

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN TUNGKU *HEAT TREATMENT*

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

Disusun Oleh:

DIRHAM REZKI
1407230138



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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Dirham Rezki
NPM : 1407230138
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Perancangan 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

Bekti 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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Dirham Rezki
Tempat /Tanggal Lahir : Sitinjak/21-06-1996
NPM : 1407230138
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Perancangan 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 ketidak sesuaian 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,

Dirham Rezki

ABSTRAK.

Dalam perkembangan laboratorium teknik mesin umsu, terutama yang berhubungan dengan peleburan logam, maka dalam proses produksi banyak menggunakan alat – alat atau mesin untuk melakukan suatu peleburan logam, salah satunya tungku peleburan. Perlakuan yang diberikan logam antara lain adalah perlakuan panas atau *heat treatment*. *Heat treatment* adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan cara memanaskan spesimen dalam *elektric furnace* (tungku listrik) pada temperature perlakuan panas dalam kurung waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin. Perancangan ini bertujuan untuk mendapatkan desain tungku yang mampu menghasilkan temperature panas mencapai 800⁰C dengan ukuran ruang bakar 300 mm x 200 mm x 200 mm. Pada perancangan menggunakan *software solidworks*, hal ini bertujuan agar mempermudah dalam proses perancangan dan dalam hal tampilan desain, *solidwork* memperlihatkan lebih jelas bahan material yang dipakai dan dimensinya. Setelah melakukan perancangan dengan *solidworks* maka akan didapat hasil desain dengan ukuran panjang 768 mm, lebar 474 mm, tinggi 1314 mm, dan ruang bakar dengan ukuran panjang 300 mm, lebar 200 mm dan tinggi 200 mm dan beberapa jenis material yang digunakan dalam perancangan seperti batu SK 34 menggunakan bahan refraktori castable dengan ukuran panjang 366 mm, lebar 362 mm, dan tinggi 358 mm, kawat kanthal menggunakan bahan campuran besi, kromium, dan aluminium dengan ukuran panjang kawat 6,6 m, diameter lilitan kawat 8 mm, dan diameter kawat berukuran 0,8 mm, keramik fiber menggunakan bahan komposit serat aluminosilikat dengan ukuran panjang 371 mm, lebar 462 mm dan tinggi 458 mm, dan rangka tungku menggunakan bahan besi plat 4 mm dengan ukuran panjang 768 mm, lebar 474 mm dan tinggi 1314 mm. Dan perancangan ini telah berhasil menjadi bahan acuan untuk proses pembuatan tungku *heat treatment* dengan temperatur kerja 800⁰C dan ruang bakar 300 mm x 200 mm x 200 mm.

Kata kunci: Perancangan, Desain, Tungku *Heat Treatment*, Jenis material, Spesifikasi Ukuran.

ABSTRACT

In the development of umsu mechanical engineering laboratories, especially those related to metal smelting, in the production process many use tools or machines to conduct a metal smelting, one of which is the smelting furnace. The treatment given by the metal includes heat treatment. Heat treatment is one of the processes to change the metal structure by heating the specimen in an electric furnace at a certain heat treatment temperature within a certain time then cooled on the cooling media. This design aims to get a furnace design that is capable of producing heat temperatures reaching 800⁰ C with a combustion chamber size 300 mm x 200 mm x 200 mm. In designing using solidworks software, this aims to make it easier in the design process and in terms of appearance design, solidwork shows more clearly the materials used and their dimensions. After designing with solidworks we will get design results with a length of 768 mm, a width of 474 mm, a height of 1314 mm, and a combustion chamber with a length of 300 mm, a width of 200 mm and a height of 200 mm and several types of materials used in the design such as stone SK 34 uses castable refractory material with a length of 366 mm, width of 362 mm, and height of 358 mm, kanthal wire uses a mixture of iron, chromium, and aluminum with a wire length of 6.6 m, wire diameter of 8 mm, and wire diameter measuring 0.8 mm, ceramic fiber using aluminosilicate fiber composite material with a length of 371 mm, width 462 mm and height 458 mm, and the furnace frame uses 4 mm iron plate with a length of 768 mm, width 474 mm and height of 1314 mm. And this design has successfully become a reference material for the process of making heat treatment furnaces with a working temperature of 800⁰ C and a combustion chamber 300 mm x 200 mm x 200 mm.

Keywords: Design, Design, Furnace, Heat Treatment, Material type, Size Specifications.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala 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 “Perancangan 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 mengucapkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak H. Muharnif M S.T.,M.Sc, selaku Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Bekti Suroso S.T.,M.Eng, selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Chandra A Siregar S.T.,M.T, selaku Dosen Pembimbing II dan penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T.,M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Affandi S.T.,M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bimbingan dan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan dengan baik.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasidi Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesin kepada penulis
9. Allah SWT, yang telah memberi penulis anugerah terindah dalam hidup ini yaitu iman dan taqwa, karna rahmat dan ridhoNya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Kedua orang tua penulis ayahanda ABDUL HOLIL SILALAH I S.Sos dan ibunda FEBRIYANTI SIREGAR S.Pd yang telah memberikan kasih sayang, dan support yang tak ternilai kepada penulis serta ysng telah membiayai pendidikan penulis dengan sekuat tenaga sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana.
11. Abangda Afriyal Pratama Silalahi S.T, Abangda Abdul Gani Harahap S.T, Abangda Arya Rudi Nasution S.T.,M.T, Abangda Afian Arif S.T, dan Abangda Sawirman Lubis S.T yang telah membantu dalam hal support, arahan, dan proses pembuatan alat..
12. Sahabat sekaligus teman disetiap waktu adinda Hidayati S.T yang selalu meluangkan waktu untuk berdiskusi serta memberi support, perhatian, dan saran kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana.
13. Rekan – rekan satu kelompok penulis dalam pengerjaan tugas sarjana: Mohd. Qorry Andean, Rizki Matondang, dan Muhammad Habibi Pulungan yang telah sama – sama berjuang dalam penyelesaian tugas sarjana ini.
14. Sahabat – sahabat penulis : Putra Handika Siregar, Aldino Alviando, Azwin Trianda, Agus Syagita S.T, Muhammad Akbar Pulungan, Muhammad Syahrizal, Nazamuddin, Abdullah Arifin, dan rekan – rekan seperjuangan 2014 terkhususnya di kelas B1 pagi yang tidak bisa penulis sebut satu persatu.
15. Kawan – kawan di HMM FT UMSU terkhususnya stambuk 2014 yang tidak bisa saya sebut satu persatu namanya, yang telah banyak memberikan buah pemikiran, candaan dan kebersamaan dalam menyelesaikan tugas sarjana.

