

SKRIPSI

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

Disusun oleh :

FAJRI TAWAKKAL ALI

D41114030



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021

SKRIPSI

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

Disusun oleh :

FAJRI TAWAKKAL ALI

D41114030



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

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

Disusun dan diajukan oleh:

FAJRI TAWAKKAL ALI

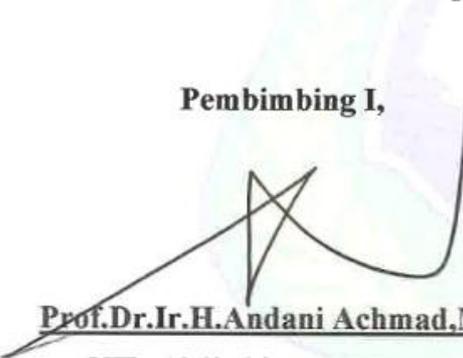
D41114030

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 29 Juni 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

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

**Ketua Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**



Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.

NIP. 19691026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Fajri TawakkalAli
NIM : D41114030
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Pemodelan Simulink Heat Excenger Pada Alat Boiler Baching Control Trainer(Model :SE 701)

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 12 Juli 2021



Yang Menyatakan

Fajri Tawakkal Ali

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 Trainer (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.H.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 **ILHAM MAULANA** 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 mendatangkannya manfaat baik bagi penulis maupun pembacanya.

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

Makassar, April 2021

Fajri Tawakkal Ali

ABSTRAK

Boiler Heating Batching Control Trainer adalah sebuah alat yang proses dalam sistemnya berbasis pada cairan (air) yang di desain sedemikian rupa untuk mensimulasikan proses pemanasan air dari *Boiler Drum ke T-710* melalui radiator atau ke *T-720 Heat Exchanger*. *Heat exchanger* adalah suatu alat yang berfungsi sebagai media penukar antara uap panas dengan fluida yang ingin dipanaskan. Pada penelitian ini akan dirancang pemodelan *Heat Exchanger* menggunakan *software Simulink Matlab*. Berdasarkan perbandingan simulasi dan hitungan matematis pada suhu Tangki T-720 diperoleh persentase kesalahan 8% dan persentase kesalahan pada suhu kondensasi sebesar 7%. Dari perbandingan hasil simulasi dan pengujian alat diperoleh persentase kesalahan 4,12% pada Suhu tangki T-720 dan 1% pada suhu kondensasi.

Kata Kunci : *Boiler Heating Batching Control Trainer, Heat Exchanger, Simulink, Matlab, Suhu, Kondensasi.*

Abstract

Boiler Heating Batching Control Trainer is a equipment that processes in the system based on liquid (water) which designed in such a way as to simulate the process of heating water from *Boiler Drum* to *T-710* through radiator or to *T-720 Heat Exchanger*. *Heat exchanger* is a equipment that serves as exchanger medium between hot steam and fluids that want to be heated. In this study will be designed *Heat Exchanger* modeling using *Simulink* Matlab software. Based on the comparison of simulation and mathematical calculations for the temperature of the *T-720* Tank obtained error percentage of 8% and the error percentage at condensation temperatures of 7%. From the comparison between simulation results and equipment testing obtained the error percentage of 4.12% for tank temperature *T-720* and 1% for condensation temperature.

Keywords: Boiler Heating Batching Control Trainer, Heat Exchanger, Simulink, Matlab, Temperature, Condensation.

Daftar Isi

Lembar Pengesahan	iii
Pernyataan Keaslian Karya Ilmiah.....	iv
Abstrak	viii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Tabel.....	xii
BAB I : PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metode Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 MATLAB	5
2.2 <i>Window- window</i> pada Matlab	6
2.2.1 Matlab Command Window/Editor.....	6
2.2.2 Matlab Editor	8
2.2.3 Figure Windows.....	9

2.3 Fungsi Dasar Pada Matlab.....	9
2.3.1 Fungsi Matematika Dasar	9
2.3.2 Fungsi Trigonometri	11
2.3.3 Fungsi Analisis Data	12
2.4 Simulink	13
2.4.1 Pengenalan Simulink	13
2.5 Heat Exchanger	16
2.5.1 Pengertian <i>Heat Exchanger</i>	16
2.5.2 Klasifikasi <i>Heat Exchanger</i>	16
2.5.3 Prinsip Kerja Heat Exchanger.....	23
2.6 Boiler Heating Batching Control Trainer	27
2.7 Resistance Temperature Detector (RTD).....	33
2.7.1 Pengertian RTD	33
2.7.2 Prinsip Kerja RTD	34
BAB III : METODE PENELITIAN	38
3.1. Jenis dan Lokasi Penelitian	38
3.2. Sumber Data	38
3.3. Metode Pengumpulan Data	38
3.4 Diagram Alir Prosedur Penelitian	39
3.5 Perancangan Simulink Heat Excenger pada Alat Boiler Heating Batching Control Trainer	40

3.5.1 Tube	42
3.5.2 Shell	43
3.5.3 Heat transfer.....	43
3.6 Perancangan simulink tangki T-720.....	44
3.5.1.1 Penghitung Level Tangki T-720.....	46
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	50
4.1 Hasil Pengujian Tangki T-720 pada Layar Indikator Alat.....	50
4.2 Validasi Data Tangki T-720 dengan Persamaan Matematis	52
4.3 Hasil Pengujian Kondensasi pada Layar Indikator Alat.....	55
4.4 Validasi Data Kondensasi dengan Persamaan Matematis.....	58
4.5 Pengujian Data menggunakan simulink	61
BAB V PENUTUP.....	66
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2. Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	69

Daftar Gambar

Gambar 2. 1 Tampilan Matlab Setiap Kali Dijalankan.....	6
Gambar 2. 2 Tampilan Matlab Editor	8
Gambar 2. 3 Tampilan Awal simulink.....	14
Gambar 2. 4 Tool Bar pada Simulink	15
Gambar 2. 5 Proses Pengolahan Gas Alam Melibatkan Multi Fluid Heat Exchanger.....	18
Gambar 2. 6 Kondensor Refrigerant Pada Kendaraan Bermotor.....	21
Gambar 2. 7 Macam-macam Desain Sirip Heat Exchanger Plat (a) Segitiga (b) Segiempat (c) Gelombang (d) Offset (e) Multilouver (f) Berlubang	22
Gambar 2. 8 Display Boiler Drum	30
Gambar 2. 9 Pengukur Tekanan Angin.....	30
Gambar 2. 10 Katup Air.....	31
Gambar 4. 1 Sistem Heat Excenger.....	62
Gambar 4. 2 Grafik data T-720 dari alat.....	64
Gambar 4. 3 grafik data T-720 hasil simulink.....	64
Gambar 4. 4 grafik data kondensasi dari alat.....	65
Gambar 4. 5 Grafik hasil data kondensasi dari simulink.....	65

Daftar Tabel

Tabel 4. 1 hasil pengambilan data pada Alat Boiler Baching Control.....	50
Tabel 4.2 Perbandingan Data T-720 dari Alat Dan Perhitungan Matematis.....	54
Tabel 4.3 hasil pengambilan data pada Alat Boiler Baching Control Trainer (suhu kondensasi dan T-720).....	56
Tabel 4. 4 Perbandingan suhu kondenasasi Dari Alat dan Perhitungan Matematis.....	60
Tabel 4. 5 Hasil perbandingan data dari alat dan data hasil simulink.....	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Heat exchanger (HE) adalah suatu alat yang berfungsi sebagai media penukar antara uap panas dengan fluida yang ingin dipanaskan. Heat exchanger sangat luas di pakai dalam industri seperti pabrik minuman dan makanan. Salah satu contoh sederhana dari alat penukar panas adalah radiator mobil di mana cairan pendingin memindahkan panas mesin ke udara sekitar.

