

**PEMODELAN SIMULINK BOILER DRUM PADA ALAT BOILER
HEATING BATCHING CONTROL TRAINER (MODEL : SE 107)**



TUGAS AKHIR

Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan

Program Strata Satu Departemen Elektro Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Makassar

Oleh :

ILHAM MAULANA

D411 14 303

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021

LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN SIMULINK BOILER DRUM PADA ALAT BOILER HEATING BATCHING CONTROL TRAINER (MODEL : SE 107)

Disusun oleh :

ILHAM MAULANA

D411 14 303

*Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan
Program Strata Satu Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Makassar*

Disahkan oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof.Dr.Ir. H.Andani Achmad, M.T.

NIP. 19601231 198703 1 022

Ir. Christoforus Y, M.T.

NIP. 19600716 198702 1 002

Mengetahui,
Ketua Departemen Teknik Elektro

Dr.Eng.Ir. Dewiani, M.T.

NIP. 19691026 199412 2 001

ABSTRAK

Boiler Drum pada Alat Boiler Heating Batching Control Trainer (Model : Se 107) merupakan bagian paling penting untuk penelitian mengenai proses mengubah liquid dari air menjadi uap dan pengontrolan level boiler drum. Untuk mendukung penelitian tersebut maka perlu dilakukan pemodelan. Pada penelitian ini dilakukan pemodelan boiler drum dalam bentuk Simulink dengan menggunakan metode pengumpulan data berupa observasi dan studi literatur dan akan diuji dengan cara membandingkan dengan hasil pengambilan data pada alatnya. Hasil Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil simulasi Simulink untuk suhu dan tekanan sudah mirip dengan hasil pengambilan data pada alatnya dengan level pengujian boiler drum sebesar 30 cm, 40 cm, dan 50 cm. untuk simulasi Simulink pada pengontrolan level boiler drum didapatkan hasil yang sesuai teori.

Kata kunci : *boiler drum, alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107), Simulink, Suhu, Tekanan, Level, Pengontrolan level Boiler*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim. Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhanu wata'ala atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada junjungan kita Rasulullah sallallahu 'alaihi wasallam. Penyelesaian skripsi ini merupakan upaya penulis dalam memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis persembahkan skripsi sederhana ini agar menjadi sebuah kebanggaan bagi kedua orang tua. Kedua orang tua peneliti yang dengan setulus hati, keikhlasan jiwa, butiran doa dan keringat jerih payahnya dalam membesarkan dan mendidik ananda. Semoga kalian berdua selalu diberi umur panjang dan senantiasa dikaruniai kesehatan.

Skripsi ini berjudul *Pemodelan Simulink Boiler Drum pada Alat Boiler Heating Batching Control Treainer (MODEL : SE 107)*. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini mengalami berbagai kesulitan. Namun, berkat ketekunan dan usaha yang disertai doa, penulisan skripsi ini akhirnya dapat terselesaikan. Penyusunan skripsi ini juga tidak terlepas dari bantuan, dorongan, semangat, serta bimbingan dari berbagai pihak. Sehubungan dengan hal tersebut, penulis sewajarnya menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan saudara-saudara kami tercinta, serta seluruh keluarga atas segala doa, bantuan, nasehat, dan motivasinya.

2. Ibu **Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.**, selaku Ketua Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak **Dr. Ir. H. Rhiza S. Sadjad, MSEE** selaku kepala Lab Sistem Kendali dan Instrumentasi yang telah membimbing dan memfasilitasi kami selama pengerjaan skripsi ini mulai dari pengajuan proposal hingga sampai ke tahap ujian akhir.
4. Bapak **Prof.Dr. Ir.H.Andani Achmad, M.T.**, selaku pembimbing I dan bapak **Ir. Cristoforus Y, M.T.**, selaku Pembimbing II, terima kasih telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan, gagasan, serta ide-ide dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh dosen dan staf pengajar, serta pegawai Departemen Teknik Elektro atas segala ilmu, bantuan, dan kemudahan yang diberikan selama kami menempuh proses perkuliahan.
6. Seluruh rekan-rekan anggota “*LSKI*” yang memberi warna dalam pengerjaan skripsi ini.
7. Kepada saudara seperjuangan “*Rectifier 2014*” Departemen Teknik Elektro yang sejak pertama menginjakkan kaki di Universitas Hasanuddin hingga saat ini telah menjadi saudara bagi kami dengan keunikan tersendiri.
8. Kepada saudara Fajri Tawakkal Ali yang menjadi partner dalam pengerjaan TA pada tahap awal yang dimana menjadi masa sulit kami .

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini, oleh karena itu saran dan kritik dari semua pihak diharapkan untuk

kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat diterima sebagai sumbangan pikiran peneliti yang mendatangkan manfaat baik bagi penulis maupun pembacanya.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri, institusi pendidikan dan masyarakat luas.

Makassar, April 2021

Ilham Maulana

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xii
BAB IPENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5 Metode Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Alat Boiler heating batching control trainer (Model : Se 107)	6
2.1.1 Boiler	7
2.1.2 Differential Pressure Level Transmitter	8
2.1.3 Thermocouple Temperature Transmitter	11
2.1.4 Vortex Flowmeter Transmitter	12
2.1.5 Orifice Differential Pressure Transmitter	15
2.1.6 Global Type Valve	18
2.1.7 Solenoid Valve	20
2.1.8 Manual Valve	21
2.1.9 Pressure Transmitter	23
2.1.10 Pompa	24
2.1.11 Heater	25
2.1.12 Bourdon Tube	25
2.1.13 Thermometer Bimetal	27
2.2 PID Controller	28
2.2.1 Algoritma PID Controller	29
2.2.2 Ziegler–Nichols rules for tuning PID controller	30
2.3 Software MATLAB	34
2.3.1 Simulink	36

2.3.2 Pemodelan sistem dengan MATLAB Simulink	37
BAB III METODE PENELITIAN.....	38
3.1. Jenis dan Lokasi Penelitian	38
3.2. Sumber Data	38
3.3. Metode Pengumpulan Data	39
3.4 Diagram Alir Prosedur Penelitian	40
3.5 Perancangan Simulink Boiler pada Alat Boiler heating batching control trainer (Model : Se 107)	41
3.5.1 Tangki Preheater T-701	42
3.5.2 Tangki Boiler F-705.....	54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	67
4.1 Pengujian Suhu padaTangki preheater T-701	67
4.1.1 Hasil Pengambilan data suhu pada tangki preheater T-701 dari alatnya	67
4.1.2 Pengujian data suhu tangki preheater T-701 menggunakan Simulink .	69
4.2 Pengujian suhu pada tangki Boiler drum F-705.....	74
4.2.1 Hasil Pengambilan data suhu pada Tangki Boiler drum F-705 dari alatnya.....	74
4.2.2 Pengujian data suhu tangki Boiler drum F-705 menggunakan Simulink	76
4.3 Pengujian data tekanan uap yang dihasilkan tangki Boiler drum F-705.....	81
4.3.1 Hasil Pengambilan data tekanan uap tangki boiler drum F-705 dari alatnya.....	81
4.3.2 Pengujian data tekanan uap pada tangki boiler drum F-705 menggunakan simulink	86
4.2.4 Pengontrolan Level Pada Tangki Boiler F-705	96
BAB V PENUTUP.....	103
5.1 Kesimpulan.....	103
5.2. Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alat Boiler heating batching control trainer (Model : Se 107)	6
Gambar 2.2 Boiler pada Alat Boiler heating batching control trainer (Model : Se 107)	7
Gambar 2.3 Differential Pressure Level Transmitter	8
Gambar 2.4 Port Differential Pressure Level Transmitter	9
Gambar 2.5 Pengukuran Perbedaan Pressure yang dibaca oleh <i>Capasitive Sensor</i> dan dikonversi oleh Transmitter ke Output 4-20 mA.	9
Gambar 2.6 Thermocouple Temperature Transmitter	11
Gambar 2.7 Typical Rangkaian Thermocouple	12
Gambar 2.8 Vortex Flowmeter Transmitter.....	12
Gambar 2.9 Prinsip Kerja Vortex Flowmeter.	13
Gambar 2.10 Orifice D/P Transmitter.....	15
Gambar 2.11 Prinsip Kerja <i>Orifice</i> D/P Flowmeter.....	16
Gambar 2.12 Perubahan sinyal pengukuran dari <i>Capasitive Sensor</i> ke sinyal 4-20 mA oleh Transmitter	17
Gambar 2.13 Global Type Valve dengan I/P Positioner.....	18
Gambar 2.14 Aktuator dari Global Valve	19
Gambar 2.15 Ilustrasi Aliran Fluida pada Global Valve.....	19
Gambar 2.16 Selenoid Valve	20
Gambar 2.17 Cara Kerja dari Selenoid Valve.....	21
Gambar 2.18 Konstruksi Dalam Ball Valve	21
Gambar 2.19 Konstruksi Dalam Gate Valve.....	22
Gambar 2.20 Pressure Transmitter.....	23
Gambar 2.21 Pompa pada Alat Boiler heating batching control trainer (Model : Se 107)	24
Gambar 2.22 Ruang Impeler dan Motor yang Berputar sehingga Menghisap sekaligus Mendorong Air Keluar	24
Gambar 2.23 Heater	25
Gambar 2.24 Bourdon Tube.....	26

Gambar 2.25 Bourdon Tube Type C.....	26
Gambar 2.26 Thermometer Bimetal	27
Gambar 2.27 Prinsip Kerja Thermometer Bimetal	28
Gambar 2.28 <i>Unit-step</i> respon dari sebuah <i>plant</i>	30
Gambar 2.29 kurva <i>S-shape response</i>	31
Gambar 2.30 Sistem closed-loop dengan proportional controller	33
Gambar 2.31 Osilasi berkelanjutan dengan P_{cr} periode (P_{cr} diukur dalam detik.)	33
Gambar 2.32 Simulink pada aplikasi MATLAB	36
Gambar 3.1 diagram alir prosedur penelitian.....	40
Gambar 3.2 skematik alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107)	41
Gambar 3.3 Skematik Tangki Preheater T-701.....	42
Gambar 3.4 Simulink Tangki Preheater T-701	43
Gambar 3.5 Blok Slinder Gain Sebagai Manual Valve	43
Gambar 3.6 Subsistem Tangki T-701	44
Gambar 3.7 Penghitung Level Tangki T-701	45
Gambar 3.8 Settingan Overflow pada Blok Interpreted MATLAB Fcn OV	46
Gambar 3.9 Settingan Pelampung Pada Blok Interpreted MATLAB Fcn PL	47
Gambar 3.10 Penghitung Suhu pada Tangki T-701.....	48
Gambar 3.11 Settingan Batas Low Level Tangki T-701 Pada Blok Interpreted MATLAB Fcn LSL T-701	49
Gambar 3.12 Isi Subsistem dari TIC 701.....	49
Gambar 3.13 Settingan pada Blok Interpreted MATLAB Fcn ON/OFF Controller	50
Gambar 3.14 Subsistem dari Thermocouple Transmitter	51
Gambar 3.15 Simulink Penjumlahan Suhu T-701	52
Gambar 3.16 Simulink Lengkap Penghitung Suhu T-701	53
Gambar 3.17 Skematik Tangki Boiler F-705.....	54
Gambar 3.18 Simulink Tangki Boiler F-705	55
Gambar 3.19 Simulink Vortex Flowmeter.....	56
Gambar 3.20 Subsistem Simulink Vortex Flowmeter Transmitter.....	57

Gambar 3.21 Simulink Orifice DP Flowmeter Transmitter.....	57
Gambar 3.22 Subsistem Simulink Orifice Flowmeter Transmitter	58
Gambar 3.23 Simulink DP Level Transmitter	59
Gambar 3.24 Simulink Pressure Transmitter	59
Gambar 3.25 Simulink Global Valve (LCV-705).....	61
Gambar 3.26 Simulink Pengontrol Level LIC-705.....	63
Gambar 3.27 Simulink Pengontrol Flow FIC-701	64
Gambar 3.28 Simulink Tangki Boiler Drum F-705	64
Gambar 3.29 Simulink Penghitung Level Tangki Boiler Drum F-705.....	65
Gambar 3.30 Simulink Penghitung Suhu Tangki Boiler Drum F-705	66
Gambar 3.31 Simulink Penghitung Tekanan Tangki Boiler Drum F-705.....	66
Gambar 4.1 Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 30 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya	71
Gambar 4.2 Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 30 cm dari Hasil Simulasi Simulink	71
Gambar 4.3 Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 40 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya	72
Gambar 4.4 Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 40 cm dari Hasil Simulasi Simulink	72
Gambar 4.5 Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 50 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya	73
Gambar 4.6 Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 50 cm dari Hasil Simulasi Simulink	73
Gambar 4.7 Grafik Suhu tangki Boiler drum F-705 pada level 30 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya	78
Gambar 4.8 Grafik Suhu tangki Boiler drum F-705 pada level 30 cm dari Hasil Simulasi Simulink	78
Gambar 4.9 Grafik Suhu tangki Boiler drum F-705 pada level 40 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya	79
Gambar 4.10 Grafik Suhu tangki Boiler drum F-705 pada level 40 cm dari Hasil Simulasi Simulink	79
Gambar 4.11 Grafik Tangki Boiler drum F-705 pada level 50 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya	80

Gambar 4.12 Grafik Suhu Tangki Boiler drum F-705 pada level 50 cm dari Hasil Simulasi Simulink	80
Gambar 4.13 Grafik Hasil Pengambilan data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 30 cm.....	93
Gambar 4.14 Grafik Hasil simulasi Simulink data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 30 cm.....	93
Gambar 4.15 Grafik Hasil Pengambilan data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 40 cm.....	94
Gambar 4.16 Grafik Hasil simulasi Simulink data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 40 cm.....	94
Gambar 4.17 Grafik Hasil Pengambilan data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 50 cm.....	95
Gambar 4.18 Grafik Hasil simulasi Simulink data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 50 cm.....	95
Gambar 4.19 Grafik Hasil Pengontrolan menggunakan single element drum yang diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik.	97
Gambar 4.20 Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan single element drum dengan menaikkan set point ke 75 cm.....	98
Gambar 4.21 Grafik Hasil Pengontrolan menggunakan two element drum yang diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik	99
Gambar 4.22 Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan two element drum dengan menaikkan set point ke 75 cm.....	100
Gambar 4.23 Grafik Hasil Pengontrolan menggunakan three element drum yang diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik.....	101
Gambar 4.24 Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan three element drum dengan menaikkan set point ke 75 cm.....	102

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Experiment dari penentuan <i>strouhal number</i>	14
Tabel 2.2 Ziegler–Nichols <i>Tuning Rule</i> didasarkan pada <i>Step Response</i> Dari <i>Plant(First Method)</i>	31
Tabel 2.3 Ziegler–Nichols <i>Tuning Rule</i> didasarkan pada <i>Critical Gain</i> K_{cr} and <i>Critical Period</i> P_{cr} (<i>Detik Method</i>)	33
Tabel 3.1 Hasil Konversi Sinyal Pressure Transmitter ke Satuan PSIG	60
Tabel 3.2 Hasil Konversi Tekanan Kontrol ke Posisi Katup	61
Tabel 4.1 Pengambilan data suhu pada Tangki preheater T-701 dari alatnya	68
Tabel 4.2 Perbandingan data suhu Tangki preheater T-701 antara hasil pengambilan data dari alatnya dengan hasil simulasi Simulink	70
Tabel 4.3 Kenaikan suhu perdetik pada tangki Boiler drum F-705	75
Tabel 4.4 Perbandingan data suhu Tangki Boiler drum F-705 antara hasil pengambilan data dari alatnya dengan hasil simulasi Simulink	76
Tabel 4.5 Hasil pengambilan data Tekanan uap pada tangki F-705 pada level 30 cm	81
Tabel 4.6 Hasil pengambilan data Tekanan uap pada tangki F-705 pada level 40 cm	83
Tabel 4.7 Hasil pengambilan data Tekanan uap pada tangki F-705 pada level 50 cm	84
Tabel 4.8 Perbandingan antara Hasil pengambilan data dengan Hasil simulasi Simulink pada tekanan uap tangki boiler drum F-705 pada level 30 cm	88
Tabel 4.9 Perbandingan antara hasil pengambilan data dengan hasil simulasi Simulink pada tekanan uap tangki boiler drum F-705 pada level 40 cm	89
Tabel 4.10 Perbandingan antara hasil pengambilan data dengan hasil simulasi Simulink pada tekanan uap tangki boiler drum F-705 pada level 50 cm	91

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini dalam dunia perkuliahan terutama dibidang teknik kontrol dan instrumentasi universitas hasanuddin, selain membutuhkan teori perkuliahan, juga membutuhkan alat laboratorium yang beberapa diantaranya didesain dengan standar industri yang berfungsi untuk menyelaraskan teori dengan praktek melalui praktikum dan riset dibidang ilmu teknik kontrol dan instrumentasi sehingga nantinya membekali mahasiswa dengan skill dan teori yang berguna pada ke jenjang selanjutnya ketika selesai terutama pada jenjang karir di dunia industri.

Salah satu alat laboratorium tersebut adalah alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) yang digunakan untuk mensterillkan liquid seperti susu, air minum, dan sari buah. Namun pada laboratorium kontrol dan instrumentasi, alat ini digunakan untuk penelitian, salah satu penelitiannya yaitu untuk mengamati proses pengontrolan level pada boiler drum.

Boiler adalah bejana atau tangki tertutup yang di dalamnya berisi air untuk dipanaskan menjadi uap. Energi panas dari uap air tersebut nantinya digunakan untuk proses sterilisasi dengan cara melakukan pertukaran panas dengan liquid yang akan disterilkan pada heat exchanger. Untuk memastikan kualitas dari uap yang dihasilkan maka dibutuhkan sistem pengontrolan untuk mengontrol level boiler drum. Pengontrolan level pada boiler drum dapat dilakukan dengan 3 jenis

pengontrolan, yaitu single element drum level control, two element drum level control, dan three element drum level control.

Untuk mendukung proses penelitian pengontrolan level pada boiler drum maka dibuatlah pemodelan boiler drum pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) dalam bentuk Simulink. Simulink akan diuji dengan hasil pengambilan data pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) untuk validasi data, sehingga didapatkan Simulink yang dapat melakukan simulasi yang sesuai dengan cara kerja boiler drum dan dapat melakukan proses pengontrolan level boiler drum dengan menggunakan single element drum level control, two element drum level control, dan three element drum level control yang sesuai dengan alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana Pemodelan boiler drum pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) dalam bentuk simulink.
2. Bagaimana perbandingan hasil pengambilan data pada alatnya dengan hasil simulasi Simulink pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107).
3. Bagaimana hasil simulasi Simulink pada pengontrolan level boiler drum menggunakan single element drum level control, two element drum level control, dan three element drum level control.

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah diatas maka tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memodelkan boiler drum pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) dalam bentuk simulink.
2. Membandingkan hasil pengambilan data pada alatnya dengan hasil simulasi Simulink pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107).
3. Mendapatkan hasil simulasi Simulink pada pengontrolan level boiler drum menggunakan single element drum level control, two element drum level control, dan three element drum level control.

1.4. Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini sistem yang akan dibuat, dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

- a. Hanya melakukan pemodelan Simulink dari boiler drum pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107).
- b. Pemodelan Simulink boiler drum dilakukan berdasarkan alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107), buku manual, dan gambar skematik dari alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107).

1.5 Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

a. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara pencarian dan pengumpulan literatur-literatur yang berkaitan dengan masalah-masalah yang ada pada tugas akhir ini, baik berupa artikel, buku refrensi, jurnal-jurnal, internet, dan sumber-sumber yang dapat menunjang penelitian.

b. Diskusi dan Konsultasi

Melakukan asistensi secara langsung kepada dosen pembimbing dan pihak-pihak yang terkait dalam penelitian ini.

c. Pembuatan Simulink

Melakukan pembuatan Simulink berdasarkan hasil studi literatur, diskusi, dan konsultasi.

d. Pengujian Simulink

Meliputi pengujian Simulink dengan hasil data yang diperoleh dari alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107).

e. Analisi hasil dan kesimpulan

Melakukan analisis dari hasil pengujian Simulink terhadap data yang didapatkan dari alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) sehingga mendapatkan sebuah kesimpulan dari hal tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan tentang berbagai teori penunjang dan referensi lain yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang metode-metode yang digunakan dalam pemodelan simulink *boiler drum* yang digunakan dalam Tugas Akhir ini.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini berisi hasil perancangan dan penjelasan baik hardware dan software yang digunakan, dan analisa mengenai data-data yang diambil

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan hasil analisa yang dilakukan dan saran perbaikan untuk menyempurnakan tugas akhir ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Alat Boiler heating batching control trainer (Model : Se 107)



Gambar 2.1 Alat Boiler heating batching control trainer (Model : Se 107)

Boiler heating batching control trainer (Model : SE 107) adalah sebuah alat yang proses dalam sistemnya berbasis pada fluida yang didesain sedemikian rupa untuk mensimulasikan proses pemanasan fluida dari *pre-heater* ke *boiler tank* kemudian uap yang dihasilkan dibuang ke atmosfer (jika di industri uapnya yang dipakai sebagai pemanas namun karena alat ini hanya simulasi dari alat industri maka cukup air dari pemanasan boiler yang dipakai sebagai pemanas) dan air dari pemanasan boiler dialirkan ke heat exchanger dan terjadi pertukaran panas antara fluida dari boiler dengan fluida pada tangki cold water dan hasil produksi di simpan

pada product tank. Sistem ini menunjukkan waktu respon yang *real waktu* berdasarkan instrument berstandar industri. Sistem ini memiliki fitur pengukuran level, pengukuran tekanan, pengukuran kecepatan aliran air, dan yang lainnya.

2.1.1 Boiler



Gambar 2.2 Boiler pada Alat Boiler heating batching control trainer (Model : Se 107)

Umumnya sistem boiler memiliki beberapa sistem yaitu sistem bahan bakar, sistem air umpan, dan sistem uap. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada sistem. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan uap. Sistem uap adalah sistem dimana uap yang dihasilkan dialirkan melalui sistem perpipaan ke titik

pengguna. Pada keseluruhan sistem, tekanan uap diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. ^[1]

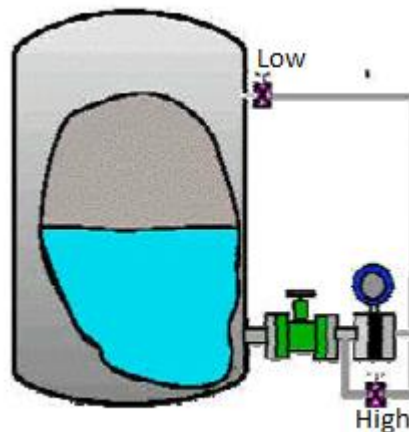
2.1.2 Differential Pressure Level Transmitter



Gambar 2.3 Differential Pressure Level Transmitter

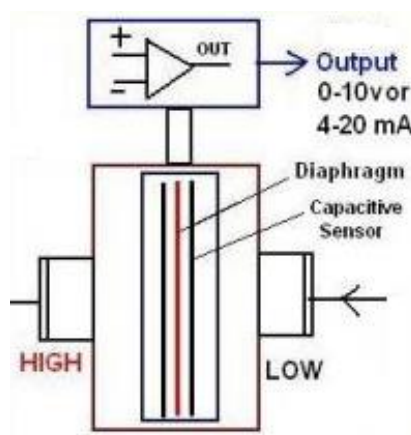
Cara kerja dari differential pressure level transmitter dalam mengukur level tangki yaitu dengan membandingkan tekanan dari kedua sisi *port* yaitu *port high pressure* dan *port low pressure* dimana *port high pressure* terletak dibagian bawah tangki dan *port low* diletakkan pada bagian atas tangki. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Level Differential Pressure : High Pressure} - \text{Low Pressure} \quad (2.1)$$



Gambar 2.4 Port Differential Pressure Level Transmitter

Hasil dari pengukuran level tersebut akan menghasilkan sinyal output 4-20 mA seperti ditunjukkan pada gambar untuk diterima oleh indikator, *recorder*, dan *controller*.



Gambar 2.5 Pengukuran Perbedaan Pressure yang dibaca oleh *Capacitive Sensor* dan dikonversi oleh Transmitter ke Output 4-20 mA.

Hasil dari persamaan 2.1 Hasil dapat dihitung menggunakan prinsip tekanan hidrostatik . Prinsip ini mengatakan bahwa pada setiap titik di dalam fluida yang

diam (statis), gaya yang bekerja padanya adalah sama untuk semua arah dan tidak tergantung pada volume fluida maupun bentuk ruang atau tempat dimana fluida berada, tetapi hanya bergantung pada tinggi kolom fluida di atas titik yang bersangkutan.

Persamaan Tekanan Hidrostatik dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut :

$$P_h = \rho g h \quad (2.2)$$

Dimana :

P_h = Tekanan Hidrostatik (N/m²).

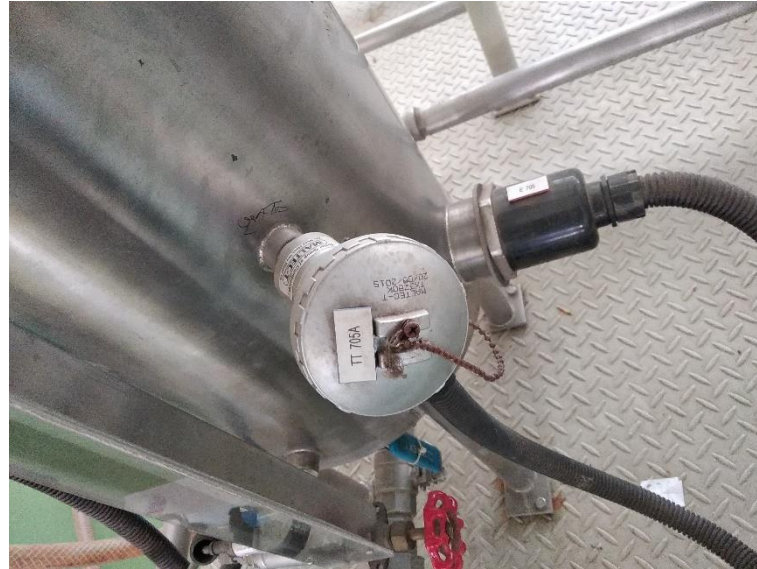
g = Percepatan gravitasi (m/s²).

h = tinggi zat fluida(m).