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

Medan,14 September 2019

DIRHAM REZKI

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	vii
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 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tungku Induksi (<i>Induction Furnace</i>)	4
2.1.1 Jenis – jenis tungku induksi	5
2.2 Tungku Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment Furnace</i>)	6
2.3 Batu SK 34	8
2.4 Elemen Pemanas (<i>Heating Element</i>)	8
2.4.1 Kawat Kanthal	10
2.5 Termokopel (<i>Thermocouple</i>)	12
2.5.1. Jenis – jenis Termokopel (<i>Thermocouple</i>)	13
2.6 Keramik Fiber	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu	17
3.1.1. Tempat Perancang	17
3.1.2. Waktu Perancangan	17
3.2 Alat dan Bahan Perancangan	18
3.2.1 Alat Perancangan	18
3.2.2 Bahan Perancangan	18
3.3 Prosedur Merancang Tungku <i>Heat Treatment</i>	19
3.4 Langkah – Langkah Membuat Rancangan Dengan <i>Solidworks</i>	19
3.5 Tahapan Perancangan Tungku <i>Heat Treatment</i>	22
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil Perancangan Tungku <i>Heat treatment</i>	24
4.2 Pembahasan Perancangan Tungku <i>Heat treatment</i>	24
4.2.1 Perancangan Desain Batu SK34	24
4.2.2 Perancangan Desain Kawat Kanthal	34
4.2.3 Perancangan Desain Keramik Fiber Pada Sisi Luar Batu SK 34	37
4.2.4 Perancangan Desain Rangka Tungku	39
4.2.5 Perencanaan Desain Rangka Pintu Tungku	41
4.2.6 Perancangan Desain Keramik Fiber Pada Rangka Pintu Tungku	43
4.2.7 Perancangan Desain <i>Thermocouple</i>	45

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Temperatur Kawat Kanthal	11
Tabel 3.1	Timeline Kegiatan	17

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kontruksi Dari Tungku Induksi	4
Gambar 2.2	Tungku Induksi Jenis Saluran	6
Gambar 2.3	Tungku Induksi Jenis Krus	6
Gambar 2.4	Tungku Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>)	7
Gambar 2.5	Batu SK 34	8
Gambar 2.6	Elemen Pemanas (<i>Heating element</i>)	9
Gambar 2.7	Kawat kanthal	10
Gambar 2.8	Termokopel (<i>Thermocouple</i>)	13
Gambar 2.9	Kontruksi Prinsip Kerja Termokopel (<i>thermocouple</i>)	13
Gambar 2.10	Jenis – Jenis Termokopel (<i>Thermocouple</i>)	14
Gambar 2.11	Termokopel (<i>Thermocouple</i>) Type K	15
Gambar 2.12	Keramik Fiber	16
Gambar 3.1	Laptop	18
Gambar 3.2	<i>Software Solidworks</i>	18
Gambar 3.3	Program <i>Solidworks</i>	19
Gambar 3.4	Klik New File	19
Gambar 3.5	Meng-klik Kata Perintah “ <i>New Solidworks Document Assembly</i> ”	20
Gambar 3.6	Memilih Menu “ <i>Sketch</i> ” dan “ <i>Smart Dimension</i> ”	21
Gambar 3.7	Menu “ <i>Front plane</i> ” dan “ <i>Normal to</i> ”	21
Gambar 3.8	Diagram Alir Perancangan Tungku <i>Heat Treatment</i>	23
Gambar 4.1	Hasil Perancangan Tungku <i>Heat Treatment</i>	24
Gambar 4.2	<i>Skecth</i> Desain Lantai Batu SK 34	25
Gambar 4.3	<i>Extrude</i> Desain Lantai Batu SK 34	25
Gambar 4.4	Hasil Desain Lantai Batu SK 34	26
Gambar 4.5	<i>Skecth</i> Desain Sambungan Lantai Batu SK 34	26
Gambar 4.6	<i>Extrude</i> Desain Sambungan Lantai Batu SK 34	27
Gambar 4.7	Hasil Desain Sambungan Lantai Batu SK 34	27
Gambar 4.8	Membuat <i>Skecth</i> Persegi Pada Batu Jalur <i>Thermocouple</i>	28
Gambar 4.9	Hasil Desain Batu Dengan Jalur <i>Thermocouple</i>	28
Gambar 4.10	<i>Skecth</i> Desain Jalur <i>Heater</i> Pada Batu SK 34	29
Gambar 4.11	<i>Extrude</i> Desain Jalur <i>Heater</i> Pada Batu SK 34	29
Gambar 4.12	Membuat Jalur <i>Heater</i> Pada Batu SK 34	30
Gambar 4.13	Hasil Desain Jalur <i>Heater</i> Pada Batu SK 34	30
Gambar 4.14	<i>Skecth</i> Desain Sambungan Jalur <i>Heater</i> Pada Batu SK 34	31
Gambar 4.15	<i>Extrude</i> Desain Sambungan Jalur <i>Heater</i> Pada Batu SK 34	31
Gambar 4.16	Hasil Desain Sambungan Jalur <i>Heater</i> Pada Batu SK 34	32
Gambar 4.17	Hasil Desain <i>Assembly</i> Lantai Batu Sk 34	32
Gambar 4.18	Hasil Desain <i>Assembly</i> Jalur <i>Heater</i> Pada Batu SK 34	33
Gambar 4.19	Hasil Desain <i>Assembly</i> Batu SK 34	33
Gambar 4.20	Hasil Desain Kawat Kanthal	36
Gambar 4.21	Hasil Desain <i>Assembly</i> Kawat Kanthal	37
Gambar 4.22	<i>Skecth</i> Desain Keramik Fiber Pada Batu SK 34	37
Gambar 4.23	<i>Extrude</i> Desain Keramik Fiber Pada Batu SK 34	38
Gambar 4.24	Hasil Desain Keramik Fiber Pada Batu SK 34	38
Gambar 4.25	Hasil Desain <i>Assembly</i> Keramik Fiber Pada Batu SK 34	39