Pada sistem ini air dari preheater ini kemudian dikirim ke boiler dan dididihkan sampai menghasilkan uap, uap tersebut kemudian dikirim ke heat exchanger. Pada heat exchanger terjadi pertukaran panas antara uap dengan air dari tangki cold water. Hasil dari pertukaran tersebut kemudian dikirim ke tangki produk.. Untuk pemodelan pada sistem ini menggunakan software simulink pada Matlab.

Untuk membantu dalam menganalisa heat excenger dapat dilakukan menggunakan simulink oleh karena itu dilakukan pemodelan heat excenger pada alat boiler becahing control trainer menggunakan simulink pada matlab untuk kemudian dilakukan validasi data dengan membandingkan hasil pengujian dari alat boiler baching control trainer dengan perhitungan matematis dan hasil simulink pada matlab.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pemodelan heat exchanger pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) dalam bentuk simulink.
2. Bagaimana perbandingan hasil pemodelan terhadap hasil pengujian alat heating batching control trainer (Model : Se 107).

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat pemodelan heat exchanger pada alat boiler heating batching control trainer (Model : Se 107) dalam bentuk simulink.
2. Membandingkan hasil pemodelan terhadap hasil pengujian alat heating batching control trainer (Model : Se 107)

1.4. Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini sistem yang akan dibuat, memiliki batasan masalah sebagai berikut :

1. Hanya memodelkan Heat Exchanger pada alat Boiler Batching Control Trainer.
2. Pemodelan Heat Exchanger dilakukan berdasarkan alat boiler heating batching control trainer, buku manual, dan gambar skematik alat boiler heating batching control trainer.

1.5. Metode Penelitian

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

1. 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 referensi, jurnal-jurnal, internet, dan sumber-sumber yang dapat menunjang penelitian.

2. Diskusi dan Konsultasi.

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

3. Penentuan Alat.

Meliputi penentuan *hardware* (perangkat keras) yang sesuai dengan karakteristik alat yang akan dibuat dalam penelitian ini.

4. Pembuatan Alat

Melakukan pembuatan perangkat keras dan membuat perangkat lunak sehingga siap untuk dilakukan uji coba.

5. Pengujian Alat

Meliputi pengujian terhadap alat dengan menghasilkan data-data dengan beberapa parameter yang diterapkan untuk selanjutnya akan dianalisa

6. Analisa Hasil dan Simpulan

Melakukan Analisa terhadap seluruh data yang telah diperoleh kemudian membandingkan dengan beberapa sistem keamanan yang telah ada sehingga dapat diperoleh sebuah kesimpulan dari hasil 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 LANDASAN TEORI

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

BAB III PERANCANGAN SISTEM

Pada bab ini menjelaskan tentang metode-metode yang digunakan dalam perancangan perangkat keras maupun perangkat lunak 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 II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 MATLAB

Matlab adalah sebuah program untuk analisis dan komputasi numerik serta merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matrik. Pada awalnya, program ini merupakan interface untuk koleksi rutin- rutin numerik proyek LINPACK dan EISPACK dan dikembangkan menggunakan bahasa Fortran. Namun sekarang program ini merupakan produk komersial dari perusahaan Mathworks, Inc. yang dalam perkembangan selanjutnya dikembangkan menggunakan bahasa C++ dan Assembler.

Matlab telah berkembang menjadi sebuah environment pemrograman yang canggih dan berisi fungsi – fungsi built-in untuk melakukan tugas pengolahan sinyal, aljabar linier dan kalkulasi matematis lainnya. Matlab juga berisi toolbox yang berisi fungsi – fungsi tambahan untuk aplikasi khusus. Matlab juga bersifat extensible , dalam arti bahwa seorang pengguna dapat menulis fungsi baru untuk ditambahkan di library jika fungsi – fungsi built-in yang tersedia tidak dapat melakukan tugas tertentu.

Kemampuan pemrograman yang dibutuhkan tidak terlalu sulit bila pembaca telah memiliki pengalaman dalam bahasa pemrograman bahasa lain seperti C, Pascal atau Fortran. Matlab merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi berbasis pada matriks sering digunakan untuk teknik komputasi dan digunakan untuk menyelesaikan masalah – masalah yang melibatkan operasi

matematika, elemen matrik, optimasi, aproksimasi dan lain – lain. Selain itu Matlab banyak digunakan untuk

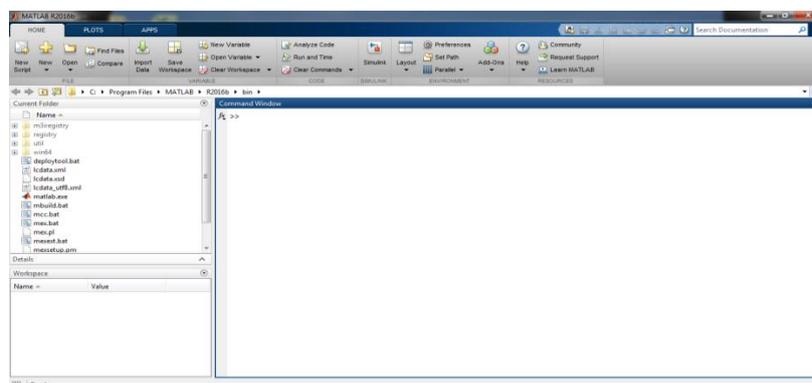
- Matematika dan komputasi.
- Pengembangan dan algoritma.
- Pemrograman pemodelan, simulasi dan pembuatan prototipe.
- Analisa data, eksplorasi dan visualisasi
- Analisa numerik dan statistik
- Pengembangan aplikasi teknik

2.2 Window- window pada Matlab

Beberapa macam window yang tersedia dalam Matlab sebagai berikut

2.2.1 Matlab Command Window/Editor

Matlab Command Window/Editor merupakan window yang dibuka pertama kali setiap Matlab dijalankan pertama kali. Tampilan diperlihatkan pada Gambar 2.1 berikut



Gambar 2. 1 Tampilan Matlab Setiap Kali Dijalankan

Pada window yang diperlihatkan pada Gambar 2.1 dapat dilakukan akses ke *command – command* Matlab dengan mengetikkan baris- baris ekspresi Matlab seperti akses *help window* dan lain – lainnya. Jika perintah – perintah yang sudah diketikkan dan hasil yang ditampilkan pada layar *command window* akan disimpan maka dapat dilakukan dengan menggunakan *command diary*.

Command window juga digunakan untuk memanggil tool Matlab seperti editor, debugger atau fungsi – fungsi yang lain. Ciri – ciri window ini adalah adanya prompt (>>) yang menyatakan Matlab siap menerima perintah. Perintah dapat berupa fungsi – fungsi pengaturan file maupun fungsi – fungsi toolbox Matlab sendiri. Berikut ini beberapa fungsi pengaturan file dalam Matlab diperlihatkan pada Tabel 2.1 berikut

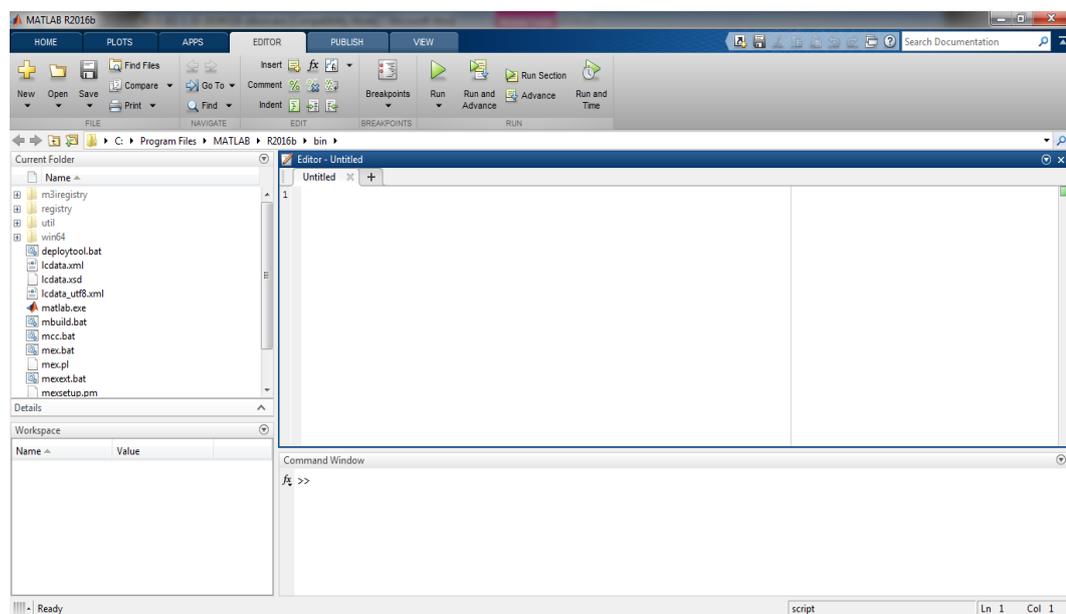
Tabel 2.1 Fungsi - Fungsi Pengaturan File Pada Matlab