ρ = massa jenis fluida(kg/m³).

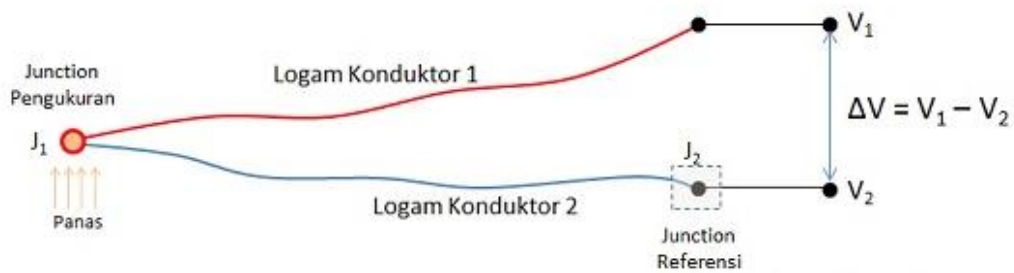
Aplikasi pengukuran level dengan menggunakan metode perbedaan tekanan atau tekanan hidrostatik telah mengalami kemajuan yang signifikan beberapa tahun lalu. Peralatan D/P ini memungkinkan untuk mengukur level dengan *range* yang lebar pada fluida yang bersih, korosif, *slurry*, dan viskositas tinggi. ^[2]

2.1.3 Thermocouple Temperature Transmitter



Gambar 2.6 Thermocouple Temperature Transmitter

Thermocouple adalah suatu sensor temperatur termoelektris yang terdiri dari dua kawat logam yang berlainan (misalnya chromel dan constantan) dengan penggabungannya pada probe tip (measurement junction) dan *reference junction* (temperature yang diketahui). Perbedaan temperatur antara *probe tip* dan reference junction dideteksi dengan mengukur perubahan tegangan voltage (electromotive force, EMF) pada reference junction. Pembacaan absolute temperature kemudian bisa diperoleh dengan kombinasi informasi dari temperatur acuan yang diketahui dengan perbedaan temperature antara probe tip dengan reference.



Gambar 2.7 Typical Rangkaian Thermocouple

Berdasarkan Gambar 2.7 diatas, ketika kedua persimpangan atau Junction memiliki suhu yang sama, maka beda potensial atau tegangan listrik yang melalui dua persimpangan tersebut adalah “NOL” atau $V_1 = V_2$. Akan tetapi, ketika persimpangan yang terhubung dalam rangkaian diberikan suhu panas atau dihubungkan ke obyek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan suhu diantara dua persimpangan tersebut yang kemudian menghasilkan tegangan listrik yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang diterimanya atau $V_1 - V_2$.^[3]

2.1.4 Vortex Flowmeter Transmitter



Gambar 2.8 Vortex Flowmeter Transmitter

Flowmeter ini dikenal juga sebagai *vortex shedding flowmeters* atau *oscillatory flowmeters*, prinsip kerjanya seperti gambar dibawah ini yang didasarkan pada pengukuran getaran (*vibration*) pada pusaran (*vortex*) fluida yang disebabkan oleh penghalang yang ditempatkan pada aliran fluida. Frekuensi getaran dari *vortex* dapat dihubungkan dengan laju aliran fluida.



Gambar 2.9 Prinsip Kerja Vortex Flowmeter.

Pengukuran Vortex Flowmeter ini dapat dinyatakan dalam rumus matematika sebagai berikut ;

$$Q = \frac{f_v \pi D^3}{4 S} \left(\frac{w}{D} \right) \left(1 - \left(\frac{4}{\pi} \right) K \frac{w}{D} \right) \quad (2.3)$$

Dimana :

Q = flow aliran fluida (m^3/s)

f_v = frekuensi dari pusaran aliran fluida (Hz).

D = diameter pipa (m).

S = *strouhal number* .

$K = k$ faktor.

K factor pada umumnya diperkenalkan untuk mengganti kerugian untuk profil yang tidak seragam dari pipa. Sedangkan *strouhal number* ditentukan secara eksperimen.

w/D	S
0.1	0.18
0.3	0.26
0.5	0.44

Tabel 2.1 Experiment dari penentuan *strouhal number*

Persamaan di atas mengasumsikan keadaan mantap (*steady state*) dari aliran pada getaran pusaran fluida. Gangguan pada getaran pusaran fluida akan mempengaruhi frekuensi dari *vortex* sehingga mengakibatkan kesalahan pengukuran.

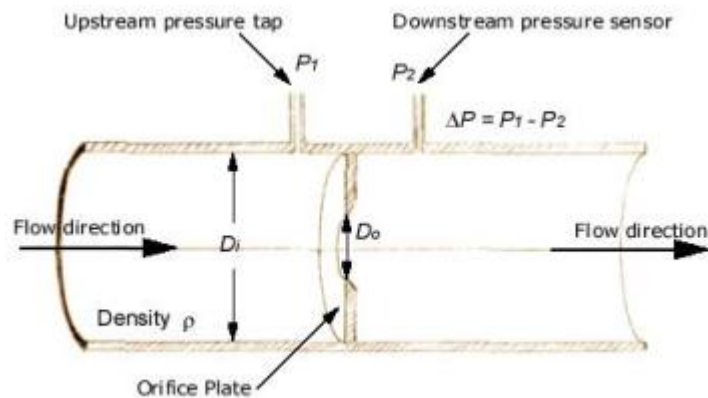
Hasil dari pengukuran frekuensi dari pusaran fluida yang disebabkan penghalang akan dibaca oleh sensor piezoelectric, force/strain, dll yang kemudian diubah menjadi output 4-20 mA oleh Transmitter. ^[4]

2.1.5 Orifice Differential Pressure Transmitter



Gambar 2.10 Orifice D/P Transmitter

Prinsip kerjanya seperti gambar , dimana suatu plate berlubang dimasukkan ke dalam pipa dan ditempatkan secara tegak lurus terhadap flow stream. Ketika fluida mengalir melewati *orifice plate* tersebut maka menyebabkan peningkatan kecepatan dan penurunan tekanan. Perbedaan tekanan sebelum dan setelah *orifice plate* digunakan untuk mengkalkulasi kecepatan aliran fluida (*flow velocity*).



Gambar 2.11 Prinsip Kerja Orifice D/P Flowmeter.

Prinsip ini didasarkan oleh persamaan kontinuitas dan persamaan bernoulli. Dari persamaan tersebut dapat diturunkan persamaan yang menghubungkan antara flow aliran (Q) dengan beda tekanan statis antara upstream dan downstream ($p_1 - p_2$). Sehingga menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$Q = C_f A_o \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (2.4)$$

Dimana :

Q = flow aliran fluida (m^3/s).

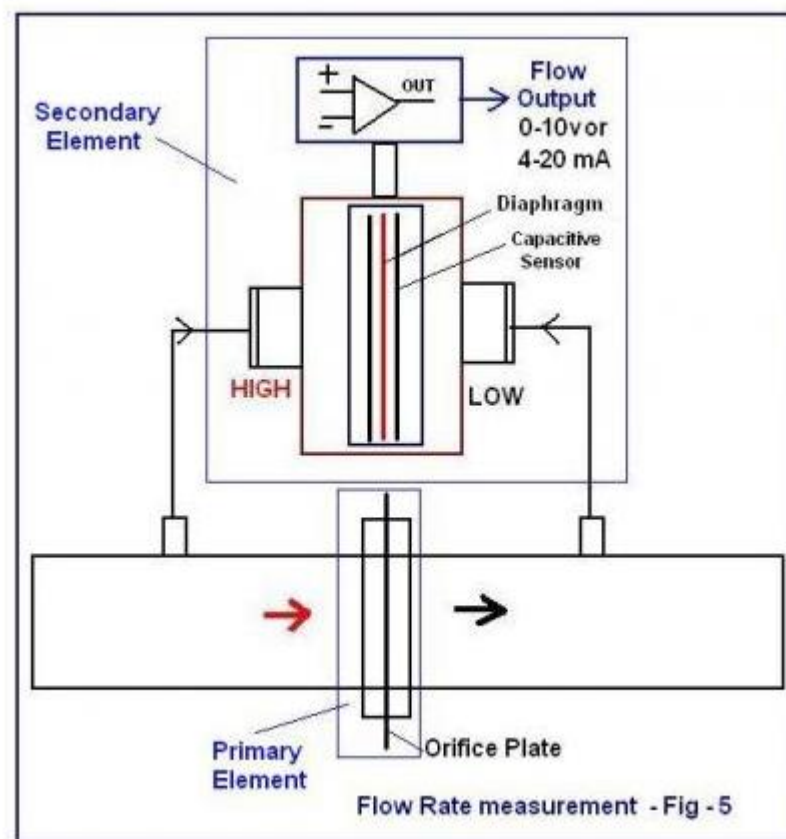
ρ = massa jenis fluida (Kg/m^3).

$\Delta P = P_1 - P_2$ = Perbedaan tekanan antara tekanan sebelum memasuki orifice dan tekanan setelah memasuki orifice plate.

A_o = Luas dari *orifice plate* (m^2).

C_f = koefisien dari flow

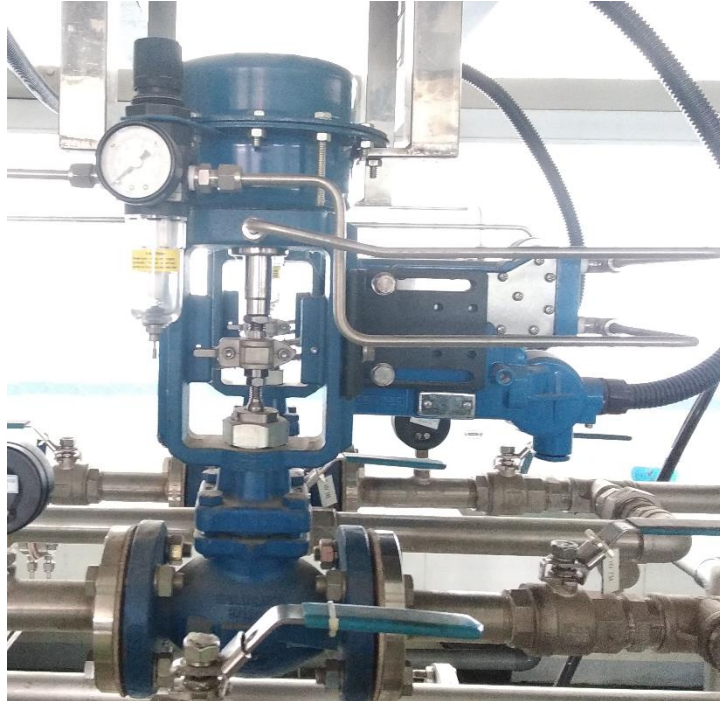
Flow coefficient (C_f) didapatkan dari eksperimen (dapat dilihat pada tabel yang sudah disusun pada buku-buku reference), nilai C_f terbentang dari 0.6 sampai 0.9 untuk kebanyakan jenis orifice. Oleh karena itu tergantung pada orifice dan diameter pipa (seperti halnya Reynolds Nomors). Biasanya di dalam tabel C_f adalah perbandingan diameter orifice dan diameter inlet pipa.



Gambar 2.12 Perubahan sinyal pengukuran dari *Capacitive Sensor* ke sinyal 4-20 mA oleh Transmitter

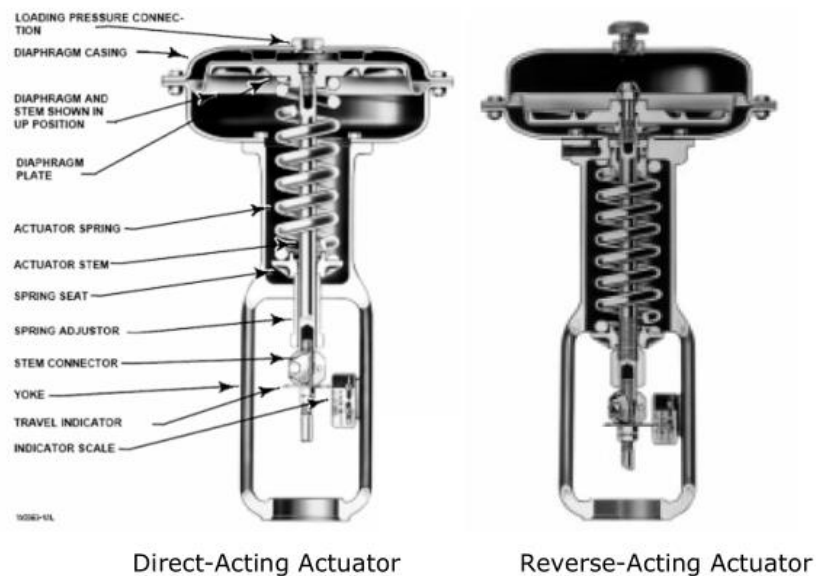
Hasil dari pengukuran level tersebut akan menghasilkan sinyal output 4-20 mA seperti ditunjukkan pada gambar untuk diterima oleh indikator, *recorder*, dan *controller*.^[5]

2.1.6 Global Type Valve



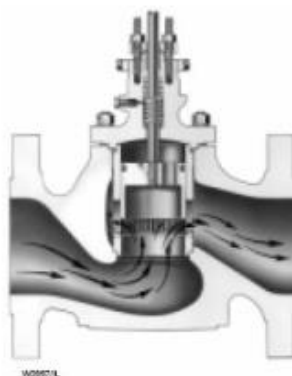
Gambar 2.13 Global Type Valve dengan I/P Positioner

Global valve adalah katub yang terbuka ketika ada *air supply* masuk yang kemudian menghasilkan tekanan pada diafragma *positioner* untuk membuatnya terangkat naik dan katub yang menutupi lajur aliran fluida pun ikut terbuka. Besar terbukanya katup tergantung dari sinyal yang dikirim oleh kontroller dengan besaran 4-20 mA yang kemudian dikonversi kedalam 3-15 psig oleh I/P positioner yang kemudian menjadi range terbukanya katub yang dimana 3 psig adalah kondisi katup tertutup dan 15 psig adalah kondisi terbuka penuh.



Gambar 2.14 Aktuator dari Global Valve

Besar masuknya aliran dari global valve dipengaruhi oleh koefisien valve sizing (C_v). Secara definisi koefisien valve sizing (C_v) adalah jumlah gallon air (H_2O) per menit pada temperature $60^\circ F$ yang mengalir melalui suatu valve pada posisi terbuka penuh dengan pressure drop sebesar 1 psig. Semakin besar koefisien valve sizing maka semakin besar flow yang mengalir pada global valve.^[6]



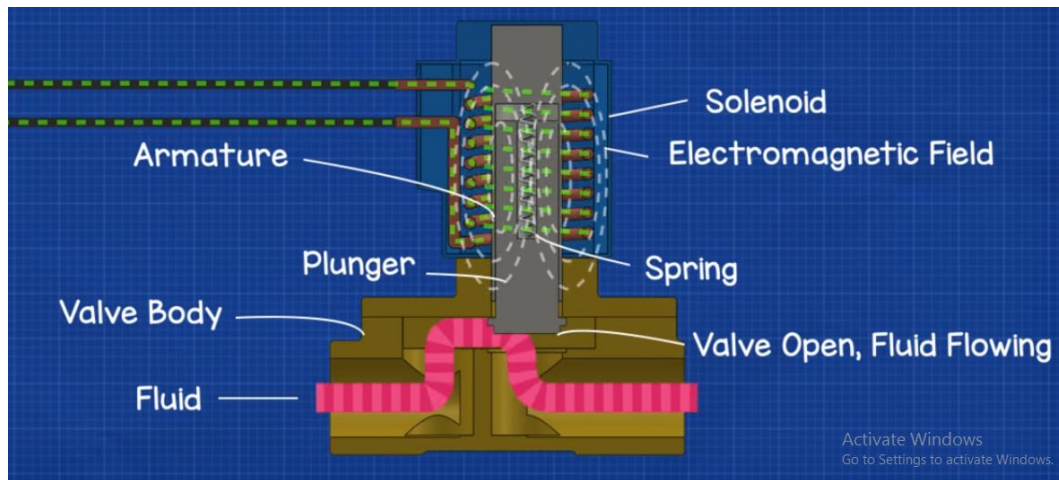
Gambar 2.15 Ilustrasi Aliran Fluida pada Global Valve

2.1.7 Selenoid Valve



Gambar 2.16 Selenoid Valve

Prinsip kerja selenoid valve ditunjukkan pada gambar 2.16 dimana katub akan terbuka atau tertutup ketika ada arus listrik AC yang mengalir pada kumparan. Kumparan tersebut akan menghasilkan torsi dari medan elektromagnetik yang akan menarik naik atau turun pegas yang terhubung pada katub. Ketika pegas yang terhubung dengan katub tersebut naik maka katub akan terbuka dan ketika tidak ada arus yang mengalir pada kumparan, maka pegas yang terhubung dengan katub tersebut akan menutup. Jenis katup ini adalah jenis normally closed, sedangkan untuk normally open adalah kebalikan dari normally closed yaitu katub akan tertutup ketika dialiri arus listrik dan akan terbuka ketika kumparan berhenti dialiri arus listrik.

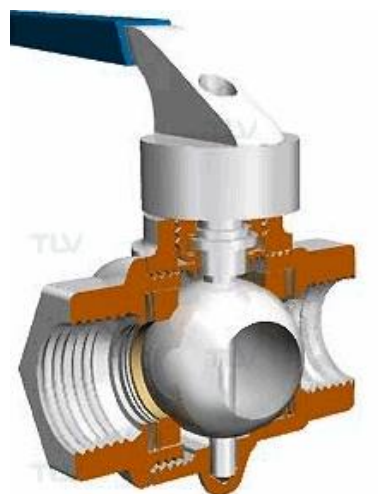


Gambar 2.17 Cara Kerja dari Selenoid Valve

2.1.8 Manual Valve

Manual valve ini terbuka atau tertutup dengan bantuan manusia sebagai aktuator dari valve tersebut. Ada dua jenis manual valve yang digunakan pada alat ini yaitu ball valve dan gate valve.

2.1.8.1 Ball Valve



Gambar 2.18 Konstruksi Dalam Ball Valve

Ball Valve bekerja seperti gambar dimana ketika kondisi katub terbuka maka fluida akan masuk ke lubang yang terbuka dari ball valve dan ketika katup dalam kondisi tertutup maka fluida akan tertahan oleh sisi tertutup dari ball valve.

2.1.8.2 Gate Valve

Prinsip kerjanya dapat dilihat pada gambar yaitu ketika katup diputar ke arah terbuka maka katub akan terangkat naik dan membiarkan fluida melewatinya dan sebaliknya ketika katup diputar tertutup maka katub akan turun sampai menutupi laju dari fluida.



Gambar 2.19 Konstruksi Dalam Gate Valve

2.1.9 Pressure Transmitter



Gambar 2.20 Pressure Transmitter

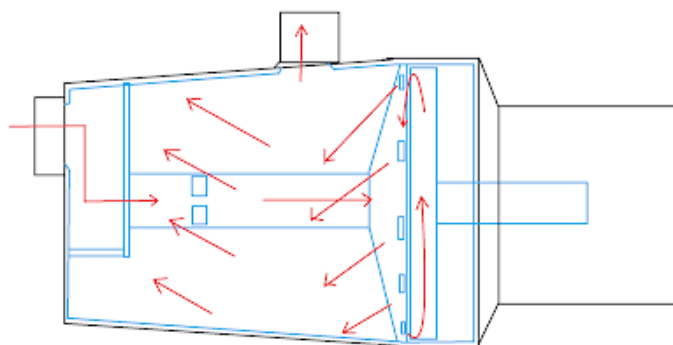
Pressure transmitter merupakan alat yang berguna untuk mengubah perubahan sensing element dari sebuah sensor menjadi sinyal yang mampu diterjemahkan oleh controller. Transmitter sendiri pasti berhubungan antara satu sama lainnya dengan komponen sensor. Sensor yang berguna untuk mengukur besaran tekanan akan memberikan keluaran berupa sinyal elektrik yang selanjutnya oleh transmitter akan dikirim menuju controller. Standar sinyal output transmitter adalah 3 sampai 15 psig (0,2 – 1 kg/cm²), 4 – 20 mA ataupun 1 sampai 5 Volt.^[7]

2.1.10 Pompa



Gambar 2.21 Pompa pada Alat Boiler heating batching control trainer (Model : Se 107)

Perhatikan Gambar 2.21 , prinsip kerja pompa yaitu air akan terisap masuk ke ruang impeler dimana motor berputar akan membulkan tekanan yang menghisap masuk air. Air yang terisap tersebut kemudian terdorong keluar akibat tekanan putaran motor yang terus menyedot air masuk ke ruang impeler.



Gambar 2.22 Ruang Impeler dan Motor yang Berputar sehingga Menghisap sekaligus Mendorong Air Keluar

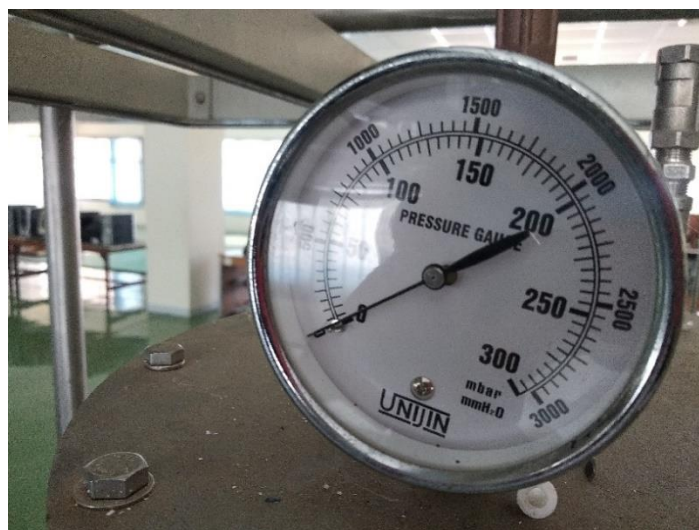
2.1.11 Heater



Gambar 2.23 Heater

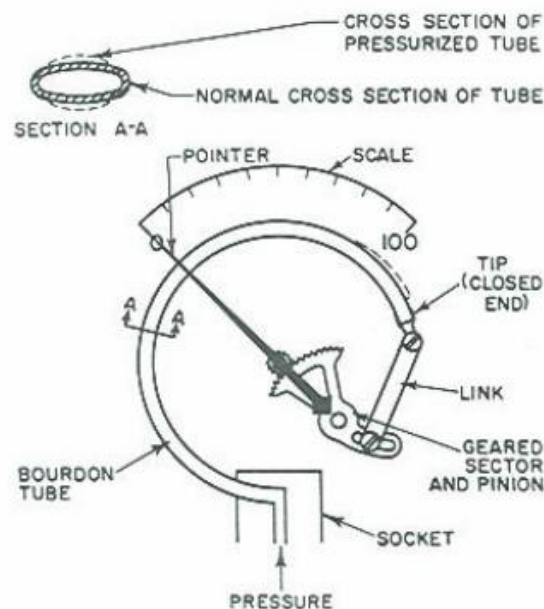
Heater merupakan piranti yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses Joule Heating. Prinsip kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen.

2.1.12 Bourdon Tube



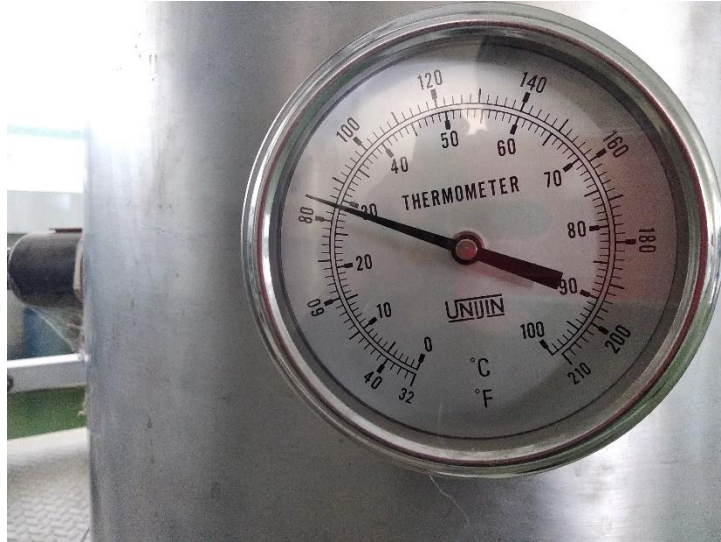
Gambar 2.24 Bourdon Tube

Bourdon Tube adalah alat ukur tekanan nonliquid. Alat ukur ini secara luas digunakan didalam industri proses untuk mengukur tekanan statis pada beberapa aplikasi. Bentuk dari bourdon tube dari element C-type dihubungkan secara mekanikal dengan jarum indikator seperti pada gambar . Prinsip operasinya yaitu tekanan dipandu ke dalam tabung, perbedaan tekanan di dalam dan di luar tabung bourdon akan menyebabkan perubahan bentuk penampangnya (bourdon tube). Perubahan bentuk penampang akan diikuti perubahan bentuk arah panjang tabung, dimana perubahan panjang tabung akan dikonversikan menjadi gerakan jarum penunjuk pada skala.



Gambar 2.25 Bourdon Tube Type C

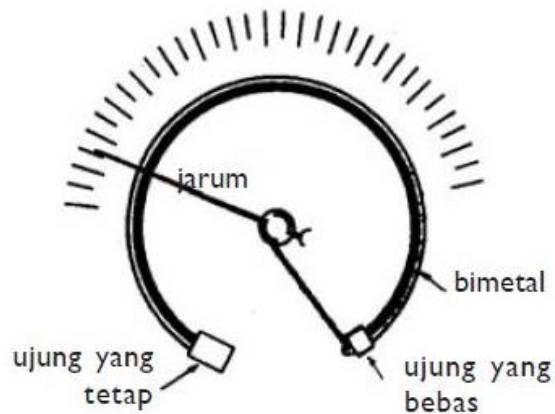
2.1.13 Thermometer Bimetal



Gambar 2.26 Thermometer Bimetal

Prinsip kerja bimetal menggunakan konsep pemuaian, khususnya muai panjang. Jadi, bimetal peka terhadap perubahan suhu. Jika keping bimetal dipanaskan atau dinaikan suhunya, maka akan melengkung ke arah logam yang memiliki angka koefisien muai panjangnya kecil. Bila didinginkan, keping bimetal akan melengkung ke arah logam yang angka koefisien muai panjangnya besar.