Gambar 4.26	<i>Skecth</i> Desain Rangka Tungku	39
Gambar 4.27	<i>Extrude</i> Desain Rangka Tungku	40
Gambar 4.28	Hasil Desain Rangka Tungku	40
Gambar 4.29	Hasil Desain <i>Assembly</i> Rangka Tungku	41
Gambar 4.30	<i>Skecth</i> Desain Rangka Pintu Tungku	41
Gambar 4.31	<i>Extrude</i> Desain Rangka Pintu Tungku	42
Gambar 4.32	Hasil Desain Rangka Pintu Tungku	42
Gambar 4.33	Hasil Desain <i>Assembly</i> Rangka Pintu Tungku	43
Gambar 4.34	<i>Skecth</i> Desain Keramik Fiber Pada Rangka Pintu Tungku	43
Gambar 4.35	<i>Extrude</i> Desain Keramik Fiber Pada Rangka Pintu Tungku	44
Gambar 4.36	Hasil Desain Keramik Fiber Pada Rangka Pintu Tungku	44
Gambar 4.37	Hasil Desain <i>Assembly</i> Keramik Fiber Pada Rangka Pintu Tungku	45
Gambar 4.38	<i>Skecth</i> Desain Batang <i>Thermocouple</i>	45
Gambar 4.39	<i>Skecth</i> Desain Kepala <i>Thermocouple</i>	46
Gambar 4.40	Hasil Desain <i>Assembly</i> <i>Thermocouple</i>	46

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
D	Diameter lilitan kawat kanthal	mm
d	Diameter kawat kanthal	mm
L	Panjang kawat kanthal yang dibutuhkan	mm atau (m)
U	Voltase	V
q	Area penampang konduktor kawat kanthal	mm ²
R	Resistansi	Ω(ohm)
R _T	Resistansi pada suhu kerja	Ω(ohm)
C _t	Faktor suhu (resistivitas pada suhu operasi terhadap resistivitas pada suhu kamar	Ω(ohm)
R ₂₀	Resistansi pada suhu kamar (20 ⁰ C)	Ω(ohm)
ρ	Tahanan	Ωmm ² m ⁻¹
P	Daya	W atau KW
I	Kuat arus	A

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Dalam perkembangan laboratorium teknik mesin umsu, terutama yang berhubungan dengan peleburan logam, maka dalam proses produksi banyak menggunakan alat – alat atau mesin untuk melakukan suatu peleburan logam, salah satunya tungku peleburan. Selain tungku peleburan dunia industri logam juga membutuhkan tungku perlakuan panas, dimana logam jadi dapat dipanaskan ulang untuk diperbaiki kemampuan mekanisnya. Baja banyak digunakan sebagai bahan konstruksi dan sebagai perkakas.

Logam bisa diproses dengan perlakuan panas, pada kadar karbon tertentu atau paduan lain yang sesuai. Perlakuan yang diberikan logam antara lain adalah perlakuan panas atau *heat treatment*, yang merupakan suatu proses perlakuan terhadap logam yang diinginkan dengan cara memberikan pemanasan dan kemudian dilakukan pendinginan dengan media pendingin tertentu, sehingga sifat fisiknya dapat diubah sesuai keinginan. *heat treatment* adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan cara memanaskan spesimen dalam *elektric furnace* (tungku listrik) pada temperatur rekristalisasi dalam kurung waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam, oli, dan solar yang masing – masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda – beda. Sifat – sifat logam yang terutama sifat mekanik yang sangat dipengaruhi oleh struktur mikrologam disamping posisi kimianya, contohnya suatu logam atau paduan akan mempunyai sifat mekanis yang berbeda – beda struktur mikronya diubah. Dengan adanya pemanasan atau pendinginan dengan kecepatan tertentu maka bahan – bahan logam dan paduan memperlihatkan perubahan strukturnya.

Untuk proses perlakuan panas tersebut diperlukan metode atau alat bantu yang dapat mendukung proses perlakuan panas. Tungku *heat treatment* adalah alat bantu yang dapat mendukung proses perlakuan panas, alat ini dirancang untuk dapat menahan panas pada suhu fase *recovery*, fase *rekristalisasi*, fase *grain growth*, atau tumbuhnya butir (Muhammad Rais Rachmat, 2015).

Dengan latar belakang ini, maka saya tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul: **“Perancangan tungku *heat treatment*”**

1.2. Perumusan masalah

Dari latar belakang masalah, dapat dirumuskan masalah yaitu :

1. Bagaimana merancang tungku *heat treatment*.
2. Bagaimana membuat susunan komponen – komponen material tungku *heat treatment* dalam rancangan.
3. Bagaimana membuat spesifikasi dimensi dari bahan material tungku *heat treatment* dengan menggunakan *software solidworks*.
4. Perancangan hanya menggunakan *software solidworks*.
5. Temperatur kerja tungku hanya mencapai 800⁰C.
6. Pada perancangan ini membahas tentang dimensi tungku, temperature panas yang dihasilkan kawat kanthal, dan jenis material yang dipakai dalam perancangan .

1.4. Tujuan Penelitian

1. Untuk merancang tungku *heat treatment*.
2. Untuk mendapatkan rancangan tungku *heat treatment* dengan kapasitas ruang bakar 300 mm x 200 mm x 200 mm dan temperature mencapai 800⁰C.
3. Untuk membuat dimensi dan bahan – bahan material apa saja yang dipakai pada perancangan tungku *heat treatment*.

1.5 Manfaat

Manfaat dari perancangan tungku *heat treatment* ini adalah :

1. Sebagai bahan acuan untuk pengembangan selanjutnya dari perancangan tungku *heat treatment*.
2. Menambah pengetahuan dan wawasan mengenai perancangan tungku *heat treatment* terkhususnya menggunakan *software solidworks*.

3. Sebagai bahan petunjuk dan prosedur sebelum melakukan proses pembuatan tungku *heat treatment* nanti.

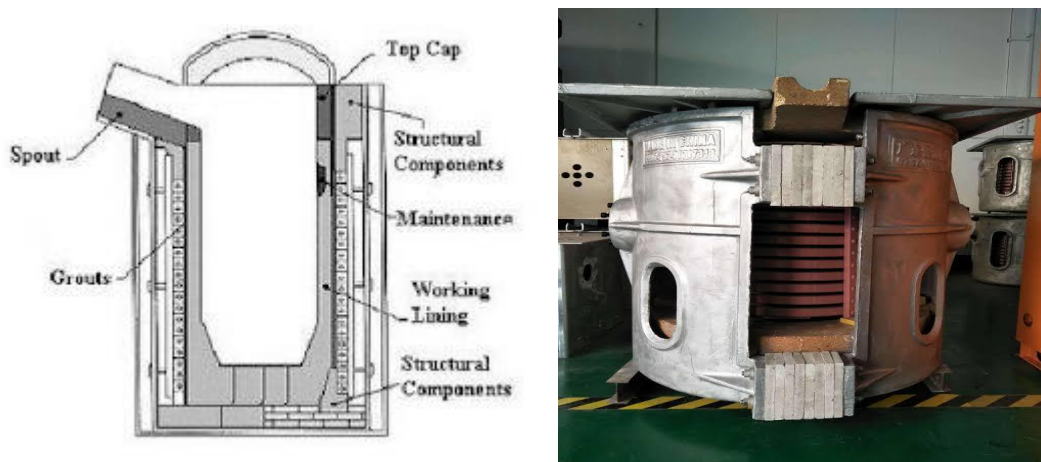
BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penulisan skripsi ini penulis menggali informasi dari penelitian – penelitian sebelumnya sebagai bahan perbandingan, baik mengenai kekurangan atau kelebihan yang sudah ada. Selain itu, peneliti juga menggali informasi dari jurnal – jurnal maupun skripsi yang sudah ada sebelumnya tentang teori yang berkaitan dengan judul sebagai landasan teori ilmiah.