Fungsi	Keterangan
<i>dir/ls</i>	Perintah ini digunakan untuk melihat isi dari sebuah direktori yang aktif
<i>cd</i>	Perintah ini digunakan untuk melakukan perpindahan dari direktori aktif
<i>pwd</i>	Perintah ini digunakan untuk melihat direktori yang sedang aktif
<i>mkdir</i>	Perintah ini digunakan untuk membuat sebuah direktori
<i>what</i>	Perintah ini digunakan untuk melihat nama file yang berinisial m dalam direktori aktif

<i>who</i>	Perintah ini digunakan untuk melihat variabel yang sedang aktif
<i>whos</i>	Perintah ini digunakan untuk menampilkan nama setiap variable
<i>delete</i>	Perintah ini digunakan untuk menghapus file
<i>clear</i>	Perintah ini digunakan untuk menghapus variabel
<i>clc</i>	Perintah ini digunakan untuk menghapus layar
<i>demo</i>	Perintah ini digunakan untuk mencoba beberapa tampilan demo yang disediakan oleh Matlab

2.2.2 Matlab Editor

Dengan mengetikkan perintah edit tersebut maka akan diperoleh tampilan pada Gambar 2.2 berikut



Gambar 2. 2 Tampilan Matlab Editor

Window ini merupakan tool yang disediakan oleh Matlab versi 5 ke atas yang berfungsi sebagai editor script Matlab (M- File). Walaupun sebenarnya script ini dalam pemograman Matlab dapat saja menggunakan editor lain seperti notepad, wordpad bahkan word. Untuk mengakses window M – file ini dapat dilakukan dengan cara mengetikkan perintah berikut `>> edit`.

2.2.3 Figure Windows

Window ini adalah hasil visualisasi script Matlab Namun Matlab memberikan kemudahan bagi programmer untuk mengedit window ini sekaligus memberikan program khusus untuk itu sehingga window ini selain berfungsi sebagai visualisasi keluaran dapat juga sekaligus menjadi media masukan yang interaktif. Script Matlab untuk visualisasi ini bisa ditulis pada Matlab Command Window dan Matlab editor.

2.3 Fungsi Dasar Pada Matlab

Selain penambahan, pengurangan, perkalian dan pembagian dan pemangkatan sering dibutuhkan rumus aritmatika yang lain. Sebagai contoh perhitungan yang membutuhkan fungsi trigonometri, logaritma dan fungsi analisis data juga disediakan dalam Matlab. Pada bagian ini akan dibahas fungsi dasar pada Matlab yang terdiri dari fungsi Matematika dasar, fungsi trigonometri dan fungsi analisis data.

2.3.1 Fungsi Matematika Dasar

Fungsi matematika dasar adalah fungsi yang digunakan untuk melakukan sejumlah perhitungan umum seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.2 berikut

Tabel 2.2 Fungsi - Fungsi Matematika Dasar Pada Matlab

Fungsi	Keterangan
abs	Fungsi ini berguna untuk menghitung nilai abosolut
ceil	Fungsi ini berguna untuk membulatkan bilangan ke bilangan bulat terdekat menu plus tak terhingga
exp	Fungsi ini berguna memperoleh nilai dari e pangkat bilangan tertentu
fix	Fungsi ini berguna untuk membulatkan bilangan ke bilangan bulat terdekat menuju nol
floor	Fungsi ini berguna untuk membulatkan bilangan ke bilangan bulat terdekat menuju minus tak berhingga
gcd	Fungsi ini berguna untuk menghitung nilai factor pembagi terbesar
isprime	Fungsi ini berguna untuk menghasilkan true jika merupakan bilangan prima
Fungsi	Keterangan
log10	Fungsi ini berguna untuk menghitung logaritma suatu bilangan untuk dasar 10
mod	Fungsi ini berguna untuk menghitung nilai modus
primes	Fungsi ini berguna untuk menghasilkan daftar bilangan prima
rem	Fungsi ini berguna untuk menghitung nilai remainder

round	Fungsi ini berguna untuk membulatkan bilangan ke bilangan bulat terdekat
sqrt	Fungsi ini berguna untuk menghitung akar pangkat dua dari suatu bilangan

2.3.2 Fungsi Trigonometri

Fungsi trigonometri banyak digunakan terkait dengan sudut. Nilai perhitungan fungsi trigonometri sudut dalam radian. Matlab menyediakan fungsi trigonometri seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.3 berikut

Tabel 2.3 Fungsi - Fungsi Trigonometri Pada Matlab

Fungsi	Keterangan
Cos	Fungsi ini berguna untuk menghitung cosinus suatu bilangan dimana bilangan dinyatakan dalam satuan radian
Sin	Fungsi ini berguna untuk menghitung sinus suatu bilangan dimana bilangan dinyatakan dalam satuan radian
Tan	Fungsi ini berguna untuk menghitung tangen suatu bilangan dimana bilangan dinyatakan dalam satuan radian
acos	Fungsi ini berguna untuk menghitung arccosinus suatu bilangan dimana bilangan harus bernilai antara -1 sampai dengan 1 sedangkan hasil perhitungan berupa sudut dalam satuan radian
Asin	Fungsi ini berguna untuk menghitung arcsinus suatu bilangan dimana bilangan harus bernilai antara -1 sampai dengan 1 sedangkan hasil perhitungan berupa sudut dalam satuan radian

Atan	Fungsi ini berguna untuk menghitung arctangen suatu bilangan dan hasil perhitungan berupa sudut dalam satuan radian
Cosh	Fungsi ini berguna untuk menghitung cosinus hiperbolik dari suatu sudut dalam satuan radian
Sinh	Fungsi ini berguna untuk menghitung sinus hiperbolik dari suatu sudut dalam satuan radian
Tanh	Fungsi ini berguna untuk menghitung tangen hiperbolik dari suatu sudut dalam satuan radian
Cosd	Fungsi ini berguna untuk menghitung sinus suatu bilangan dimana bilangan dinyatakan dalam satuan derajat
Sind	Fungsi ini berguna untuk menghitung sinus suatu bilangan dimana bilangan dinyatakan dalam satuan derajat
Tand	Fungsi ini berguna untuk menghitung tangen suatu bilangan dimana bilangan dinyatakan dalam satuan derajat
Sec	Fungsi ini berguna untuk menghitung $1/\cos(x)$ suatu bilangan dimana bilangan dinyatakan dalam satuan radian
Csc	Fungsi ini berguna untuk menghitung $1/\sin(x)$ suatu bilangan dimana bilangan dinyatakan dalam satuan radian

2.3.3 Fungsi Analisis Data

Matlab menyediakan sejumlah fungsi penting untuk digunakan dalam menganalisa data. Adapun fungsi – fungsi untuk analisis data ini diperlihatkan pada Tabel 2.4 berikut