Thermometer bimetal sendiri terbuat dari alat bimetal yang melengkung. Pada salah satu ujung alat ini akan dijepit agar tidak dapat bergerak. Ujung yang satu lagi bergerak dan terhubung dengan jarum penunjuk. Jika suhu naik, maka bimetal akan menjadi lebih melengkung. Jarum penunjuk akan bergerak ke kanan, dan sebaliknya ketika suhu sudah mulai turun bimetal menjadi lebih lurus dan membuat jarum kembali bergerak ke arah kiri. Seperti gambar 2.26 .



Gambar 2.27 Prinsip Kerja Thermometer Bimetal

2.2 PID Controller

Kontroler PID adalah bentuk umpan balik yang paling umum. Itu adalah elemen penting dari gubernur awal dan ini menjadi alat standar saat itu. Kontrol proses muncul di tahun 1940an. Dalam proses kontrol hari ini, lebih dari 95% dari loop kontrol adalah tipe PID, kebanyakan loop sebenarnya adalah kontrol PI. Kontroler PID saat ini ditemukan di semua area dimana kontrol digunakan. Pengendali datang dalam berbagai bentuk. Ada sistem yang berdiri sendiri di dalam kotak untuk satu atau beberapa loop, yang diproduksi oleh ratusan ribu per tahun. Kontrol PID merupakan unsur penting dari sistem kontrol terdistribusi. Pengendali juga tertanam dalam banyak sistem kontrol khusus. Kontrol PID sering dikombinasikan dengan logika, fungsi sekuensial, penyeleksi, dan blok fungsi sederhana untuk membangun Sistem otomasi rumit yang digunakan untuk produksi energi, transportasi dan manufaktur. Banyak strategi pengendalian yang canggih, seperti model kontrol prediktif, juga disusun secara hierarkis. Kontrol PID adalah digunakan pada tingkat terendah; pengendali multivariabel memberikan setpoint ke

pengendali di tingkat bawah. Kontroler PID dapat dikatakan menjadi "*Bread and Butter*" teknik kontrol. Ini penting komponen di setiap kotak alat kontrol insinyur.

Kegunaan kontrol PID terletak pada penerapan umum mereka terhadap kebanyakan sistem kontrol. Secara khusus, ketika model matematis *Plant* tidak diketahui dan karena itu metode perancangan analitik tidak dapat digunakan, kontrol PID terbukti sangat berguna. Di bidang sistem pengendalian proses, diketahui bahwa PID dasar dan termodifikasi. skema kontrol telah membuktikan kegunaannya dalam memberikan kontrol yang memuaskan, walaupun dalam banyak situasi tertentu mereka mungkin tidak memberikan kontrol yang optimal.

2.2.1 Algoritma PID Controller

Kita akan mulai dengan meringkas fitur utama pengendali PID. Yaitu algoritma PID dijelaskan oleh:

$$u(t) = k_p e(t) + k_i \int_0^t e(t)dt + k_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.5)$$

Parameter pengontrol gain proporsional k_p , gain integral k_i dan gain derivatif k_d diparameterisasi sebagai

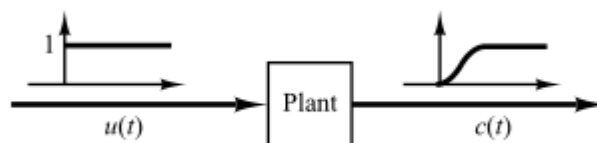
$$u(t) = K_p \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t)dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \quad (2.6)$$

dimana u adalah sinyal kontrol dan e adalah kesalahan kontrol ($e = r - y$). Nilai referensi (r) sering disebut *set point* dan nilai y adalah hasil umpanbalik dari proses yang dikontrol. Sinyal kontrol dengan demikian merupakan jumlah dari tiga istilah: istilah P (yang sebanding dengan kesalahan), istilah-I (yang sebanding

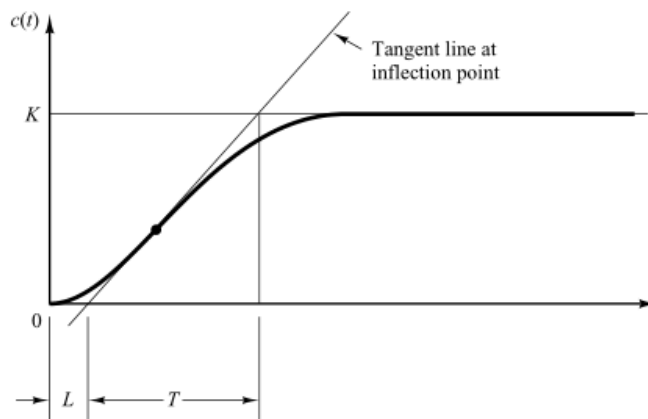
dengan integral dari kesalahan), dan D-istilah (yang sebanding dengan turunan dari kesalahan). Parameter kontroler adalah keuntungan proporsional K , waktu integral T_i , dan waktu turunan T_d . Bagian integral, proporsional dan turunannya bisa diartikan sebagai kontrol tindakan berdasarkan masa lalu, sekarang dan masa depan. Bagian turunannya juga bisa diartikan sebagai prediksi dengan ekstrapolasi linier. [8]

2.2.2 Ziegler–Nichols rules for tuning PID controller

Pada metode pertama, kita mendapatkan secara eksperimental respon dari *plant* masukan unit-step, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Jika *plant* tidak melibatkan integrator atau *complex-conjugate poles* yang dominan, maka kurva respons unit-step semacam itu mungkin terlihat berbentuk S, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Metode ini berlaku jika respons terhadap masukan langkah menunjukkan kurva berbentuk S. Kurva respons-respons seperti itu dapat dihasilkan secara eksperimental atau dari simulasi dinamis *plant*.



Gambar 2.28 Unit-step respon dari sebuah *plant*



Gambar 2.29 kurva S-shape response

Kurva berbentuk S dapat ditandai dengan dua konstanta, delay waktu L dan waktu konstanta waktu tunda dan waktu tunda konstan ditentukan dengan menggambar garis singgung pada titik belok kurva berbentuk S dan menentukan persimpangan garis singgung dengan sumbu waktu dan garis $c(t) = K$, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. *Transfer function* $C(s) / U(s)$ dapat didekati dengan sistem orde pertama dengan *lag transport* sebagai berikut :

$$\frac{C(s)}{U(s)} = \frac{K e^{-Ls}}{Ts+1} \quad (2.7)$$

Ziegler dan Nichols menyarankan untuk menetapkan nilai dan sesuai dengan rumus ditunjukkan pada tabel 2.2 dibawah ini.

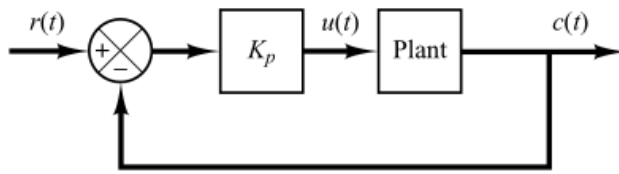
Tabel 2.2 Ziegler–Nichols *Tuning Rule* didasarkan pada *Step Response* Dari *Plant(First Method)*

Type of Controller	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	2L	0.5L

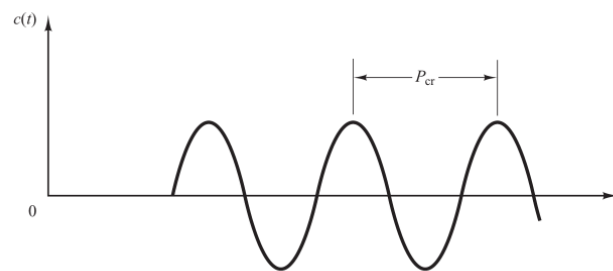
Berdasarkan Tabel 2.2 Perhatikan bahwa pengendali PID *tuned* dengan metode pertama peraturan Ziegler-Nichols memberikan :

$$\begin{aligned}
 G_c(s) &= K_p \left(1 + \frac{1}{s T_i} + s T_d \right) \\
 &= 1.2 \frac{T}{L} \left(1 + \frac{1}{2Ls} + 0.5 Ls \right) \\
 &= 0.6T \frac{\left(s + \frac{1}{L}\right)^2}{s} \quad (2.8)
 \end{aligned}$$

Pada metode kedua, pertama kita mengatur $T_i = \infty$ dan $T_d = 0$. Dengan menggunakan Tindakan kontrol proporsional saja (lihat Gambar 7), meningkatkan K_p dari 0 ke nilai kritis K_{cr} di mana output pertama menunjukkan osilasi berkelanjutan. (Jika output tidak menunjukkan osilasi berkelanjutan untuk nilai apa pun yang mungkin terjadi, maka metode ini tidak Berlaku.) Dengan demikian, critical gain K_{cr} dan periode P_{cr} yang sesuai bersifat eksperimental.



Gambar 2.30 Sistem closed-loop dengan proportional controller



Gambar 2.31 Osilasi berkelanjutan dengan P_{cr} periode (P_{cr} diukur dalam detik.)

Sumber : Katsuhiko Ogata “ Modern Control Engineering”, Edisi 5, 2010

ditentukan (lihat Gambar 8). Ziegler dan Nichols menyarankan agar kita menetapkan nilai parameter K_p , T_i , dan T_d sesuai dengan rumus yang ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Ziegler–Nichols Tuning Rule didasarkan pada *Critical Gain* K_{cr} and *Critical Period* P_{cr} (Detik Method)

Type of Controller	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_{cr}$	∞	0

PI	$0.45 K_{cr}$	$\frac{1}{1.2} P_{cr}$	0
PID	$0.6 K_{cr}$	$0.5 K_{cr}$	$0.125 K_{cr}$

Perhatikan bahwa pengendali PID disetel dengan metode kedua peraturan Ziegler-Nichols memberikan:

$$\begin{aligned}
 G_c(s) &= K_p \left(1 + \frac{1}{s T_i} + s T_d \right) \\
 &= 0.6 K_{cr} \left(1 + \frac{1}{0.5 s P_{cr}} + 0.125 s P_{cr} \right) \\
 &= 0.075 K_{cr} P_{cr} \frac{\left(s + \frac{4}{P_{cr}} \right)^2}{s} \quad (2.9)
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, pengendali PID memiliki *pole* pada titik asal dan bilangan nol ganda pada $s = -4/P_{cr}$. Perhatikan bahwa jika sistem memiliki model matematika yang dikenal (seperti fungsi transfer), maka kita dapat menggunakan metode akar-lokus untuk menemukan *critical gain* K_{cr} dan frekuensi osilasi berkelanjutan ω_{cr} , di mana nilai-nilai ini dapat ditemukan, dari titik persimpangan cabang akar-lokus dengan sumbu $j\omega$. [9]

2.3 Software MATLAB

MATLAB adalah singkatan dari *MATrix LABoratory*, merupakan Bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh *The Mathwork Inc.* yang hadir dengan fungsi dan karakteristik yang berbeda dengan Bahasa pemrograman lain yang sudah ada lebih dahulu seperti Delphi, Basic maupun C⁺⁺. MATLAB merupakan

Bahasa pemrograman level tinggi/*high-performance* yang dikhususkan untuk kebutuhan komputasi teknis, visualisasi, dan pemrograman seperti komputasi matematik, analisis data, pengembangan algoritma, simulasi dan pemodelan, dan grafik-grafik perhitungan, dimana permasalahan dan solusi dinyatakan dalam notasi secara matematis.

MATLAB adalah sistem interaktif yang mempunyai basis data array yang tidak membutuhkan dimensi. Ini memungkinkan kita dapat menyelesaikan banyak masalah komputasi teknis, khususnya yang berkaitan dengan formulasi matriks dan vector. MATLAB awalnya dibuat untuk memudahkan dalam mengakses *software* matriks. Seiring perkembangan zaman, MATLAB mampu mengintegrasikan beberapa *software* matriks sebelumnya dalam satu *software* untuk komputasi matriks. Selain itu MATLAB juga mampu melakukan komputasi simbolik yang memungkinkan untuk menangani kalkulasi matematis dalam suatu cara yang mudah. Kegunaan MATLAB secara umum adalah sebagai berikut :

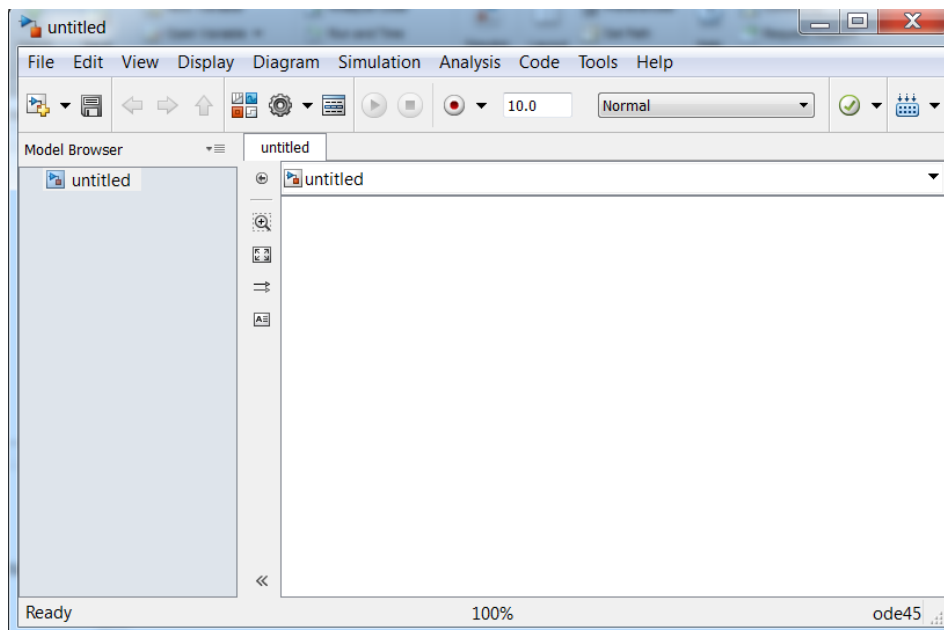
1. Matematika dan komputasi.
2. Pengembangan algoritma.
3. Akusisi/pengumpulan data.
4. Pemodelan, simulasi, dan prototype.
5. Analisis data, eksplorasi, dan visualisasi.
6. Grafik keilmuan dan bidang rekayasa.
7. Pengembangan aplikasi, termasuk pembuatan antarmuka grafis (*Graphical User Interface*)

2.3.1 Simulink

Simulink adalah sebuah tool dalam MATLAB untuk memodelkan, menganalisa, dan mensimulasikan sistem-sistem fisik dan matematik, termasuk sistem elemen non linear serta sistem kontinyu dan sistem diskrit.

Sebagai sebuah tool yang iswaktuwa dalam MATLAB, simulink menambahkan banyak kemampuan yang spesifik untuk sistem-sistem dinamik yang bias menerima semua fungsi utama MATLAB. Tahap – tahap membuka Simulink :

1. Buka Program MATLAB.
2. Klik icon Simulink library browser.
3. Klik icon create a new model untuk membuka file baru atau klik open a model untul melihat / mengedit file lama.



Gambar 2.32 Simulink pada aplikasi MATLAB

2.3.2 Pemodelan sistem dengan MATLAB Simulink

MATLAB adalah singkatan dari *MATrix LABoratory*, merupakan Bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh *The Mathwork Inc.* yang hadir dengan fungsi dan karakteristik yang berbeda dengan Bahasa pemrograman lain yang sudah ada lebih dahulu seperti Delphi, Basic maupun C⁺⁺. MATLAB merupakan Bahasa pemrograman level tinggi/*high-performance* yang dikhususkan untuk kebutuhan komputasi teknis, visualisasi, dan pemrograman seperti komputasi matematik, analisis data, pengembangan algoritma, simulasi dan pemodelan, dan grafik-grafik perhitungan. Pada awalnya MATLAB dibuat untuk memberi kemudahan mengakses data matriks pada proyek LINPACK dan ESPACK. Saat ini MATLAB memiliki ratusan fungsi yang dapat digunakan sebagai penyelesaian persoalan mulai dari simpel sampai masalah-masalah yang kompleks dari berbagai disiplin ilmu.

Dalam lingkungan perguruan tinggi teknik, MATLAB merupakan perangkat standar untuk memperkenalkan dan mengembangkan penyajian materi matematika, rekayasa dan keilmuan. Di industri, MATLAB merupakan perangkat pilihan untuk penelitian dengan produktivitas yang tinggi, pengembangan, dan analisisnya.

Kegunaan MATLAB secara umum adalah matematika dan komputasi, perkembangan algoritma, pemodelan, simulasi, pembuatan prototype, analisa data, eksplorasi visualisasi, pembuatan aplikasi termasuk pembuatan antarmuka grafis.^[10]

BAB III

METODE PENELITIAN

Dalam rangka penelitian mengenai pemodelan boiler pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) untuk membuat duplikat alatnya dalam bentuk simulink semirip mungkin dengan alat aslinya maka penulis telah melakukan beberapa metode yang dijalankan secara bertahap dan terencana. Adapun metode-metode penelitian yang digunakan sebagai berikut:

3.1. Jenis dan Lokasi Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental. Dipilihnya jenis penelitian ini karena penulis menganggap metode ini sangat cocok karena melakukan pengambilan data data dari simulink terhadap objek penelitian. Adapun lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium Sistem Kendali dan Instrumentasi Universitas Hasanuddin .

3.2. Sumber Data

Sumber data pada penelitian ini adalah menggunakan Library Research yang merupakan cara mengumpulkan data dari beberapa buku, jurnal, skripsi, tesis maupun literatur lainnya yang dapat dijadikan acuan pembahasan dalam masalah ini. Penelitian ini mengacu pada sumber-sumber data online atau internet ataupun hasil dari penelitian sebelumnya sebagai bahan referensi bagi peneliti selanjutnya.

3.3. Metode Pengumpulan Data

a. Observasi

Studi lapangan (observasi) merupakan teknik pengumpulan data dengan langsung terjun ke lapangan untuk mengamati permasalahan yang terjadi secara langsung di tempat kejadian secara sistematis, perilaku, objek-objek yang dilihat dan hal-hal lain yang diperlukan dalam mendukung penelitian yang sedang berlangsung. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan pengamatan langsung ke Laboratorium Sistem Kendali dan Instrumentasi Universitas Hasanuddin untuk mengamati cara kerja alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107).

b. Studi Literatur

Studi Literatur adalah salah satu metode pengumpulan data dengan cara membaca buku-buku dan jurnal sesuai dengan data yang dibutuhkan. Pada penelitian ini penulis melakukan studi literatur untuk mengumpulkan referensi dari buku-buku maupun media baca lainnya mengenai instrument yang ada pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) dan pengontrolan PID.

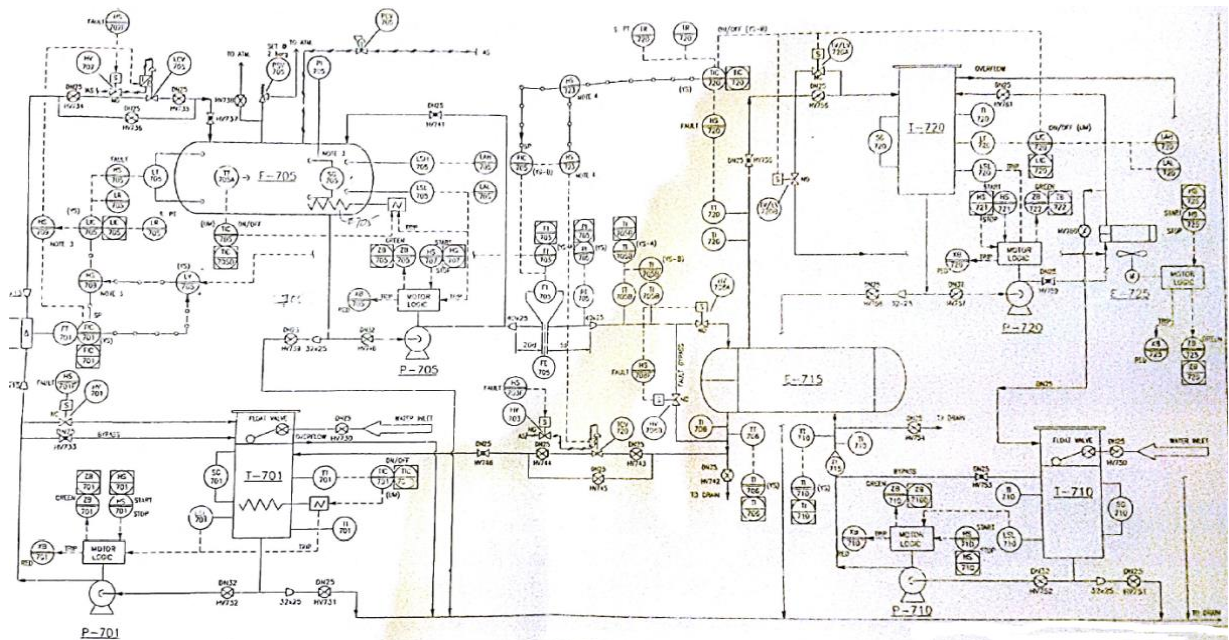
3.4 Diagram Alir Prosedur Penelitian

Gambar dibawah ini adalah diagram alir prosedur penelitian.



Gambar 3.1 diagram alir prosedur penelitian

3.5 Perancangan Simulink Boiler pada Alat Boiler heating batching control trainer (Model : Se 107)



Gambar 3.2 skematik alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107)

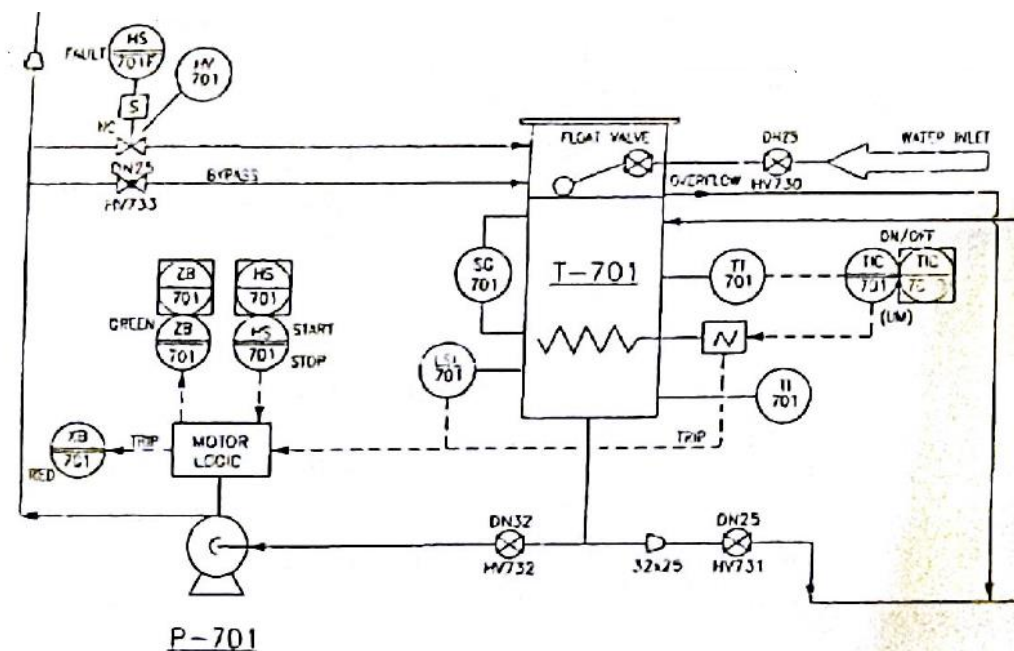
Dapat dilihat dari gambar 3.2, alat ini terdiri dari tangki preheater (T-701), tangki boiler (F-705), tangki cold water (T-710), tangki product (T-720), heat exchanger (E-715) dan radiator (E-725) . Alat ini juga terdiri dari beberapa katub, instrumen, dan pengontrol. LCV 705 dan TCV 720 merupakan global valve yang masing-masing dikontrol oleh LIC 705 dan FIC 701 (cascade) yang berbasis PID control. Untuk instrument pengukur suhu, TT 701 dan TT 705A merupakan thermocouple Transmitter yang masing-masing dikontrol oleh TIC 701 dan TIC 705 dengan sistem on/off kontrol, adapun instrumen pengukur suhu yang lainnya adalah TT 720, TT 710, TT 706, dan TT 705B merupakan RTD temperature transmitter . untuk pengukur level, LT 705 dan LT 720 merupakan DP level transmitter yang masing-masing dikontrol oleh LIC 705 dan LIC 720 untuk memberikan tanda low

level dan high level. untuk pengukur flow, FT 701 adalah vortex flowmeter dan FT 705 adalah orifice DP transmitter. Untuk pompa pada alat ini terdapat 4 pompa yaitu P-701, P-705, P-710, dan P-720. Untuk pengukur tekanan diukur oleh pressure trasnmmitter (PF-705).

Namun pada penelitian ini hanya berfokus pada pembuatan simulink instrumen dan pengontrolan di penghasil panas di alat ini yaitu yangki T-701 dan F-705.