2.1 Tungku Induksi (*induction furnace*)

Tungku induksi (*induction furnace*) adalah tungku pemanas yang digunakan untuk meleburkan logam dengan medan elektromagnetik yang dihasilkan oleh induksi listrik, baik yang berfrekuensi rendah maupun yang berfrekuensi tinggi untuk mendapatkan panas. Secara umum tungku induksi digolongkan sebagai tungku peleburan (*melting furnace*) dengan frekuensi kerja jaringan listrik (50Hz) sampai frekuensi tinggi (10000Hz) dan tungku penahan panas (*holding furnace*) yang bekerja pada frekuensi jaringan listrik. Tungku induksi biasanya berbentuk *crucibles* (cawan lebur) yang dapat dimiringkan. Tungku ini dipakai untuk melebur baja paduan, baja perkakas, baja untuk cetakan, baja tahan karat, dan baja tahan panas yang tinggi.



Gambar 2.1 Kontruksi Dari Tungku Induksi

Prinsip kerja tungku induksi adalah *transformator* yang menggunakan kumparan primer dialiri arus AC dari sumber tenaga dan kumparan sekunder. Kumparan sekunder yang diletakkan didalam medan magnet kumparan primer akan menghasilkan arus induksi. Arus induksi tersebut berubah menjadi panas untuk meleburkan logam.

Adapun kelebihan dan kekurangan pada tungku induksi adalah sebagai berikut :

1. Kelebihan penggunaan tungku induksi

- Hasil peleburan bersih
- Mudah dalam mengatur/mengendalikan temperatur
- Komposisi cairan homogen
- Efisiensi penggunaan energi panas tinggi
- Dapat digunakan untuk melebur berbagai jenis material logam
- Secara khusus dapat digunakan untuk keperluan *superheating* (memanaskan logam cair diatas temperatur cair normal untuk memperbaiki mampu alir), penahan temperatur (menjaga logam cair pada temperatur konstan untuk jangka waktu lama, sehingga sangat cocok untuk aplikasi proses *die-casting*), dan *duplexing*/tungku parallel (menggunakan dua tungku seperti pada operasi pencairan logam dalam satu tungku dan memindahkannya ke tungku lain).

2. Kekurangan penggunaan tungku induksi

- Biaya tinggi
- Dibutuhkan operator yang berpengalaman dalam pengoperaiannya
- Tingkat bahaya yang besar, mengingat tungku listrik menggunakan energi listrik yang sangat besar
- Biaya perawatan besar

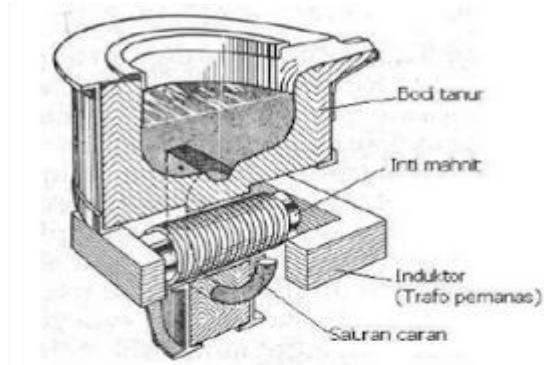
2.1.1 Jenis – jenis tungku induksi

Adapun jenis – jenis tungku induksi terbagi dua yaitu :

1. Tungku induksi jenis saluran

Jenis saluran ini digunakan sebagai holding furnace (hanya berfungsi untuk menahan temperatur cairan agar tidak turun). Pemanasan hanya dilakukan

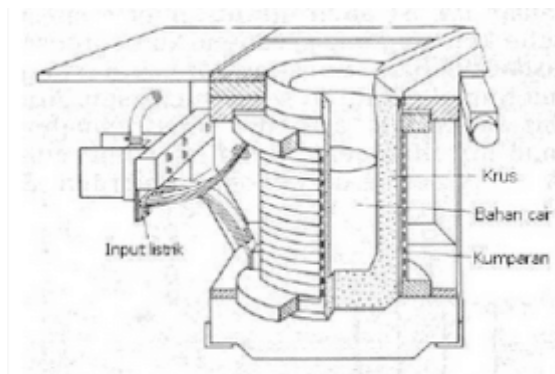
pada bagian saluran cairan. Bahan cair yang panas akan bergerak ke atas, sedangkan bahan cair yang dingin bergerak ke bawah mengisi saluran.



Gambar 2.2 Tungku Induksi Jenis Saluran

2. Tungku induksi jenis krus

Untuk tungku jenis ini digunakan sebagai tungku peleburan. Tungku induksi jenis krus dikonstruksi sedemikian rupa disesuaikan dengan ukuran dan jenis bahan yang dilebur, sehingga terdapat tungku induksi frekuensi jala – jala, tungku induksi frekuensi menengah, dan tungku induksi frekuensi tinggi.



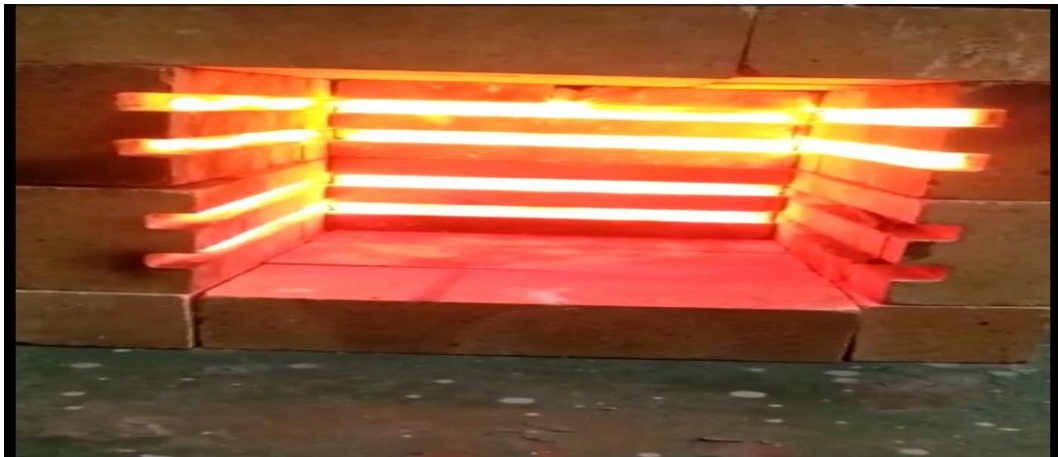
Gambar 2.3 Tungku Induksi Jenis Krus

2.2 Tungku perlakuan panas (*Heat Treatment Furnace*)

Tungku *heat treatment* adalah tungku perlakuan panas yang digunakan untuk memanaskan logam dimana logam jadi dapat dipanaskan ulang untuk memperbaiki kemampuan mekanisnya. Tungku *heat treatment* ini hanya mampu memanaskan

