

TUGAS AKHIR

SIMULASI NUMERIK KERUGIAN KALOR PADA TUNGKU *HEAT TREATMENT*

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MOHD QORRY ANDREAN
1407230195



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Mohd Qorry Andean
NPM : 1407230195
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Simulasi Numerik Kerugian Kalor Pada tungku *Heat Treatment*
Bidang ilmu : Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 September 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I

Beki Suroso S.T., M.Eng

Dosen Penguji II

Chandra A Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji III

Khairul Umurani, S.T., M.T

Dosen Penguji IV

H. Muharnif M, S.T., M.Sc

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Affandi, S.T., M.T

HALAMAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Mohd Qorry Andrean
Tempat /Tanggal Lahir : Lhouksemawe/20-08-1996
NPM : 1407230196
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Simulasi Numerik Kerugian Kalor Pada Tungku *Heat Treatment*”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 14 September 2019



Saya yang menyatakan,

Mohd Qorry Andrean

ABSTRAK

Simulasi adalah metode yang paling luas penggunaannya dalam mengevaluasi berbagai alternatif sistem. Teknik ini mengandalkan cara coba-banding (trial-and-error) untuk memperoleh hasil yang mendekati optimal. Metode numeric adalah teknik- teknik yang digunakan merumuskan masalah masalah matematika agar dapat diselesaikan dengan operasi aritmatika (hitungan) biasa (tambah, kurang, kali dan bagi). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mensimulasikan numerik kerugian kalor, dan menghitung simulasi numerik kerugian kalor pada tungku *heat treatment* .Manfaat dari penelitian adalah agar berkurangnya kerugian kalor yang terjadi pada tungku *heat treatment* dan bisa memaksimalkan kinerja dari tungku *heat treatment*. Pada metodologi mensimulasikan kerugian kalor pada tungku *heat treatment* menggunakan aplikasi *solidworks*. Maka didapat hasil dari simulasi numerik kerugian kalor dengan uji thermal yang terjadi pada tungku *heat treatment* adalah 14722,208 watt . Simulasikan dibedakan menjadi 4 daya yang berbeda yaitu Simulasi menggunakan Daya:2500W, *Heat Power*: 208,333W dan *Heat Flux*: 96,153W/m², Simulasi menggunakan Daya:2000W, *Heat Power*:166,666W dan *Heat Flux*: 76,923 W/m², Simulasi menggunakan Daya:1500W, *Heat Power*:125W dan *Heat Flux*: 57,692W/m² ,Simulasi menggunakan Daya:1000W, *Heat Power*:83,333 W dan *Heat Flux*: 38,461W/m².

Kata Kunci : Simulasi, Kerugian Kalor, Tungku *Heat Treatment*, Software *Solidworks*

ABSTRACT

Simulation is the most widely used method in evaluating various alternative systems. This technique relies on trial-and-error to obtain results that are close to optimal. In simulating it will analyze, calculate, and animate numerical simulations of heat loss in the heat treatment furnace. The benefit of this research is that it can reduce the heat loss that occurs in the heat treatment furnace and can maximize the performance of the heat treatment furnace. The methodology simulates heat losses in the heat treatment furnace using the application of solidworks. Then the results of the numerical simulation of heat losses with heat losses that occur in the heat treatment furnace is 14722,208 w / m². Simulate can be divided into 4 different power namely Simulation using Power: 2500W, Heat Power: 208.333W and Heat Flux: 96.153W / m², Simulation using Power: 2000W, Heat Power: 166.666W and Heat Flux: 76.923 W / m², Simulation using Power: 1500W, Heat Power: 125W and Heat Flux: 57,692W / m², Simulation uses Power: 1000W, Heat Power: 83,333 W and Heat Flux: 38,461W / m²

Keywords: Numerical Simulation, Furnace Heat Treatment Heat Loss, Solidworks

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Simulasi Numerik Kerugian Kalor Pada Tungku Heat Treatment” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada :

1. ALLAH SWT, yang telah memberikan penulis anugerah terindah dalam hidup ini yaitu iman dan taqwa.
2. Bapak Khairul Umurani, S.T.,M.T. , selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik dan selaku Dosen Pembimbing I Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak H. Muharnif M, S.T., , selaku Dosen Pembimbing II Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Bapak Bekti Suroso.S.T.,M.Eng. , selaku Dosen Pembimbing I Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
5. Bapak Chandra A siregar.S.T.,M.T. , selaku Dosen Pembimbing II Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Bapak Affandi S.T.,M.T. , selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah

memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.

7. Bapak Munawar Alfansury Siregar. S.T.,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
8. Seluruh Bapak/Ibu staff pengajar Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
9. Abangda Arya Rudi Nasution, S.T., M.T. ,Abangda Abdul Gani Harahap, S.T. ,dan Abangda Sawirman Nasution, S.T yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi.
10. Sahabat- sahabat penulis dan seluruh teman- teman seperjuangan terutama rekan dirham rezki yang telah banyak memberikan bantuan dan kerja samanya kepada penulis.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi Teknik Mesin

Medan, 3 Oktober 2019

Mohd Qorry Andean

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.4.1. Tujuan Umum	2
1.4.2. Tujuan Khusus	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Metode Numerik	3
2.1.1. Prinsip-Prinsip Metode Numerik	3
2.2 Mekanisme Proses Perlakuan Panas	4
2.3 Keuntungan/Efisiensi Pada Tungku <i>Heat Treatment</i>	5
2.4 Pengertian dan Prinsip Dasar Termokopel	5
2.5 Tahanan dan Daya Hantar	9
2.6 Perpindahan Kalor	10
2.6.1. Konduksi	10
2.6.2. Konveksi	14
2.6.3. Radiasi	15
2.7 Metode Newton-Raphson	15
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.1.1. Tempat	17
3.1.2. Waktu	17
3.2 Tahapan Simulasi Numerik Kerugian Kalor Pada Tungku Heat Treatment Diagram Alir Penelitian	17
3.3 Alat dan Bahan	20
3.2.1 Alat	20
3.2.2 Bahan	20
3.4 Prosedur Penelitian	21
3.5 Prosedur Mensimulasikan Menggunakan <i>Solidworks</i>	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil	24
4.2 Pembahasan	24
4.2.1 Langkah- Langkah Simulasi	26
4.2.2 Menghitung kerugian kalor	35

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	41
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.2	konduktivitas termal zat (W/mK)	13
Tabel 3.1	Jadwal Dan kegiatan saat melakukan penelitian	17

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Prinsip Kerja <i>Thermocouple</i>	6
Gambar 2.2	Skema konversi temperatur	7
Gambar 2.3	Perambatan kalor konduksi	11
Gambar 2.4	Laju kalor yang melalui sebuah benda	12
Gambar 2.5	Rambatan Kalor di dalam fluida	14
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 3.2	Laptop	20
Gambar 3.3	Software solidworks pada desktop	21
Gambar 3.4	Tampilan awal lembar solidwork	22
Gambar 3.5	Letak design pada lembar <i>Dialog box document</i>	22
Gambar 3.6	Design yang akan disimulasikan pada lembar kerja solidwork	23
Gambar 4.1	Hasil simulasi tungku <i>Heat treatment</i>	24
Gambar 4.2	Tampilan awal desktop	25
Gambar 4.3	Dialog box solidwork	25
Gambar 4.4	Design tungku heat treatment	26
Gambar 4.5	Langkah Study Thermal	26
Gambar 4.6	Pemilihan Material	27
Gambar 4.7	Sisi yang di Convection	27
Gambar 4.8	Sisi dan Satuan <i>Convection</i>	28
Gambar 4.9	Sisi temperatur ruangan	28
Gambar 4.10	Sisi dan satuan temperatur ruangan	29
Gambar 4.11	Pemilihan heat power	29
Gambar 4.12	Sisi dan satuan <i>heat power</i> .	30
Gambar 4.13	Pemilihan suhu tungku	30
Gambar 4.14	Sisi dan suhu tungku	31
Gambar 4.15	Pemilihan <i>heat flux</i>	31
Gambar 4.16	Sisi dan satuan <i>heat flux</i>	32
Gambar 4.17	Tungku yang akan dilakukan <i>mesh</i>	32
Gambar 4.18	Bentuk tungku setelah dilakukan <i>mesh</i>	33
Gambar 4.19	Hasil simulasi menggunakan daya 2500W	33
Gambar 4.20	Hasil simulasi menggunakan daya 2000W	34
Gambar 4.21	Hasil simulasi menggunakan daya 1500W	34
Gambar 4.22	Hasil simulasi menggunakan daya 1000W	35
Gambar 4.23	Tungku <i>Heat Treatment</i>	35

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
Q	Kilokalor atau Joule	kkal / J
t	Waktu	s
Q/t	Laju aliran kalor	kkal/s / J/s
A	Luas penampang benda	m ²
T	Temperatur	K / °C
Δx	Jarak perpindahan panas	m
Δf	Suhu batang logam	K / °C
L	Panjang batang logam	m
H	Koefisien konveksi termal	J . m⁻² . s⁻¹ . K⁻¹
E	Emisivitas benda	
R	Intensitas radiasi	W/m ²
R	Tahanan kawat	Ω
ℓ	Panjang kawat	m
Q	Penampang kawat	mm ²
P	Tahanan jenis	$\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$
G	Daya hantar jenis	$\text{m} / \Omega \text{ mm}^2$
K	Konduktivitas tahan api	$\text{w} / \text{m k}$
A	Luas sisi persatuan	mm ²

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Simulasi adalah metode yang paling luas penggunaannya dalam mengevaluasi berbagai alternative sistem. Teknik ini mengandalkan cara cobabanding (trial-and-error) untuk memperoleh hasil yang mendekati optimal. Model simulasi mempunyai maksud untuk mereproduksi watak esensial dari sistem yang dipelajari. Teknik simulasi dapat dibayangkan dengan percobaan (eksperimen), sebagai penyelesaian masalah untuk mempelajari sistem yang kompleks yang tidak dapat dianalisis secara langsung dengan cara analitik. Teknik simulasi merupakan metode kuantitatif yang menggambarkan perilaku suatu sistem. Digunakan untuk memperkirakan keluaran (output) dari masukan (input) sistem yang telah ditentukan. Metode numeric adalah teknik- teknik yang digunakan merumuskan masalah masalah matematika agar dapat diselesaikan dengan operasi aritmatika (hitungan) biasa (tambah, kurang,kali danbagi). Secara harfiah metode numeric berarti cara berhitung dengan menggunakan angka- angka .perhitungan ini melibatkan sejumlah besar operasi- operasi perhitungsn yang berulang- ulang, melelahkan dan menjemukan tetapi dengan adanya computer digital yang semakin lama semakin cepat dalam melakukan perhitungan dan beberapa modifikasi dari metode metode lama, maka penggunaan metode numeric dalam menyelesaikan masalah matematika mengalami kenaikan secara dramatis.

1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan uraian diatas dapat ditarik beberapa hal yang menjadi permasalahan yaitu :

1. Bagaimana cara mengaplikasikan *software solidwork* pada pengujian Simulasi Numerik kerugian kalor pada tungku heat treatment ?
2. Bagaimana mencari kerugian kalor yang terjadi pada tungku *heat treatment* ?

1.3 Ruang Lingkup

Adapun batasan-batasan masalah dalam tugas sarjana ini adalah :

1. Software yang digunakan untuk mengaplikasikan simulasi numerik kerugian kalor adalah *solidworks*
2. Pengujian yang ingin dilakukan membutuhkan suhu kurang lebih 1200⁰C
3. Mencari kerugian kalor yang terjadi pada tungku *heat treatment*

1.4 Tujuan Penelitian

1.4.1. Tujuan Umum:

1. Simulasi numerik kerugian kalor pada tungku *heat treatment*

1.4.2. Tujuan Khusus

1. Untuk menganalisa simulasi numerik kerugian kalor pada *tungku heat treatment*
2. Untuk menghitung simulasi numerik kerugian kalor pada tungku *heat treatment*
3. Untuk menganimasi simulasi numerik kerugian kalor pada tungku *heat treatment*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penulisan dari tugas akhir ini adalah :

1. Sebagai sumbangan informasi berkaitan dengan kerugian kalor pada tungku *heat treatment*
2. Meningkatkan kualitas penelitian dan penulisan tentang simulasi numerik kerugian kalor pada tungku *heat treatment*
3. Memberi tambahan referensi dibidang analisa maupun mata kuliah

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metode Numerik

Metode numerik dikemukakan ahli matematika, misalnya metode numerik adalah teknik di mana masalah matematika diformulasikan sedemikian rupa sehingga dapat diselesaikan oleh pengoperasian aritmetika. Metode numerik adalah teknik-teknik yang digunakan untuk merumuskan masalah matematika agar dapat diselesaikan dengan operasi hitungan, yang terdiri dari operasi tambah, kurang, kali dan bagi. Terdapat banyak jenis metode numerik, namun pada dasarnya, masing-masing metode tersebut memiliki karakteristik umum, yaitu selalu mencakup sejumlah kalkulasi aritmetika. Jadi metode numerik adalah suatu teknik untuk memformulasikan masalah matematika sehingga dapat diselesaikan dengan operasi aritmetika yang terdiri dari operasi tambah, kurang, kali dan bagi Sistem Pembakaran Pada *Furnace*. (Chapra dan Chanale, 1991); (Rochmad, 2011); (Susila, 1994 ; Ibraheem dan Hisyam, 2003).

2.1.1 Prinsip-Prinsip Metode Numerik

- è Digunakan jika metode analitik tidak dapat digunakan lagi
- è Metode Numerik merupakan pendekatan untuk mendapatkan pemecahan masalah yang dapat dipertanggung jawabkan secara analitik
- è Pendekatannya merupakan analisis matematis
- è Metode Numerik terdiri atas algoritma-algoritma yang dapat dihitung secara cepat dan mudah
- è Karena berasal dari algoritma pendekatan, maka Metode Numerik ini akan memakai iterasi (pengulangan)
- è Nilai kesalahan merupakan hal paling utama untuk mengetahui seberapa baik metode yang digunakan.

