rantai suplai LNG dan sumber <i>boil-off</i> [4].....	4
Gambar 3.1 Diagram kompresibilitas yang digeneralisasi, $P_R \leq 1$. Sumber: E. F. Obert, <i>Concepts of Thermodynamics</i> , Mcgraw-Hill, New York, 1960.[10].....	12
Gambar 3.2 <i>Film condensation</i> pada tier vertikal dari pipa horizontal[11].....	14
Gambar 3.3 <i>Boiling curve</i> untuk nitrogen[13].....	16
Gambar 3.4 Diagram blok dengan umpan balik.....	24
Gambar 3.5 <i>Root Locus</i> [27].....	25
Gambar 3.6 Tiga kemungkinan respon dari dinamika sistem karena adanya gangguan: (a) berproses ke keadaan tunak (b) meningkat secara eksponensial dan tak terbatas (c) berosilasi secara tak terbatas dengan amplitudo tetap[21].....	27
Gambar 3.7 Diagram Bode[27].....	29
Gambar 4.1 Diagram alir tata laksana penelitian.....	33
Gambar 5.1 Skematik tangki penampungan LNG.....	34
Gambar 5.2 Diagram blok proses tekanan di tangki penampungan.....	41
Gambar 5.3 Skematik <i>condenser</i>	41
Gambar 5.4 Diagram blok proses level di <i>condenser</i>	43
Gambar 5.5 Material dinding tangki penampungan LNG[3].....	44
Gambar 5.6 Posisi piezoresistor dan diafragma[33].....	48
Gambar 5.7 Diagram blok pengendalian proses tekanan di tangki penampungan.....	52
Gambar 5.8 Diagram blok pengendalian proses level di <i>condenser</i>	52

Gambar 5.9 Diagram blok sistem pengendalian keseluruhan.....	53
Gambar 5.10 P&ID sistem pengendalian.....	54
Gambar 5.11 <i>Root locus</i> sistem pengendalian tekanan.....	59
Gambar 5.12 <i>Root locus</i> sistem pengendalian level.....	60
Gambar 5.13 Sensitivitas terhadap gangguan beban (<i>load disturbance</i>) pada sistem pengendalian tekanan.....	62
Gambar 5.14 Sensitivitas terhadap gangguan beban (<i>load disturbance</i>) pada sistem pengendalian level.....	63
Gambar 5.15 Gangguan beban berupa perubahan temperatur lingkungan ($t_{lingkungan}$).....	64
Gambar 5.16 Respon sistem pengendalian tekanan terhadap masukan gangguan beban perubahan temperatur lingkungan dan perubahan laju evaporasi LNG serta BOG ke condenser	65
Gambar 5.17 Respon sistem pengendalian level terhadap masukan gangguan beban dari perubahan laju massa LNG dari condenser ke tangki untuk masing-masing metode <i>tuning</i> dan perubahan laju massa BOG dari tangki.....	66
Gambar 5.18 Skema blok diagram simulasi pada <i>Scilab</i> (tiap kalang terhubung pada satu metode <i>tuning</i> yang sama).....	67
Gambar 5.19 Respon perubahan laju aliran massa nitrogen.....	68
Gambar B.1 Desain <i>condenser</i>	87
Gambar B.2 Hubungan laju massa nitrogen dan laju kondensasi BOG secara matematis.....	90