logam saja dengan menggunakan sistem kerja arus listrik dialirkan pada kawat kanthal dan menghasilkan panas kemudian dari panas yang dihasilkan kawat kanthal melakukan proses perpindahan panas pada logam yang dimasukkan kedalam tungku *heat treatment* tersebut. Suhu yang dihasilkan tungku ini rata-rata mencapai $300^{\circ} - 1100^{\circ}\text{C}$ (Muhammad Rais Rahmat, 2015).

Prinsip kerja tungku *heat treatment* adalah *transformator* yang menggunakan kumparan primer dialiri arus AC dari sumber tenaga dan kumparan sekunder. Kumparan sekunder yang diletakkan didalam medan magnet kumparan primer akan menghasilkan arus induksi. Arus induksi tersebut berubah menjadi panas dengan media kawat kanthal untuk memanaskan logam.



Gambar 2.4 Tungku Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Adapun kelebihan dan kekurangan pada tungku induksi adalah sebagai berikut :

1. Kelebihan tungku *heat treatment*
 - Hasil pemanasan bersih
 - Mudah dalam mengatur/mengendalikan temperatur
 - Tingkat volusi udara rendah
 - Efisiensi penggunaan energi panas tinggi
 - Dapat digunakan untuk memanaskan berbagai jenis material logam

2. Kekurangan penggunaan tungku induksi
 - Biaya tinggi

- Dibutuhkan operator yang berpengalaman dalam pengoperasiannya
- Tingkat bahaya yang besar, mengingat tungku *heat treatment* menggunakan energi listrik yang sangat besar
- Biaya perawatan besar

2.3 Batu SK 34

Batu SK 34 adalah bahan material yang dapat bertahan pada temperatur panas tinggi, ketahanan suhunya mencapai 1300°C . Jenis material yang terdapat pada batu SK 34 ini adalah jenis material refraktori *castable*. Refraktori *castable* adalah jenis refraktori yang tersusun dari agregat atau samot yang ukuran butir dan distribusi butirannya bervariasi dan bahan perekat berupa semen kalsium alumina dengan atau tanpa ditambah aditif.



Gambar 2.5 Batu SK 34

2.4 Elemen Pemanas (*Heating element*)

Elemen pemanas merupakan perangkat pemanas yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui proses *joule heating*. Prinsip kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen (M.Muchsin,2017). Syarat – syarat yang harus diketahui dalam pemilihan bahan elemen pemanas antara lain :

1. Mampu bertahan pada suhu 1200°C .
2. Sifat mekanisnya mampu bertahan pada suhu yang dikehendaki.
3. Pemuaian harus kecil, sehingga perubahan bentuknya pada suhu yang dikehendaki tidak terlalu besar.

4. Tahanan jenis harus tinggi.
5. Koefisien suhu harus kecil, sehingga arus kerjanya konstan.



Gambar 2.6 Elemen Pemanas (*Heating element*)

Hal yang dipertimbangkan dalam pemilihan elemen pemanas:

1. Maximum element surface temperature (MET)
2. Maximum Power/Surface Loading
3. area radiasi permukaan elemen, dinyatakan dalam (Watt/cm^2)

MET, adalah suhu yang dicapai saat bahan elemen mulai mengalami perubahan bentuk atau saat umur hidup bahan elemen menjadi singkat yang mengakibatkan elemen menjadi putus atau hubung singkat. Semakin tinggi MET maka akan semakin tinggi pula *Maximum Power Loading*.

Tiga klas atau tipe elemen pemanas yang umum dipakai:

1. Metallic
2. Silicon carbide (SiC)
3. Molybdenum disilicide (MoSi_2)

Pada tipe metallic, bahan yang digunakan untuk elemen pemanas antara lain :

1. Nichrome/nickel-chromium (NiCr): *wire and strip*
2. Kanthal / iron-chromium-aluminum (FeCrAl) : *wires*
3. Cupronickel (CuNi): *alloys for low temperature heating*

Pada klas metallic, sebagian besar elemen pemanas menggunakan bahan *nichrome* 80 banding 20 (80% nikel, 20% kromium) dalam bentuk kawat, pita, atau strip. *80/20 nichrome* merupakan bahan yang baik, karena memiliki ketahanan yang relatif tinggi dan membentuk lapisan kromium oksida ketika dipanaskan untuk pertama kalinya, sehingga bahan di bawah kawat tidak akan teroksidasi, mencegah kawat terputus atau terbakar. Pada umumnya tungku *heat treatment* menggunakan elemen pemanas kawat kanthal.

2.4.1 Kawat Kanthal

Kawat kanthal adalah salah satu jenis kawat resistansi tinggi yang terbuat dari bahan besi, kromium, dan aluminium feritik yang memungkinkan untuk digunakan sebagai penghantar panas pada suhu temperatur yang sangat tinggi tanpa mengalami korosi resistansi. Kawat kanthal ini biasanya digunakan pada industri – industri skala besar khususnya pada komponen pemanas tungku peleburan atau tungku perlakuan panas. Kawat kanthal mampu menahan panas sampai 1400°C sebelum akhirnya meleleh ditemperatur 1500°C .



Gambar 2.7 Kawat kanthal

Ada beberapa tipe kawat kanthal yaitu :

1. Kanthal AF
2. Kanthal A
3. Khantal AE
4. Kanthal D

Berikut tabel perbedaan temperatur suhu berdasarkan diameter dan tipe kawat kanthal :

Tabel 2.1 Perbedaan Temperatur Kawat Kanthal (Hallstahammar,2013).