2.2 Mekanisme Proses Perlakuan Panas

Skematik proses perlakuan panas dapat dijelaskan dibawah ini sebagai berikut :

a. *Heating*

Yaitu pemanasan material hingga temperatur *austenit* (910°C), temperature ini dipilih karena pada temperatur itulah material berada keadaan tidak seimbang. Untuk merubah fasa dari suatu material maka material tersebut harus dipanaskan sampai keadaan tidak seimbang.

b. *Holding*

Pada keadaan ini spesimen dibiarkan pada suhu austenit tujuannya agar semua bagian spesimen mendapat panas yang merata.

c. *Cooling*

Cooling adalah pendinginan spesimen, ada tiga metoda untuk melakukan pendinginan yaitu :

- *Quenching* yaitu pendinginan cepat dengan mencelupkan spesimen kedalam media pendingin seperti air garam, air, oli.
- *Normalizing* yaitu pendinginan lambat diudara yang bertujuan untuk penormalan material kembali.
- *Annealing* yaitu pendinginan lambat di dalam tungku yang bertujuan untuk mengurangi kekerasan material.

d. *Tempering*

Tempering yaitu pemanasan spesimen kembali hingga temperatur *eutectoid* lalu di *holding* kemudian dilakukan pendinginan di dalam tungku atau di udara. *Tempering* ada dua yaitu *austempering* dan *martempering*.

1. *Austempering*

Pendinginan material sampai temperatur dibawah temperatur austenit dan setelah diatas martensit dihitung hingga temperatur bainit.

2. *Martempering*

Pendinginan material sampai temperatur dibawah temperatur austenit di *holding* sampai membentuk *martensit temper*.

2.3 Keuntungan/Efisiensi Pada Tungku *Heat Treatment*

Berikut adalah beberapa keuntungan pada penggunaan tungku *heat treatment* :

1. Pembakaran yang sempurna dengan udara berlebih yang minimum
2. Distribusi panas yang benar
3. Operasi pada suhu tungku yang optimum
4. Menurunkan kehilangan panas dari bukaan tungku
5. Mempertahankan jumlah draft tungku yang benar
6. Penggunaan kapasitas yang optimum
7. Pemanfaatan kembali limbah panas gas buang
8. Kehilangan refraktori yang minimum
9. Penggunaan lapisan batu tahan api
10. Pemilihan refraktori yang benar

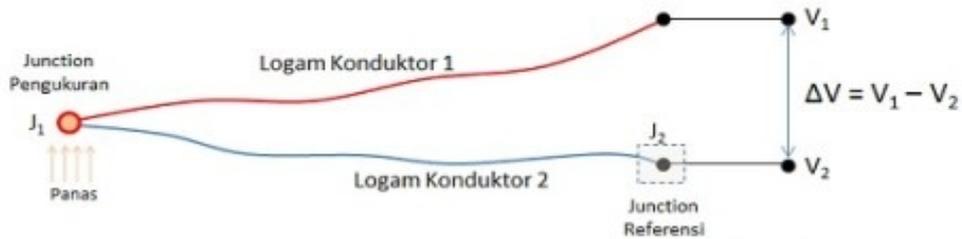
2.4 Pengertian dan Prinsip Dasar Termokopel

Termokopel (*Thermocouple*) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek "*thermo-electric*". Efek *Thermo-electric* pada Termokopel ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama Thomas Johann Seebeck pada Tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara *gradient* akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan Tegangan listrik diantara dua persimpangan (*junction*) ini dinamakan dengan Efek "*Seebeck*".

Termokopel merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun peralatan listrik dan Elektronika yang berkaitan dengan Suhu (Temperature). Beberapa kelebihan Termokopel yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara -200°C hingga 2000°C . Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, Termokopel juga tahan terhadap guncangan/getaran dan mudah digunakan. (Thomas Johann Seebeck, 1821)

Berikut beberapa Prinsip Kerja *Thermocouple* sebagai Berikut :

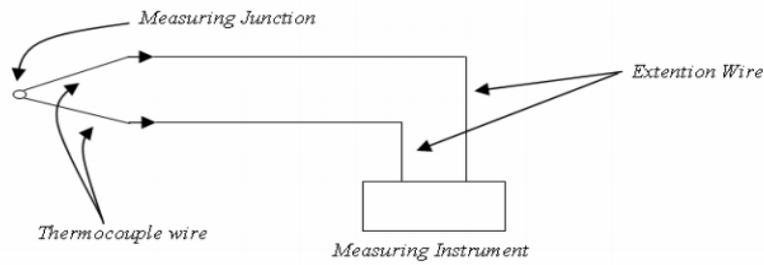
Termokopel (Thermocouple)



Gambar 2.1 Prinsip Kerja *Thermocouple*

Berdasarkan gambar 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 $V_1 - V_2$. Tegangan listrik yang ditimbulkan ini pada umumnya sekitar $1 \mu\text{V} - 70 \mu\text{V}$ pada tiap derajat Celcius. Tegangan tersebut kemudian dikonversikan sesuai dengan Tabel referensi yang telah ditetapkan sehingga menghasilkan pengukuran yang dapat dimengerti oleh kita.

Thermocouple merupakan sistim pengukuran temperatur. Elemen sensor temperatur (measuring junction) menghasilkan beda tegangan atau electromotive force (emf), yang kemudian emf yang dihasilkan dibandingkan dengan skala konversi tertentu menjadi unit temperatur.



Gambar 2.2 Skema konversi temperatur

Sistem pengukuran temperatur dengan *Thermocouple* Elemen sensor sebuah *thermocouple* merupakan dua jenis logam konduktor yang berbeda yang disebut termo-element, satu sama lain diisolasi kecuali pada bagian *junction*. Kabel ekstensi *thermocouple* yang dapat digunakan adalah sepasang kabel yang mempunyai karakteristik temperatur-emf relatif terhadap *thermocouple*-nya sehingga pada saat digunakan tidak memberikan pengaruh negatif (penyebab kesalahan) terhadap hasil pengukuran.

Ketika akurasi tinggi dibutuhkan, kawat *thermocouple* harus dibuat lebih panjang hingga ke instrumen *display* temperatur, hal ini akan mengeliminasi kesalahan yang mungkin ada akibat penggunaan kawat ekstensi yang tidak memiliki karakteristik temperature-emf identik dengan *thermocouple*-nya. Jika koneksi langsung tidak dimungkinkan kawat ekstensi dapat digunakan. Kabel ekstensi harus mempunyai temperature-emf yang ekuivalen dengan range temperature yang akan diukur. Untuk kabel ekstensi thermocouple pada tungku sinter dapat digunakan paduan logam dengan grade temperatur 0 – 260 °C (32– 500 °F).

Tersedia beberapa jenis termokopel, tergantung aplikasi penggunaannya

- 1) Tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy))

Termokopel untuk tujuan umum. Lebih murah. Tersedia untuk rentang suhu – 200°C hingga +1200 °C.

- 2) Tipe E (Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy))

Tipe E memiliki output yang besar ($68 \mu \text{ V}/^\circ\text{C}$) membuatnya cocok digunakan pada temperatur rendah. Properti lainnya tipe E adalah tipe non magnetik.

3) Tipe J (Iron / *Constantan*)

Rentangnyanya terbatas (-40 hingga $+750 \text{ }^\circ\text{C}$) membuatnya kurang populardibanding tipe K. Tipe J memiliki sensitivitas sekitar $\sim 52 \mu \text{ V}/^\circ\text{C}$

4) Tipe N (Nicrosil (Ni-Cr-Si alloy) / Nisil (Ni-Si alloy))

Stabil dan tahanan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum. Dapat mengukur suhu di atas $1200 \text{ }^\circ\text{C}$. Sensitifitasnya sekitar $39 \mu \text{ V}/^\circ\text{C}$ pada $900 \text{ }^\circ\text{C}$, sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K.

Termokopel tipe B, R, dan S adalah termokopel logam mulia yang memiliki karakteristik yang hampir sama.

Mereka adalah termokopel yang paling stabil, tetapi karena sensitifitasnya rendah (sekitar $10 \mu \text{ V}/^\circ\text{C}$) mereka

biasanya hanya digunakan untuk mengukur temperatur tinggi ($>300 \text{ }^\circ\text{C}$).

a. Type B (Platinum-Rhodium/Pt-Rh)

Cocok mengukur suhu di atas $1800 \text{ }^\circ\text{C}$. Tipe B memberi output yang sama pada suhu $0 \text{ }^\circ\text{C}$ hingga $42 \text{ }^\circ\text{C}$ sehingga tidak dapat dipakai di bawah suhu $50 \text{ }^\circ\text{C}$.

b. Type R (Platinum /Platinum with 7% Rhodium)

Cocok mengukur suhu di atas $1600 \text{ }^\circ\text{C}$. sensitivitas rendah ($10 \mu \text{ V}/^\circ\text{C}$) dan biayatinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum.

c. Type S (Platinum /Platinum with 10% Rhodium)

Cocok mengukur suhu di atas $1600 \text{ }^\circ\text{C}$. sensitivitas rendah ($10 \mu \text{ V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum.

Karena stabilitasnya yang tinggi Tipe S digunakan untuk standar pengukuran titik lelehemas ($1064.43 \text{ }^\circ\text{C}$).

d. Type T (Copper / *Constantan*)

Cocok untuk pengukuran antara -200 sampai $350 \text{ }^\circ\text{C}$. Konduktor positif terbuat dari tembaga, dan yang negatif terbuat dari constantan. Sering dipakai

sebagai alat pengukur alternatif sejak penelitian kawat tembaga. Type T memiliki sensitifitas $\sim 43 \mu \text{ V}/^\circ\text{C}$

2.5 Tahanan dan Daya Hantar

Pengertian1 (satu) ohm yaitu satu kolom air raksa yang panjangnya 1,063 m dengan penampang 1 mm² pada suhu 0⁰C. Suatu pengantar yang mempunyai nilai tambahan yang kecil atau mempunyai daya hantar yang besar ini berarti mudah dilalui arus. Besar daya kemampuan arus ini disebut daya hantar arus. Sedangkan penyekat atau isolasi adalah suatu bahan yang mempunyai tahanan yang besar sekali atau mempunyai daya hantar yang kecil ini berarti tidak biasa dilalui arus listrik. Rumus dibawah ini untuk menghitung besarnya tahanan listrik terhadap daya hantar arus.

$$R = \frac{1}{G} \quad (2.1)$$

$$G = \frac{1}{R} \quad (2.2)$$

Tahanan jenis suatu bahan ialah tahanan bahan itu yang panjangnya 1 meter dengan luas penampang 1 mm². Tahanan jenis diberi simbol : ρ (rho) Daya hantar jenis adalah kebalikan dari tahanan jenisnya dan diberi symbol dengan g. Rumus dibawah ini adalah rumus untuk menghitung tahanan jenis terhadap daya hantar jenisnya.

$$P = \frac{1}{g} \quad (2.3)$$

Besarnya penampang suatu kawat dapat dicari dengan 2 cara :

$$q = \frac{1}{4} \pi d^2 \quad (2.4)$$

$$q = \pi r^2 \quad (2.5)$$

Sedangkan besarnya tahanan dari kawat penghantar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{\rho \times \ell}{q} \quad (2.6)$$

$$q = \frac{\rho \times \ell}{R} \quad (2.7)$$

Selanjutnya penampang, Tahanan jenis dan panjang kawat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{Rq}{1} \quad (2.8)$$

$$\ell = \frac{Rq}{\rho} \quad (2.9)$$

2.6 Perpindahan Kalor

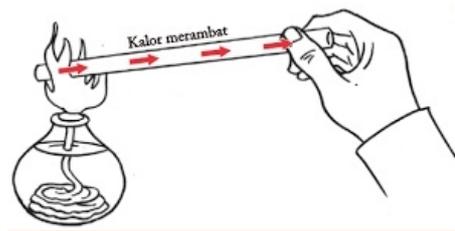
2.6.1 Konduksi

Konduksi adalah perpindahan kalor melalui zat penghantar tanpa disertai perpindahan bagian-bagian zat itu. Perpindahan kalor dengan cara konduksi pada umumnya terjadi pada zat padat. Suatu zat dapat menghantar kalor disebut konduktor, seperti berbagai jenis logam. Sedangkan zat penghantar kalor yang buruk disebut isolator, pada umumnya benda-benda non logam. Contoh konduksi adalah memanaskan batang besi di atas nyala api. Apabila salah satu ujung besi dipanaskan, kemudian ujung yang lain dipegang, maka semakin lama ujung yang dipegang semakin panas. Hal ini menunjukkan bahwa kalor atau panas berpindah dari ujung besi yang dipanaskan ke ujung besi yang dipegang.

Perpindahan kalor secara konduksi dapat terjadi dalam dua proses berikut:

1. Jika suatu benda mendapat energi panas maka energi panas tersebut digunakan untuk menggetarkan partikel-partikel benda tersebut. Pemanasan pada satu ujung benda menyebabkan partikel-partikel pada ujung itu bergetar lebih cepat dan suhunya naik. Partikel-partikel yang bergetar mempunyai energi kinetik lebih besar ini, memberikan sebagian energi kinetiknya kepada partikel tetangganya melalui tumbukan sehingga partikel tetangga bergetar dengan energi kinetik lebih besar pula. Setelah itu partikel tetangga ini memindahkan energi ke partikel tetangga berikutnya. Begitu seterusnya sampai proses pemindahan energi ke bagian ujung benda yang suhunya rendah. Proses perpindahan kalor seperti ini berlangsung lambat karena untuk memindahkan lebih banyak kalor diperlukan beda suhu yang tinggi di antara kedua ujung.