Tabel 2.4 Fungsi - Fungsi Analisis Data Pada Matlab

Fungsi	Keterangan
Max	Fungsi ini berguna untuk menghasilkan nilai terbesar dari suatu vector atau matriks
Min	Fungsi ini berguna untuk menghasilkan nilai terkecil dari suatu vector atau matriks
Mean	Fungsi ini berguna untuk menghitung nilai rata –rata
median	Fungsi ini berguna untuk menghitung nilai tengah
Std	Fungsi ini berguna untuk menghitung nilai standard deviasi
Var	Fungsi ini berguna untuk menghitung nilai varian
corrcoef	Fungsi ini berguna untuk menghitung koefisien korelasi
Sort	Fungsi ini berguna untuk mengurutkan data v
Sum	Fungsi ini berguna untuk menghasilkan jumlah dari elemen suatu vektor atau menghasilkan sebuah vektor yang berisi jumlah setiap kolom dari suatu matrik
Prod	Fungsi ini berguna untuk menghasilkan hasil perkalian elemen suatu vektor atau menghasilkan sebuah vektor yang berisi hasil perkalian setiap kolom dari suatu matrik

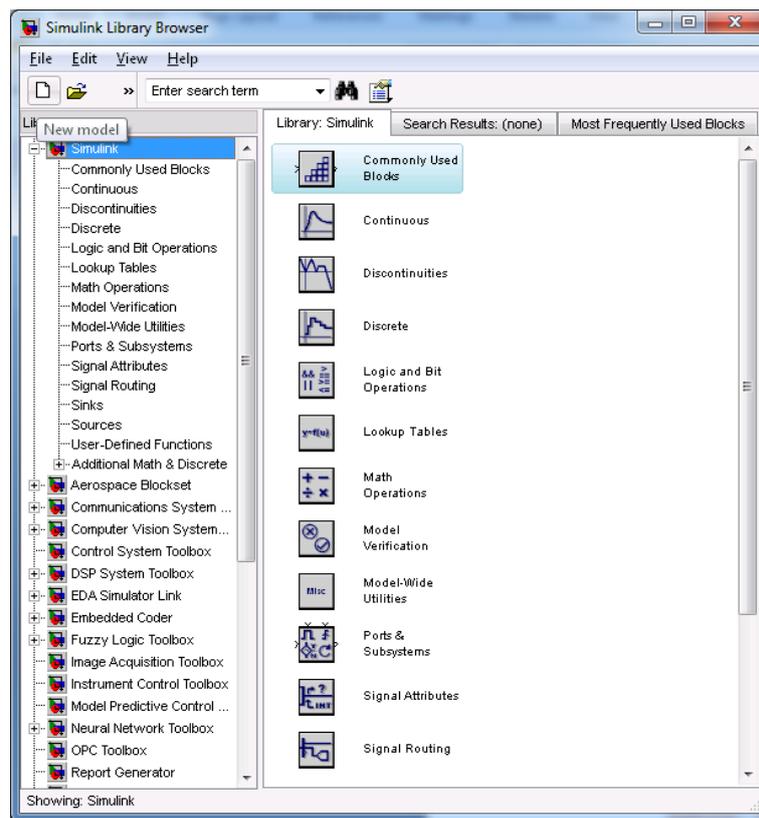
2.4 SIMULINK

2.4.1 Pengenalan Simulink

Simulink adalah graphical extension MATLAB untuk memodelkan dan mensimulasikan sebuah system. Dalam Simulink, sistem digambarkan sebagai

sebuah block diagram, diantaranya *transfer function*, *summing junction*, didalamnya terdapat pula virtual input dan output device seperti *function generator* dan *oscilloscope*. Sedangkan pada simulink, data/informasi dari berbagai block dikirim ke block lainnya dihubungkan dengan garis. Untuk akses simulink lakukan hal berikut ini pada jendela Command Window :

>> simulink maka akan muncul tampilan seperti gambar dibawah ini :



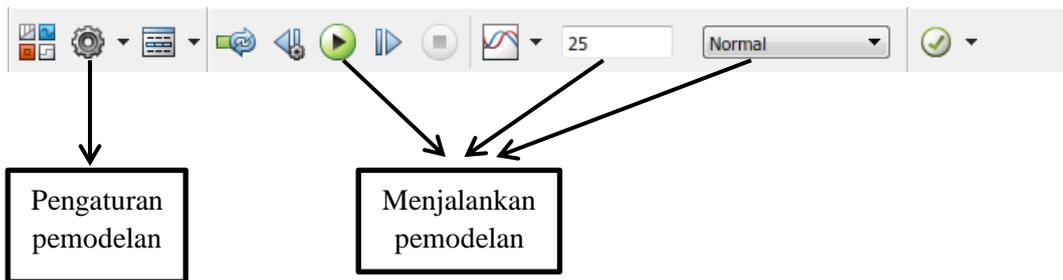
Gambar 2. 3 Tampilan Awal simulink

Elemen dasar dari Simulink adalah block dan lines, Block digunakan untuk mengenerate, modify, combine, output, dan display signals. Lines digunakan untuk mentransfer sinyal dari satu block ke block lainnya.

Pada dasarnya pemodelan simulink berisi blok, sinyal, dan anotasi pada latar belakangnya.

- Blok adalah fungsi matematika yang memiliki jumlah input dan output yang bervariasi.
- Sinyal adalah garis yang menghubungkan blok, dan saling mentransfer data. Sinyal dapat memiliki data yang berbeda jenis, misalnya angka, vektor atau matriks. Selain itu sinyal dapat diberi label atau nama.
- Anotasi adalah teks atau gambar yang dapat ditambahkan dalam pemodelan yang merupakan keterangan dari pemodelan tersebut.

2.4.2 Tool Bar pada Simulink



Gambar 2. 4 Tool Bar pada Simulink

- **Pengaturan pemodelan** : Semua pengaturan terkait untuk cara memecahkan secara numerik persamaan model .
- **Menjalankan Pemodelan** : Untuk menjalankan simulasi, tekan tombol panah hijau. Perlu diperhatikan perbedaan mode “Normal”.Dan apabila menggunakan *Hardware* maka akan menggunakan mode “External”. Dan juga terdapat kotak teks yang menunjukkan berapa detik akan dilakukan simulasi.

2.5 Heat Exchanger

2.5.1 Pengertian *Heat Exchanger*

Heat exchanger (HE) atau dalam bahasa Indonesia penukar panas adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan bisa berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Biasanya, medium pemanas dipakai uap lewat panas (*super heated steam*) dan air biasa sebagai air pendingin (*cooling water*). Penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar cairan dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung begitu saja. Penukar panas sangat luas dipakai dalam industri seperti kilang minyak, pabrik kimia maupun petrokimia, industri gas alam, refrigerasi, pembangkit listrik. Salah satu contoh sederhana dari alat penukar panas adalah radiator mobil di mana cairan pendingin memindahkan panas mesin ke udara sekitar.

2.5.2 Klasifikasi *Heat Exchanger*

2.5.2.1 Berdasarkan Proses Transfer Panas

1. Heat Exchanger Tipe Kontak Tak Langsung

Heat exchanger tipe ini melibatkan fluida-fluida yang saling bertukar panas dengan adanya lapisan dinding yang memisahkan fluida-fluida tersebut. Sehingga pada heat exchanger jenis ini tidak akan terjadi kontak secara langsung antara fluida-fluida yang terlibat. Heat exchanger jenis ini masih dibagi menjadi beberapa jenis lagi, yaitu:

1. Heat Exchanger Tipe Direct-Transfer

2. Storage Type Exchanger
3. Fluidized-Bed Heat Exchanger

2. Heat Exchanger Tipe Kontak Langsung

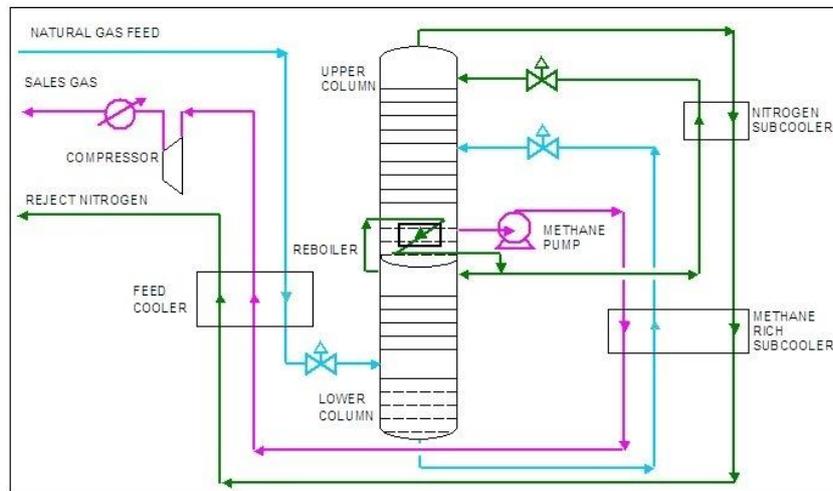
Suatu alat yang di dalamnya terjadi perpindahan panas antara satu atau lebih fluida dengan diikuti dengan terjadinya pencampuran sejumlah massa dari fluida-fluida tersebut disebut dengan heat exchanger tipe kontak langsung. Perpindahan panas yang diikuti pencampuran fluida-fluida tersebut, biasanya diikuti dengan terjadinya perubahan fase dari salah satu atau lebih fluida kerja tersebut. Terjadinya perubahan fase tersebut menunjukkan terjadinya perpindahan energi panas yang cukup besar. Perubahan fase tersebut juga meningkatkan kecepatan perpindahan panas yang terjadi. Macam-macam dari heat exchanger tipe ini antara lain adalah:

1. Immiscible Fluid Exchangers
2. Gas-Liquid Exchanger
3. Liquid-Vapour Exchanger

2.5.2.2 Berdasarkan Jumlah Fluida Kerja

Sebagian besar proses perpindahan panas antar fluida, melibatkan hanya dua jenis fluida yang berbeda. Semisal air dengan air, uap dengan air, uap dengan air laut, dan lain sebagainya. Namun ada pula heat exchanger yang melibatkan lebih dari dua fluida kerja yang berbeda jenis. Umumnya heat exchanger jenis ini digunakan pada proses-proses kimiawi, seperti pada contoh sistem di bawah ini yaitu proses penghilangan kandungan nitrogen dari bahan baku gas alam. Pada sistem ini dihasilkan gas alam dengan kandungan nitrogen yang lebih rendah

sehingga penggunaan gas alam tersebut pada kebutuhan proses pembakaran selanjutnya dapat lebih efisien.



Gambar 2. 5 Proses Pengolahan Gas Alam Melibatkan Multi Fluid Heat Exchanger

2.5.2.3 Berdasarkan Bidang Kotak Perpindahan Panas

Pengklasifikasian heat exchanger selanjutnya adalah berdasarkan luas bidang kontak terjadinya perpindahan panas antar fluida. Parameter yang digunakan dalam pengklasifikasian ini adalah sebuah satuan besar luas permukaan bidang kontak di setiap volume heat exchanger. Semakin luas permukaan bidang kontak perpindahan panas per satuan volume, maka akan semakin besar efisiensi perpindahan panas yang didapatkan. Namun hal tersebut harus juga memperhatikan jenis fluida kerja yang digunakan. Semakin besar kandungan partikel di dalam fluida tersebut, maka semakin rendah juga kebutuhan luas permukaan bidang kontak perpindahan panas pada heat exchanger. Pengklasifikasian heat exchanger berdasarkan hal ini antara lain adalah Compact Heat Exchanger dengan luas bidang kontak di atas $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$; Laminar Flow

Heat Exchanger dengan luas bidang permukaan di atas 3000 m²/m³; serta Micro Heat Exchanger dengan luas bidang kontak di atas 15000 m²/m³.

2.5.2.4 Berdasarkan Desain Konstruksi

Pengklasifikasian heat exchanger berdasarkan desain konstruksinya, menjadi pengklasifikasian yang paling utama dan banyak jenisnya. Secara umum heat exchanger dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok yakni tipe tubular, tipe plat, tipe extended-surface, dan tipe regeneratif. Sebenarnya masih ada beberapa jenis heat exchanger dengan desain lain seperti scraped surface exchanger, tank heater, cooler cartridge exchanger, dan lain sebagainya. Namun untuk lebih ringkasnya akan kita bahas empat tipe heat exchanger yang utama tersebut.

Heat Exchanger Tipe Tubular

Heat exchanger tipe ini melibatkan penggunaan tube pada desainnya. Bentuk penampang tube yang digunakan bisa bundar, elips, kotak, twisted, dan lain sebagainya. Heat exchanger tipe tubular didesain untuk dapat bekerja pada tekanan tinggi, baik tekanan yang berasal dari lingkungan kerjanya maupun perbedaan tekanan tinggi antar fluida kerjanya. Tipe tubular sangat umum digunakan untuk fluida kerja cair-cair, cair-uap, cair-gas, ataupun juga gas-gas. Namun untuk penggunaan pada fluida kerja gas-cair atau juga gas-gas, khusus untuk digunakan pada kondisi fluida kerja bertekanan dan bertemperatur tinggi sehingga tidak ada jenis heat exchanger lain yang mampu untuk bekerja pada kondisi tersebut. Berikut adalah beberapa jenis heat exchanger tipe tubular:

Heat Exchanger Tipe Plate (Plat)

Heat exchanger tipe ini menggunakan plat tipis sebagai komponen utamanya. Plat yang digunakan dapat berbentuk polos ataupun bergelombang sesuai dengan desain yang dikembangkan. Heat exchanger jenis ini tidak cocok untuk digunakan pada tekanan fluida kerja yang tinggi, dan juga pada diferensial temperatur fluida yang tinggi pula. Berikut adalah beberapa jenis heat exchanger tipe plat:

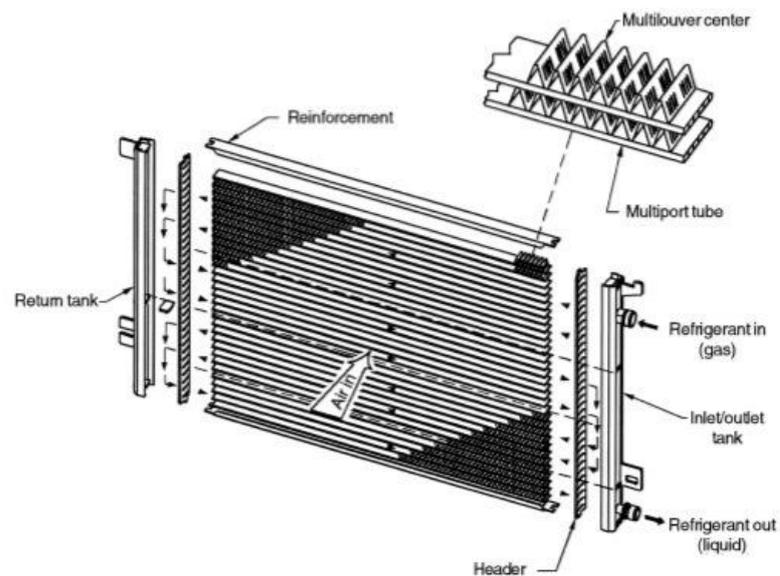
Heat exchanger tipe plat dengan gasket. Heat exchanger tipe ini termasuk tipe yang banyak dipergunakan pada dunia industri, bisa digunakan sebagai pendingin air, pendingin oli, dan sebagainya. Prinsip kerjanya adalah aliran dua atau lebih fluida kerja diatur oleh adanya gasket-gasket yang didesain sedemikian rupa sehingga masing-masing fluida dapat mengalir di plat-plat yang berbeda.