Tipe kawat kanthal	Diameter kawat ,mm(in) :			
	0,15-0,4 (0,0059-0,0157) °C °F	0,41-0,95 (0,0061-0,0374) °C °F	1,0-3,0 (0,039-0,118) °C °F	>3,0 (0,118) °C °F
KANTHAL AF	900-1100 1650-2010	1100-1225 2010-2240	1225-1275 2240-2330	1300 2370
KANTHAL A	925-1050 1700-1920	1050-1175 1920-2150	1175-1250 2150-2300	1350 2460
KANTHAL AE	950-1150 1740-2100	1150-1225 2100-2240	1225-1250 2240-2300	1300 2370
KANTHAL D	925-1025 1700-1830	1025-1100 1880-2010	1100-1200 2010-2190	1300 2370

Untuk menentukan resistansi, area penampang konduktor, tahanan kawat, panjang kawat, daya, dan kuat arus elemen pemanas harus menggunakan persamaan (Hallstahammar,2013) sebagai berikut :

- Resistansi kawat kanthal

$$R = \frac{U^2}{P} \quad (2.1)$$

- Area penampang konduktor kawat kanthal

$$q = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (2.2)$$

- Tahanan pada kawat kanthal

$$R_{20} = \rho \frac{L}{q} \quad (2.3)$$

$$R_{20} = \frac{R_T}{C_T} \quad (2.4)$$

$$R_T = C_T \times R_{20} \quad (2.5)$$

- Panjang kawat kanthal yang dibutuhkan

$$L = \frac{R_{20} \times q}{\rho} \quad (2.6)$$

- Menghitung daya

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (2.7)$$

- Kuat arus

$$I = \frac{P}{U} \quad (2.8)$$

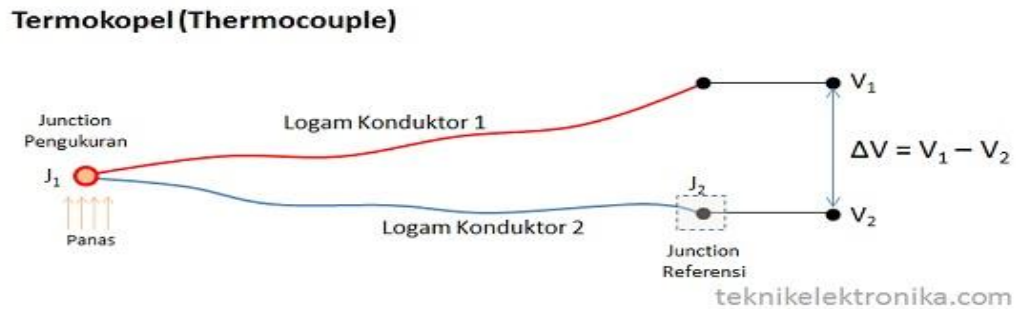
2.5 Termokopel (*Thermocouple*)

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 1822, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik.



Gambar 2.8 Termokopel (*Thermocouple*)

Prinsip kerja termokopel (*thermocouple*) adalah menggabungkan dua kawat logam konduktor yang berbeda jenis dan digabungkan ujungnya. Satu jenis logam konduktor yang terdapat pada termokopel akan berfungsi sebagai referensi dengan suhu konstan sedangkan yang satunya lagi sebagai logam konduktor yang mendeteksi suhu panas (Ardhi Kamal Haq, 2017).



Gambar 2.9 Kontruksi Prinsip Kerja Termokopel

(<http://teknikelektronika.com/pengertian-termocouple-dan-prinsip-kerjanya/>)

2.4.1 Jenis-jenis Termokopel (*Thermocouple*)

Termokopel tersedia dalam berbagai ragam rentang suhu dan jenis bahan. Pada dasarnya, gabungan jenis-jenis logam konduktor yang berbeda akan menghasilkan rentang suhu operasional yang berbeda pula. Berikut ini adalah Jenis-jenis atau tipe Termokopel yang umum digunakan berdasarkan Standar Internasional. Jenis-jenis Termokopel (*Thermocouple*).



Gambar 2.10 Jenis – Jenis Termokopel (*Thermocouple*).

1. Termokopel Tipe E

Bahan Logam Konduktor Positif : Nickel-Chromium

Bahan Logam Konduktor Negatif : Constantan

Rentang Suhu : $-200^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$.

2. Termokopel Tipe J

Bahan Logam Konduktor Positif : Iron (Besi)

Bahan Logam Konduktor Negatif : Constantan

Rentang Suhu : $0^{\circ}\text{C} - 750^{\circ}\text{C}$.

3. Termokopel Tipe K

Bahan Logam Konduktor Positif : Nickel-Chromium

Bahan Logam Konduktor Negatif : Nickel-Aluminium

Rentang Suhu : $-200^{\circ}\text{C} - 1250^{\circ}\text{C}$.

4. Termokopel Tipe N

Bahan Logam Konduktor Positif : Nicrosil

Bahan Logam Konduktor Negatif : Nisil

Rentang Suhu : $0^{\circ}\text{C} - 1250^{\circ}\text{C}$.

5. Termokopel Tipe T

Bahan Logam Konduktor Positif : Copper (Tembaga)

Bahan Logam Konduktor Negatif : Constantan

Rentang Suhu : $-200^{\circ}\text{C} - 350^{\circ}\text{C}$.

6. Termokopel Tipe U (kompensasi Tipe S dan Tipe R)

Bahan Logam Konduktor Positif : Copper (Tembaga)

Bahan Logam Konduktor Negatif : Copper-Nickel

Rentang Suhu : $0^{\circ}\text{C} - 1450^{\circ}\text{C}$.

Pada perancangan tungku *heat treatment* ini menggunakan *thermocouple* tipe K yang berbahan *Nickel-Chromium* sebagai konduktor positif dan *Nickel-Aluminium* sebagai konduktor negatif serta targetan suhu yang ingin dicapai adalah 800°C .



Gambar 2.11 Termokopel (*Thermocouple*) Type K.

2.6 Keramik Fiber

Keramik fiber adalah bahan komposit berbentuk serat yang terbuat dari aluminosilikat. Material ini juga ringan, mudah dibentuk/ *flexible*, dan nilai konduktifitas termal yang sangat kecil. Material ini juga mempunyai daya tahan tinggi terhadap sengatan panas, penyimpanan panas yang rendah dan penyerap suara yang sangat baik. Keramik fiber ini memiliki sifat yang tidak mudah terbakar dan tahanan suhunya mencapai 1300°C .



Gambar 2.12 Keramik Fiber

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat Perancangan

Tempat perancangan dilaksanakan di Laboratorium Komputer Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri, No.3 Medan.

3.1.2. Waktu Perancangan

Adapun waktu pelaksanaan perancangan dan penyusunan tugas sarjana ini dilaksanakan mulai 20 Maret 2019 sampai dinyatakan selesai. Bisa dilihat pada tabel 3.1 dan langkah – langkah perancangan yang dilakukan dibawah ini.