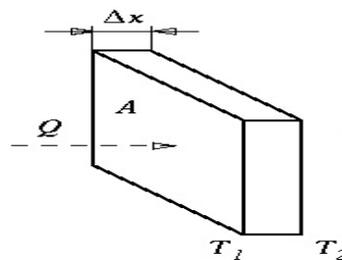
2.



Gambar 2.3 Perambatan kalor konduksi

Pada logam, perpindahan kalor terjadi melalui gerakan-gerakan elektron bebas yang terdapat dalam struktur atom logam

Besaran-besaran fisis pada perpindahan kalor konduksi Pada bagian ini, kita akan mencermati besaran-besaran fisis pada perpindahan kalor konduksi melalui sebuah gambar



Gambar 2.4. Laju kalor yang melalui sebuah benda

Sumber: BSE Belajar Praktis

Kalor konduksi akan mengalir melalui suatu medium / benda. Perlu diketahui bahwa setiap benda (khususnya benda padat) yang dilewati kalor pasti mempunyai bentuk dan ukuran yang berbeda. Ada benda padat yang panjang, ada juga benda padat yang pendek. Ada yang gemuk (luas penampangnya besar), ada juga yang kurus (luas penampangnya kecil).

Ketika mengalir, kalor juga membutuhkan selang waktu tertentu. Aliran kalor ini bermula dari sisi benda yang memiliki suhu yang lebih tinggi (T_1) ke sisi (yang memiliki suhu yang lebih rendah (T_2)). Karena adanya perbedaan suhu ($T_1 - T_2$), kalor mengalir dari sisi benda yang bersuhu tinggi menuju sisi benda yang bersuhu rendah (arah aliran kalor ke kanan). Benda yang dilewati kalor memiliki luas penampang (A) dan panjang (Δx).

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan oleh ilmuwan, jumlah kalor yang mengalir selama selang waktu tertentu (Q/t) berbanding lurus dengan perbedaan suhu ($T_1 - T_2$), luas penampang (A), sifat suatu benda ($k =$ konduktivitas termal) dan berbanding terbalik dengan panjang benda. Secara matematis bisa ditulis sebagai berikut :

$$\frac{Q}{t} = \frac{kA(T_1 - T_2)}{\Delta x} \quad (2.10)$$

$$Q = -k \cdot A \frac{dT}{dx} \quad (2.11)$$

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan, laju kalor konduksi yang melalui sebuah dinding bergantung pada empat besaran:

1. Beda suhu di antara kedua permukaan ($\Delta T = T_1 - T_2$); makin besar beda suhu, makin cepat perpindahan kalor.
2. Ketebalan benda (Δx); makin tebal dinding, makin lambat perpindahan kalor.
3. Luas permukaan benda
4. Konduktivitas termal zat (k), merupakan ukuran kemampuan zat menghantarkan kalor; makin besar nilai k , makin cepat perpindahan kalor.
5. Selang waktu.

Zat	$k \left(\frac{W}{mK} \right)$	Zat	$k \left(\frac{W}{mK} \right)$
Logam:		Bahan Isolator:	
Aluminium	205	Gabus	0,04
Perunggu	109	Serat kaca (<i>fiberglass</i>)	0,04
Tembaga	385	Bulu halus	0,02
Besi dan baja	50	Kapuk	0,03
Perak	406		
Zat padat lain:		Gas:	
Lemak tubuh	0,17	Hidrogen	0,13
Batu bata	0,6	Udara	0,024
Beton	0,8		
Kaca	0,8		
Es	1,6		
Air	0,60		
Kayu (pinus)	0,13		

Tabel 2.1 konduktivitas termal zat (W/mK)

Prinsip sambungan dua batang logam adalah:

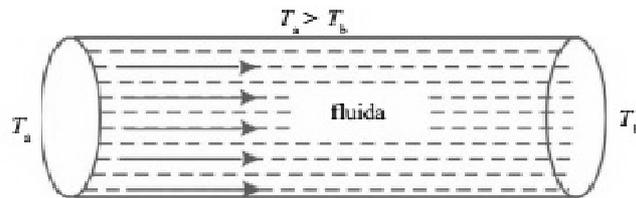
$$\frac{Q_1}{t} = \frac{Q_2}{t} \quad (2.12)$$

$$\frac{k_1 A \Delta T_1}{L_1} = \frac{k_2 A \Delta T_2}{L_2} \quad (2.13)$$

2.6.2 Konveksi

konveksi adalah hantaran kalor yang disertai dengan perpindahan partikel perantaranya. Umumnya konveksi terjadi pada gas dan zat cair. Contoh dari peristiwa konveksi adalah seperti perpindahan kalor pada zat cair yang dipanaskan, ventilasi kamar, cerobong asap, pengaturan katub udara pada kompor, dan kipas angin.

Besaran-besaran fisis pada perpindahan kalor konveksi



Gambar 2.5 Rambatan Kalor di dalam fluida

Apabila ada sebuah silinder yang diisi suatu fluida dan dua sisi yang berhadapan dari silinder suhunya berbeda, akan terjadi aliran kalor dari dinding yang bersuhu T_a ke dinding yang bersuhu T_b . Besarnya kalor yang merambat tiap satuan waktu, dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\frac{Q}{t} = h A \Delta T \quad (2.14)$$

Besarnya koefisien konveksi termal dari suatu fluida bergantung pada bentuk dan kedudukan geometrik permukaan-permukaan bidang aliran serta bergantung pula pada sifat fluida perantaranya.

2.6.3 Radiasi

Radiasi adalah perpindahan kalor tanpa memerlukan zat perantara. Pancaran kalor hanya terjadi dalam gas atau ruang hampa. Besaran-besaran fisis pada perpindahan kalor radiasi

Suatu hukum yang mengenai radiasi yang disebut sebagai Hukum Stefan-Boltzman, yang berbunyi: "Energi yang dipancarkan oleh suatu permukaan hitam dalam bentuk radiasi kalor tiap satuan waktu (Q/t) sebanding dengan luas permukaan (A) dan sebanding dengan pangkat empat suhu mutlak permukaan itu (T^4). (Stefan-Boltzman, 1879)

Secara matematis ditulis:

$$\frac{Q}{t} = \sigma AT^4 \quad (2.15)$$

Tidak semua benda dapat dianggap sebagai benda hitam sempurna. Terdapat suatu besaran yang disebut emisivitas, yaitu suatu ukuran seberapa besar pemancaran radiasi kalor suatu benda dibandingkan dengan benda hitam sempurna. Nilai emisivitas terletak di antara 0 dan 1, $e = 0$ untuk penyerap paling buruk, dan $e = 1$ untuk penyerap paling baik.

Persamaan Stefan-Boltzman untuk setiap benda dapat ditulis sebagai:

$$\frac{Q}{t} = e\sigma AT^4 \quad (2.16)$$

Intensitas radiasi sebesar,

$$R = e\sigma T^4 \quad (2.17)$$

2.7 Metode Newton-Raphson

Dalam analisis numerik, metode Newton-Raphson yang terdapat nama dari Isaac Newton dan Joseph Raphson, merupakan metode yang paling dikenal untuk mencari hampiran terhadap akar fungsi riil. Metode Newton-Raphson sering konvergen dengan cepat, terutama bila iterasi dimulai "cukup dekat" dengan akar yang diinginkan. Namun bila iterasi dimulai jauh dari akar yang dicari, metode ini

dapat meleset tanpa peringatan. Implementasi metode ini biasanya mendeteksi dan mengatasi kegagalan konvergensi.

Metode ini paling banyak digunakan dalam mencari akar – akar dari suatu persamaan. Jika perkiraan awal dari akar adalah x_i , suatu garis singgung dapat dibuat dari titik $(x_i, f(x_i))$. Titik dimana garis singgung tersebut memotong sumbu x biasanya memberikan perkiraan yang lebih dekat dari nilai akar. Turunan pertama pada x_i adalah ekuivalen dengan kemiringan. Metode pendekatan yang menggunakan satu titik awal dan mendekatinya dengan memperhatikan slope atau gradien pada titik tersebut. Titik pendekatan ke $n+1$ dituliskan dengan :

$$x_{n+1} = x_n - \frac{F(x_n)}{F'(x_n)} \quad (2.18)$$

Algoritma Metode Newton-Raphson :

1. Definisikan fungsi $f(x)$ dan $f'(x)$
2. Tentukan toleransi error (e) dan iterasi maksimum (n)
3. Tentukan nilai pendekatan awal x_0
4. Hitung $f(x_0)$ dan $f'(x_0)$
5. Untuk iterasi $I = 1$ s/d n atau $|f(x_i)| < e$
 - Hitung $f(x_i)$ dan $f'(x_i)$

$$x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)} \quad (2.19)$$

6. Akar persamaan adalah nilai x_i yang terakhir diperoleh.

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

3.1.1. Tempat

Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium proses produksi Fakultas Teknik Program Studi Teknik mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

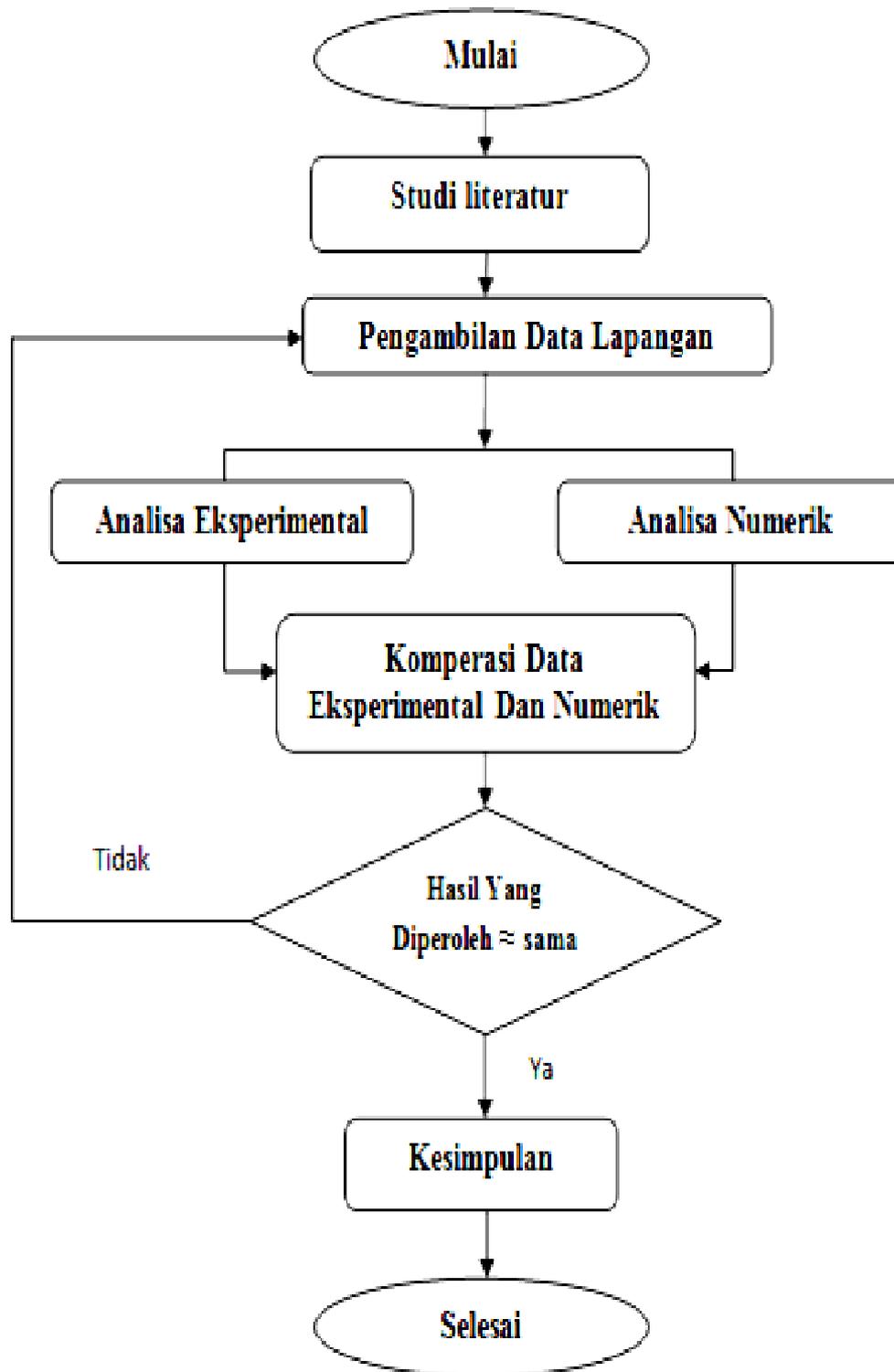
3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan setelah mendapat persetujuan dari pembimbing pada tanggal 20 Maret 2019 sampai Selesai dan terlihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 : Jadwal Dan kegiatan saat melakukan penelitian

No.	Kegiatan	Waktu/(Bulan 2019)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	PengajuanJudul	■							
2	StudiLiteratur	■	■						
3	Perhitungan Kalor Simulai Numerik		■	■					
	Proses			■	■				
4	Perhitungan Software			■	■				
5	Pembuatan Alat				■	■	■		
6	Penulisan Skripsi					■	■	■	
	Seminar/Sidang							■	■