Heat Exchanger Dengan Sirip (Extended Surface)

Satu kelemahan dari heat exchanger tipe tubular dan plat adalah koefisien perpindahan panas yang relatif rendah, yakni hanya mampu mencapai maksimal 60%. Hal ini dikarenakan angka perbandingan luas permukaan perpindahan panas tiap satuan volume yang rendah, yaitu kurang dari $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Sehingga salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas adalah dengan jalan meningkatkan luas permukaan perpindahan panas, yakni dengan menggunakan sirip. Prinsip dasarnya adalah, (1) dengan adanya sirip ini maka permukaan kontak terjadinya perpindahan panas semakin luas sehingga meningkatkan efisiensi perpindahan panas; (2) pada fluida mengalir, dengan adanya sirip ini maka aliran fluida akan sedikit terhambat sehingga didapatkan waktu untuk

transfer panas yang lebih lama dan efektif. Berikut adalah dua macam desain heat exchanger dengan sirip:

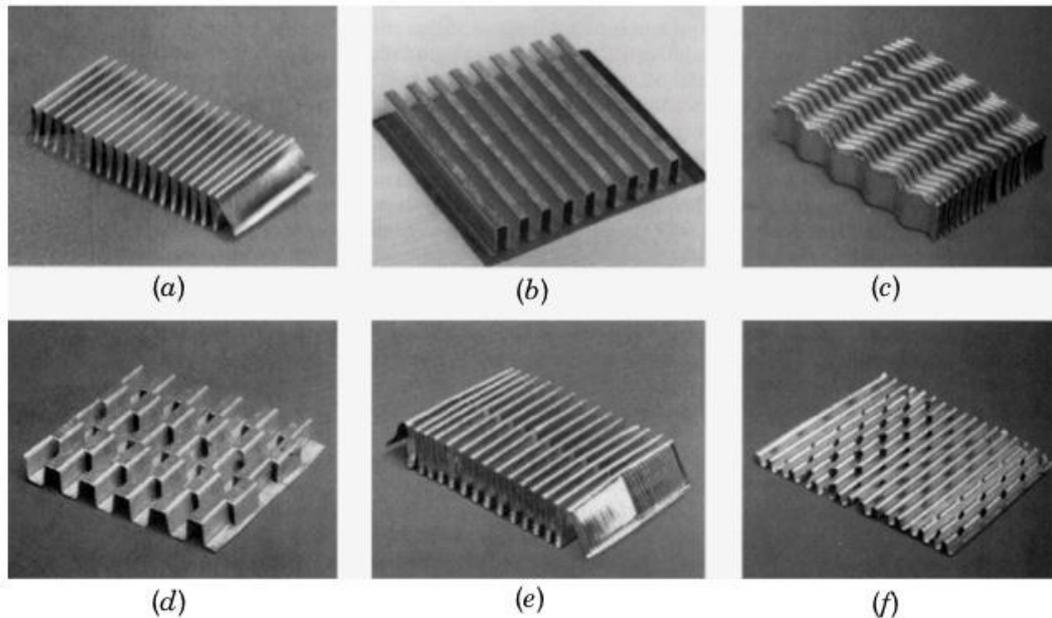
Heat Exchanger Plat Dengan Sirip. Heat exchanger tipe ini merupakan modifikasi dari heat exchanger tipe plat yang diberi tambahan sirip. Prinsip desainnya adalah penggunaan sirip yang berbentuk segitiga ataupun kotak yang dipasangkan di antara dua plat paralel.



Gambar 2. 6 Kondensor Refrigerant Pada Kendaraan Bermotor

Salah satu aplikasi heat exchanger plat dengan sirip dapat kita lihat pada gambar di atas, yakni sebuah heat exchanger yang berfungsi untuk merubah gas refrigerant agar kembali ke fase cair dengan media pendingin udara. Pada kondensor ini ada dua bentuk sirip, yang pertama berukuran kecil dan terpasang memanjang sejajar dengan panjang plat. Sisi tersebut menjadi jalur aliran fluida refrigerant. Sirip yang kedua berukuran lebih besar berbentuk segitiga dan terpasang di antara dua plat yang mengalirkan refrigerant. Udara sebagai fluida

pendingin mengalir melewati sirip-sirip segitiga tersebut dan menciptakan aliran yang tegak lurus (cross-flow) dengan aliran refrigerant.



Gambar 2. 7 Macam-macam Desain Sirip Heat Exchanger Plat (a) Segitiga (b) Segiempat (c) Gelombang (d) Offset (e) Multilouver (f) Berlubang

Heat Exchanger Tubular Dengan Sirip. Perluasan permukaan juga dapat diaplikasikan ke pipa tubing heat exchanger. Sirip tersebut dapat terletak pada sisi luar ataupun dalam tubing dengan berbagai bentuk desain yang disesuaikan dengan kebutuhan. Untuk sirip eksternal ada yang didesain secara individual untuk tiap-tiap tubing, dan dapat pula yang secara bersamaan untuk beberapa tube.

Heat exchanger dengan tubing bersirip ini digunakan jika salah satu fluida memiliki tekanan kerja dan temperatur yang lebih tinggi daripada fluida kerja yang lainnya. Sehingga dengan adanya sirip tersebut terjadi perpindahan panas yang efisien. Aplikasi tubing dengan sirip ini digunakan seperti pada kondensor dan evaporator pada mesin pendingin (air conditioning), kondensor pada

pembangkit listrik tenaga uap, pendingin oli pada pembangkit listrik, dan lain sebagainya.

2.5.3 Prinsip Kerja Heat Exchanger

Panas adalah salah satu bentuk energi yang dapat dipindahkan dari suatu tempat ke tempat lain, tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan sama sekali. Dalam suatu proses, panas dapat mengakibatkan terjadinya kenaikan suhu suatu zat dan atau perubahan tekanan, reaksi kimia dan kelistrikan.

Proses terjadinya perpindahan panas dapat dilakukan secara langsung, yaitu fluida yang panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin tanpa adanya pemisah dan secara tidak langsung, yaitu bila diantara fluida panas dan fluida dingin tidak berhubungan langsung tetapi dipisahkan oleh sekat-sekat pemisah. Pada umumnya perpindahan panas dapat berlangsung melalui 3 cara yaitu secara konduksi, konveksi, dan radiasi.

a. Konduksi (hantaran)

Merupakan perpindahan panas antara molekul-molekul yang saling berdekatan antar yang satu dengan yang lainnya dan tidak diikuti oleh perpindahan molekul-molekul tersebut secara fisik. Molekul-molekul benda yang panas bergetar lebih cepat dibandingkan molekul-molekul benda yang berada dalam keadaan dingin. Getaran-getaran yang cepat ini, tenaganya dilimpahkan kepada molekul di sekelilingnya sehingga menyebabkan getaran yang lebih cepat maka akan memberikan panas. Panas dipindahkan sebagai energi kinetik dari suatu molekul ke molekul lainnya, tanpa molekul tersebut berpindah tempat. Cara ini nyata sekali pada zat padat.

Daya hantar panas konduksi (k) tiap zat berbeda-beda. Daya hantar tinggi disebut penghantar panas (konduktor panas) dan yang rendah adalah penyekat panas (isolator panas).

$$Q = k * A * (T1-T2) / X$$

A : luas bidang perpindahan panas

X : Panjang jalan perpindahan panas(tebal)

q ; panas yang dipindahkan

b. Konveksi (aliran/edaran)

Perpindahan panas dari suatu zat ke zat yang lain disertai dengan gerakan partikel atau zat tersebut secara fisik. Panas dipindahkan oleh molekul-molekul yang bergerak (mengalir). Oleh karena adanya dorongan bergerak. Disini kecepatan gerakan (aliran) memegang peranan penting. Konveksi hanya terjadi pada fluida

$$Q = h * A * (T2 - T1)$$

h = koefisien perpindahan panas suatu lapisan fluida.

Q = panas yang dipindahkan

A = luas perpindahan panas

Dalam melaksanakan operasi perpindahan panas, perlu diperhitungkan:

- jumlah panas yang dipindahkan (q)
- perbedaan suhu (T)

- tahanan terhadap perpindahan panas (R).