Tabel 3.1 Timeline Kegiatan

No.	Kegiatan	Bulan/(Tahun 2019)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Pengajuan Judul	■							
2	Studi Literatur	■	■						
4	Pembuatan Desain		■	■	■				
5	Penulisan Laporan			■	■	■	■	■	■
6	Seminar/Sidang							■	■

3.2 Alat dan Bahan Perancangan

3.2.1. Alat Perancangan

1. Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan dalam perancangan ini adalah sebagai berikut :

1. Prosecor : 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)

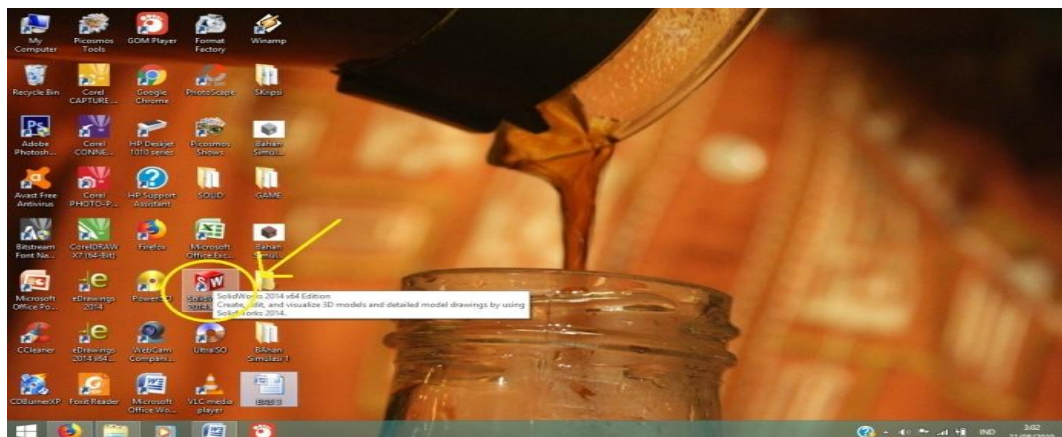


Gambar 3.1 Laptop.

3.2.2 Bahan Perancangan

1. *Software Solidworks*

Dalam perancangan tungku *heat treatment* ini menggunakan program solidworks 2014.



Gambar 3.2 *Software solidworks*

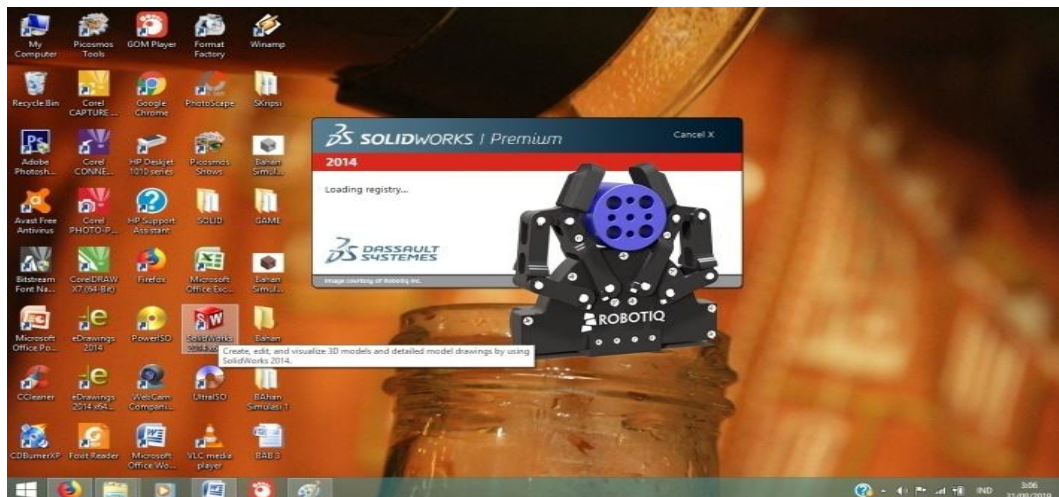
3.3 Prosedur Merancang Tungku *Heat Treatment*

1. Siapkan perlengkapan untuk membuat rancangan (komputer dan *software solidworks*).
2. Siapkan hasil pengukuran dan jenis material yang dipakai pada rancangan.
3. Gambarkan rancangan tungku *heat treatment* sesuai ukuran dan jenis material yang diinginkan pada *solidworks 2014*.
4. Selesai, dan didapat hasil rancangan dengan dimensi dan beberapa jenis material.

3.4 Langkah – langkah membuat rancangan dengan *solidworks*

Pada prosedur merancang tungku *heat treatment* menggunakan *software solidworks 2014*. Adapun langkah – langkah perancangan desainnya pada *solidworks* adalah sebagai berikut :

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



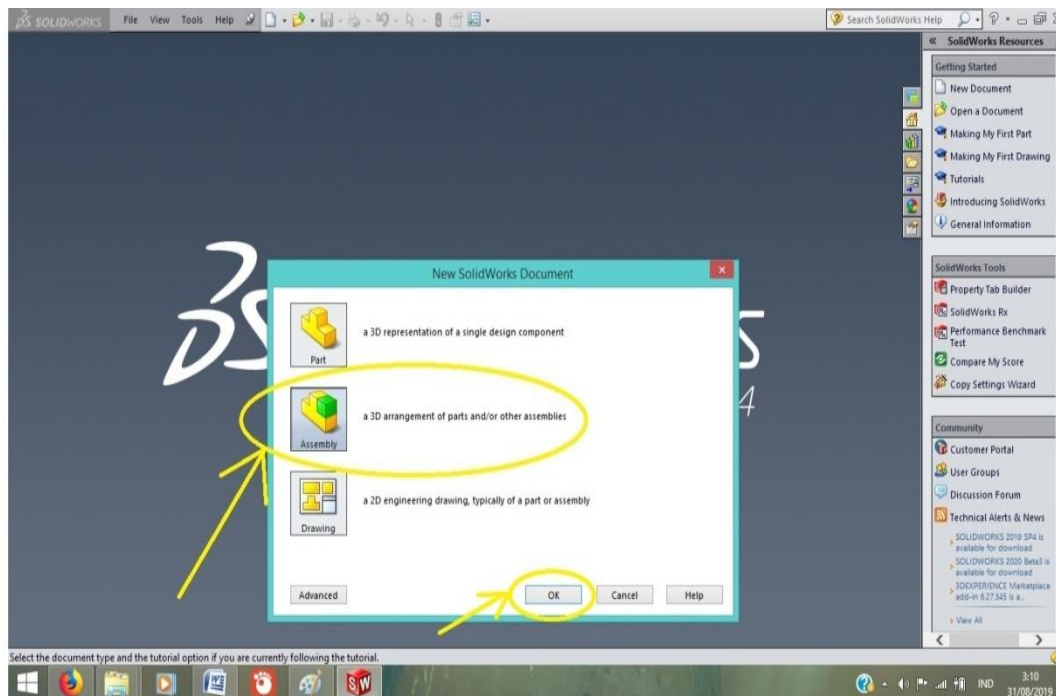
Gambar 3.3 Program *Solidworks*.