3.2 Diagram Alir Penelitian

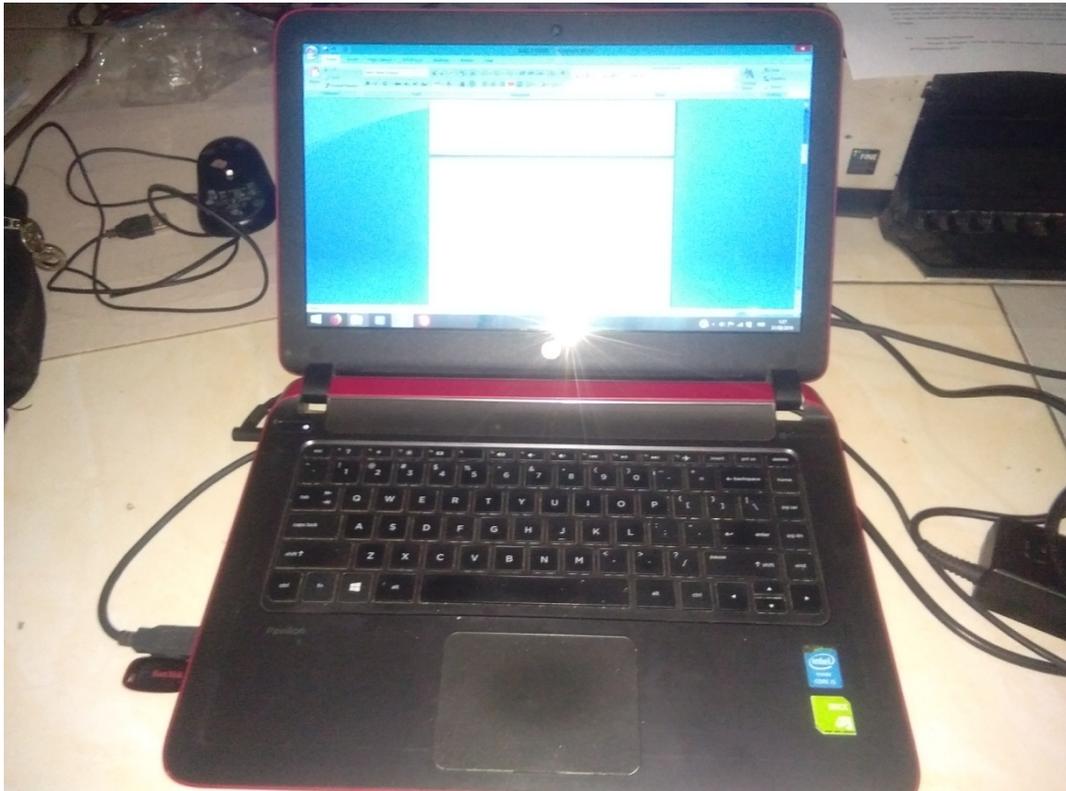


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

1. Laptop



Gambar 3.2 Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan dalam perancangan ini adalah sebagai berikut :

1. Processor : Intel(R)Core(TM)i5-4210UCPU@1.70GHz 2.40Hz
2. RAM : 4.00 GB
3. Operation system : Windows 10 pro 64 bit (10,0 Build 10240)

3.3.2 Bahan

1. *SoftwareSolidworks*

Dalam mensimulasikan kerugian kalor pada tungku *heat treat* menggunakan program *software solidworks*

3.4 Prosedur Penelitian

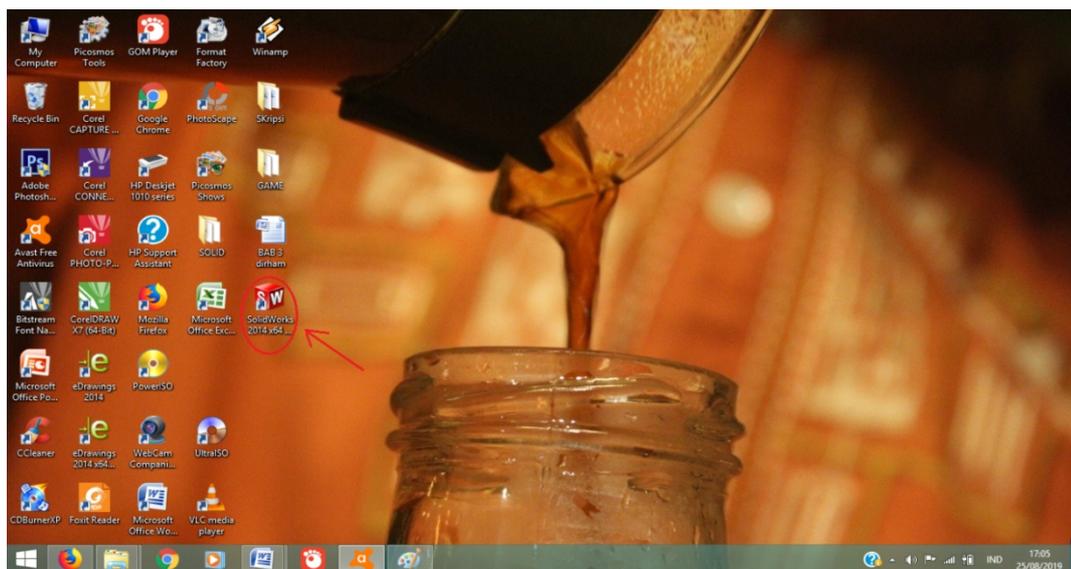
Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan benar, maka disusun langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

1. Mengukur dimensi dari *tungku heat treatment*
2. Mencari perhitungan suhu dan tekanan dengan menggunakan rumus yang sudah ditentukan.
3. Membuat gambar modeling dengan *Software solidworks*
4. Menganalisis gambar modeling dengan menggunakan *Software Solidworks*.
5. Hasil simulasi
6. Selesai

3.5 Prosedur Mensimulasikan Menggunakan *Solidworks*

Pada prosedur mensimulasikan kerugian kalor pada *tungku heat treatment* dengan menggunakan aplikasi *solidworks*. Adapun langkah-langkah prosedur mensimulasikan kerugian kalor adalah sebagai berikut :

1. Klik 2 kali ikon *solidworks 2014 x64 Edition* pada tampilan dekstop pada layar komputer. Dengan mengklik aplikasi *solidworks* keluar layar seperti gambar dibawah ini.



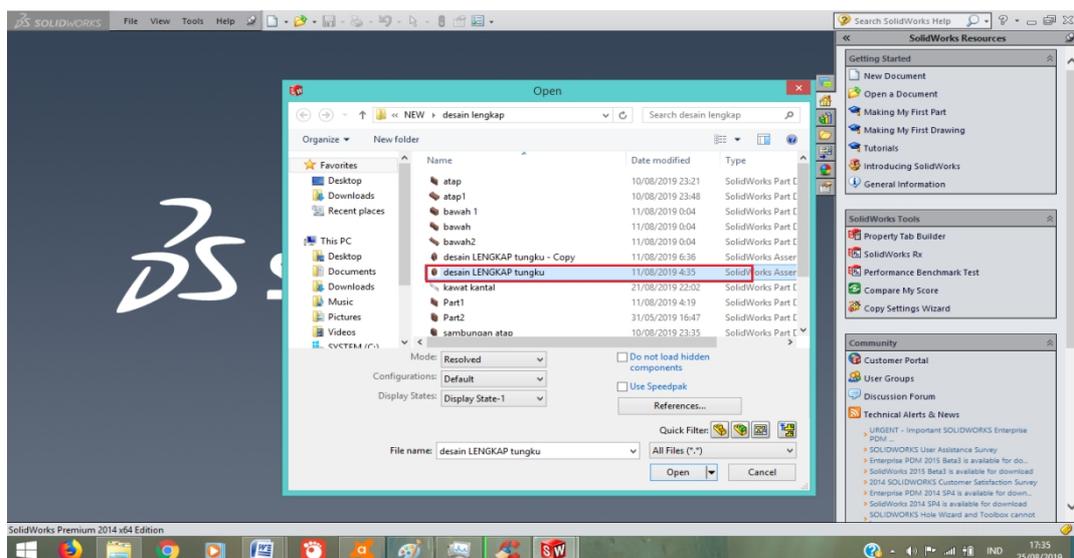
Gambar 3.3 Software *solidworks* pada desktop

2. Untuk masuk kemenu *part* untuk membuat simulasi, langkah yang dilakukan adalah dengan memasukan *design* yang sudah dirancang dengan cara *double klik*open a document.



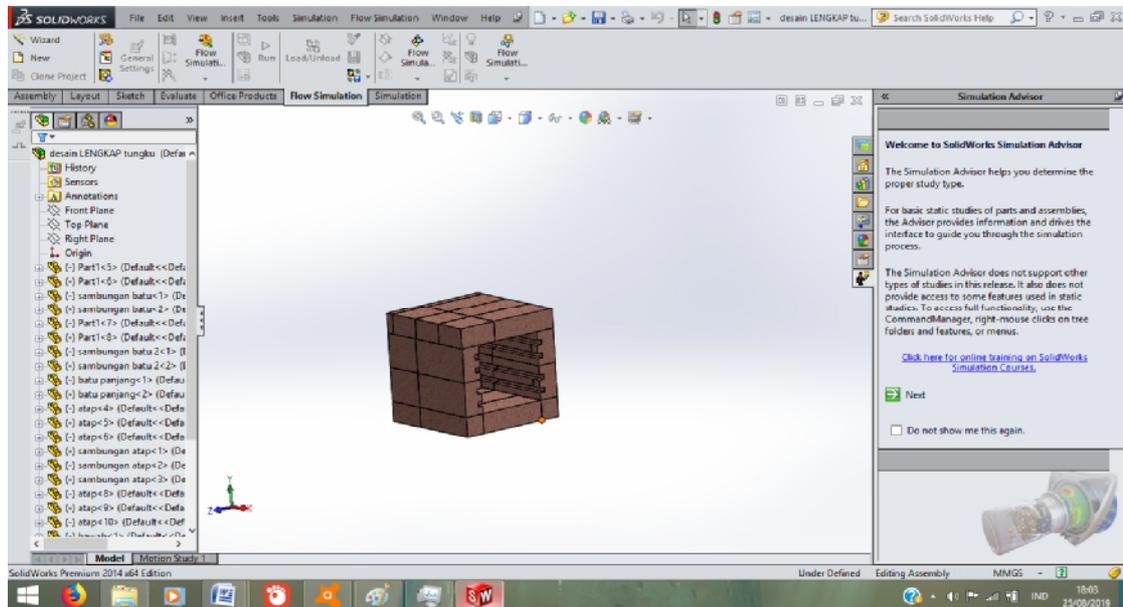
Gambar 3.4 Tampilan awal lembar solidwork

3. Kemudian masukan *design* yang sudah dirancang dengan cara *double klik* seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.5 Letak design pada lembar *Dialog box document*

4. Design yang akan disimulasikan sudah tampak seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



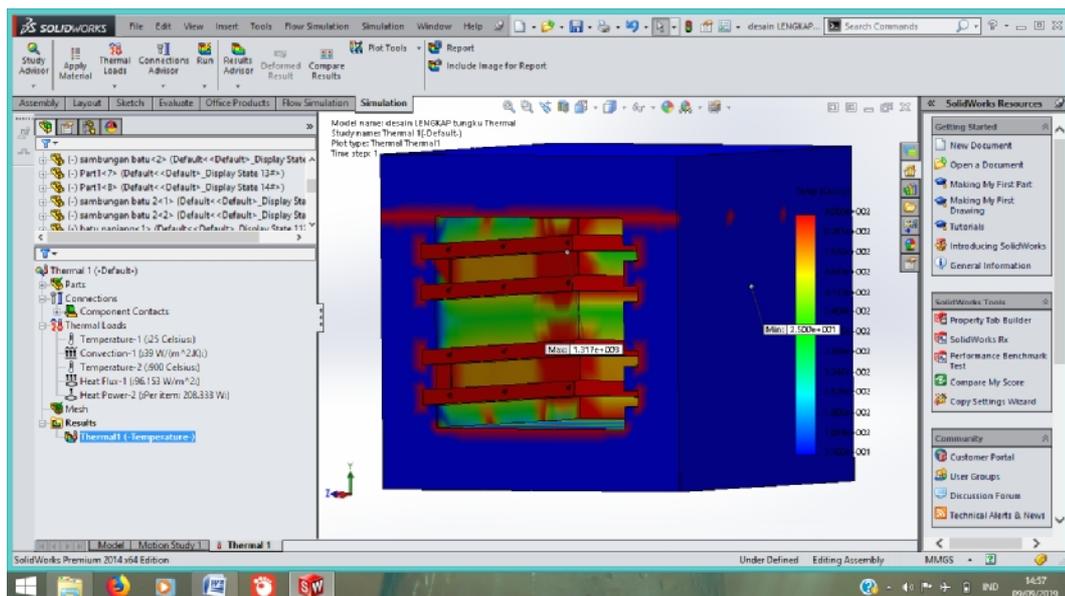
Gambar 3.6 Design yang akan disimulasikan pada lembar kerja solidwork

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Pada hasil simulasi tungku *heat treatment* telah mendapatkan hasil simulasi menggunakan *software solidworks* seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.1 Hasil simulasi tungku *Heat treatment*

4.2 Pembahasan

Proses simulasi ini merupakan hasil dari perencanaan tungku *heat treatment* yang telah di design sebelumnya, maka pembahasan yang akan penulis bahas pada bab ini meliputi langkah- langkah proses simulasi pada tungku *heat treatment*.