Persamaan utama yg menghubungkan besaran – besaran diatas adalah::

$$q = A * (T2 - T1) / R = U * A * (T2 - T1)$$

q = jumlah panas yang dipindahkan

R = tahanan terhadap perpindahan panas

U = 1/R = Koefisien perpindahan panas keseluruhan, gabungan antara konduksi dan konveksi (k.W / m². C)

Harga U atau R tergantung pada :

- Jenis zat (daya hantar)
- Kecepatan aliran
- Ada tidaknya kerak.

c. Radiasi (pancaran)

Perpindahan panas tanpa melalui media (tanpa melalui molekul). Suatu energi dapat dihantarkan dari suatu tempat ke tempat lainnya (dari benda panas ke benda yang dingin) dengan pancaran gelombang elektromagnetik dimana tenaga elektromagnetik ini akan berubah menjadi panas jika terserap oleh benda yang lain. Panas dipancarkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Perpindahan seperti ini tidak memerlukan zat antara/media.

$$Q = \sigma \cdot T^4$$

Q = jumlah panas yang dipancarkan

T = suhu mutlak

σ = tetapan Stefan – Boltzman, = 4,92 kkal / (jam. m².K⁴)

d. Hubungan U dengan k dan h

$$1/U = 1/ha + x/k + 1/hb$$

Atau

$$R = Ra + Rk + Rb$$

Adanya kotoran/endapan (kerak) akan memperbesar tahanan terhadap perpindahan panas atau memperkecil U, sehingga persamaan menjadi:

$$1/U = R = Ra + Rk + Rb + Rf$$

Rf : tahanan karena fouling (kotoran)

e. Isolasi Panas

Mencegah kehilangan panas alat –alat, pipa-pipa steam/gas yang bersuhu tinggi ke sekeliling yang suhunya lebih rendah, atau sebaliknya. Untuk alat-alat dengan suhu rendah, isolasi mencegah masuknya panas karena suhu sekitarnya yang lebih tinggi. Isolasi juga mencegah bahaya yang dapat timbul bila orang menyentuh permukaan benda yang panas atau dingin sekali.

Bahan Isolasi: - daya hantar panas rendah

- dapat menahan arus konveksi

- disesuaikan dengan suhu

Permukaan datar: makin tebal, makin sedikit panas yang hilang

f. Perbedaan Suhu Rata-rata

Dalam perpindahan panas perbedaan suhu mengendalikan laju pemindahan panas. Suhu fluida dalam alat sering tidak tetap. Untuk perhitungan digunakan perbedaan suhu rata-rata.

$$(T_2 - t_2) - (T_1 - t_1)$$

$$\Delta T = \frac{(T_2 - t_2) - (T_1 - t_1)}{\ln \frac{(T_2 - t_2)}{(T_1 - t_1)}}$$

$$\ln \frac{(T_2 - t_2)}{(T_1 - t_1)}$$

Perbedaan suhu ini disebut perbedaan suhu rata-rata logaritma (log mean temperature difference) disingkat LMTD

$$Q = U * A * (\Delta T)_{LMTD}$$

2.6 Boiler Heating Batching Control Trainer

Boiler Heating Batching Control Trainer adalah sebuah alat yang proses dalam sistemnya berbasis pada cairan (air) yang didesain sedemikian rupa untuk mensimulasikan proses pemanasan air dari Boiler Drum ke Cooled Tank melalui radiator atau ke Product Tank via Heat Exchanger. Sistem ini menunjukkan waktu respon yang *real time* berdasarkan instrument berstandar industri. Sistem ini memiliki fitur pengukuran level, pengukuran tekanan, pengukuran kecepatan aliran air, dan yang lainnya.

Berikut adalah beberapa instrumen yang terdapat pada system ini :

a) Drum Level Controller:

Type : Microprocessor based

Input : 4 to 20 mA
Output : 4 to 20 mA
Controls : PID and “Self tuning”

b) Product Temperature Controller:

Type : Microprocessor based
Input : 4 to 20 mA
Output : 4 to 20 mA
Controls : PID and “Self tuning”

c) ON/OFF Controller:

Type : Microprocessor based
Input : 4 to 20 mA
Controls : On/Off

d) Batch Controller:

Type : Microprocessor based
Input : 4 to 20 mA
Controls : On/Off

e) Recorder:

Type : Continuous pen
No of pen : 4
Chart : Z-fold
Chart speed : 3600 m/hr, Stepped

f) Level Control Valve:

Type : Globe
Actuator : Diaphragm
Size : 1"

Range : 0-100%

g) Temperature Control Valve:

Type : Globe

Actuator : Diaphragm

Size : 1"

Range : 0-100%

h) Pressure Gauge:

Type : Bourdon Tube

Dial size : 100 mm

Range : a) 0 to 100 psig

b) 0 to 60 psig

i) Shell and Tube Exchanger:

Shell : 1

Tube : 2

Heat transfer area : 1.5 m²

Duty : 25 kW

j) Process Pump:

Range : a) Feedwater : 60 LPM

b) Steam circulation : 60 LPM

c) Product circulation : 40 LPM

d) Product cooling : 40 LPM

k) Vortex Flowmeter:

Range : 0 to 60 LPM

Output : 4 to 20 mA

Beberapa instrument dalam system :

1. Instrumen dibawah ini berfungsi menampilkan keadaan dalam sebuah Tank/Boiler baik itu suhu, aliran, maupun level air. Kita juga mengatur keadaan yang kita inginkan menggunakan instrument ini secara manual.



Gambar 2. 8 Display Boiler Drum

2. Instrumen dibawah berfungsi untuk mengatur tekanan dari kompresor yang masuk kedalam sistem.



Gambar 2. 9 Pengukur Tekanan Angin

3. Hand Valve adalah salah satu jenis valve (katup) yang digunakan dalam sistem yang berfungsi untuk mengatur arah aliran air.



Gambar 2. 10 Katup Air

4. Pompa berfungsi untuk mengalirkan air dari satu Tank ke Tank yang lain. Pompa ini dapat difungsikan secara manual maupun otomatis melalui komputer.



Gambar 2.11

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.

5. Radiator. Berfungsi untuk menurunkan suhu dari air hasil dari *Heat Exchanger* sebelum dimasukkan kedalam *Cold Tank*.



Gambar 2.12 Radiator

6. Heat Exchanger. Menukarkan suhu dari air panas dan air dingin yang masuk secara bersamaan sehingga terdapat 2 buah produk yaitu air panas dan air kondensasi. Untuk air panas masuk ke tangki produk dan air kondensasi langsung ke *Preheated Tank*.



Gambar 2.13 Heat Exchanger

7. Instrumen yang berfungsi sebagai peringatan/error yang terjadi didalam sistem.



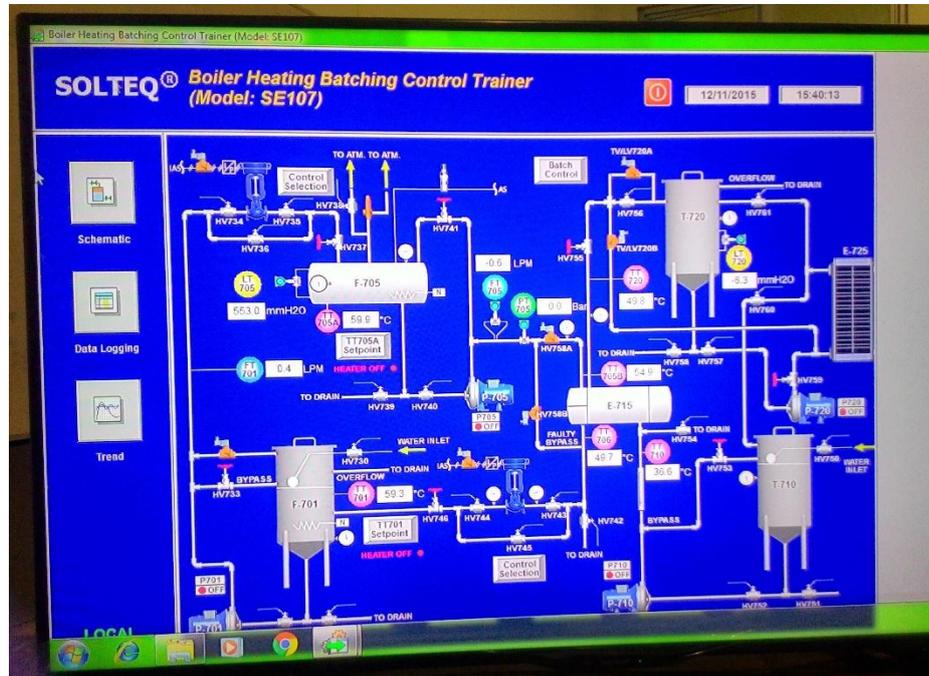
Gambar 2.14 Indikator Alarm

8. Level Transmitter. Untuk mengukur Tingkat Air yang terdapat didalam Tank untuk kemudian ditampilkan pada display Control Panel.