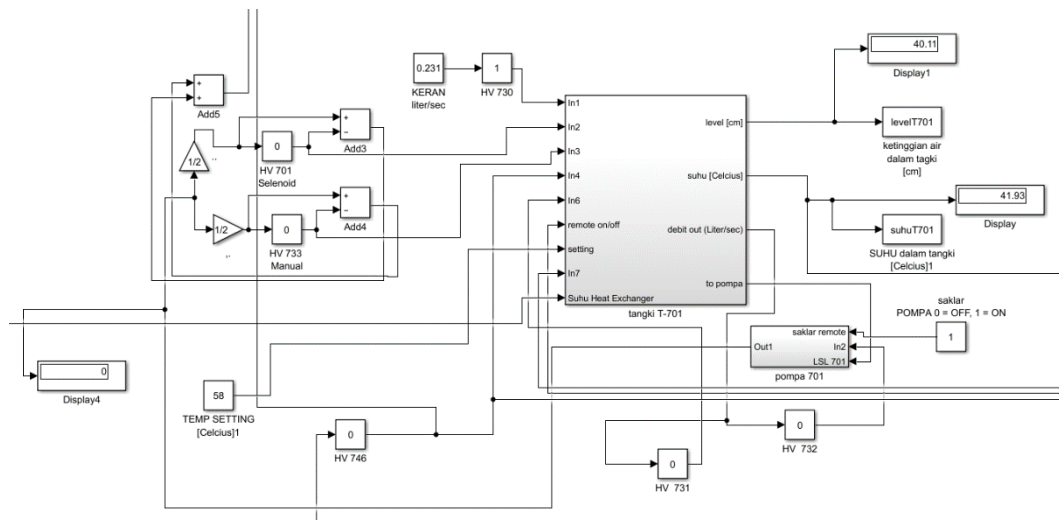
3.5.1 Tangki Preheater T-701

untuk tangki ini wilayahnya dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini.



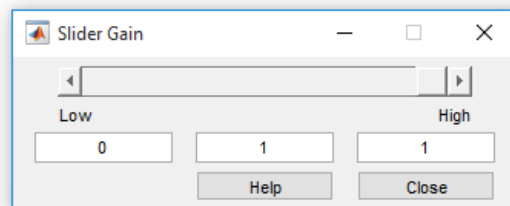
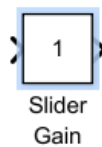
Gambar 3.3 Skematik Tangki Preheater T-701

Adapun Simulink berdasarkan gambar skematik tangki T-701 diatas dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.4 Simulink Tangki Preheater T-701

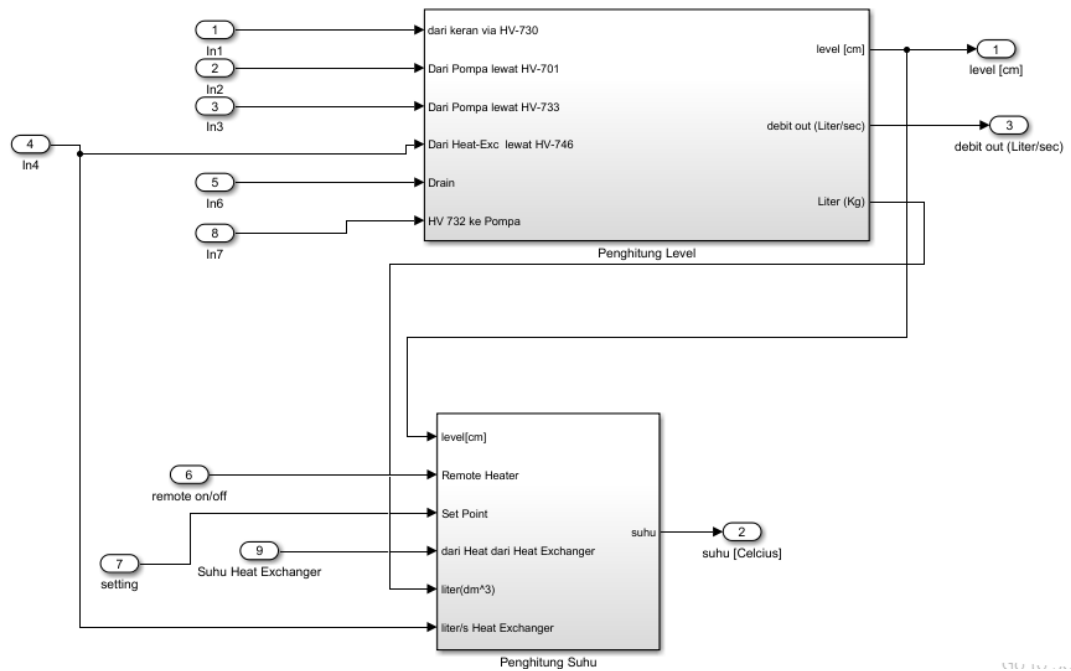
Untuk menggambarkan manual valve HV 731, HV 732, HV 733, HV 701, HV 730, dan HV 746 digunakan blok slider gain



Gambar 3.5 Blok Slinder Gain Sebagai Manual Valve

Berdasarkan gambar 3.5, Dimana nilai 0 berarti katub tertutup dan nilai 1 adalah katub terbuka.

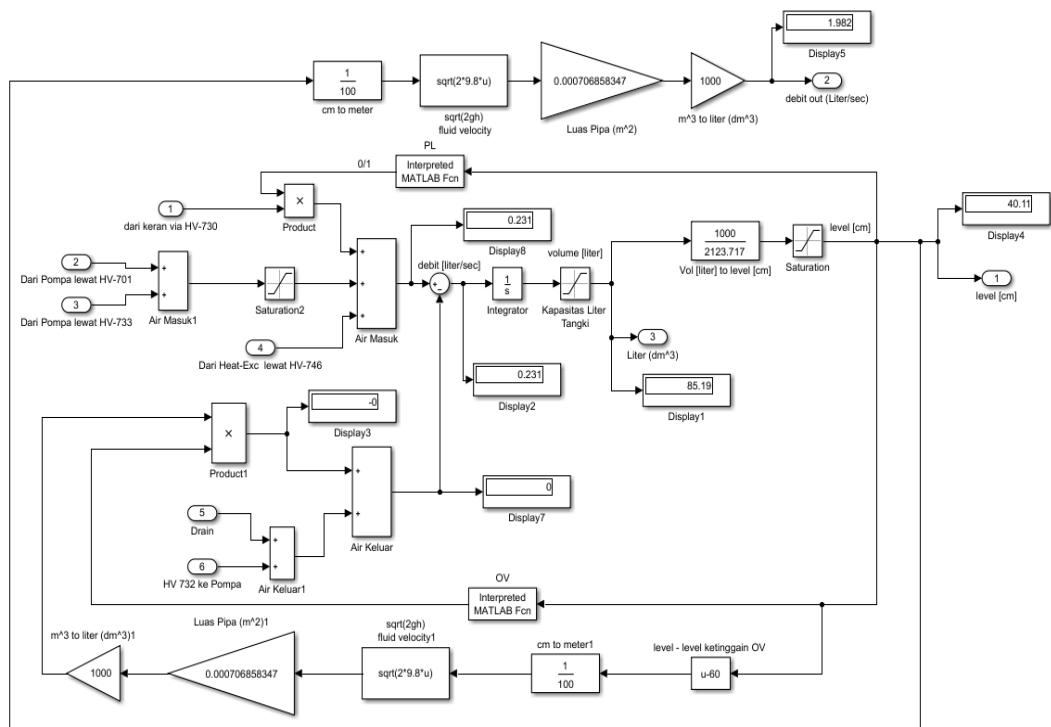
Pada subsistem tangki T-701 terdapat dua bagian yaitu penghitung level dan penghitung suhu seperti gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 3.6 Subsistem Tangki T-701

a. Penghitung Level Tangki T-701

Subsistem pada penghitung level tangki T-701 dapat dilihat dari gambar 3.7 dibawah ini.



Gambar 3.7 Penghitung Level Tangki T-701

Dapat dilihat bahwa flow yang masuk pada tangki T-701 lewat HV- 701 dan HV-733 dari Pompa P-701, keduanya dijumlah karena merupakan umpan balik masukan dari pompa P-701. Selanjutnya hasil kedua penjumlahan flow pada valve HV-733 dan HV-701 dijumlahkan lagi dengan flow masukan lainnya yaitu dari HV-730 yang berasal dari via keran dan HV-746 yang berasal dari heat exchanger. Kemudian hasil penjumlahan dari flow masukan tangki T-701 akan dikurangi oleh flow keluaran dari tangki T-701 yaitu drain, overflow, dan valve HV-732 (valve yang menuju pompa P-701).

Pada overflow dapat dilihat level yang berlebihan yaitu diatas 60 cm maka akan keluar ke overflow dan hasil keluaran dari overflow dikalikan dengan persamaan 3.1. yang dimana nilai luas pipa sebesar 0.00070685 cm^2 . Hasil perkalian itu akan menghasilkan besaran flow keluaran dari overflow dan overflow hanya akan aktif

jika levelnya melebihi 60 cm yang telah disetting pada blok interpreted MATLAB fcn OV, lihat gambar 3.8 yang merupakan settingan dari overflow.

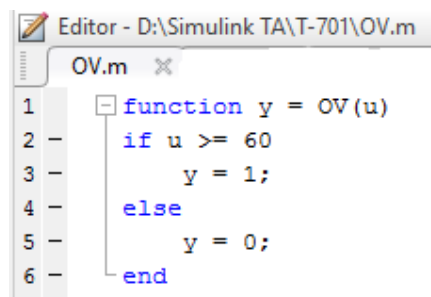
$$Q = A\sqrt{2gh} \quad (3.1) [11]$$

Dimana : Q = flow out (m³/s)

A = luas pipa (m²)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

h = tinggi level (m)



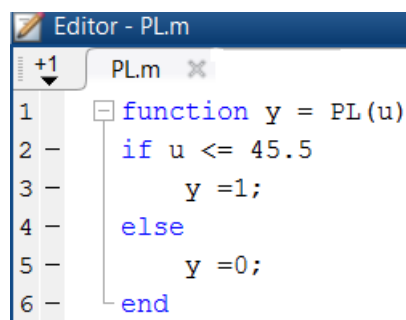
```

Editor - D:\Simulink TA\T-701\OV.m
OV.m
1 function y = OV(u)
2 if u >= 60
3     y = 1;
4 else
5     y = 0;
6 end

```

Gambar 3.8 Settingan Overflow pada Blok Interpreted MATLAB Fcn OV

Sama seperti overflow, HV-730 yang merupakan valve masuknya air dari keran akan berhenti ketika pelampung dari tangki T-701 telah mencapai 80 persen dari tangki atau pada level 52.4 cm. Lihat gambar 3.9 merupakan hasil settingan dari pelampung pada tangki T-701 yang mengatur keluaran dari blok interpreted MATLAB fcn PL.



```

Editor - PL.m
PL.m
1 function y = PL(u)
2 if u <= 45.5
3     y =1;
4 else
5     y =0;
6 end

```

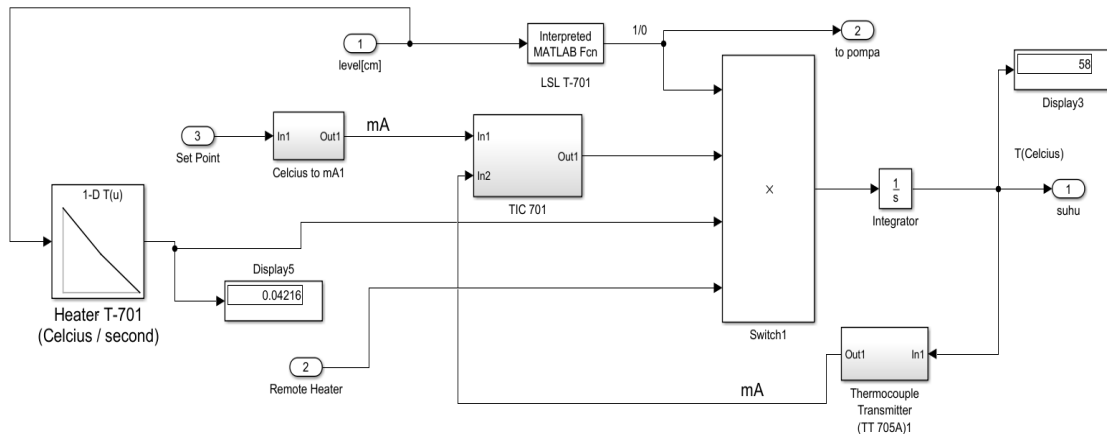
Gambar 3.9 Settingan Pelampung Pada Blok Interpreted MATLAB Fcn PL

Lihat kembali gambar 3.7 , apabila hasil pengurangan antara flow yang masuk dengan flow yang keluar dari tangki T-701 bernilai positif, maka masukannya berupa flow yang akan menambah nilai level tangki T-701 dan sebaliknya, jika hasil pengurangannya bernilai negatif maka akan mengurangi nilai level tangki T-701. Hasil dari pengurangan flow masukan dengan flow keluaran tersebut yang mempunyai satuan liter/detik atau setara dengan dm^3/detik selanjutnya akan dikalikan dengan satuan waktu (detik) menggunakan blok integrator. Hasil dari perkalian tersebut akan menyisahkan satuan liter atau dm^3 yang selanjutnya akan dikalikan dengan nilai 1000 untuk diubah ke cm^3 . Setelah itu, cm^3 akan dibagi dengan luas tangki yang bernilai 2123.717 cm^2 . Dari hasil pembagian tersebut maka didapatlah level dari tangki dalam satuan cm. adapun saturasi tersebut merupakan batas maksimum kapasitas tangki yaitu 120 liter atau level maksimumnya setinggi 65.5 cm.

Hasil dari level pada tangki T-701 akan disalurkan ke tangki boiler F-705 setelah dilakukan pemanasan awal. Flow yang keluar dari tangki T-701 dapat dihitung seperti overflow yaitu menggunakan persamaan 3.1. flow keluaran ini akan menuju pompa P-701 untuk dipompa ke tangki boiler F-705.

b. Penghitung Suhu Tangki T-701

Perhatikan gambar 3.10 dibawah ini yang merupakan simulink dari subsistem penghitung suhu.



Gambar 3.10 Penghitung Suhu pada Tangki T-701

Apabila semua kondisi terpenuhi dimana masukan pada blok product/pengalih (pada gambar 3.10 Disimbolkan dengan x) tidak bernilai 0. Maka fluida pada tangki T-701 akan mengalami kenaikan suhu sebesar °C/detik sesuai panas yang dihasilkan heater yang dimana data heater didapatkan dari persamaan 3.2. Beberapa kondisi yang harus terpenuhi untuk dilakukan peningkatan suhu pada tangki T-701 yang pertama berupa kondisi dimana tangki T-701 tidak dalam kondisi low level yaitu keluaran blok interpreted MATLAB fcn LSL T-701 adalah 1. Dapat dilihat gambar 3.11 Dibawah ini yang merupakan settingan dari blok interpreted MATLAB fcn LSL T-701. Pada settingan blok interpreted MATLAB fcn LSL T-701, kondisi batas low level berada pada level 20 cm. Apabila level tangki T-701 telah melewati level 20 cm maka kondisi terpenuhi .

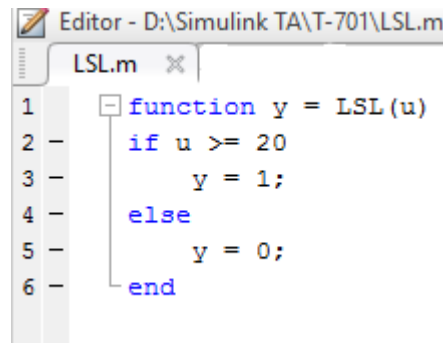
$$H = \frac{T_2 - T_1}{\Delta t} \quad \dots 3.2 [12]$$

Dimana H = Temperature Rate (°C/s)

T_2 = Suhu akhir (°C)

T_1 = Suhu awal (°C)

Δt = Waktu yang dibutuhkan T_1 mencapai T_2

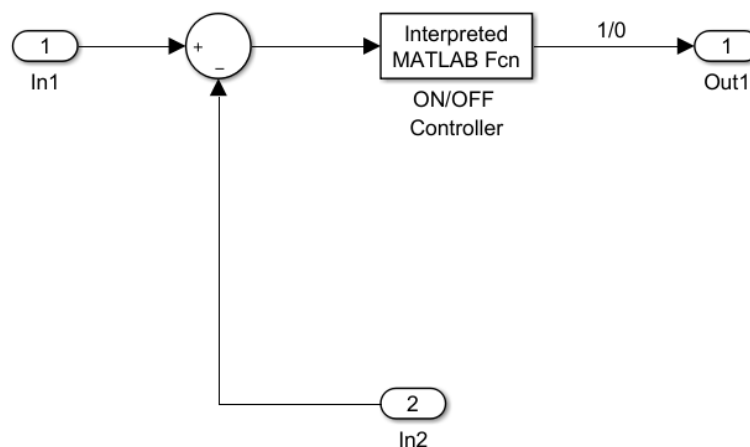


```
Editor - D:\Simulink TA\T-701\LSL.m
LSL.m
1 function y = LSL(u)
2 if u >= 20
3     y = 1;
4 else
5     y = 0;
6 end
```

Gambar 3.11 Settingan Batas Low Level Tangki T-701 Pada Blok

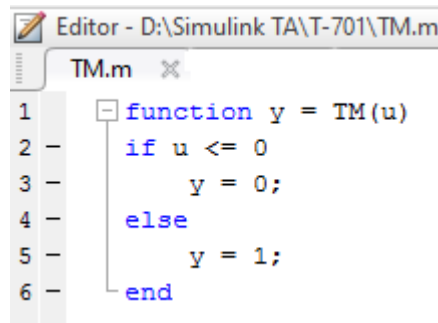
Interpreted MATLAB Fcn LSL T-701

Kondisi yang kedua yaitu nilai remote heater berupa 1 yang artinya ON, sedangkan jika nilainya 0 berarti OFF. Kondisi yang ketiga yaitu hasil dari pengurangan antara set point dengan nilai suhu yang terukur di thermocouple transmitter belum mencapai nilai nol (artinya kondisi set point belum terpenuhi sehingga tetap dilakukan pemanasan atau peningkatan suhu pada tangki T-701 sampai set point terpenuhi). Dapat dilihat pada gambar 3.12 merupakan gambar simulink dari TIC 701 yang merupakan kontroller on/off heater tangki T-701.



Gambar 3.12 Isi Subsistem dari TIC 701

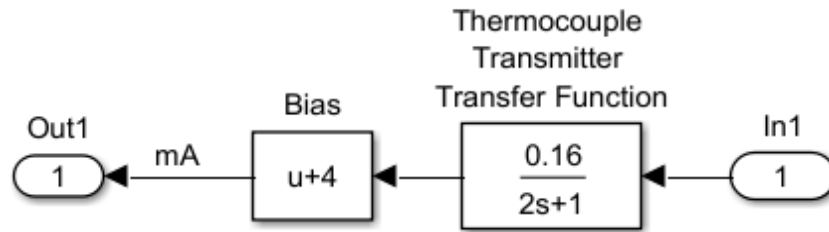
Input 1 merupakan set point yang nilainya berupa 4-20 mA (dimana 4 mA merupakan set point range terendah yaitu 0 celcius sedangkan 20 mA adalah range set point tertinggi yaitu 100 celcius). Input 2 merupakan umpanbalik dari hasil suhu tangki T-701 yang dihitung oleh thermocouple transmitter dimana nilainya telah diubah menjadi 4-20 mA. hasil pengurangan dari input 1 dengan input 2 akan jadi nilai input pada blok interpreted MATLAB fcn ON/OFF Controller. Isi settingan dari blok interpreted MATLAB fcn ON/OFF Controller dapat dilihat pada gambar 3.13 .



```
Editor - D:\Simulink TA\T-701\TM.m
TM.m
1 function y = TM(u)
2 if u <= 0
3     y = 0;
4 else
5     y = 1;
6 end
```

Gambar 3.13 Settingan pada Blok Interpreted MATLAB Fcn ON/OFF Controller

Apabila hasil input yang masuk pada blok interpreted MATLAB fcn ON/OFF Controller lebih kecil atau sama dengan 0 maka keluaran dari blok interpreted MATLAB fcn ON/OFF Controller bernilai 0 dan sebaliknya apabila lebih dari 0 maka keluarannya bernilai 1 yang berarti set point belum tercapai dan proses pemanas masih akan berlangsung.



Gambar 3.14 Subsistem dari Thermocouple Transmitter

Dapat dilihat dari gambar 3.14 , thermocouple transmitter dijabarkan dalam transfer function dengan persamaan 3.2. Dimana angka 0.16 merupakan pembacaan tiap suhu sebesar 1 celcius maka akan dibaca sebagai 0.16 mA yang didapatkan dari range 4-20 mA yaitu 16 kemudian dibagi dengan range maksimum dari thermocouple transmitter yaitu 100 celcius. Waktu konstan dari thermocouple transmitter adalah 2 detik. Adapun bias merupakan output sensor ketika tidak ada input yang masuk maka keluran bukan berarti 0 tetapi bernilai 4 mA.

$$H(s) = \frac{K_t}{T_t s + 1} \quad (3.2)$$

Dimana : $H(s)$ = transfer function

K_t = transmitter gain

T_t = waktu constant

Apabila ada terjadi pencampuran suhu antara suhu yang masuk dari heat exchanger dengan suhu yang ada di tangki T-701, maka kita akan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$T_c = \frac{M_1 C_1 T_1 + M_2 C_2 T_2 + \dots + M_n C_n T_n}{M_1 C_1 + M_2 C_2 + \dots + M_n C_n} \quad (3.3)$$

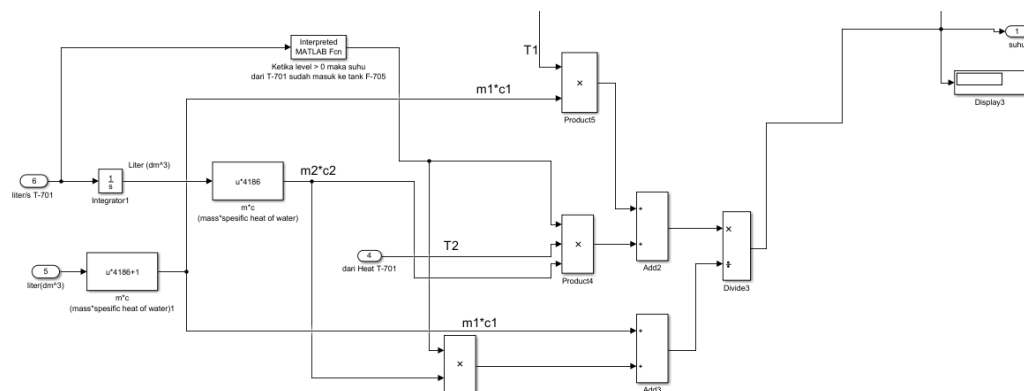
Dimana : T_c = suhu akhir pencampuran ($^{\circ}\text{C}$)

T = suhu pada fluida ($^{\circ}\text{C}$)

C = spesifik heat ($\text{Kj/ Kg } ^{\circ}\text{C}$) pada fluida

M = massa fluida (Kg)

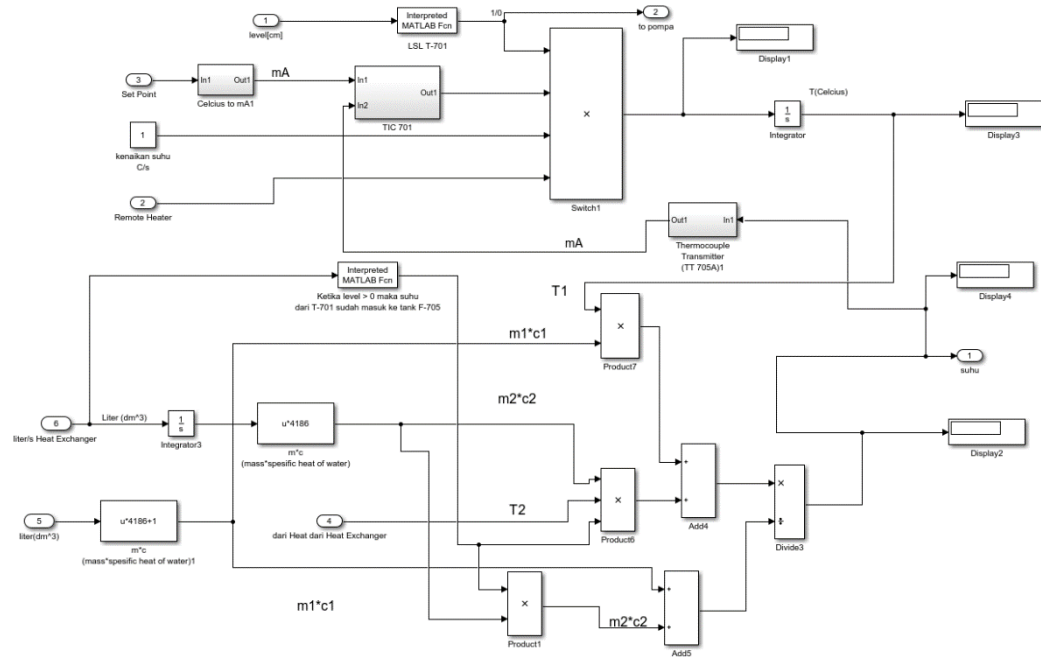
Maka dari persamaan 3.3, dapat dibuat simulink dari pencampuran suhu antara suhu dari heat exchanger dengan suhu pada tangki T-701 seperti gambar 3.15 dibawah ini.