a. Tampilan awal desktop

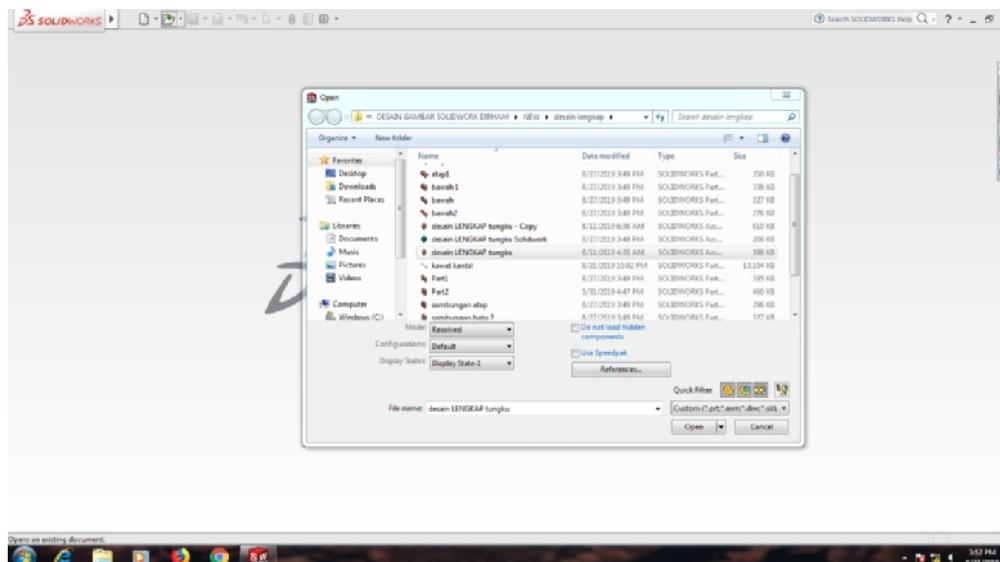
Pada tampilan awal dekstop buka *software solidworks* dengan cara *double* pilih ikon *solidworks* seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.2 Tampilan awal desktop

b. Dialog Box solidworks

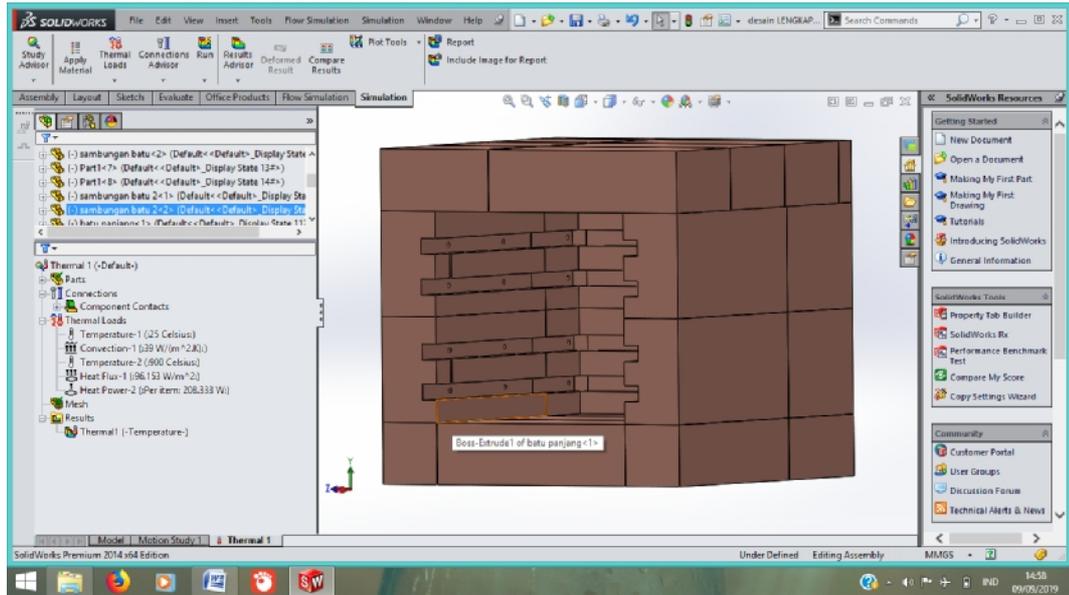
Setelah membuka software solidworks, masukan design yang akan disimulasikan dengan cara *open a document*, lalu akan muncul *dialog box* dimana letak design yang akan disimulasikan. Setelah itu *double* pilih *file* yang akan disimulasikan.



Gambar 4.3 Dialog box solidwork

c. Tungku *heat treatment*

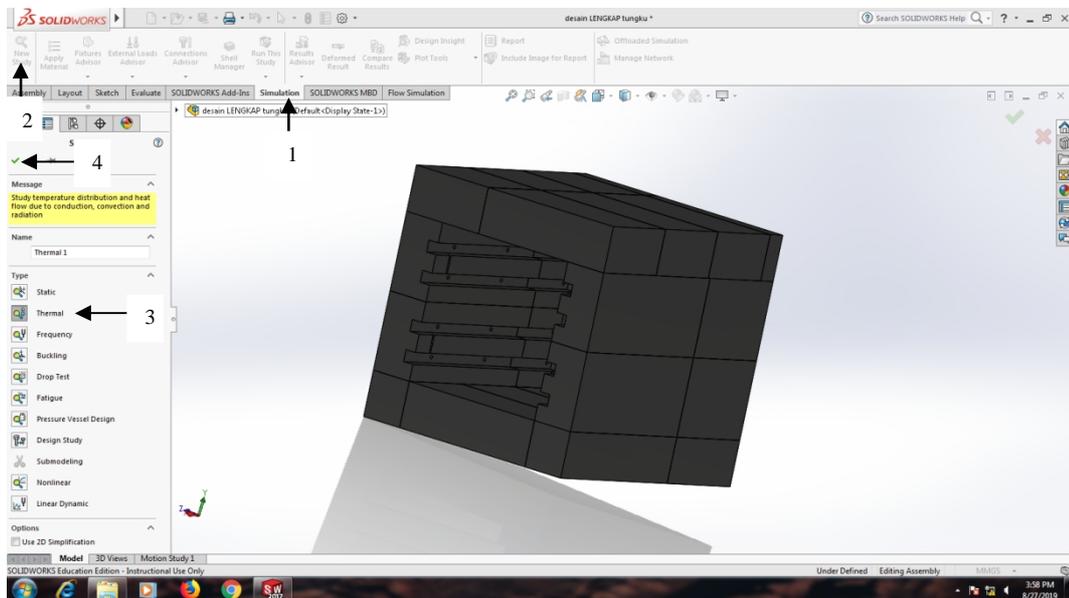
Pada tampilan layar dibawah ini, design tungku *heat treatment* akan disimulasikan.



Gambar 4.4 Design tungku *heat treatment*

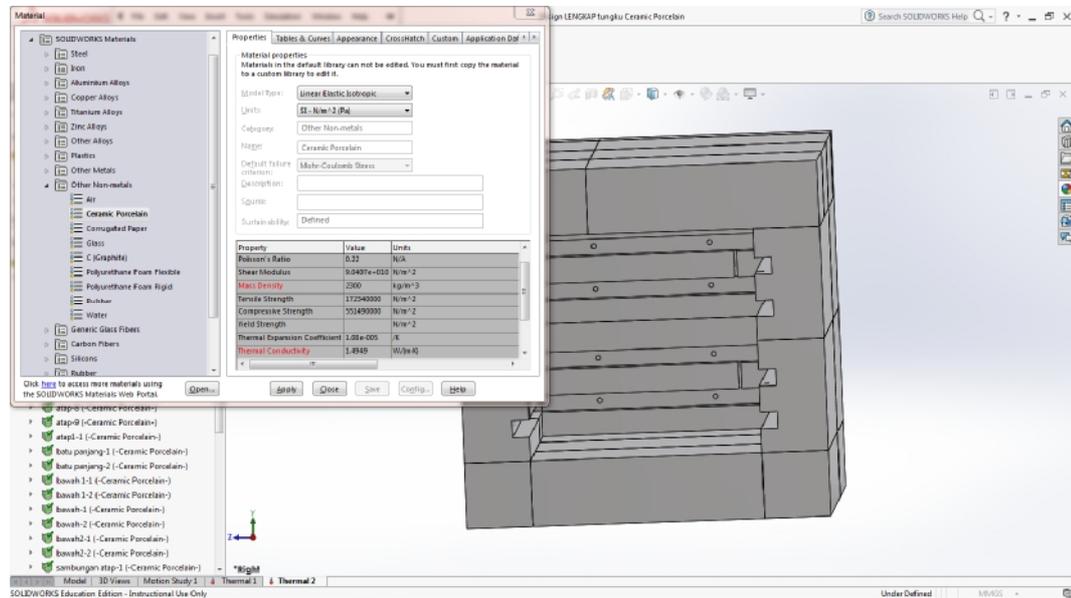
4.2.1 Langkah- Langkah Simulasi

Langkah awal proses simulasi pilih *simulation* pada no 1, lalu pilih *study advisor* pada no 2 lalu pilih *new study*. Setelah itu akan muncul tabel *study*, lalu pilih *thermal* pada no 3 lalu pilih tanda Centang pada No 4



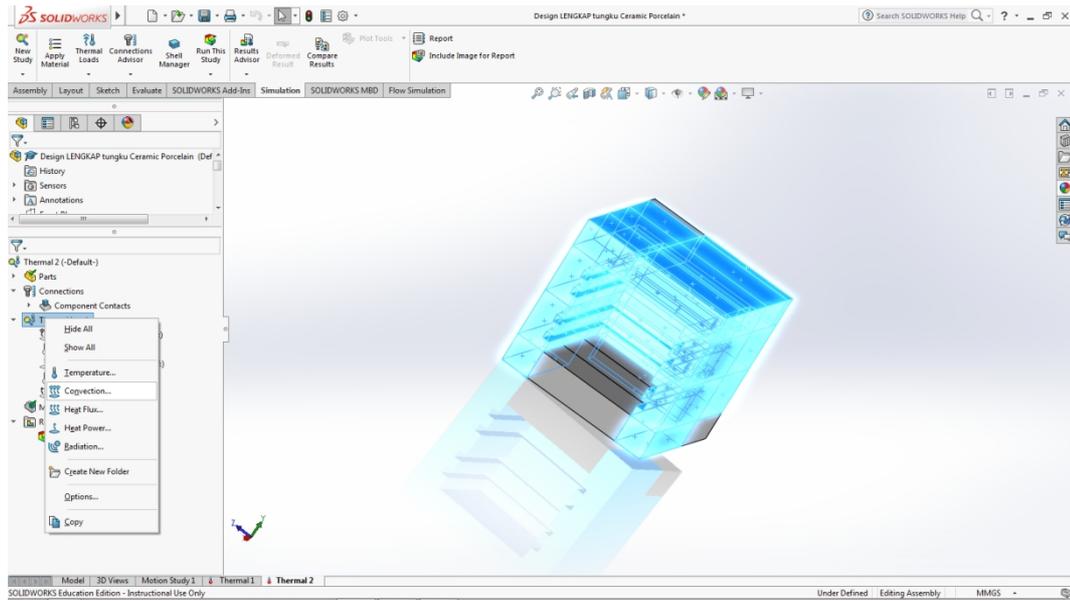
Gambar 4.5 Langkah *Study Thermal*

Setelah itu masukan tipe material yang akan digunakan dengan cara pilih apply material, disini penulis menggunakan material *Other non metals (ceramic porcelain)* lalu pilih *Apply*.

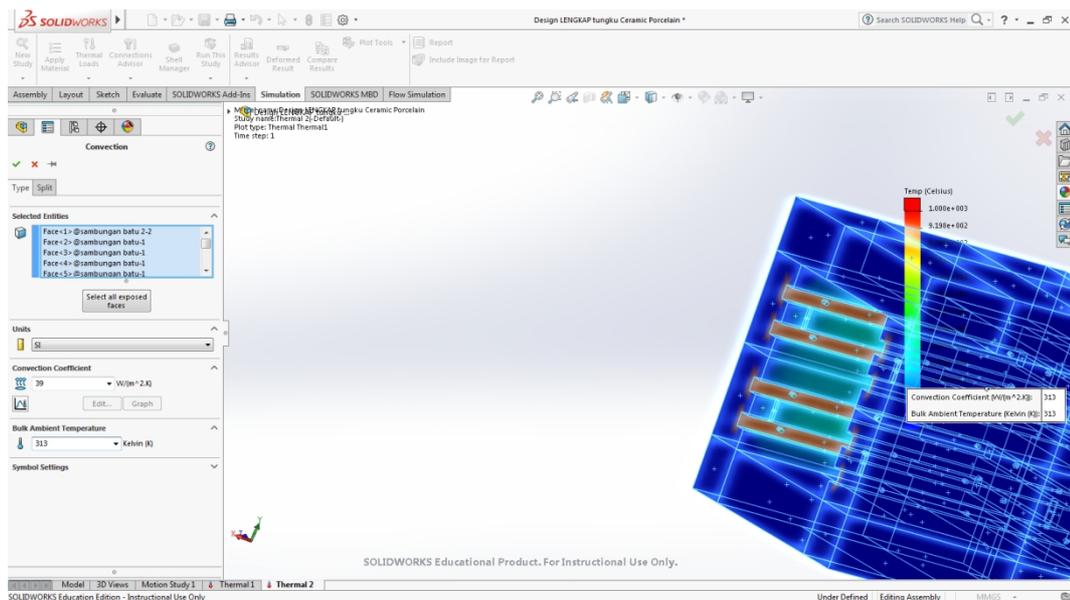


Gambar 4.6 Pemilihan Material

Setelah melakukan pemilihan material yang ingin digunakan, lalu pilih *thermal loads* yang ingin diukur. Pada *thermal loads* terdapat menu pilihan *temperatur, convection, heat power, heat flux, dan radiation*. Langkah awal masukan nilai *convection* sebesar $39 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Lalu pilih sisi yang akan di konveksikan. Lalu pilih tanda centang.