Gambar 2.15 Water Level Sensor

9. Instrumen ini juga dilengkapi software yang di dalamnya terdapat skema sistem secara keseluruhan



Gambar 2.16 Skematis Sistem

2.7 Resistance Temperature Detector (RTD)

2.7.1 Pengertian RTD

Resistance Temperature Detector (RTD) atau dikenal dengan Detektor Temperatur Tahanan adalah sebuah alat yang digunakan untuk menentukan nilai atau besaran suatu temperatur/suhu dengan menggunakan elemen sensitif dari kawat platina, tembaga, atau nikel murni, yang memberikan nilai tahanan yang terbatas untuk masing-masing temperatur di dalam kisaran suhunya. Semakin panas benda tersebut, semakin besar atau semakin tinggi nilai tahanan listriknya, begitu juga sebaliknya. PT100 merupakan tipe RTD yang paling populer yang digunakan di industri.

Resistance Temperature Detector merupakan sensor pasif, karena sensor ini membutuhkan energi dari luar. Elemen yang umum digunakan pada tahanan resistansi adalah kawat nikel, tembaga, dan platina murni yang dipasang dalam sebuah tabung guna untuk memproteksi terhadap kerusakan mekanis. Resistance Temperature Detector (PT100) digunakan pada kisaran suhu 200 - 650 °C.

2.7.2 Prinsip Kerja RTD

Ketika suhu elemen RTD meningkat, maka resistansi elemen tersebut juga akan meningkat. Dengan kata lain, kenaikan suhu logam yang menjadi elemen resistor RTD berbanding lurus dengan resistansinya. elemen RTD biasanya ditentukan sesuai dengan resistansi mereka dalam ohm pada nol derajat celsius (0° C). Spesifikasi RTD yang paling umum adalah 100 Ω (RTD PT100), yang berarti bahwa pada suhu 0° C, elemen RTD harus menunjukkan nilai resistansi 100 Ω.

Dalam prakteknya, arus listrik akan mengalir melalui elemen RTD (elemen resistor) yang terletak pada tempat atau daerah yang mana suhunya akan diukur. Nilai resistansi dari RTD kemudian akan diukur oleh instrumen alat ukur, yang kemudian memberikan hasil bacaan dalam suhu yang tepat, pembacaan suhu ini didasarkan pada karakteristik resistansi yang diketahui dari RTD.

Elemen sensor RTD mempunyai dua tipe konfigurasi yang paling umum, yaitu

1. Wire-wound

Seperti yang dijelaskan pada sebelumnya, wire-wound merupakan tipe elemen yang terdiri dari kumparan kawat logam (platina) yang melilit keramik atau kaca, yang ditempatkan atau ditutup dengan selubung probe sebagai pelindung.

2. Thin-film

Thin-film merupakan tipe elemen RTD yang terdiri dari lapisan bahan resistif yang sangat tipis (umumnya platina), yang diletakkan pada substrat keramik yang kemudian dilapisi dengan epoxy atau kaca sebagai segel atau pelindungnya

RTD memiliki 3 macam konfigurasi koneksi kabel yaitu: 2 wire, 3 wire, dan 4 wire RTD.

Sama halnya seperti platina, Tembaga (kabel) juga memiliki nilai resistansi. Resistansi sepanjang kabel tembaga ini dapat berdampak pada pengukuran resistansi yang dilakukan oleh instrumen alat ukur. RTD 2 kabel (2 wire) praktis tidak memiliki perhitungan resistansi yang terkait dengan kabel tembaga, sehingga mengurangi keakuratan pengukuran elemen sensor suhu RTD. Akibatnya RTD 2 wire umumnya hanya digunakan untuk kebutuhan pengukuran suhu perkiraan saja.

RTD 3 kabel (3 wire) adalah spesifikasi yang paling umum yang biasa digunakan pada aplikasi-aplikasi di industri. RTD 3 wire menggunakan rangkaian pengukuran jembatan wheatstone untuk mengkompensasi nilai resistansi kabel.

Dalam konfigurasi RTD 3 wire ini, kabel "A" dan "B" harus memiliki kedekatan atau panjang yang sama. Panjang kabel ini sangat berarti karena tujuan dari jembatan wheatstone adalah untuk membuat impedansi dari kabel A dan B. Dan kabel C berfungsi sebagai pembawa arus yang sangat kecil.

RTD 4 kabel (4 wire) adalah konfigurasi yang paling akurat dari yang lainnya. Karena dalam RTD 4 kabel ini dapat sepenuhnya mengkompensasi resistansi dari

kabel, tanpa perlu memberikan perhatian khusus pada panjang masing – masing kabel.

Kelebihan dan kekurangan RTD bila dibandingkan dengan Thermocouple

- Rentang pengukuran: RTD dapat mengukur suhu hingga 1000°C , akan tetapi sulit mendapatkan pengukuran yang akurat dari RTD dengan suhu diatas 400°C . Termokopel dapat mengukur suhu sampai 1700°C . Umumnya RTD digunakan pada suhu dibawah 850°C , dan bila suhu diatas 850°C biasanya menggunakan termokopel. Pengukuran suhu di industri biasanya 200°C sampai 400°C , sehingga RTD mungkin menjadi pilihan terbaik dalam kisaran suhu tersebut.
- Waktu respon (response time): RTD mempunyai respon yang cepat terhadap perubahan suhu akan tetapi kemampuan termokopel dalam merespon suhu jauh lebih cepat.
- Getaran (vibration): termokopel tidak terpengaruh terhadap getaran, sedangkan RTD terpengaruh bila ada getaran atau guncangan, sehingga bila RTD diperlukan maka RTD thin-film biasa digunakan karena RTD thin-film lebih tahan terhadap getaran bila dibandingkan dengan RTD standar.
- Pemanasan sendiri (self-heating): sebuah RTD terdiri dari kawat atau pelapis yang sangat halus dan membutuhkan tegangan dari power supply, sedangkan termokopel tidak memerlukan. Meskipun arus yang diperlukan hanya sekitar 1 mA sampai 10 mA, hal ini dapat menyebabkan elemen platina RTD “memanas”. Sehingga mempengaruhi tingkat akurasi pengukuran. Hal ini mungkin terjadi bila kabel ekstensi panjang digunakan, sehingga daya yang

lebih besar mungkin diperlukan untuk mengatasi hambatan atau resistansi kabel, dan hal ini mengakibatkan masalah pemanasan sendiri (self-heating) meningkat.

- Akurasi pengukuran: secara umum RTD lebih akurat daripada termokopel. RTD menghasilkan akurasi hingga $0,1^{\circ}\text{C}$ sedangkan termokopel hanya 1°C .
- Stabilitas: stabilitas jangka panjang dari RTD sangat baik, yang berarti pembacaan yang akan berulang dan stabil dalam waktu yang lama. Sedangkan termokopel cenderung tidak stabil karena EMF yang dihasilkan oleh termokopel dapat berubah dari waktu ke waktu karena oksidasi, korosi, dan perubahan lain dalam sifat metalurgi dari elemen sensor atau penginderaan.
- Harga: meskipun ini bukan masalah teknis tapi mungkin ini penting, termokopel memiliki harga yang jauh lebih murah daripada RTD.