Gambar 3.15 Simulink Penjumlahan Suhu T-701

Untuk mendapatkan massa dari fluida pada tangki T-701 maka hasil dari liter jumlah tangki yang ada. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3. Yaitu subsistem penghitung level, dimana terdapat blok output liter. Dari liter tersebut yang setara dengan dm^3 diubah ke m^3 lalu dikalikan dengan massa jenisnya untuk mendapatkan massanya dalam satuan Kg (kilogram). Massa fluida dalam satuan kg tersebut dikalikan dengan spesifik heatnya dan suhunya (lihat persamaan 3.3). Hasil tersebut lalu ditambahkan dengan hasil perkalian massa fluida dari heat exchanger dikalikan dengan spesifik heat dan suhunya. Lalu hasil penjumlahan tersebut dibagi dengan penjumlahan dari perkalian massa dengan spesifik heat dari masing-masing fluida

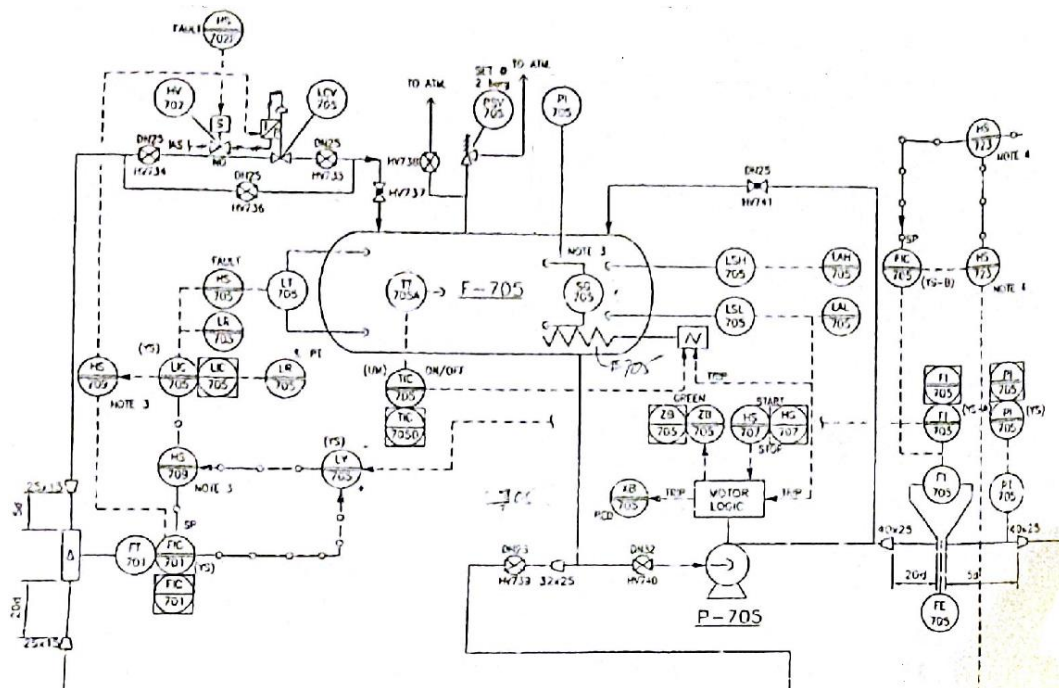
dari tangki T-701 dan heat exchanger. Berikut gambar 3.16 penuh dari penghitung suhu secara lengkap dengan pencampuran suhunya.



Gambar 3.16 Simulink Lengkap Penghitung Suhu T-701

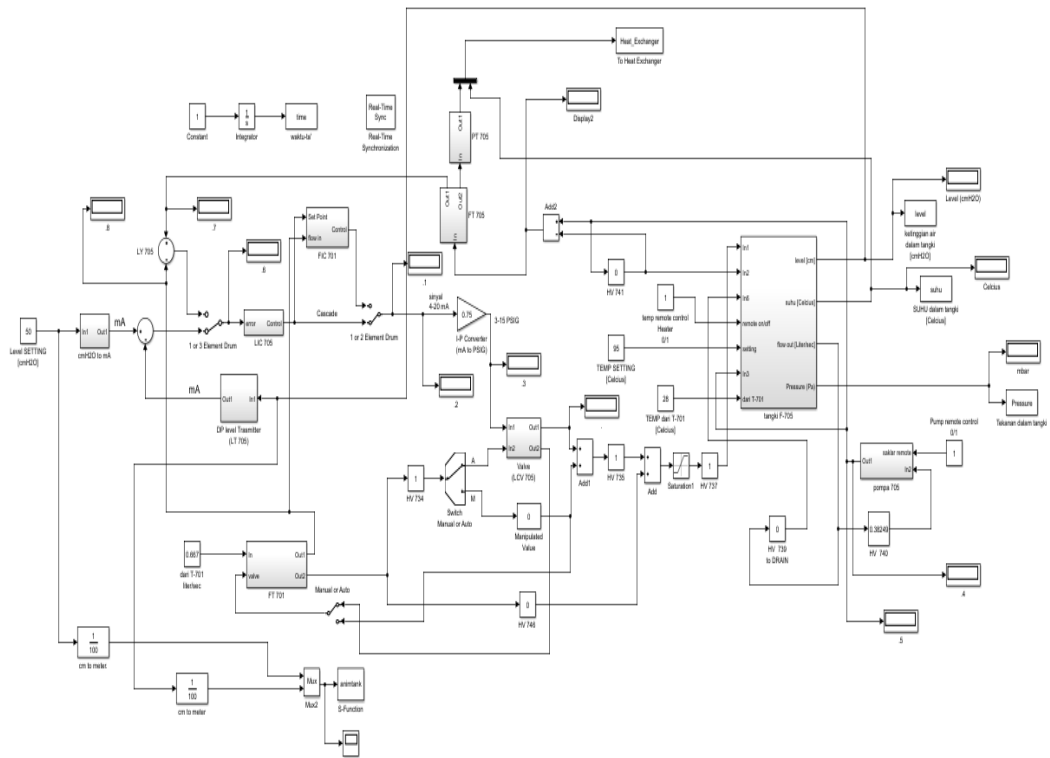
3.5.2 Tangki Boiler F-705

untuk tangki ini wilayahnya dapat dilihat pada gambar 3.17 dibawah ini.



Gambar 3.17 Skematik Tangki Boiler F-705

Dari gambar sekematik diatas maka dapat dibuat Simulink seperti gambar 3.18 dibawah ini.

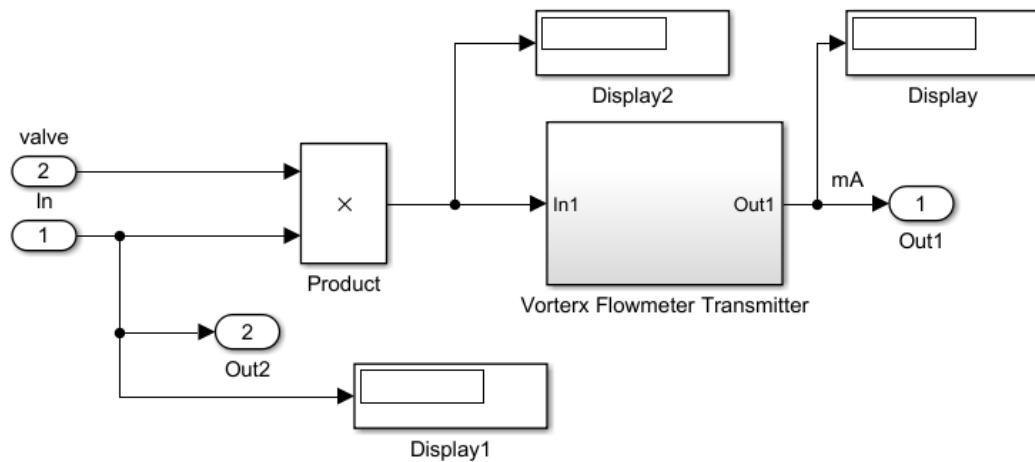


Gambar 3.18 Simulink Tangki Boiler F-705

Untuk wilayah tangki boiler F-705 terdiri dari instrumen flowmeter transmitter, pressure transmitter, DP level transmitter, pengontrol level berbasis PID (LIC 705 dan FIC-701), dan global valve LCV-705.

a. Simulink Flowmeter Transmitter (FT-701 dan F-705)

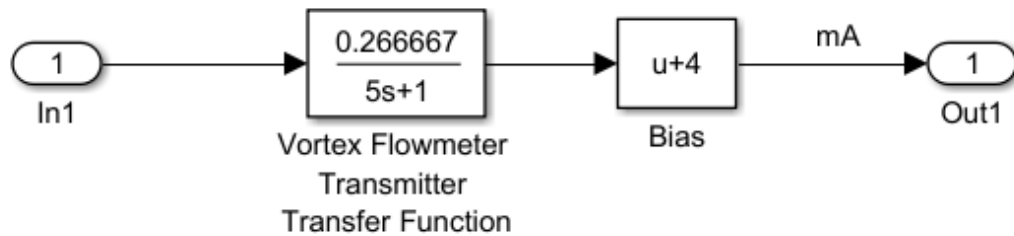
Simulink pada flowmeter transmitter terdiri atas dua bagian yaitu vortex flowmeter transmitter (FT-701) dan orifice DP flowmeter transmitter (FF-705). Pada vortex flowmeter transmitter, simulinknya dapat dilihat pada gambar 3.19 dibawah ini.



Gambar 3.19 Simulink Vortex Flowmeter

Blok input 1 merupakan inputan flow dari tangki preheater T-701 lewat pompa P-701, input 2 merupakan masukan dari besaran flow yang dapat masuk pada global valve LCV 705 atau katub HV-736 yang dikalikan dengan input 1 untuk menentukan berapa flow yang mengalir pada katub tersebut. Hasil perkalian tersebut nantinya dibaca oleh vortex flowmeter transmitter sebagai flow yang mengalir masuk ke tangki boiler F-705. Output dari vortex transmitter berupa sinyal 4-20 mA yang dikirim ke pengontrol FIC-701 sebagai faktor pengurang dengan setpoint pada pengontrolan two element (cascade) drum level control dan juga dikirim sebagai faktor pengurang dengan output dari orifice DP flowmeter transmitter untuk pengontrolan three element (feed foward) drum level control. Untuk output 2 merupakan flow dari tangki preheater T-701 yang diteruskan ke katub global valve.

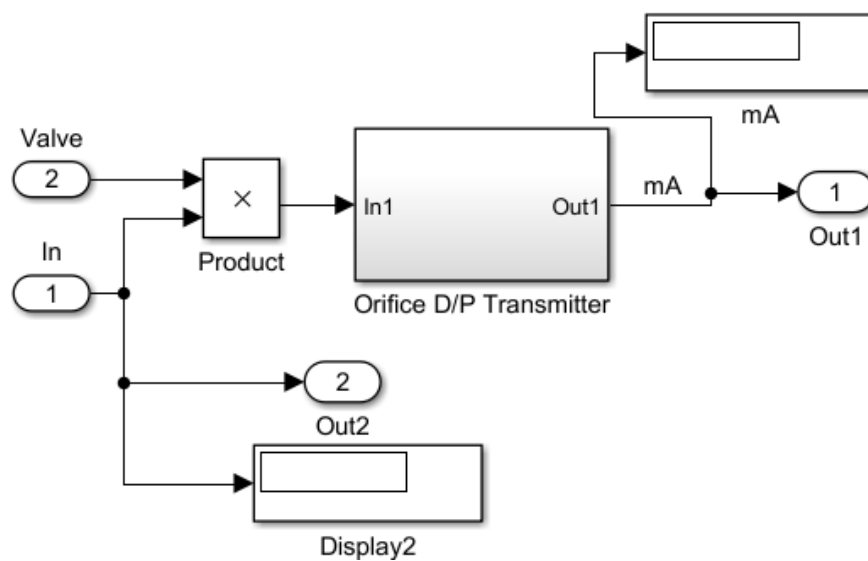
Untuk isi subsistem dari vortex flowmeter transmitter dapat dilihat pada gambar 3.20 dibawah ini.



Gambar 3.20 Subsistem Simulink Vortex Flowmeter Transmitter

Sama seperti simulink thermocouple transmitter, dimana angka 0.266667 merupakan pembacaan tiap flow sebesar 1 LPM maka akan dibaca sebagai 0.266667 mA yang didapatkan dari range 4-20 mA yaitu 16 kemudian dibagi dengan range maksimum dari vortex flowmeter transmitter yaitu 60. waktu konstan dari vortex flowmeter transmitter adalah 5detik.

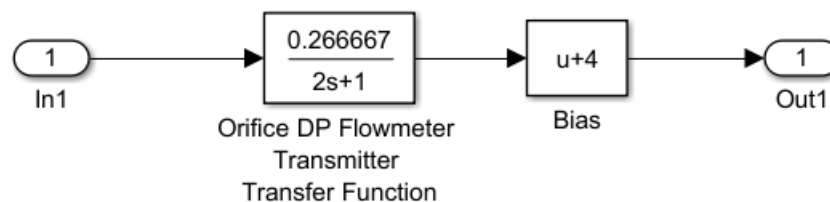
Untuk simulink dari orifice flowmeter transmitter ditunjukkan pada gambar 3.21 dibawah ini.



Gambar 3.21 Simulink Orifice DP Flowmeter Transmitter

Sama seperti vortex flowmeter transmittter, namun bedanya blok input 1 merupakan inputan flow dari tangki boiler F-705 lewat pompa P-705, input 2 merupakan masukan dari besaran flow yang dapat masuk pada global valve TCV 720 atau katub HV-745 yang dikalikan dengan input 1 untuk menentukan berapa flow yang mengalir pada katub tersebut. Hasil perkalian tersebut nantinya dibaca oleh orifice flowmeter transmitter sebagai flow yang mengalir masuk ke heat exchanger. Output dari orifice flowmeter transmitter berupa sinyal 4-20 mA yang dikirim ke pengontrol LIC-705 sebagai faktor yang dikurangkan dengan hasil output dari vortex flowmeter transmitter pengontrolan three element (feed foward) drum level control. Untuk output 2 merupakan flow dari tangki boiler F-705 yang diteruskan ke heat exchanger.

Untuk isi subsistem dari orifice flowmeter transmitter dapat dilihat pada gambar 3.22 dibawah ini.

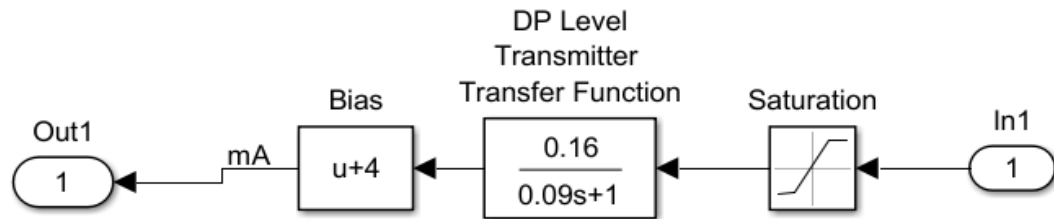


Gambar 3.22 Subsistem Simulink Orifice Flowmeter Transmitter

Sama seperti simulink vortex transmitter, bedanya waktu konstan dari orifice flowmeter transmitter adalah 2 detik.

b. Simulink Level Transmitter (LT-705)

Simulink dari DP level transmitter (LT-705) dapat dilihat pada gambar 3.23 dibawah ini.

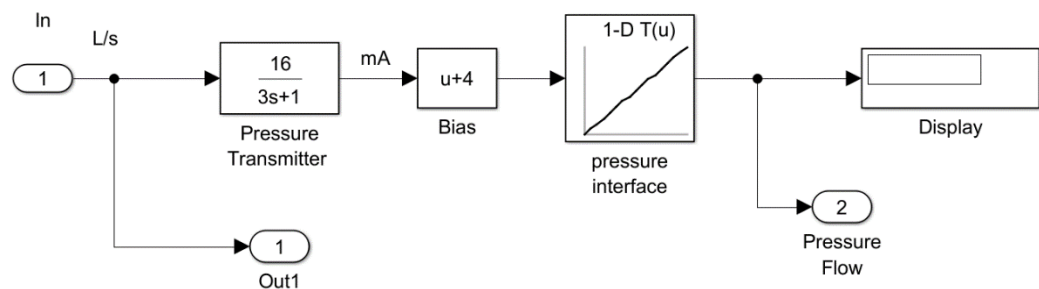


Gambar 3.23 Simulink DP Level Transmitter

Sama seperti simulink thermocouple transmitter, namun bedanya pada waktu konstan dari DP level transmitter adalah 0.09 detik. Adapun blok saturation adalah batas range dari pengukuran level DP level transmitter yaitu 100 cm.

c. Simulink Pressure Transmitter (PT-705)

Simulink pada pressure transmitter (PT-705) ditunjukkan pada gambar 3.24 Dibawah ini.



Gambar 3.24 Simulink Pressure Transmitter

Flow yang masuk pada pressure transmitter diubah menjadi sinyal 4-20 mA oleh pressure interface dan dikonversike dalam nilai 0-30 psig. waktu konstan dari pressure transmitter adalah 3 detik.

Adapun isi dari pressure interface dapat dilihat pada tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3.1 Hasil Konversi Sinyal Pressure Transmitter ke Satuan PSIG

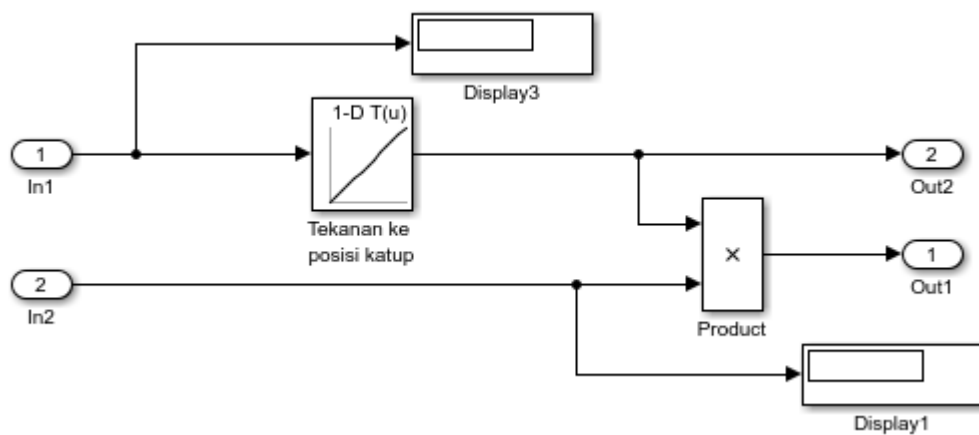
Sinyal Pressure Transmitter (V)	Hasil Konversi Sinyal (PSIG)
4	0
5	1.875
6	3.75
7	5.625
8	7.5
9	9.375
10	11.25
11	13.125
12	15
13	16.875
14	18.75
15	20.625
16	22.5
17	24.375
18	26.25
19	28.125

20	30
----	----

Nilai dari tabel diatas didapat dari nilai range 0-30 dibagi dengan range 4-20 sehingga didapat 1.875 yang kemudian ditambah sampai mencapai nilai 30.

d. Simulink Katub Global Valve (LCV-705)

Untuk simulink global valve (LCV-705) dapat dilihat pada gambar 3.245 dibawah ini.



Gambar 3.25 Simulink Global Valve (LCV-705)

Input 1 merupakan hasil konversi sinyal 4-20 mA ke 3-15 psig oleh IP positioner yang merupakan sinyal kontrol untuk katub gloval valve LCV-705 yang akan dikonversi menjadi posisi katup. Konversi 3-15 psig ke posisi katub dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Hasil Konversi Tekanan Kontrol ke Posisi Katup

Tekanan kontrol 3-15 psig	Posisi Katub
3	0
4	0.083333328

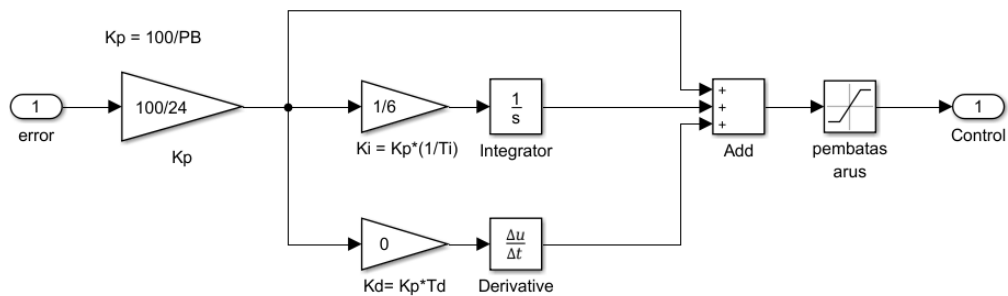
5	0.166666658
6	0.25
7	0.3333333343
8	0.4166666656
9	0.5
10	0.5833333313
11	0.6666666686
12	0.75
13	0.833333313
14	0.916666667
15	1

Nilai dari tabel diatas didapat dari nilai posisi katub terbesar yaitu 1 yang menandakan katup terbuka dibagi dengan 12 hasil range 3-15 yang merupakan range sinyal tekanan. Hasil pembagian adalah 0.0833333 kemudian ditambah sampai mendapatkan nilai 1. Nilai dari tabel 3.2 dimasukkan dalam blok 1-D T(u). Hasil keluarannya adalah posisi katub yang dikalikan dengan input 2 yang merupakan flow yang masuk dari tangki T-701 lewat pompa P-701. Keluaran 2 yaitu posisi katub akan dikirim ke vortex flowmeter sebagai rujukan pengukuran flow yang mengalir masuk ke katub global valve. Sedangkan keluaran 1 adalah flow yang mengalir keluaran dari katub global valve yang akan menuju tangki boiler F-705.

e. Simulink Pengontrol berbasis PID pada Boiler Drum (LIC-705 dan FIC-701)

Pengontrol terdiri dari dua pengontrol yaitu pengontrol level tangki boiler LIC-705 dan pengontrol flow yang masuk pada tangki boiler FIC-701 dimana keduanya berbasis PID. Untuk LIC-705 merupakan pengontrol primer yang set pointnya dikurangi dengan hasil pengukuran LT-705 dan digunakan khusus pada single element drum level control. Untuk FIC-701 merupakan pengontrol sekunder yang digunakan untuk two element (cascade) drum level control yang cascade dengan LIC-705, dimana output dari LIC-705 dijadikan sebagai set point (dijadikan sebagai pengontrol flow) bagi FIC-701 yang kemudian dikurangi dengan flow yang mengalir pada FT-701.

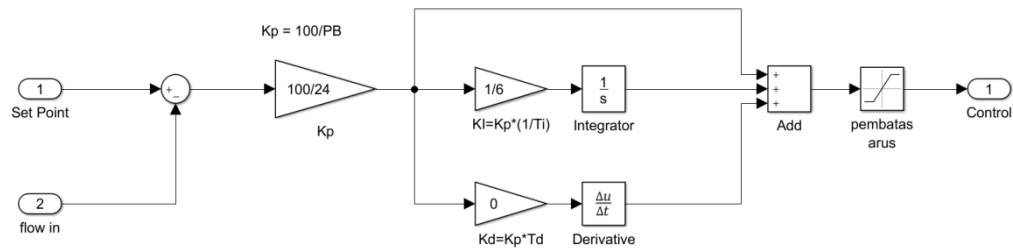
Simulink dari LIC-705 dapat dilihat pada gambar 3.26 dibawah ini.



Gambar 3.26 Simulink Pengontrol Level LIC-705

Dimana persamaan PID yang digunakan berdasarkan persamaan 2.6. untuk error merupakan hasil pengurangan set point dengan pengukuran level yang dilakukan oleh Lt-705. Dan pembatas arus membatasi arus sebesar 4-20 mA untuk keluarannya yang sebagai sinyal control.

Untuk simulink pengontrol FIC-701 dapat dilihat pada gambar 3.27 dibawah ini.

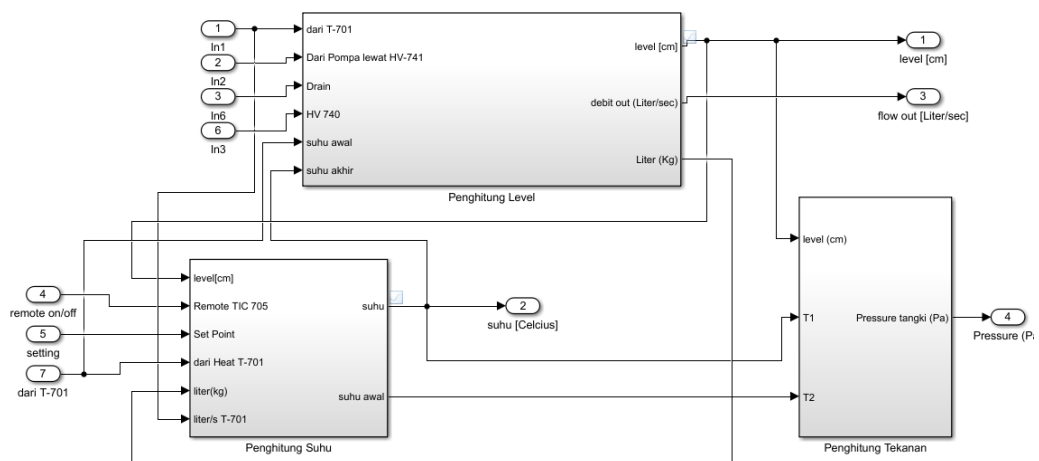


Gambar 3.27 Simulink Pengontrol Flow FIC-701

Sama seperti simulink LIC-705 namun bedanya terdapat pada masukannya dimana keluaran dari LIC-705 yang menjadi masukan 1 set point dikurang dengan masukan flow hasil pembacaan dari FT-701.

f. Simulink Tangki Boiler Drum F-705

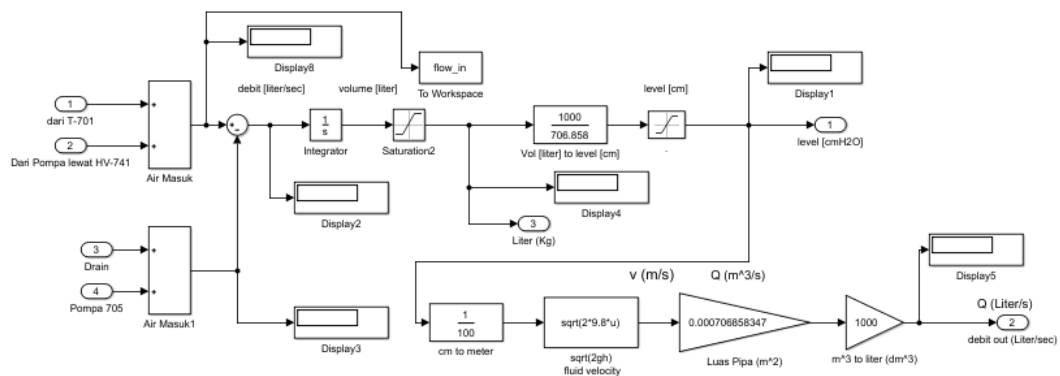
Dapat dilihat pada gambar 3.28 simulink boiler drum F-705 terdiri dari penghitung level, penghitung suhu dan penghitung tekanan.