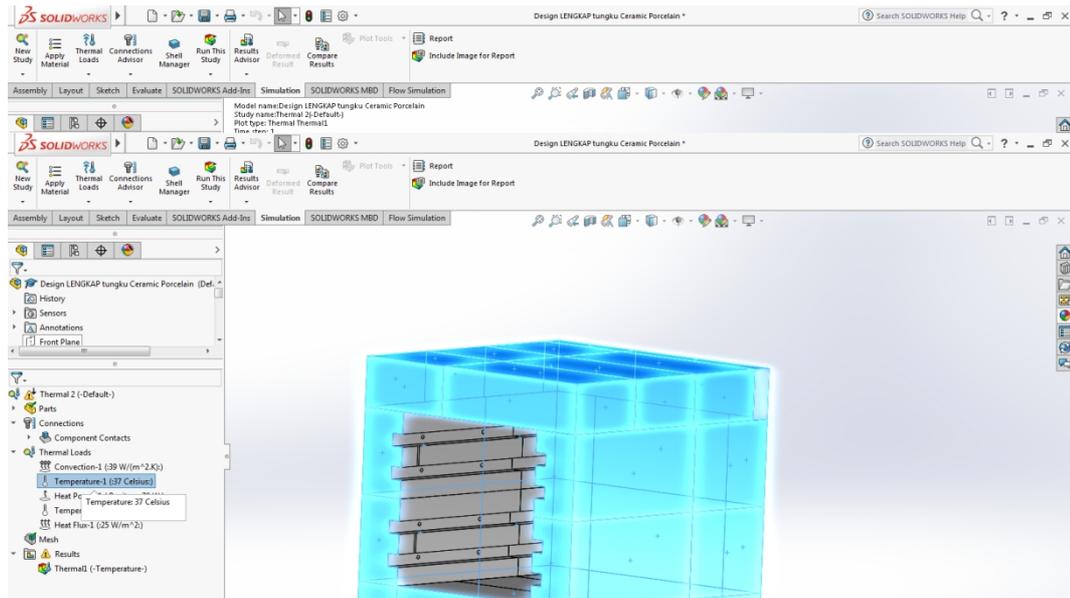


Gambar 4.7 Sisi yang di *Convection*



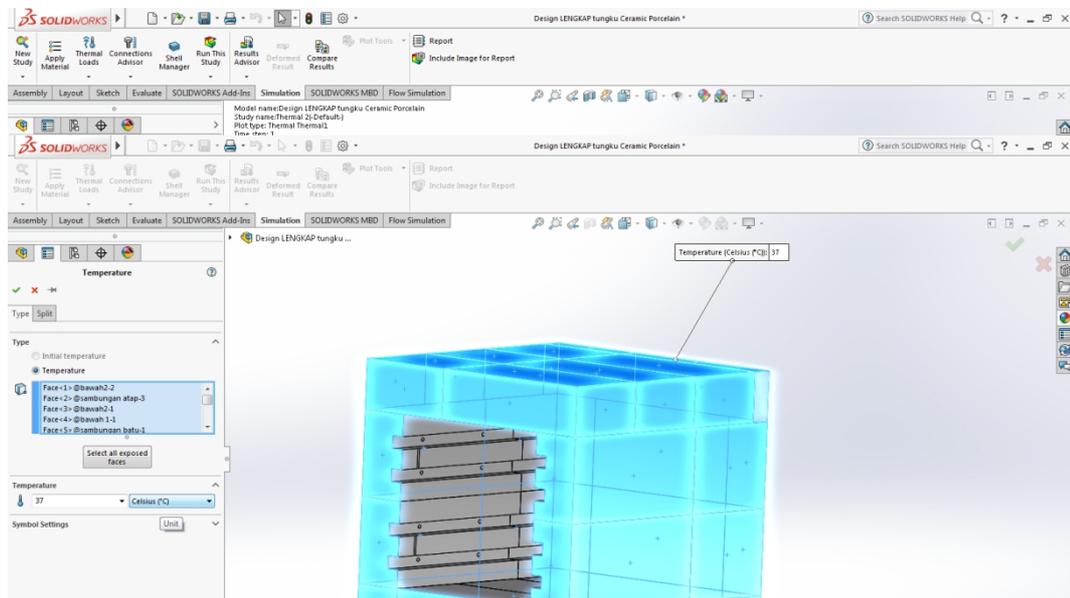
Gambar 4.8 Sisi dan Satuan *Convection*

Setelah meng-*input* nilai dari *convection*, selanjutnya masukan temperatur awal ruangan. Masukan *Temperature* ruangan yaitu temperatur ruangan 25⁰C.



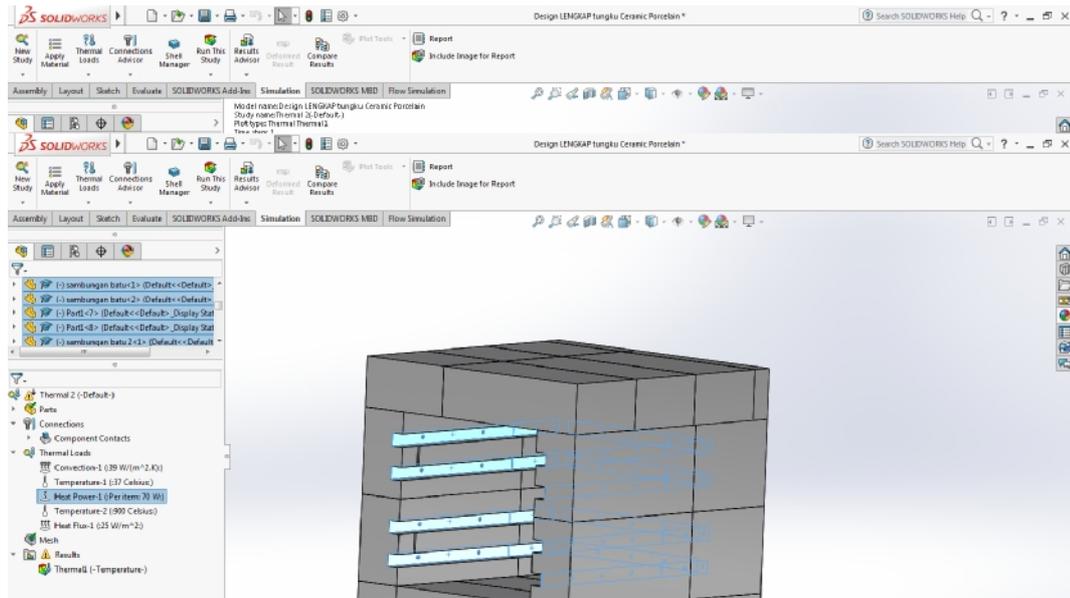
Gambar 4.9 Sisi temperatur ruangan

Kemudian pilih sisi yang akan dijadikan temperatur ruangan dengan cara pilih sisi yang akan diberikan temperatur ruangan . pilih centang untuk menginput suhu awal ruangan.



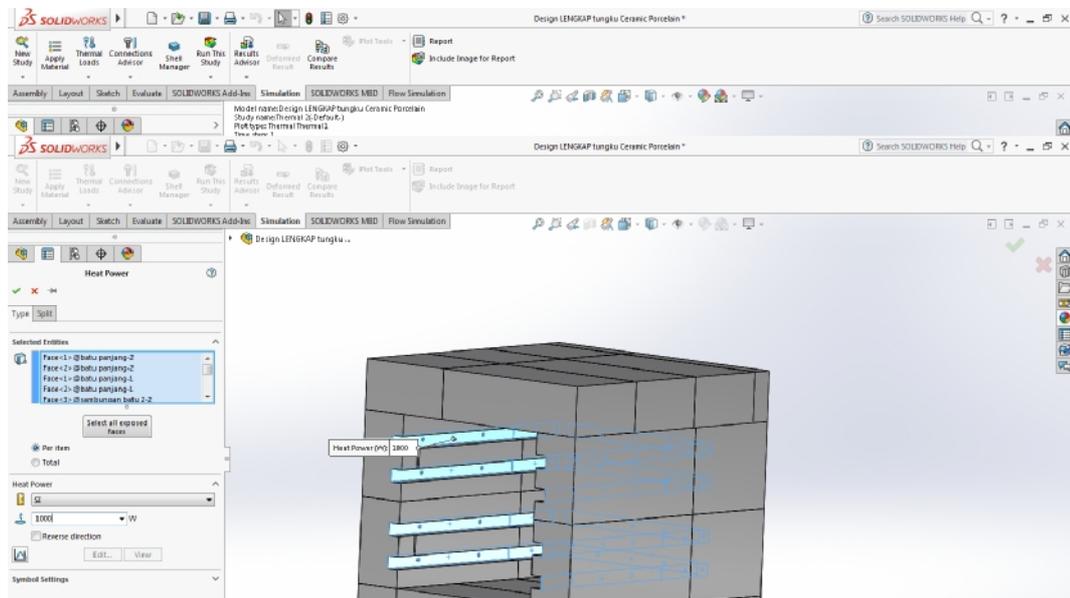
Gambar 4.10 Sisi dan satuan temperatur ruangan

Setelah memasukan temperatur ruangan, masukan nilai heat power yang akan diberikan. Nilai dari heat power 208,333 W.



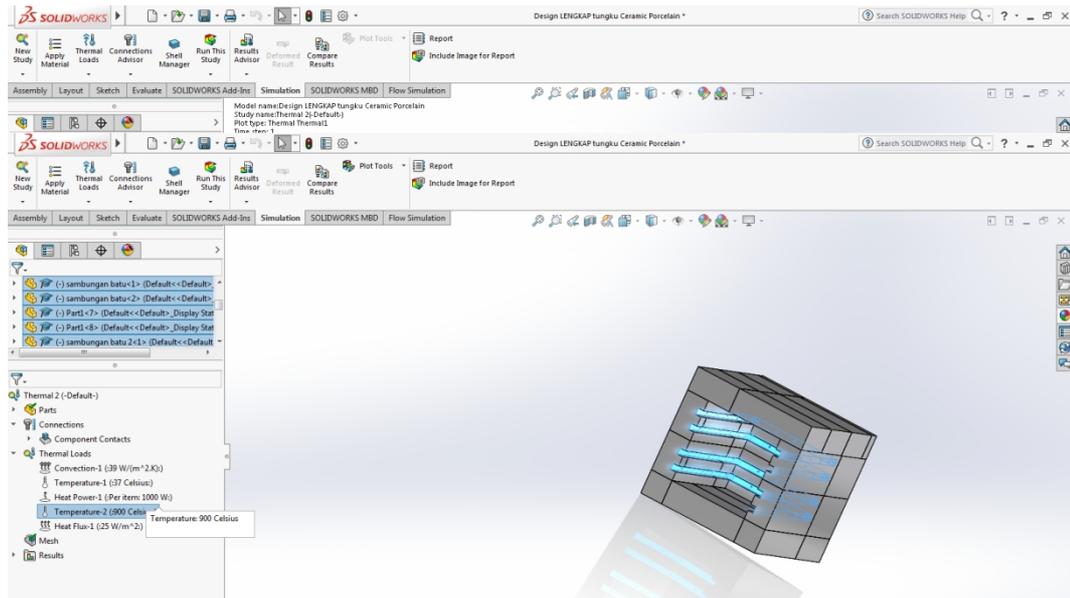
Gambar 4.11 Pemilihan sisi heat power

Lalu pilih sisi heat power yang akan dijadikan *heat power* dengan cara pilih sisi yang akan diberikan nilai *heat power*. Pilih Centang setelah selesai memilih sisi yang akan diberi nilai.



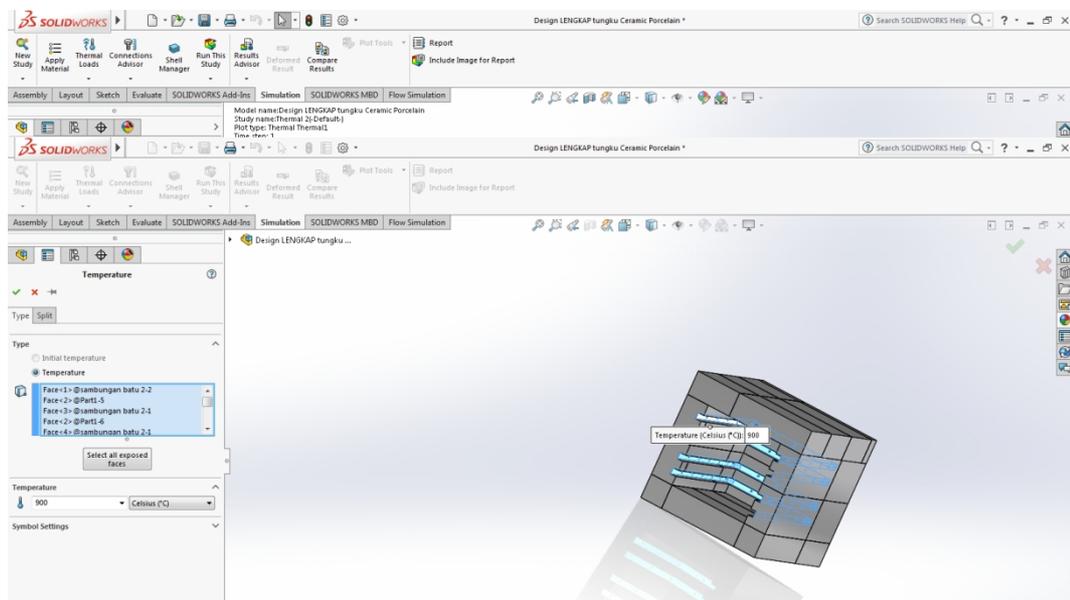
Gambar 4.12 Sisi dan satuan *heat power*.

Setelah memilih sisi dan memasukkan nilai dari *heat power*, kemudian masukan nilai suhu maksimal tungku yang bernilai 900°C .