Gambar 3.28 Simulink Tangki Boiler Drum F-705

g. Simulink Penghitung Level Tangki Boiler Drum F-705

Simulink penghitung level tangki boiler drum F-705 sama seperti penghitung level pada tangki T-701, Yang membedakan hanyalah masukannya, batas ketinggian level dan diameter luas tangki. Simulink penghitung level tangki boiler drum F-705 dapat dilihat pada gambar 3.29 dibawah ini.

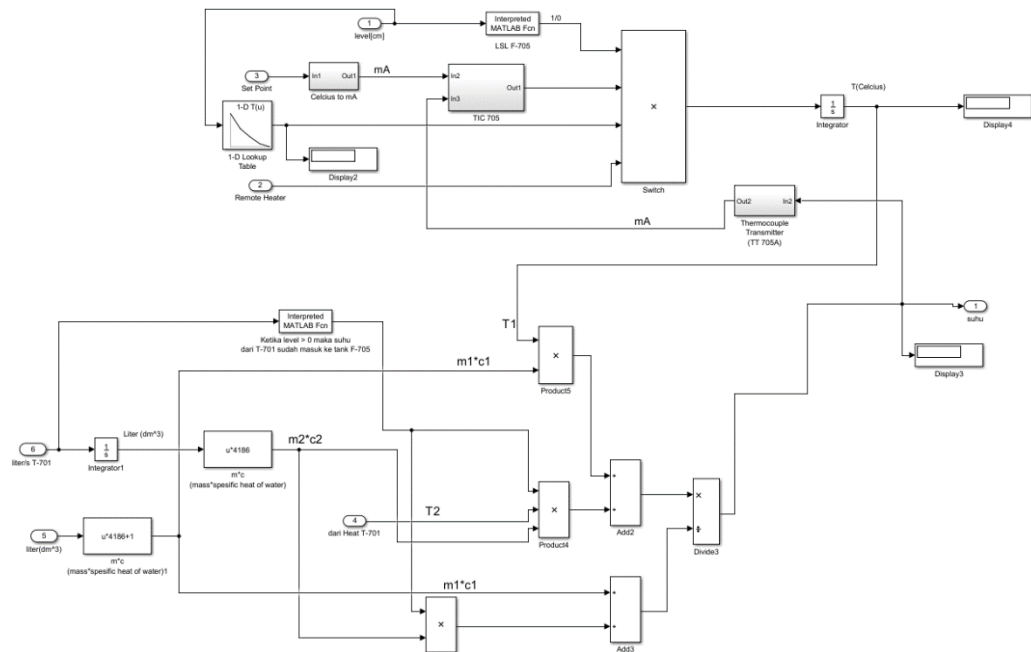


Gambar 3.29 Simulink Penghitung Level Tangki Boiler Drum F-705

Masukan untuk flow masuk diisi oleh masukan dari flow tangki T-701 dan umpanbalik dari pompa P-705. Untuk masukan flow yang keluar berasal dari pompa P-705 ke heat exchanger dan drain. Saturasi kapasitas penampungan dari tangki F-705 adalah 100 liter. Untuk diameter tangki F-705 adalah 50 cm sehingga didapatkan luas tangki sebesar 706.858. dan saturasi untuk level tangki F-705 adalah 119.5 cm.

h. Simulink Penghitung Suhu Tangki Boiler Drum F-705

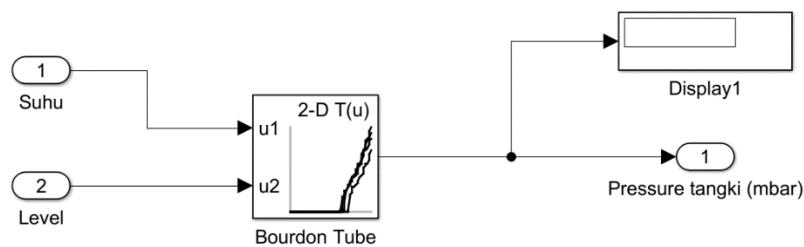
Simulink penghitung suhu tangki boiler drum F-705 sama seperti penghitung suhu pada tangki T-701. Simulink penghitung suhu tangki boiler drum F-705 dapat dilihat pada gambar 3.30 dibawah ini.



Gambar 3.30 Simulink Penghitung Suhu Tangki Boiler Drum F-705

i. Simulink penghitung tekanan

Simulink penghitung tekanan dapat dilihat pada gambar 3.31, dimana inputan dari blok 2-D lookup tabel merupakan blok yang nanti diisi hasil pengambilan data tekanan dari alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107). output dari 2-D lookup tabel yang berupa tekanan bergantung besar inputannya, yaitu suhu dari hasil penghitungan suhu dan level dari hasil penghitungan level pada tangki boiler F-705.



Gambar 3.31 Simulink Penghitung Tekanan Tangki Boiler Drum F-705

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil pengambilan data pada alat Boiler Heating Batching Control Trainer pada tangki preheater T-701 dan tangki boiler F-705. Datanya berupa suhu dan tekanan yang kemudian dibandingkan dengan data hasil simulasi simulink untuk validasi data yang diperoleh.

4.1 Pengujian Suhu pada Tangki preheater T-701

Pengujian suhu pada tangki preheater T-701 bertujuan untuk validasi data suhu yang dihasilkan tangki preheater T-701 dengan cara membandingkan data hasil simulasi simulink dengan hasil pengambilan data pada alatnya sehingga didapatkan simulink tangki preheater T-701 yang dapat menghasilkan suhu yang sama dengan tangki preheater T-701 pada alat aslinya.

4.1.1 Hasil Pengambilan data suhu pada tangki preheater T-701 dari alatnya

Tangki preheater T-701 berfungsi memanaskan mula air suplay sebelum dikirim ke tangki boiler drum F-705. Pada tabel 4.1 menunjukkan waktu yang diperlukan tangki preheater T-701 untuk memanaskan air pada level yang berbeda-beda. Dimana Semakin tinggi level airnya maka waktu yang diperlukan untuk memanaskan airnya semakin lama dan sebaliknya semakin rendah level air maka waktu yang diperlukan untuk memanaskan air semakin singkat. Hal ini disebabkan

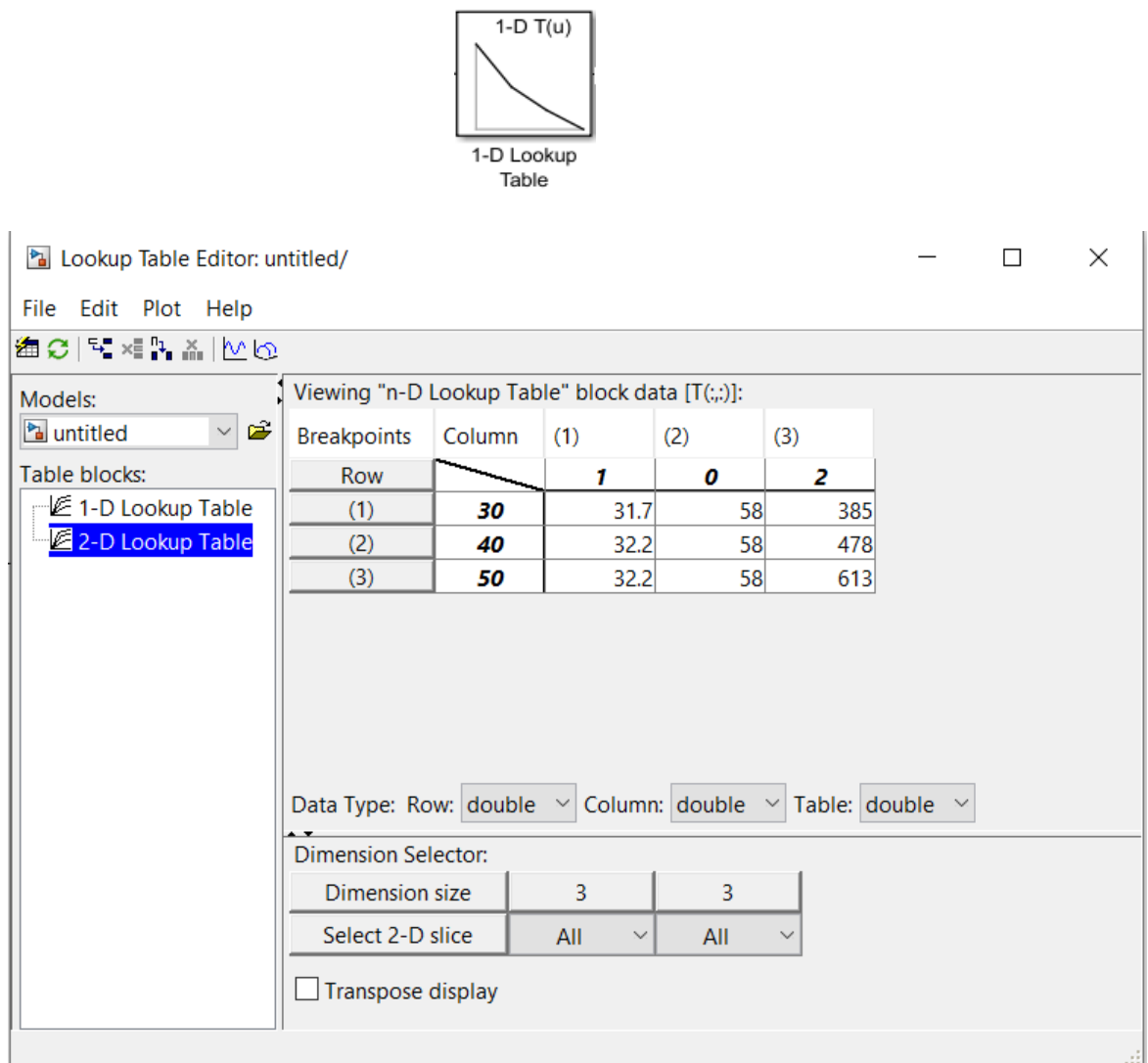
karena oleh jumlah massa air yang akan dipanaskan pada level 50 cm lebih banyak dibandingkan pada level 40 cm dan level 30 cm.

Tabel 4.1 Pengambilan data suhu pada Tangki preheater T-701 dari alatnya

Level Tangki T-701 (cm)	Range Suhu(°C)	Waktu Pemanasan (detik)
30	31.7 - 58	385
40	32.2 - 58	478
50	32.2 – 58	613

Data pada tabel 4.1 diatas kemudian dibandingkan dengan data dari hasil simulasi simulink.

Sebelum dilakukan pengujian, data dari tabel diatas dimasukkan pada blok lookup table yang ada disimulink. Dapat dilihat pada gambar 4.1 dibawah ini.



Gambar 4.1 Hasil pengambilan data suhu tangki T-701 dimasukkan dalam blok simulink lookup table

4.1.2 Pengujian data suhu tangki preheater T-701 menggunakan Simulink

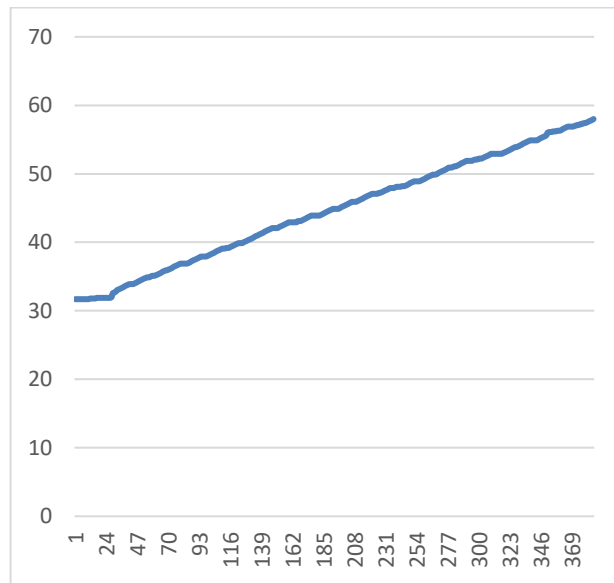
Pada tabel 4.2 menunjukkan perbandingan hasil pengambilan data pada alatnya dengan hasil simulasi simulink, dari hasil tersebut dimana waktu yang diperlukan untuk memanaskan air pada setiap level dengan range suhu yang sama diperoleh

hasil yang sama antara hasil pengambilan data pada alatnya dengan hasil simulasi simulink.

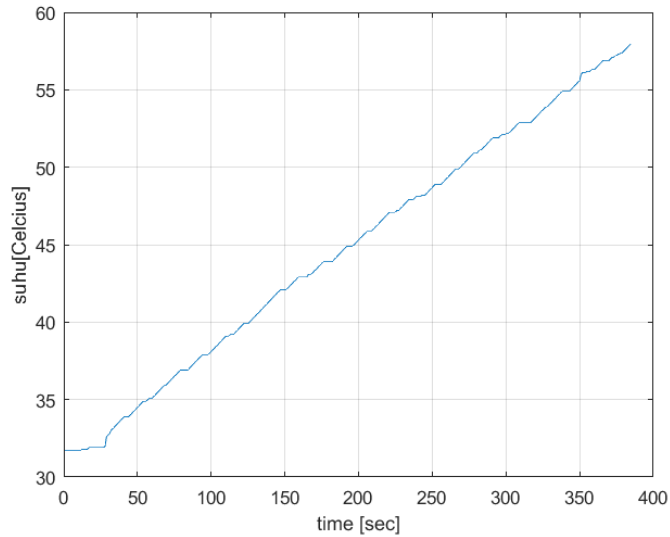
Tabel 4.2 Perbandingan data suhu Tangki preheater T-701 antara hasil pengambilan data dari alatnya dengan hasil simulasi Simulink

Hasil Perbandingan Suhu Pada Tangki Preheater T-701				
Level Tangki T-701 (cm)	Hasil Pengambilan Data Pada Alatnya		Hasil Simulasi Simulink	
	Range Suhu	Waktu Pemanasan	Range Suhu	Waktu Pemanasan
30	31.7 - 58	385	31.7 - 58	385
40	32.2 - 58	477	32.2 - 58	477
50	32.2 – 58	612	32.2 – 58	612

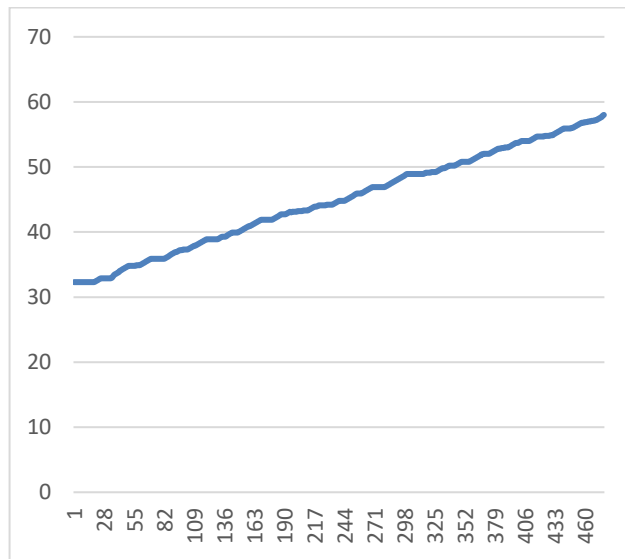
Gambar 4.1 – 4.6 memperlihatkan perbandingan grafik suhu tangki preheater T-701 hasil pengambilan data dari alatnya dengan grafik suhu tangki preheater T-701 hasil simulasi simulink. dari grafik tersebut dapat dilihat perbandingan antara grafik hasil pengambilan data pada alatnya dengan grafik hasil simulasi simulink didapatkan grafik yang identik.



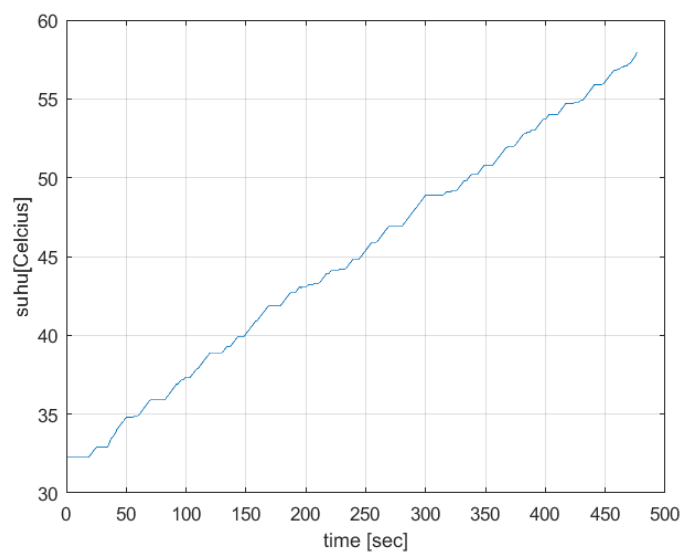
Gambar 4.2 Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 30 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya



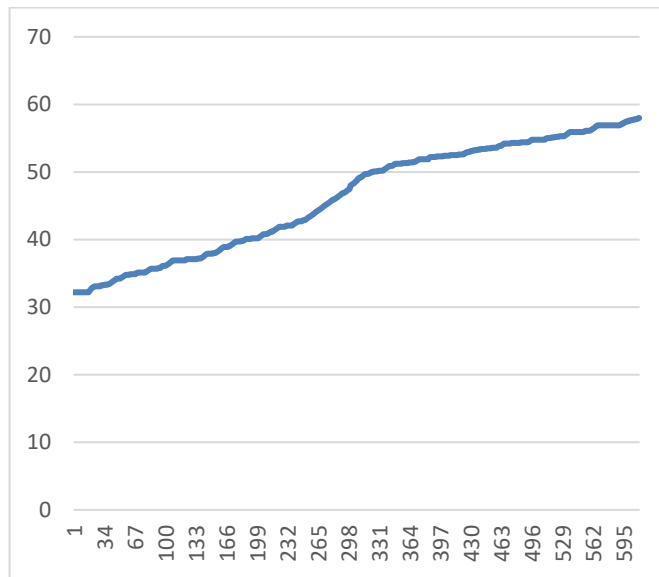
Gambar 4.3 Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 30 cm dari Hasil Simulasi Simulink



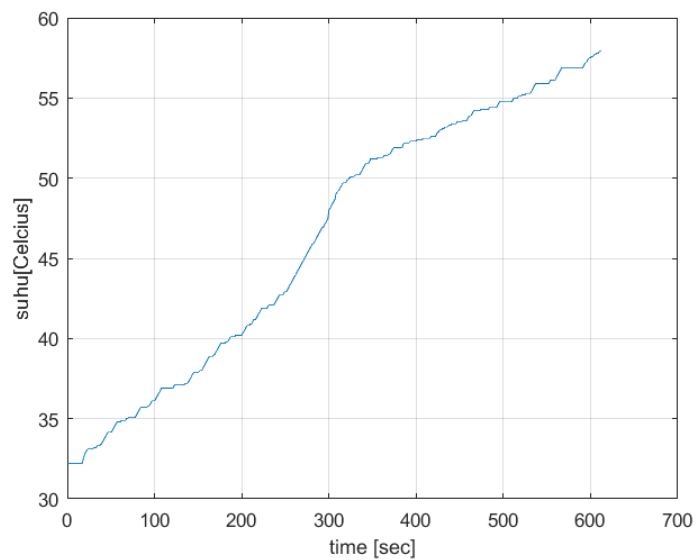
Gambar 4.4 Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 40 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya



Gambar 4.5 Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 40 cm dari Hasil Simulasi Simulink



Gambar 4.6 Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 50 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya



Gambar 4.7 Grafik Suhu tangki preheater T-701 pada level 50 cm dari Hasil Simulasi Simulink

4.2 Pengujian suhu pada tangki Boiler drum F-705

Sama dengan tangki preheater T-701, Pengujian suhu pada tangki Boiler drum F-705 bertujuan untuk validasi data suhu yang dihasilkan tangki boiler drum F-705 dengan cara membandingkan data hasil simulasi simulink dengan hasil pengambilan data pada alatnya sehingga didapatkan simulink tangki boiler drum F-705 yang dapat menghasilkan suhu yang sama dengan tangki boiler drum F-705 pada alat aslinya.

4.2.1 Hasil Pengambilan data suhu pada Tangki Boiler drum F-705 dari alatnya

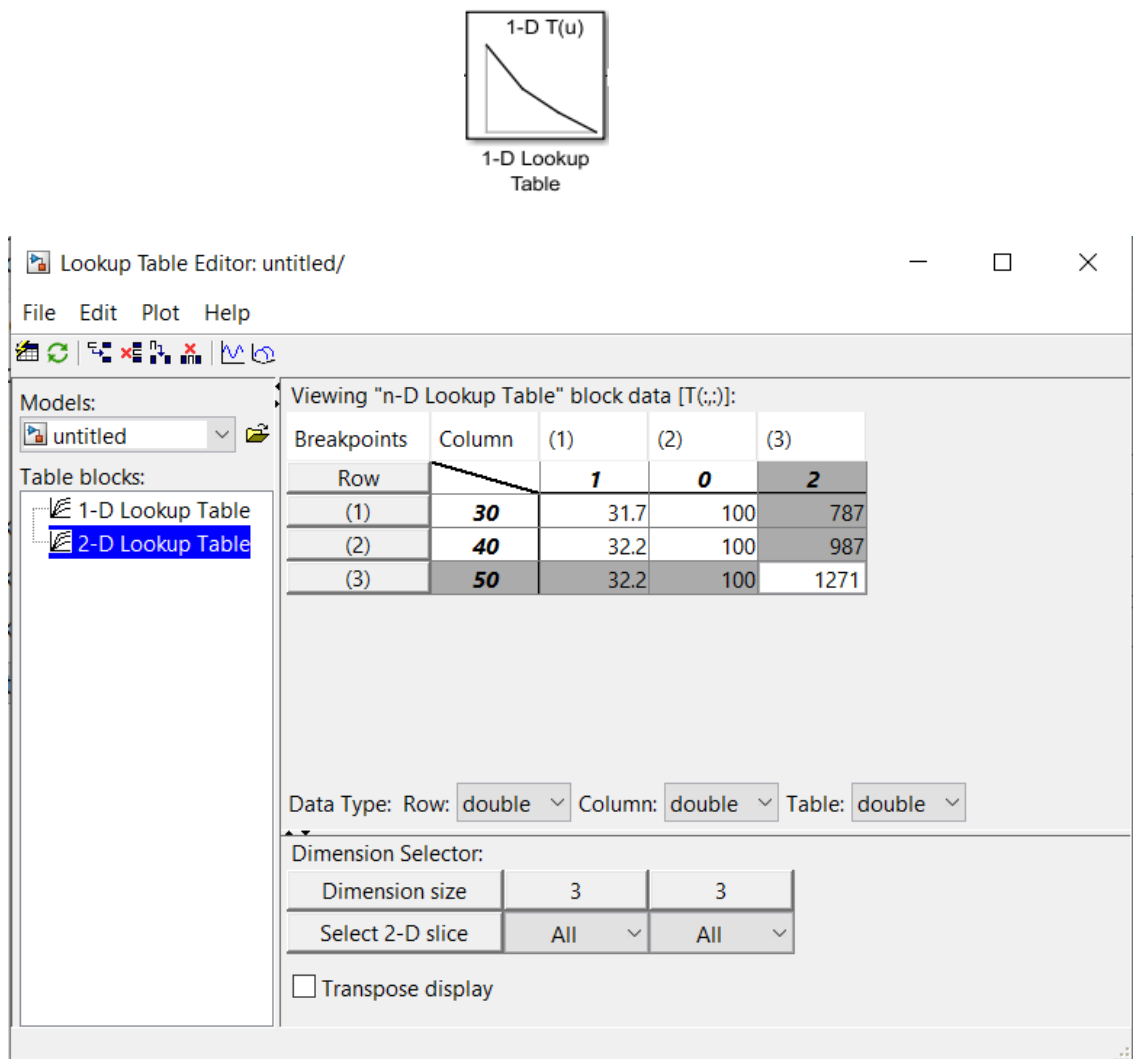
Tangki Boiler drum F-705 berfungsi memanaskan air untuk diubah menjadi uap yang kemudian uapnya dikirim ke heat exchanger untuk dipakai sebagai media pemanas dalam proses pertukaran panas. Pada tabel 4.1 menunjukkan waktu yang diperlukan Boiler drum F-705 untuk memanaskan air pada level yang berbeda-beda. Semakin tinggi level airnya maka waktu yang diperlukan untuk memanaskan airnya semakin lama dan sebaliknya semakin rendah level air maka waktu yang diperlukan untuk memanaskan air semakin singkat. Hal ini disebabkan karena oleh jumlah massa air yang akan dipanaskan pada level 30 cm lebih sedikit dibandingkan pada level 40 cm dan level 50 cm.

Tabel 4.3 Kenaikan suhu perdetik pada tangki Boiler drum F-705

Level Tangki F- 705 (cm)	Range Suhu Awal - Suhu Akhir (°C)	Waktu Pemanasan (detik)
30	31.7 – 100	787
40	31.9 – 100	987
50	31.4 – 100	1271

Data pada tabel 4.3 diatas kemudian dibandingkan dengan data dari hasil simulasi simulink.

Sebelum dilakukan pengujian, data dari tabel diatas dimasukkan pada blok lookup table yang ada disimulink. Dapat dilihat pada gambar 4.8 dibawah ini.



Gambar 4.8 Hasil pengambilan data suhu tangki F-705 dimasukkan dalam blok simulink lookup table

4.2.2 Pengujian data suhu tangki Boiler drum F-705 menggunakan Simulink

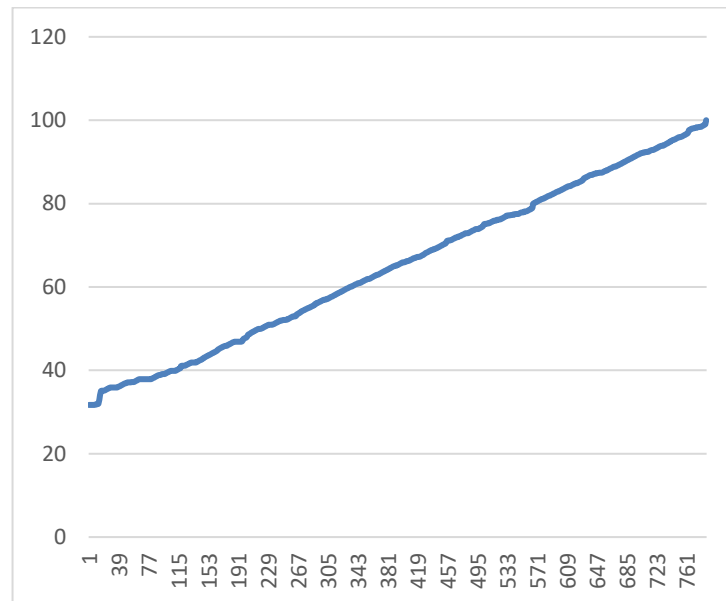
Pada tabel 4.4 menunjukkan perbandingan hasil pengambilan data pada alatnya dengan hasil simulasi simulink.

Tabel 4.4 Perbandingan data suhu Tangki Boiler drum F-705 antara hasil pengambilan data dari alatnya dengan hasil simulasi Simulink

Hasil Perbandingan Suhu Pada Tangki Boiler drum F-705				
Level Tangki F-705 (cm)	Hasil Pengambilan Data Pada Alatnya		Hasil Simulasi Simulink	
	Range Suhu	Waktu Pemanasan	Range Suhu	Waktu Pemanasan
30	31.7 – 100	786	31.7 – 100	786
40	31.9 – 100	987	31.9 – 100	987
50	31.4 – 100	1271	31.4 – 100	1271

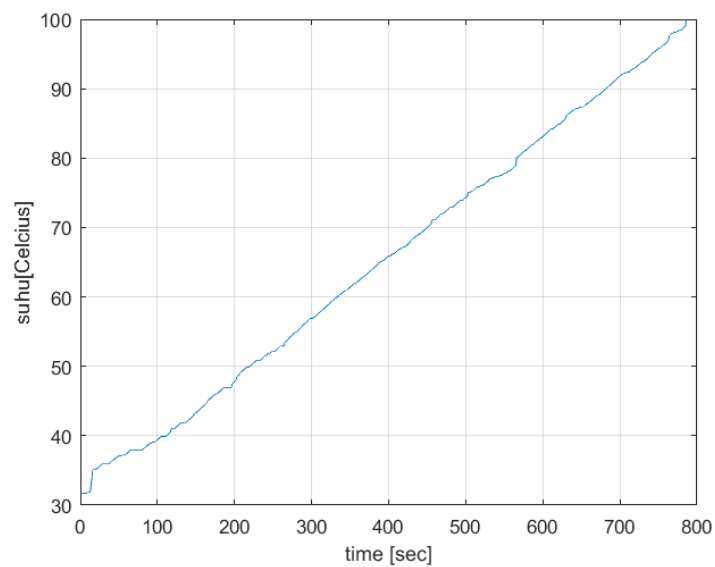
Dari tabel 4.4, dimana waktu yang diperlukan untuk memanaskan air pada setiap level dengan range suhu yang sama diperoleh hasil yang sama antara hasil pengambilan data pada alatnya dengan hasil simulasi simulink.

Gambar 4.7 – 4.12 Memperlihatkan perbandingan grafik hasil pengambilan data dari alatnya dengan grafik hasil simulasi simulink. dari grafik tersebut dapat dilihat hasil yang identik antara grafik hasil pengambilan data dengan grafik hasil simulasi simulink.



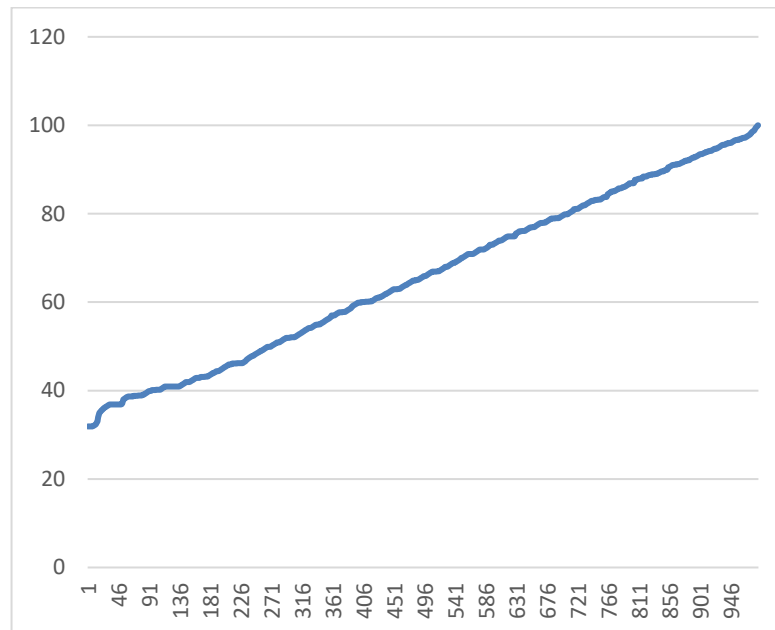
Gambar 4.9 Grafik Suhu tangki Boiler drum F-705 pada level 30 cm dari

Hasil pengambilan data pada alatnya

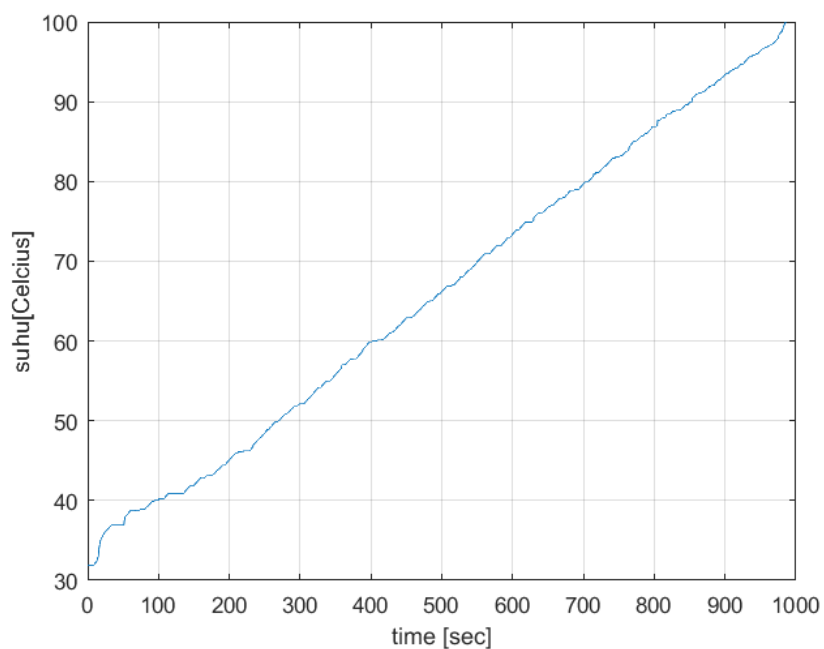


Gambar 4.10 Grafik Suhu tangki Boiler drum F-705 pada level 30 cm dari

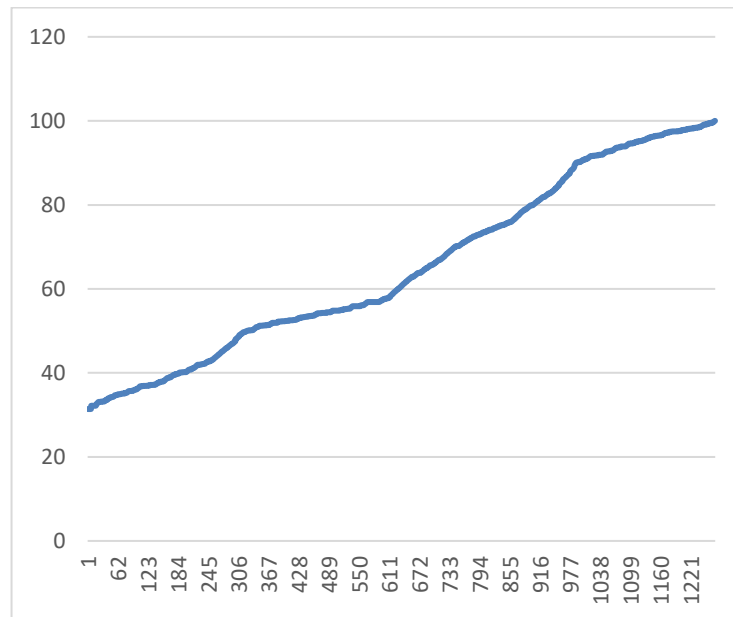
Hasil Simulasi Simulink



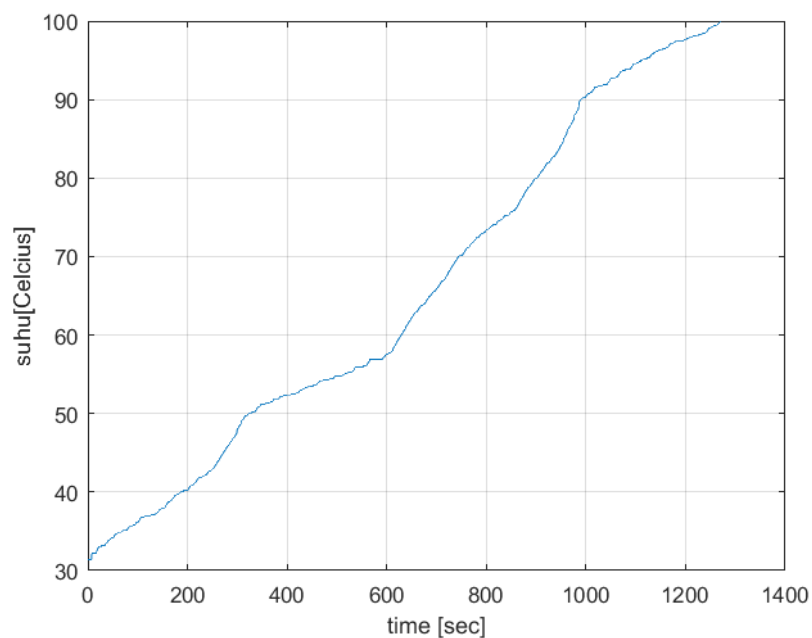
Gambar 4.11 Grafik Suhu tangki Boiler drum F-705 pada level 40 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya



Gambar 4.12 Grafik Suhu tangki Boiler drum F-705 pada level 40 cm dari Hasil Simulasi Simulink



Gambar 4.13 Grafik Tangki Boiler drum F-705 pada level 50 cm dari Hasil pengambilan data pada alatnya



Gambar 4.14 Grafik Suhu Tangki Boiler drum F-705 pada level 50 cm dari Hasil Simulasi Simulink

4.3 Pengujian data tekanan uap yang dihasilkan tangki Boiler drum F-705

Pengujian Tekanan uap pada tangki Boiler drum F-705 bertujuan untuk validasi data tekanan uap tangki boiler drum F-705 dengan cara membandingkan data hasil simulasi simulink dengan hasil pengambilan data pada alatnya sehingga didapatkan simulink tangki boiler drum F-705 yang menghasilkan tekanan uap yang sama persis dengan tekanan uap yang dihasilkan tangki boiler drum F-705 pada alatnya.

4.3.1 Hasil Pengambilan data tekanan uap tangki boiler drum F-705 dari alatnya

Pada saat Tangki boiler drum F-705 memanaskan air, Ketika mencapai suhu tertentu air yang dipanaskan berubah menjadi uap dan menghasilkan tekanan uap. Pada tabel 4.5- 4.7 dapat dilihat tekanan uap yang dihasilkan tangki boiler drum F-705 pada level yang berbeda-beda. Pada level 30 cm, tekanan mulai naik pada suhu 76 °C dengan tekanan 1 mbar dan pada suhu 100 °C tekanannya sebesar 30 mbar. Pada level 40 cm, tekanan mulai naik pada suhu 74 °C dengan tekanan 1 mbar dan pada suhu 100 °C tekanannya sebesar 32 mbar. Dan pada level 50 cm, tekanan mulai naik pada suhu 73 °C dengan tekanan 1 mbar dan pada suhu 100 °C tekanannya sebesar 35 mbar.

Tabel 4.5 Hasil pengambilan data Tekanan uap pada tangki F-705 pada level 30 cm

Suhu (°C)	Tekanan (mbar)
31-75	0
76	1
77	3
78	9
79	10
80	10
81	11
82	12
83	13
84	14
85	14
86	15
87	15
88	16
89	18
90	20
91	20
92	22
93	24
94	25
95	26

96	27
97	28
98	29
99	29
100	30

Tabel 4.6 Hasil pengambilan data Tekanan uap pada tangki F-705 pada level 40 cm

Suhu (C°)	Tekanan (mbar)
31-73	0
74	1
75	5
76	8
77	9
78	10
79	10
80	11
81	12
82	13
83	14
84	14
85	15

86	16
87	17
88	18
89	20
90	21
91	22
92	24
93	25
94	25
95	27
96	29
97	30
98	31
99	31
100	32

Tabel 4.7 Hasil pengambilan data Tekanan uap pada tangki F-705 pada level 50 cm

Suhu (C°)	Tekanan (mbar)
31-72	0
73	1
73	2

73	3
73	4
74	5
75	6
77	7
77	8
78	9
79	10
80	11
82	12
82	13
84	14
85	15
87	16
88	17
88	18
88	19
88	20
91	21
92	22
92	23
93	24

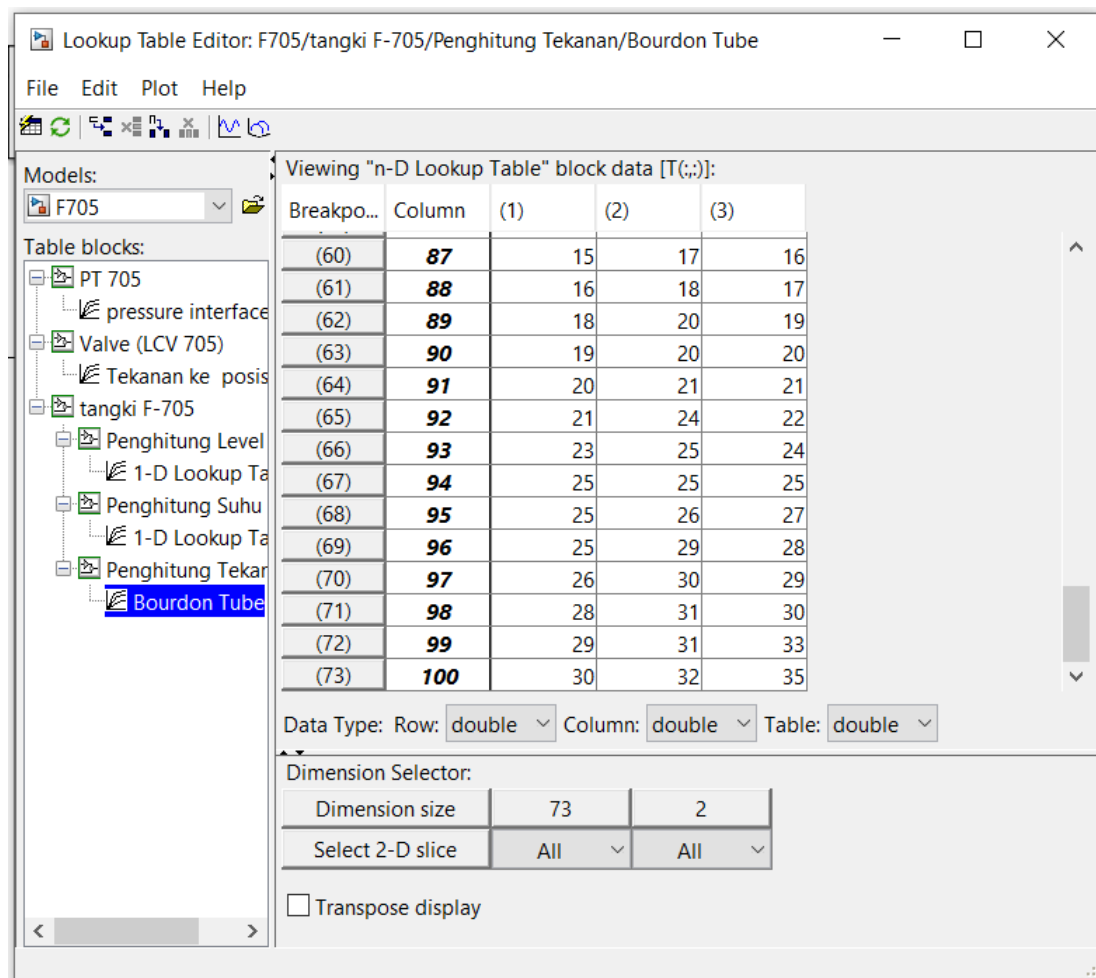
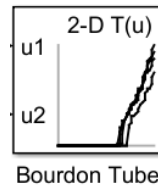
94	25
94	26
95	27
96	28
97	29
97	30
99	31
99	32
99	33
99	34
100	35

4.3.2 Pengujian data tekanan uap pada tangki boiler drum F-705

menggunakan simulink

Dari tabel 4.8-4.10, dapat dilihat perbandingan data tekanan uap yang didapat dari hasil pengambilan data dari alatnya dengan hasil simulasi simulink pada level 30 cm, 40 cm, dan 50 cm. dari perbandingan tersebut didapatkan hasil tekanan uap yang sama antara hasil pengambilan data pada alatnya dengan hasil simulasi simulink.

Sebelum dilakukan pengujian, data dari tabel diatas dimasukkan pada blok lookup table yang ada disimulink. Dapat dilihat pada gambar 4.15 dibawah ini.



Gambar 4.15 Hasil pengambilan data tekanan tangki F-705 dimasukkan dalam blok simulink lookup table

Tabel 4.8 Perbandingan antara Hasil pengambilan data dengan Hasil simulasi

Simulink pada tekanan uap tangki boiler drum F-705 pada level 30 cm

Hasil pengambilan data pada alatnya		Hasil simulasi Simulink	
Suhu (C°)	Tekanan uap (mbar)	Suhu (C°)	Tekanan uap (mbar)
31-75	0	31-75	0
76	1	76	1
77	3	77	3
78	9	78	9
79	10	79	10
80	10	80	10
81	11	81	11
82	12	82	12
83	13	83	13
84	14	84	14
85	14	85	14
86	15	86	15
87	15	87	15
88	16	88	16
89	18	89	18
90	20	90	20
91	20	91	20
92	22	92	22

93	24	93	24
94	25	94	25
95	26	95	26
96	27	96	27
97	28	97	28
98	29	98	29
99	29	99	29
100	30	100	30

Tabel 4.9 Perbandingan antara hasil pengambilan data dengan hasil simulasi

Simulink pada tekanan uap tangki boiler drum F-705 pada level 40 cm

Hasil pengambilan data pada alatnya		Hasil simulasi Simulink	
Suhu (C°)	Tekanan (mbar)	Suhu (C°)	Tekanan (mbar)
31-73	0	31-73	0
74	1	74	1
75	5	75	5
76	8	76	8
77	9	77	9
78	10	78	10
79	10	79	10
80	11	80	11
81	12	81	12

82	13	82	13
83	14	83	14
84	14	84	14
85	15	85	15
86	16	86	16
87	17	87	17
88	18	88	18
89	20	89	20
90	21	90	21
91	22	91	22
92	24	92	24
93	25	93	25
94	25	94	25
95	27	95	27
96	29	96	29
97	30	97	30
98	31	98	31
99	31	99	31
100	32	100	32

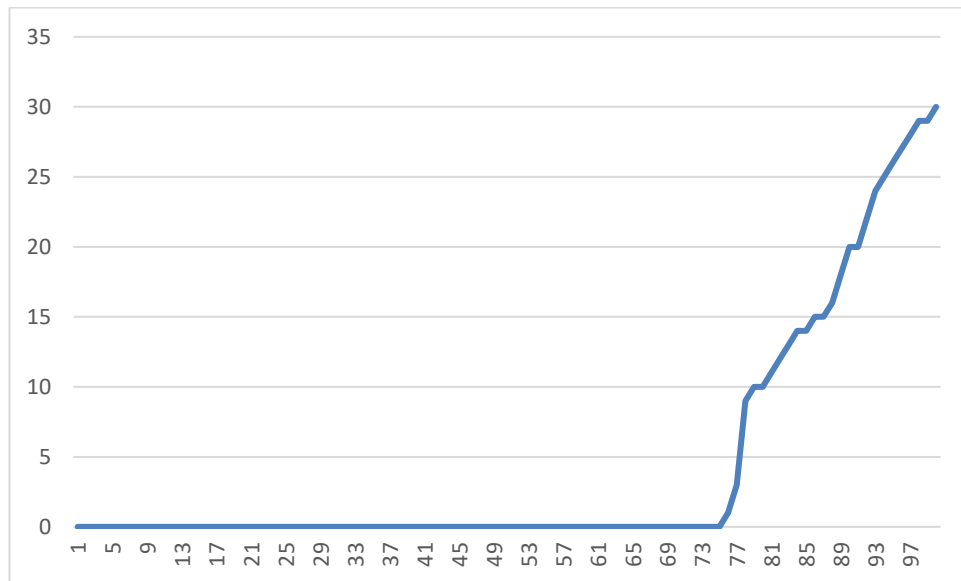
Tabel 4.10 Perbandingan antara hasil pengambilan data dengan hasil simulasi

Simulink pada tekanan uap tangki boiler drum F-705 pada level 50 cm

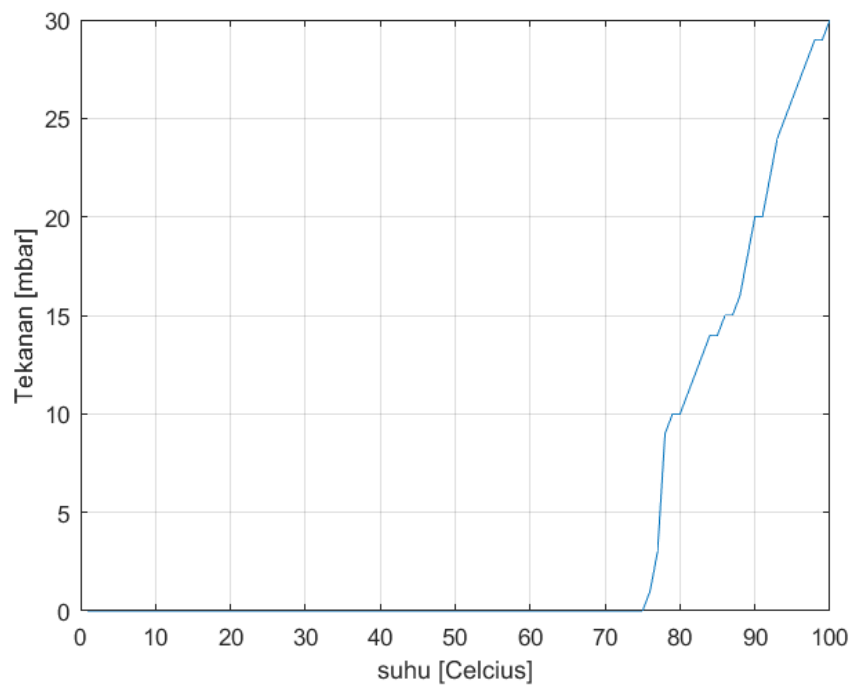
Hasil pengambilan data pada alatnya		Hasil simulasi Simulink	
Suhu (C°)	Tekanan (mbar)	Suhu (C°)	Tekanan (mbar)
31-72	0	31-72	0
73	1	73	1
73	2	73	2
73	3	73	3
73	4	73	4
74	5	74	5
75	6	75	6
77	7	77	7
77	8	77	8
78	9	78	9
79	10	79	10
80	11	80	11
82	12	82	12
82	13	82	13
84	14	84	14
85	15	85	15
87	16	87	16
88	17	88	17

88	18	88	18
88	19	88	19
88	20	88	20
91	21	91	21
92	22	92	22
92	23	92	23
93	24	93	24
94	25	94	25
94	26	94	26
95	27	95	27
96	28	96	28
97	29	97	29
97	30	97	30
99	31	99	31
99	32	99	32
99	33	99	33
99	34	99	34
100	35	100	35

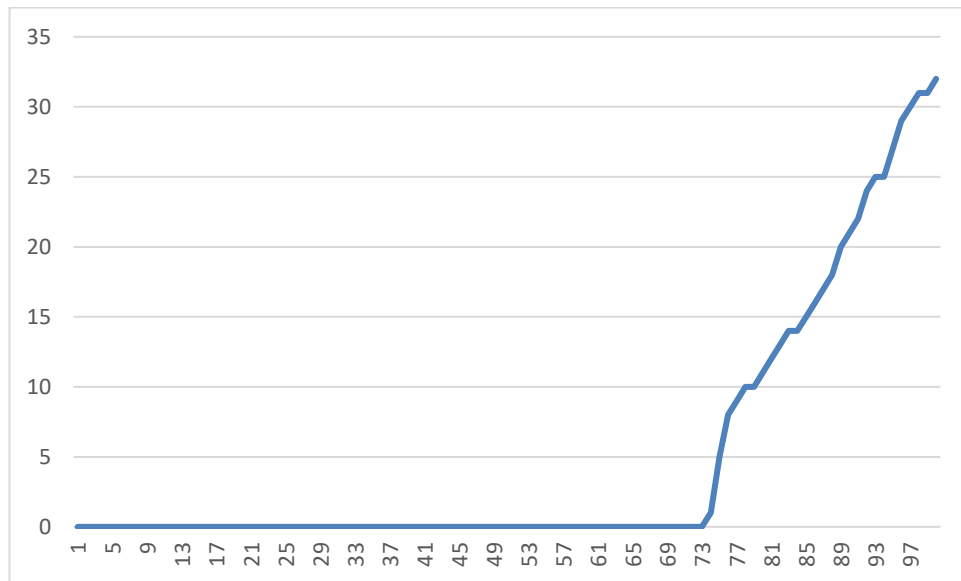
Gambar 4.13 – 4.18 Memperlihatkan perbandingan grafik data tekanan uap hasil pengambilan data dari alatnya dengan grafik data tekanan uap hasil simulasi simulink pada tangki boiler drum F-705. dari grafik tersebut dapat dilihat hasil yang identik antara grafik hasil pengambilan data dengan grafik hasil simulasi simulink.