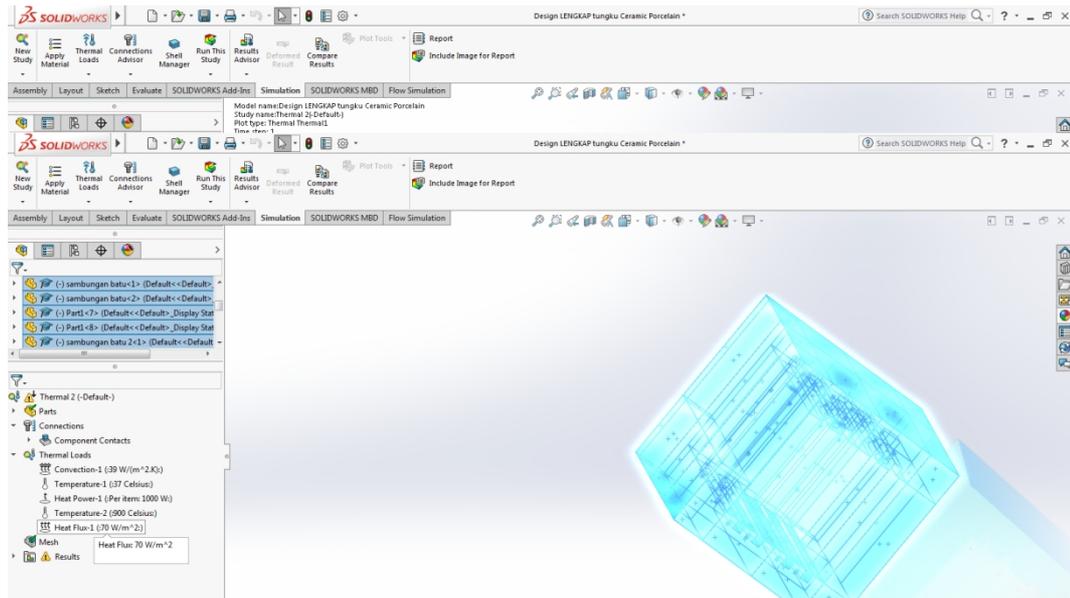
Gambar 4.13 Pemilihan suhu tungku

Lalu untuk memilih sisi yang akan dijadikan suhu tungku dengan cara pilih sisi yang akan dijadikan suhu tungku. Setelah itu pilih centang untuk memasukan nilai dan sisi dari suhu tungku yang dipilih.



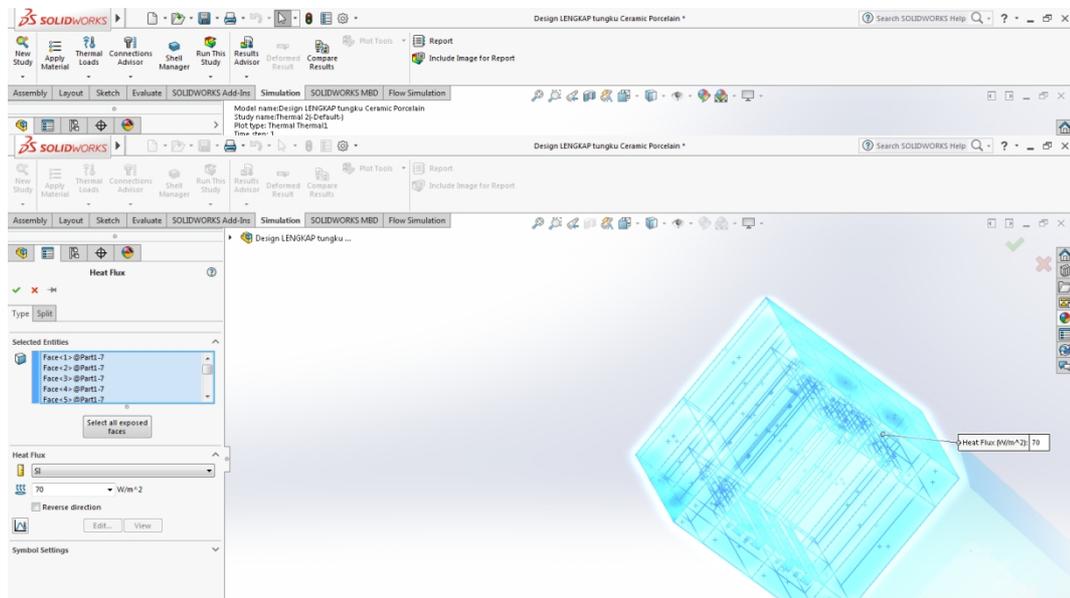
Gambar 4.14 Sisi dan suhu tungku

Setelah memasukan nilai suhu dan pemilihan sisi dari suhu tungku, masukan nilai *heat flux* yang telah didapatkan. Nilai dari *heat flux* adalah $96,153 \text{ W/m}^2$



Gambar 4.15 Pemilihan *heat flux*

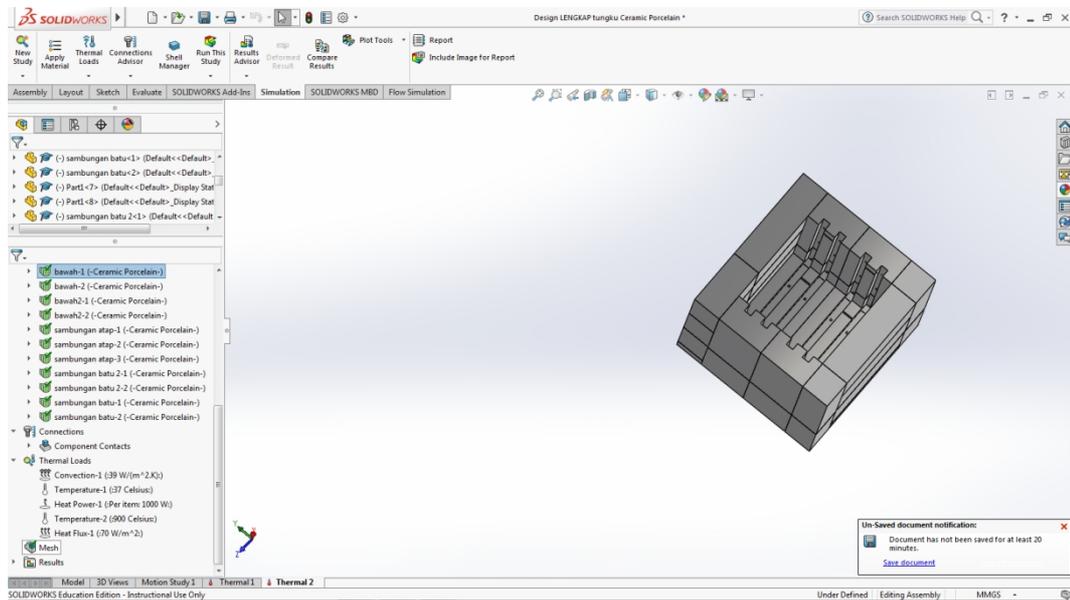
Lalu untuk memilih sisi yang akan dijadikan *heat flux* dengan cara pilih sisi yang akan dijadikan sisi *heat flux*. Setelah itu pilih centang untuk memasukkan nilai dan sisi dari *heat flux* yang dipilih.



Gambar 4.16 Sisi dan satuan *heat flux*

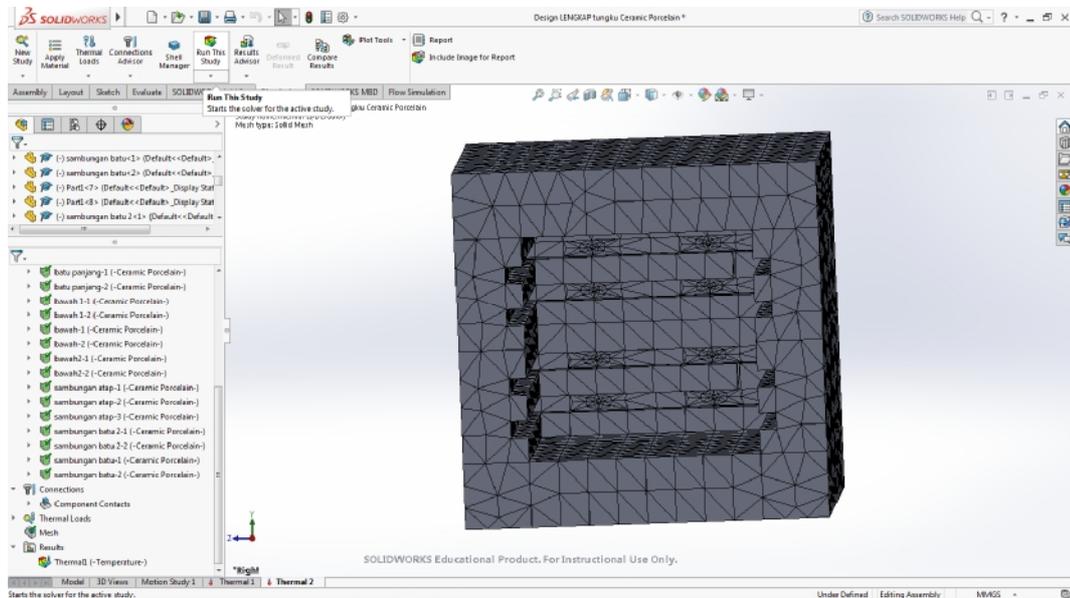
Setelah memasukkan nilai yang *Convection*, *temperature 1*, *heat power*, *temperatur 2*, dan *heat flux*. Selanjutnya untuk mengatur struktur yaitu dengan cara

klik kanan *mesh* lalu pilih *create mesh*. Lalu atur tingkat kekasaran atau kehalusan yang diinginkan. Pilih centang untuk melanjutkan.



Gambar 4.17 Tungku yang akan dilakukan *mesh*

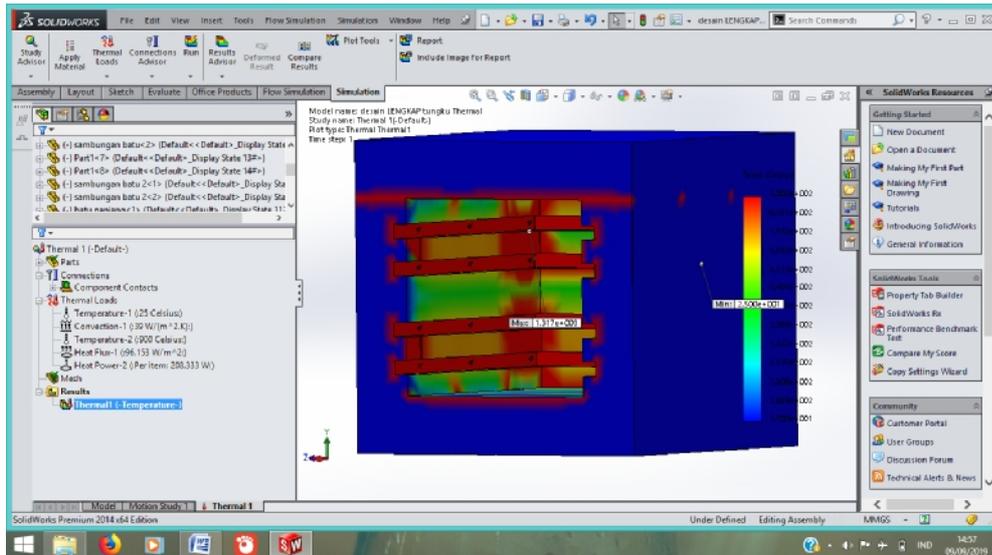
Tungku yang setelah di *mesh* berbentuk kekasaran untuk memudahkan proses simulasi. Bentuk mesh dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 4.18 Bentuk tungku setelah dilakukan *mesh*

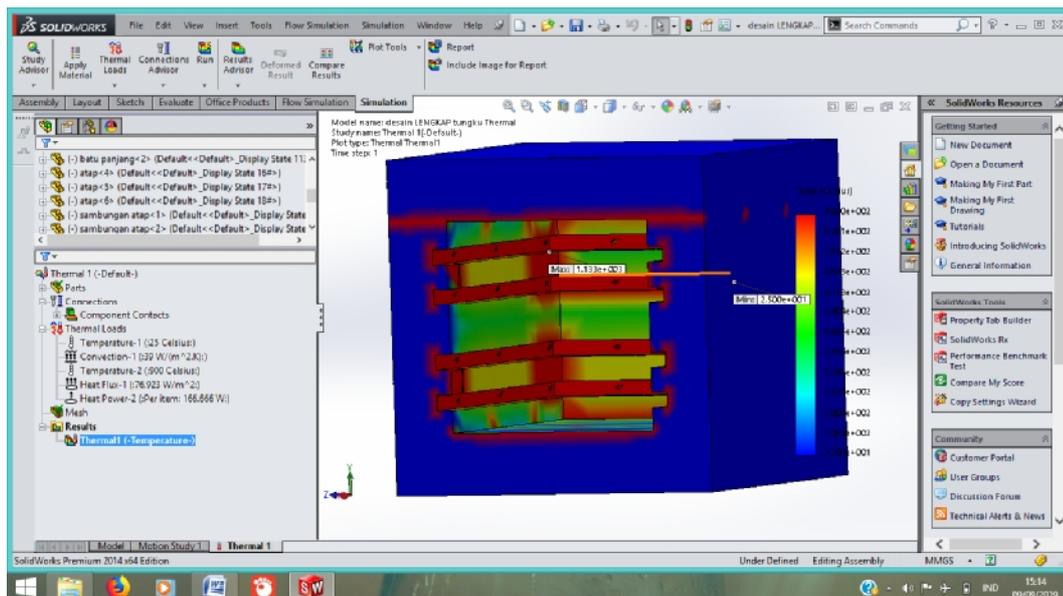
Setelah melakukan *mesh* pada tungku, selanjutnya melakukan simulasi pada tungku dengan cara pilih *Run This Study*. Proses melakukan simulasi membutuhkan waktu beberapa menit. Lalu proses simulasi dimunculkan sebagai berikut.