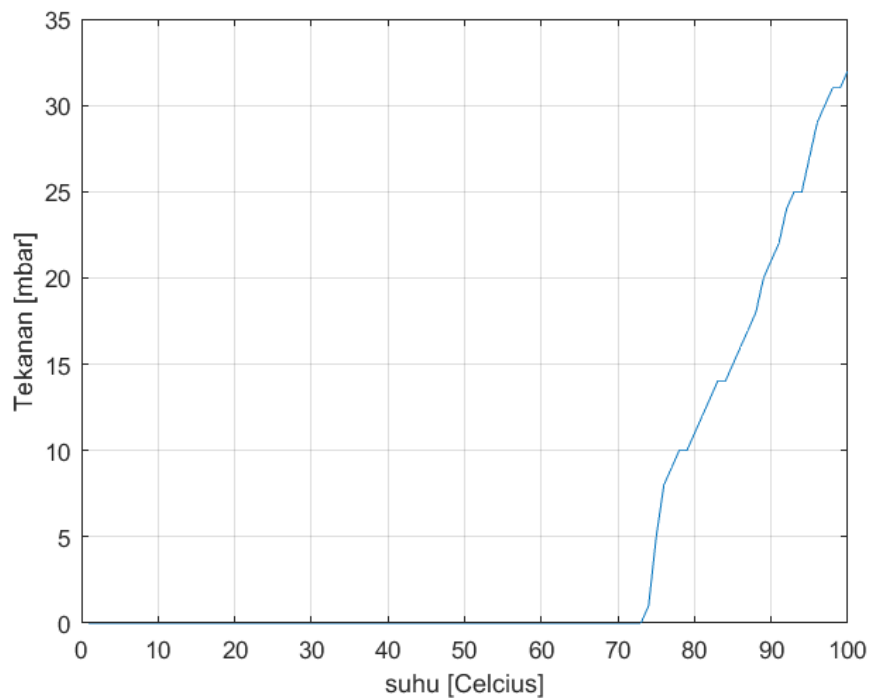
Gambar 4.16 Grafik Hasil Pengambilan data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 30 cm



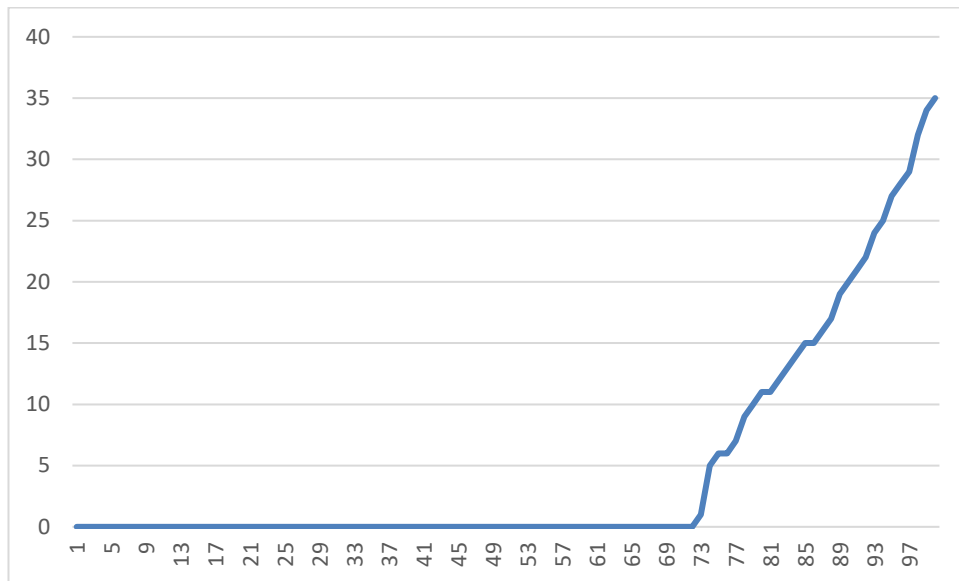
Gambar 4.17 Grafik Hasil simulasi Simulink data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 30 cm



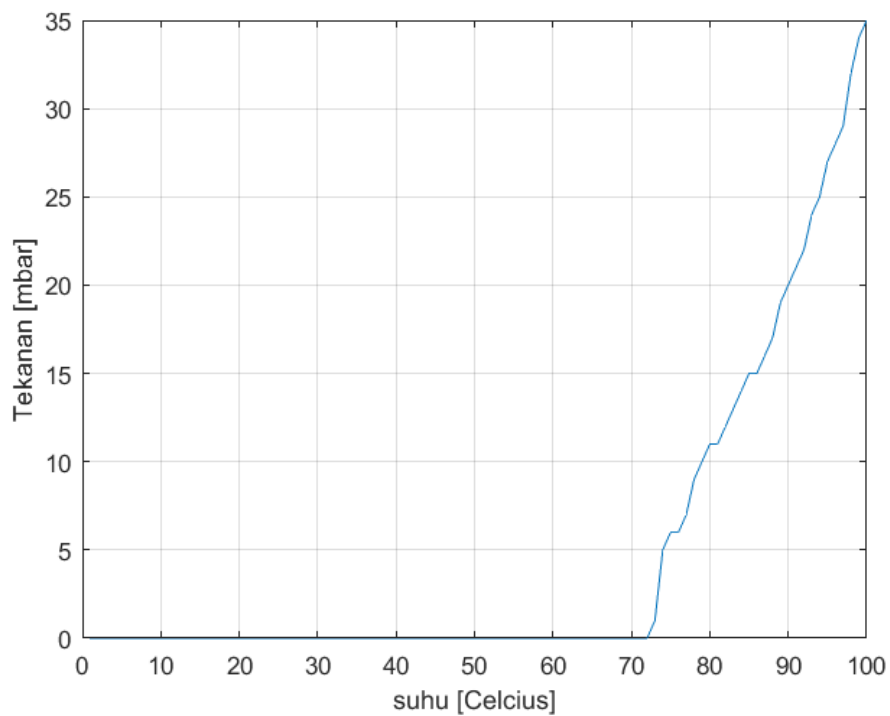
Gambar 4.18 Grafik Hasil Pengambilan data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 40 cm



Gambar 4.19 Grafik Hasil simulasi Simulink data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 40 cm



Gambar 4.20 Grafik Hasil Pengambilan data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 50 cm



Gambar 4.21 Grafik Hasil simulasi Simulink data Tekanan uap tangki Boiler drum F-705 pada level 50 cm

4.2.4 Pengontrolan Level Pada Tangki Boiler F-705

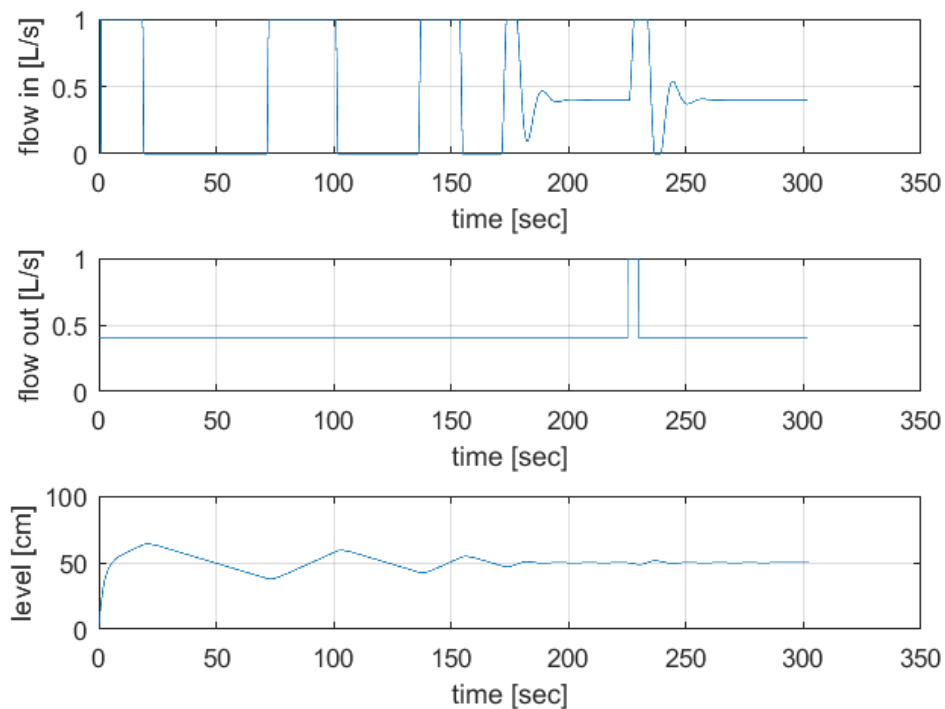
Terdapat 3 Pengontrolan pada tangki boiler F-705, yaitu Closed Loop Single Element Drum Level PID Control Loop Tuning (Ziegler & Nichols Method), Closed Loop Two Element Drum Level PID Control Loop Tuning (Ziegler & Nichols Method), dan Closed Loop Three Element Drum Level PID Control Loop Tuning (Ziegler & Nichols Method).

4.2.4.1 Closed Loop Single Element Drum Level PID Control Loop Tuning (Ziegler & Nichols Method)

Hasil tuning PID menggunakan metode Ziegler dan Nichols pada pengontrolan single element drum, diperoleh nilai $P = 60$, $T_i = 4.9$, dan $T_d = 1.2275$, yang selanjutnya akan diuji dalam dua kondisi yaitu dengan diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik dan dengan menaikkan set point ke 75 cm.

a. Pengujian Pengontrolan saat diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik

Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan single element drum setelah diberikan beban dengan membuka katub HV 745 selama 5 detik dengan dapat dilihat pada gambar 4.19.

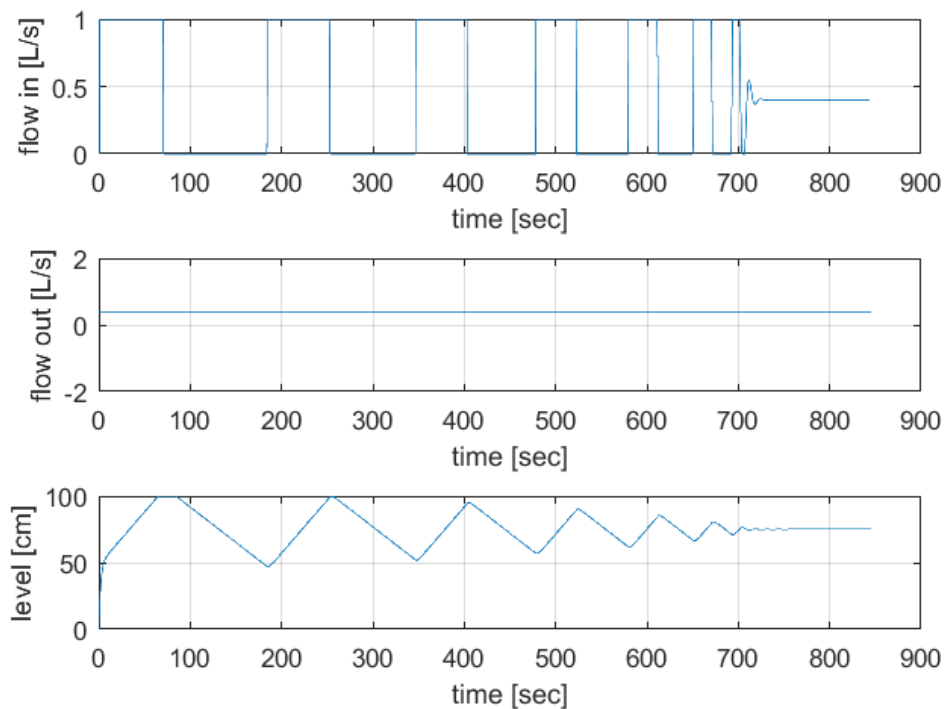


Gambar 4.22 Grafik Hasil Pengontrolan menggunakan single element drum yang diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik.

Dari hasil pengontrolan level pada gambar 4.19 , osilasi pada grafik flow input dan level masih cukup besar.

b. Pengujian Pengontrolan dengan Set point dinaikkan ke 75 cm

Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan single element drum dengan menaikkan set point ke 75 cm dapat dilihat pada gambar 4.20.



Gambar 4.23 Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan single element drum dengan menaikkan set point ke 75 cm

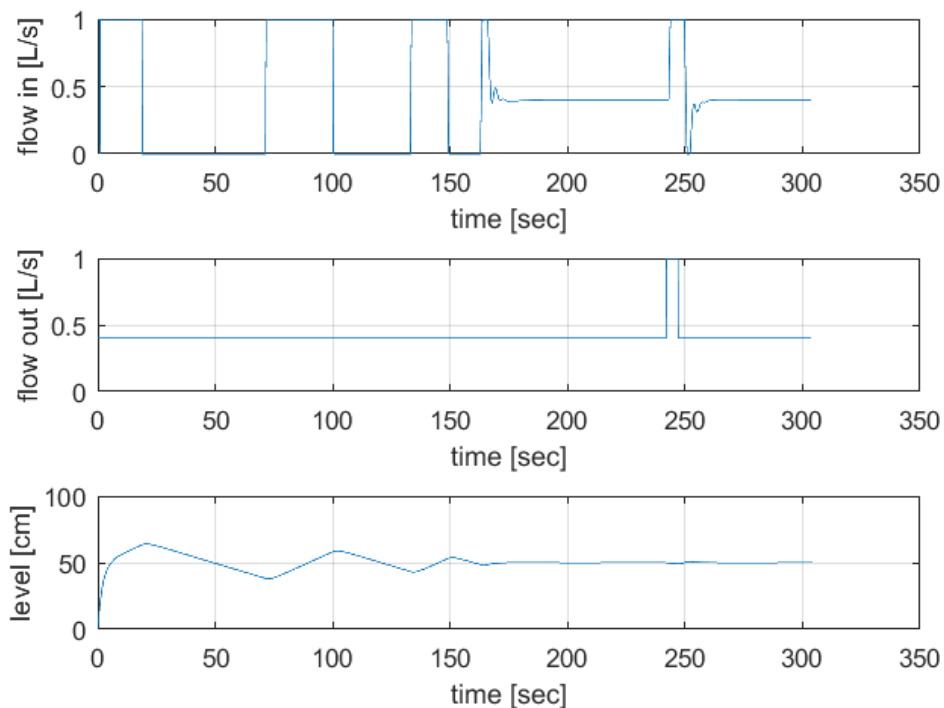
Dari hasil pengontrolan level pada gambar 4.20, osilasi pada grafik flow input dan level masih cukup besar.

4.2.4.2 Closed Loop Two Element Drum Level PID Control Loop Tuning (Ziegler & Nichols Method)

Hasil tuning PID menggunakan metode Ziegler dan Nichols pada pengontrol two element drum, diperoleh nilai $P = 3$, $T_i = 4.63$, dan $T_d = 0.1075$, yang selanjutnya akan diuji dalam dua kondisi yaitu dengan diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik dan dengan menaikkan set point ke 75 cm.

a. Diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik

Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan two element drum setelah diberikan beban dengan membuka katub HV 745 selama 5 detik dengan dapat dilihat pada gambar 4.21.

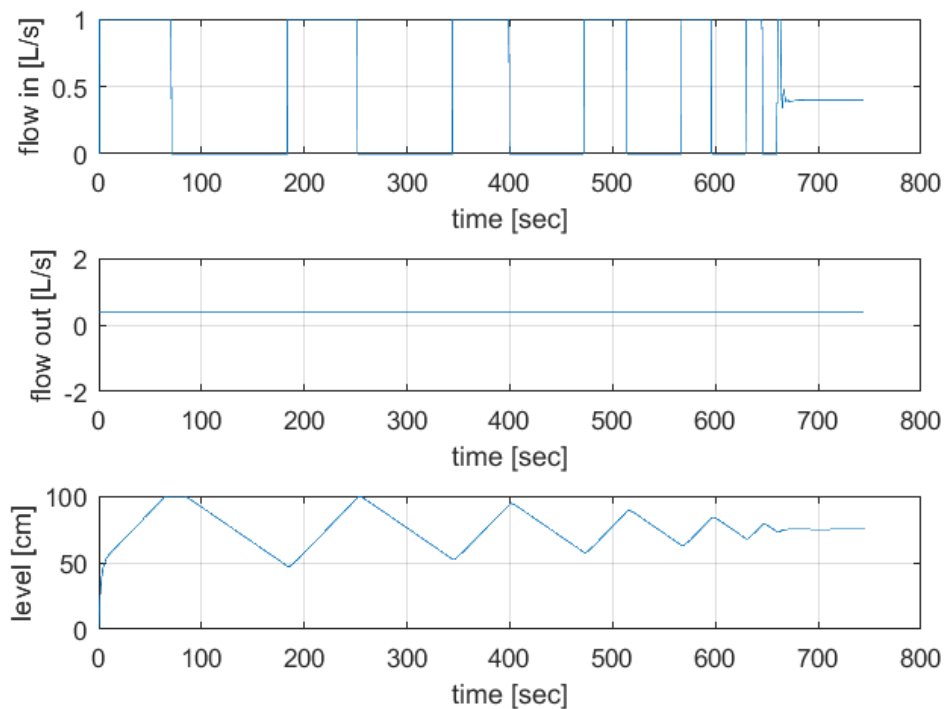


Gambar 4.24 Grafik Hasil Pengontrolan menggunakan two element drum yang diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik

Hasil pengontrolan level gambar 4.21, osilasi pada grafik level masih cukup besar, tetapi osilasi pada grafik pada flow input sudah berkurang dibandingkan pada grafik pengontrolan single element drum level control pada gambar 4.19.

b. Pengujian Pengontrolan dengan Set point dinaikkan ke 75 cm

Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan two element drum dengan menaikkan set point ke 75 cm dapat dilihat pada gambar 4.22.



Gambar 4.25 Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan two element drum dengan menaikkan set point ke 75 cm

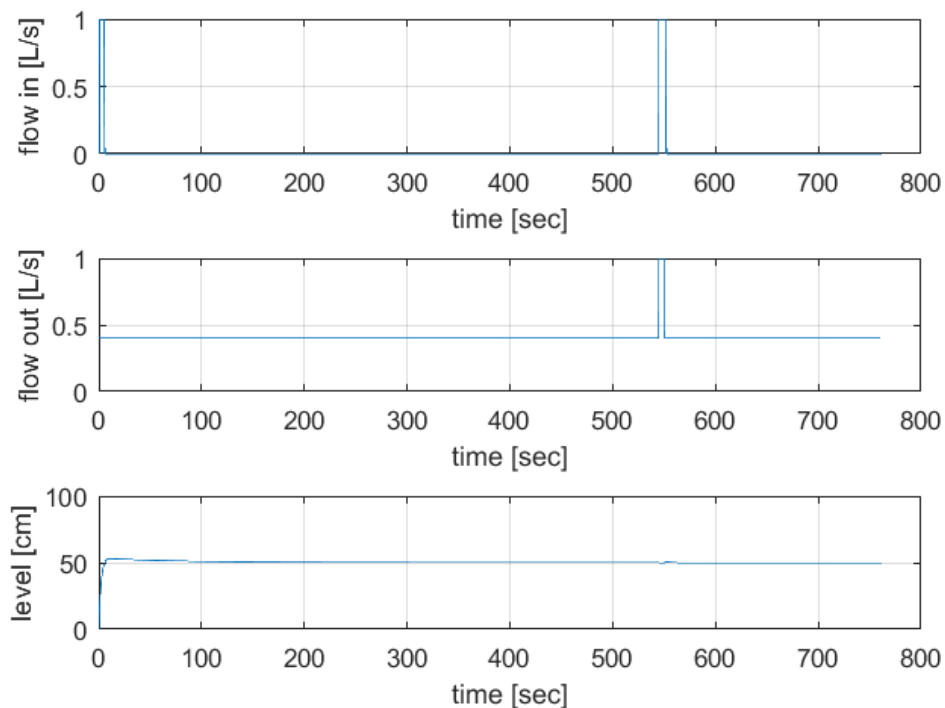
Dari hasil pengontrolan pada gambar 4.22, osilasi pada grafik level masih cukup besar namun grafik pada flow input sudah berkurang dibandingkan pada grafik pengontrolan single element drum level control pada gambar 4.20 .

4.2.4.3 Closed Loop Three Element Drum Level PID Control Loop Tuning (Ziegler & Nichols Method)

Hasil tuning PID menggunakan metode Ziegler dan Nichols pada pengontrol three element drum, diperoleh nilai $P = 24$, $T_i = 1.895$, dan $T_d = 0.47375$, yang selanjutnya akan diuji dalam dua kondisi yaitu dengan diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik dan dengan menaikkan set point ke 75 cm.

a. Diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik

Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan three element drum setelah diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik dengan dapat dilihat pada gambar 4.23.

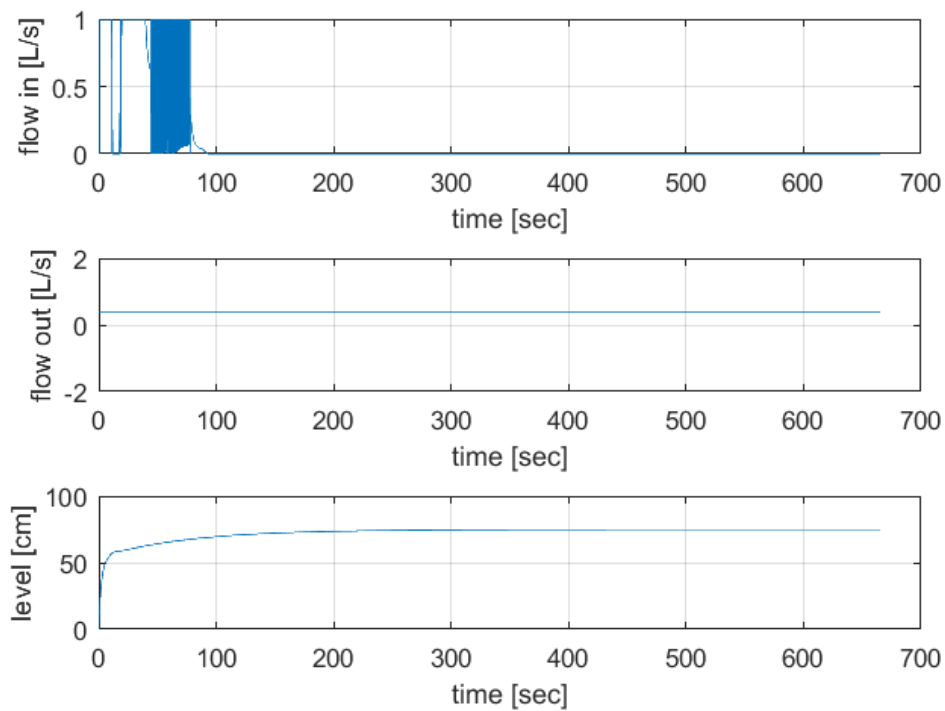


Gambar 4.26 Grafik Hasil Pengontrolan menggunakan three element drum yang diberikan beban dengan membuka katup HV 745 selama 5 detik

Dari hasil pengontrolan level pada gambar 4.23, osilasi pada grafik level dan flow input hampir tidak ada dan hasil pengontrolan level mendekati stabil pada kondisi steady state.

c. Pengujian Pengontrolan dengan Set point dinaikkan ke 75 cm

Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan two element drum dengan menaikkan set point ke 75 cm dapat dilihat pada gambar 4.24.



Gambar 4.27 Hasil grafik pengontrolan boiler drum menggunakan three element drum dengan menaikkan set point ke 75 cm

Dari hasil pengontrolan level pada gambar 4.24, pada grafik flow terjadi osilasi pada rentang waktu 50-100 detik namun setelah itu stabil pada kondisi 0 (katup tertutup). sedangkan hasil pengontrolan level mendekati stabil pada kondisi steady state dan tidak terdapat overshoot.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian simulasi Simulink yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pemodelan boiler drum pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) dalam bentuk simulink dapat disimulasikan.
2. Hasil perbandingan antara hasil simulasi Simulink dengan hasil pengambilan data pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) didapatkan hasil yang sama.
3. Hasil simulasi Simulink pengontrolan level pada boiler drum diperoleh hasil pengontrolan dengan three element drum level control lebih baik dibandingkan pengontrolan single element drum level control dan two element drum level control, hal ini disebabkan karena three element drum melakukan pengontrolan pada 3 element yaitu level boiler, flow input pada boiler, dan flow output pada boiler.

5.2. Saran

Hasil penelitian ini masih terdapat beberapa kekurangan khususnya pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) , sehingga peneliti menyarankan :

1. diperlukannya maintenance dan perawatan berkala pada alatnya sehingga saat ingin dilakukan pengambilan data pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) tidak terdapat kendala.
2. Sistem 3 fasa yang menyuplai daya ke alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) perlu diperbaiki karena beberapa kali alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) tidak dapat dinyalakan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggono, Tri. 2011. *PERANCANGAN SISTEM KENDALI TEKANAN UAP PADA STEAM-DRUM BOILER SKALA KECIL MENGGUNAKAN PID DAN LQR*. Tesis tidak diterbitkan. Depok : Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- [2] PERTAMINA. 2007. *Dasar Instrumentasi dan Proses Kontrol*. DASAR INST & PROSES KONTROL _BPST XVII,.
- [3] Kerlin, Thomas W. 2010. *Practical Thermocouple Thermometry*. New York. : ISA
- [4] Fraden, Jacob. 2010. *Handbook of Modern Sensor*. Sandiego : Springer.
- [5] Harris, Michael. 2015. *Orifice Plate and Venturi Tube*. New York : Springer.
- [6] Baumann, Hans D. 2009. *Control Valve Primer*. Triangle Park : ISA
- [7] Placko, Dominique. 2007. *Fundamental of Instrumentation and Measurement*. California : ISTE
- [8] Johan, Karl, Astrom. 2002. *Control System Design*. California : University of California.
- [9] Ogata, Katsuhiko. 2010. *Modern Control Engineering fifth edition*. New Jersey : PrenticeHall.
- [10] Sutrisno, Imam. 2009. *Pemograman Komputer dengan Software MATLAB*. Surabaya : itspress.
- [11] Grundberg, Staffan. 2007. *Tank level Control*. Umea University
- [12] H. Linenhard, John. 2000. *A Heat Transfer Book Textbook*. Departement of Mechanical Engineering : University of Houston