- a. Simulasi menggunakan Daya:2500W, *Heat Power*: 208,333W dan *Heat Flux*: 96,153W/m²



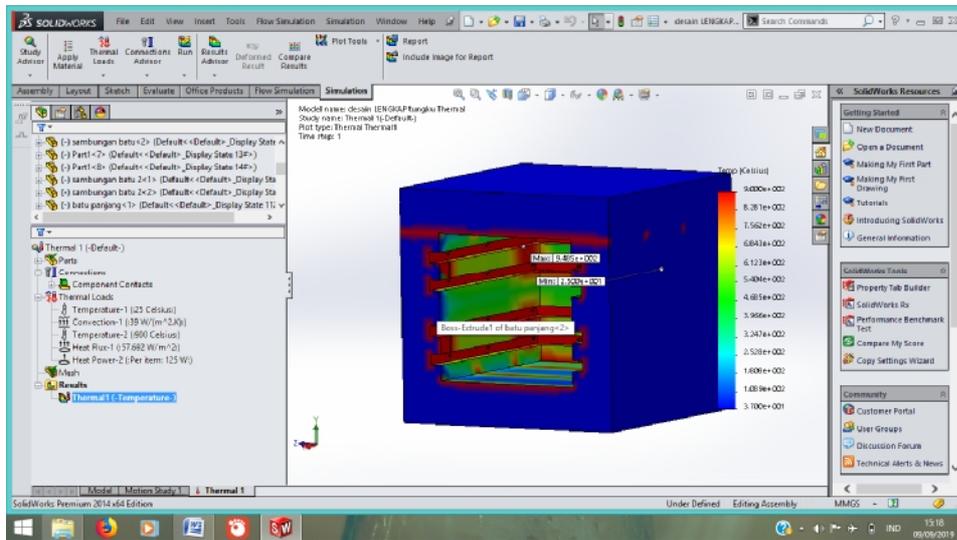
Gambar 4.19 Hasil simulasi menggunakan daya 2500W

- b. Simulasi menggunakan Daya:2000W, *Heat Power*:166,666W dan *Heat Flux*: 76,923 W/m²



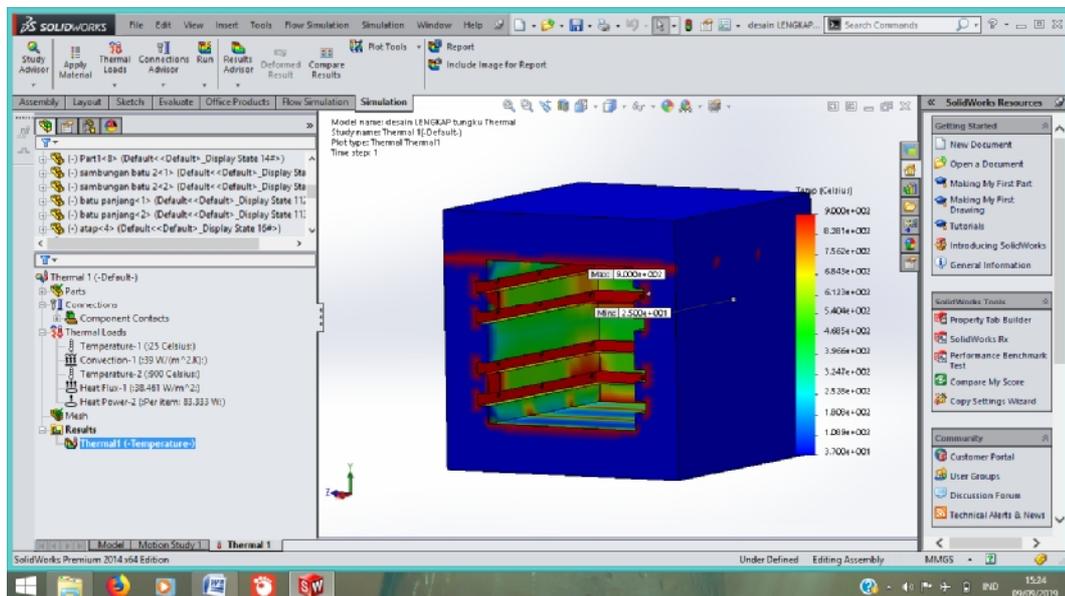
Gambar 4.20 Hasil simulasi menggunakan daya 2000W

c. Simulasi menggunakan Daya:1500W, *Heat Power*:125W dan *Heat Flux*: 57,692W/m²



Gambar 4.21 Hasil simulasi menggunakan daya 1500W

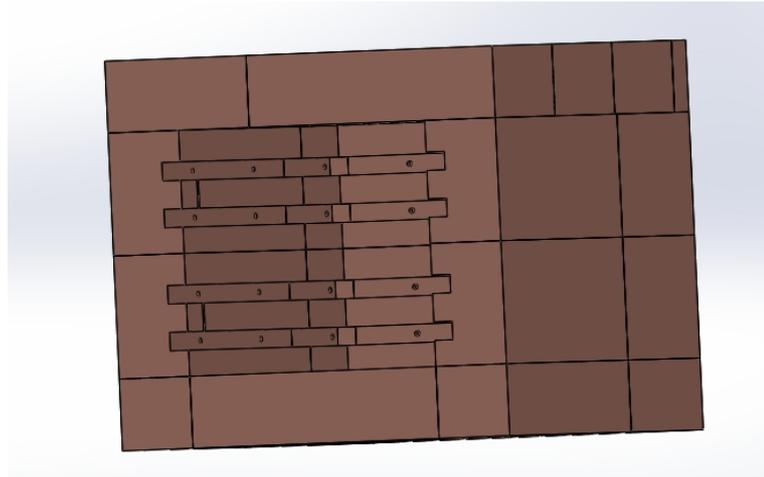
d. Simulasi menggunakan Daya:1000W, *Heat Power*:83,333 W dan *Heat Flux*: 38,461W/m²



Gambar 4.22 Hasil simulasi menggunakan daya 1000W

4.2.2 Menghitung Kerugian Kalor

Setelah melakukan simulasi menggunakan *solidworks* , kita dapat menghitung kerugian kalor yang terjadi pada tungku *heat treatment* tersebut. Berikut adalah perhitungan terjadinya kerugian kalor pada tungku *heat treatment*.



Gambar 4.23 Tungku *Heat Treatment*

Panjang sisi luar = 366 mm = 0,366 m

Panjang sisi dalam = 300 mm = 0,3 m

Lebar sisi luar = 332 mm = 0,332 m

Lebar sisi dalam = 200 mm = 0,2 m

Lebar sisi samping = 358 mm = 0,358 m

Tebal Batu SK34 = 66 mm = 0,066 m

\dot{y} —

Kerugian kalor yang terjadi pada setiap sisi

Panjang sisi luar = 366 mm = 0,366 m

Panjang sisi dalam = 300 mm = 0,3 m

Lebar sisi luar = 332 mm = 0,332 m

Lebar sisi dalam = 200 mm = 0,2 m

Lebar sisi samping = 358 mm = 0,358 m

Tebal Batu SK34 = 66 mm = 0,066 m

$$Q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$Q = -kA \frac{dT}{dx}$$

Keterangan :

k : Konduktivitas tahan api = $(1,495)^{W/mk}$

A : Luas sisi persatuan

dT : Temperatur dalam – Temperatur luar = $(900^{\circ}C - 25^{\circ}C)$

dx : tebal dinding = 66 mm = 0,066 m

Mencari luas setiap sisi

A. Sisi atas

$$\begin{aligned} & \dot{y} \text{ —} \\ = & 1,495^{W/mk} (0,121512 \text{ m}^2) \frac{25^{\circ}C - 900^{\circ}C}{0,066 \text{ m}} \\ = & 0,182 \times (-13257,5758) \\ = & 2408,38 \text{ W} \end{aligned}$$

B. Sisi Bawah

$$\begin{aligned} & \dot{y} \text{ —} \\ = & 1,495^{W/mk} (0,121512 \text{ m}^2) \frac{25^{\circ}C - 900^{\circ}C}{0,066 \text{ m}} \end{aligned}$$

$$= 0,182 \times (-13257,5758)$$

$$= 2408,38 \text{ W}$$

C. Sisi samping kanan

$$\dot{y} \text{ —}$$

$$= 1,495 \text{ W/mk} (0,131028 \text{ m}^2) \frac{25 \text{ C}^\circ - 900 \text{ C}^\circ}{0,066 \text{ m}}$$

$$= 0,195886 \times (-13257,5758)$$

$$= 2596,99 \text{ W}$$

D. Sisi samping kiri

$$\dot{y} \text{ —}$$

$$= 1,495 \text{ W/mk} (0,131028 \text{ m}^2) \frac{25 \text{ C}^\circ - 900 \text{ C}^\circ}{0,066 \text{ m}}$$

$$= 0,195886 \times (-13257,5758)$$

$$= 2596,99 \text{ W}$$

E. Sisi depan

$$\dot{y} \text{ —}$$

$$= 1,495 \text{ W/mk} (0,118856 \text{ m}^2) \frac{25 \text{ C}^\circ - 900 \text{ C}^\circ}{0,066 \text{ m}}$$

$$= 0,17768972 \times (-13257,5758)$$

$$= 2355,734 \text{ W}$$

F. Sisi belakang

\dot{y} —

$$= 1,495 \text{ W/mk} (0,118856 \text{ m}^2) \frac{25 \text{ C}^\circ - 900 \text{ C}^\circ}{0,066 \text{ m}}$$

$$= 0,17768972 \times (-13257,5758)$$

$$= 2355,734 \text{ W}$$

Setelah mendapatkan kerugian kalor tungku *heat tretment* disetiap sisinya, lalu jumlahkan kerugian kalor tungku *heat treatment* disetiap sisinya agar mendapatkan kerugian kalor total.

Q_{total} = Sisi atas + sisi bawah + sisi samping kanan + sisi samping kiri + sisi depan + sisi belakang

$$= 2408,38 \text{ W} + 2408,38 \text{ W} + 2596,99 \text{ W} + 2596,99 \text{ W} + 2355,734 \text{ W} + 2355,734 \text{ W}$$

$$Q_{\text{total}} = 14722,208 \text{ W}$$

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada simulasi numerik kerugian kalor pada tungku *heat treatment* dapat disimpulkan sebagai berikut, yaitu :

1. Pada simulasi numerik kerugian kalor ini menggunakan *software solidworks* bertujuan agar mendapatkan ketelitian dari suhu *thermal* dari tungku *heat treatment*.
2. Simulasi dibedakan dengan berbagai daya .
 - a. Simulasi menggunakan Daya:2500W, *Heat Power*: 208,333W dan *Heat Flux*: 96,153W/m²
 - b. Simulasi menggunakan Daya:2000W, *Heat Power*:166,666W dan *Heat Flux*: 76,923 W/m²
 - c. Simulasi menggunakan Daya:1500W, *Heat Power*:125W dan *Heat Flux*: 57,692W/m²
 - d. Simulasi menggunakan Daya:1000W, *Heat Power*:83,333 W dan *Heat Flux*: 38,461W/m²
3. Kerugian kalor yang terjadi pada tungku *heat treatment* sebesar 14722,208 W

5.2 Saran

1. Penulis sepenuhnya menyadari bahwa simulasi numerik kerugian kalor pada tungku *heat treatment* ini masih belum cukup sempurna, maka dari itu pada penelitian berikutnya penulis menyarankan agar simulasi numerik kerugian kalor pada tungku *heat treatment* ini bisa lebih dikembangkan lagi sesuai dengan perkembangan teknologi yang semakin hari semakin maju.

DAFTAR PUSTAKA

- Andy Mailani, Arif Prasetyo, Tresna Umar dan Popong Effendrik,(2013) Desain dan Analisa Pengaruh Kontroler PID Terhadap Daya Listrik yang Digunakan oleh Sistem Pemanas. Laporan Akhir. Politeknik Negeri Malang.
- Emma Carlson Berne,(2013) "Heat Energy". The Rosen Publishing Group.
- F. P. Incropera dan D. P. DeWitt, New York (1996), Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 4th Edition, John Wiley & Sons.
- J. P. Holman, (1986) , Heat Transfer Text Book, Sixth Edition, Mc Graw Hill Company.
- Koestoer, R. Artono, Jakarta(2002),*Perpindahan kalor Untuk Mahasiswa Teknik*, Salemba Teknika.
- R.S. Dweyer - Joce dan Heym,(1996) "The Entrainment of Solid Particles into Rolling Elastohydrodynamic Contacts", Proceeding of 22nd Leeds - Lyon Symposium on Tribology.
- Roylance. (2001). *Finite Element Analysis*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Sumarsono, Joko, (2009),*BSE Fisika*. Pusat Pebukuan Departemen Pendidikan Nasional
- SolidWorks, January (2015), *motion analysis* ,from (www.solidworks.com: http://www.solidworks.com/sw/products/simulation/motion_analysis.htm.) diakses pada tanggal 5 Agustus 2019
- <https://ardra.biz/sain-teknologi/metalurgi/perlakuan-panas-logam/>, diakses pada tanggal 13 Agustus 2019
- <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.com/2013/09/Prinsip-Dasar-Termokopel.html>, diakses pada tanggal 20 Agustus 2019
- <https://www.slametpurwanto.com/metode-numerik/>. Diakses pada tanggal 19 Agustus 2019
- <https://fairuzelsaid.wordpress.com/2010/10/13/metode-numerik-01-pengantar-metode-numerik/>. Diakses pada tanggal 19 Agustus 2019
- <https://taklukmatematika.wordpress.com/metode-numerik/>. Diakses pada tanggal 19 Agustus 2019

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A, DAFTAR PRIBADI

1. Nama : Mohd Qorry Andean
2. Jenis Kelamin : Laki Laki
3. Tempat, Tanggal Lahir : Lhouksemawe, 20 Agustus 1996
4. Kebangsaan : Indonesia
5. Status : Belum Nikah
6. Tinggi / Berat Badan : 175 cm / 55 Kg
7. Agama : Islam
8. Alamat : Jl Soekarno Hatta KM 19,5 No
250A Kel. Tunggorono
Kec Binjai Timur
Kota Binjai
9. No Hp : +6282132247311
10. Email : Mohtdqorry.andean@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. 2002- 2008 : SDN 024772 Bejomuna Binjai
2. 2008- 2011 : SMP Swasta Ahmad Yani Binjai
3. 2011- 2014 : SMKN 2 Binjai
4. 2014 - 2019 : Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara, Fakultas Teknik,
Program Studi Teknik Mesin S1