2. Untuk masuk ke menu part untuk membuat desain, langkah yang dilakukan adalah meng-klik menu "*new file*" pada dialog new tersebut. Atau bisa juga dengan cara menekan tombol "*Ctrl+N*" pada *keyboard*.



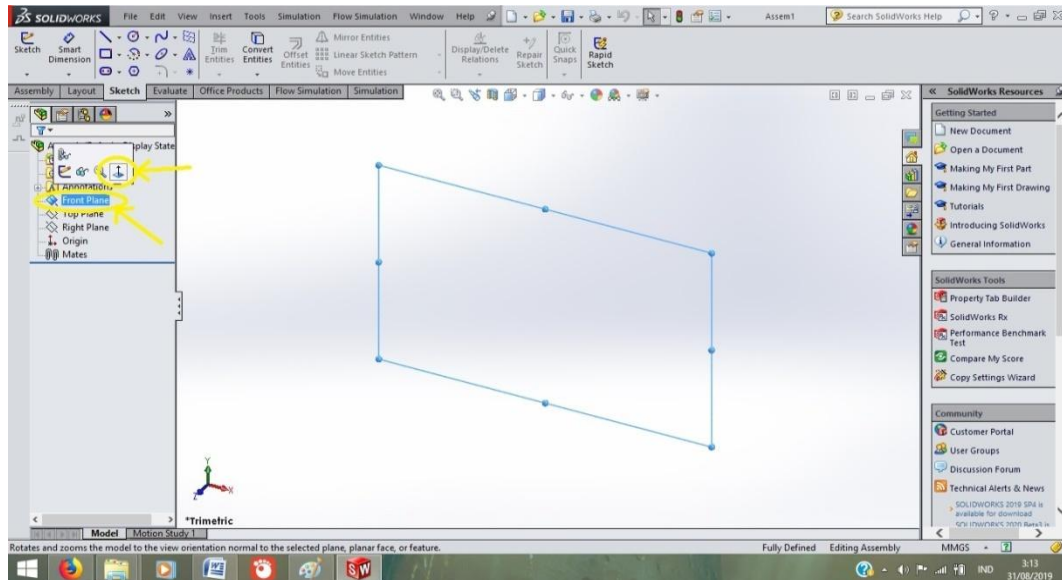
Gambar 3.4 Klik new file.

- Setelah meng-klik new dokumen, akan muncul 3 pilihan untuk membuat desain yaitu *part*, *assembly*, dan *drawing 2D*. Pilihlah kata perintah “*assembly*” kemudian klik OK.



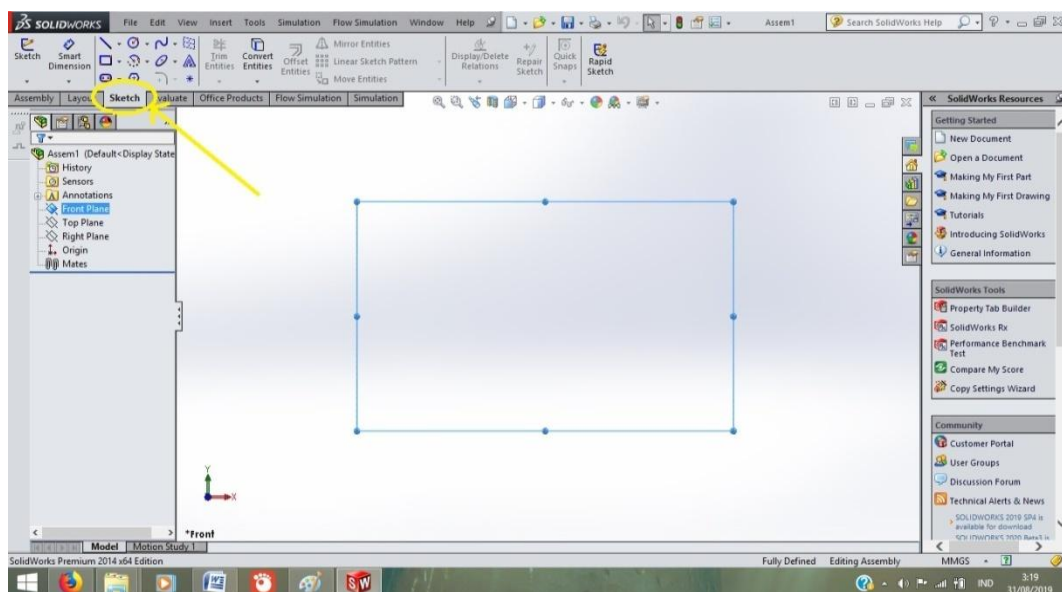
Gambar 3.5 Meng-klik kata perintah “*new solidworks document assembly*”

4. Kemudian pilihlah menu “*front Plane*” pada “*annotations*” disebelah atas kiri seperti terlihat pada gambar untuk mulai mendesain rancangan. Kemudian pilih menu “*Normal To*” untuk membuat tampilan gambar depan.



Gambar 3.6 Memilih menu “*front plane*” dan “*normal to*”

5. Setelah memilih menu “*Front Plane*” dan “*Normal To*” pilih menu “*Sketch*” untuk membuat sketsa tungku *heat treatment* dan memilih menu “*smart dimension*” untuk membuat ukuran desain.



Gambar 3.7 memilih menu “*Sketch*” dan “*smart dimension*”

3.6 Tahapan Perancangan Tungku *Heat Treatment*

Tahapan perancangan ini mengikuti bagan alur sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur adalah proses pencarian data atau referensi. Gunanya untuk mengetahui informasi sebagai dasar – dasar perancangan dan material yang digunakan dalam perancangan. Proses pengambilan data diambil dengan cara metode pustaka.

2. Perancangan Tungku *Heat Treatment*

Perancangan Tungku *Heat Treatment* adalah proses perencanaan bentuk, dimensi, dan jenis material yang dipakai agar mendapatkan tungku dengan temperatur kerja 800⁰C.

3. Menggambar Rancangan

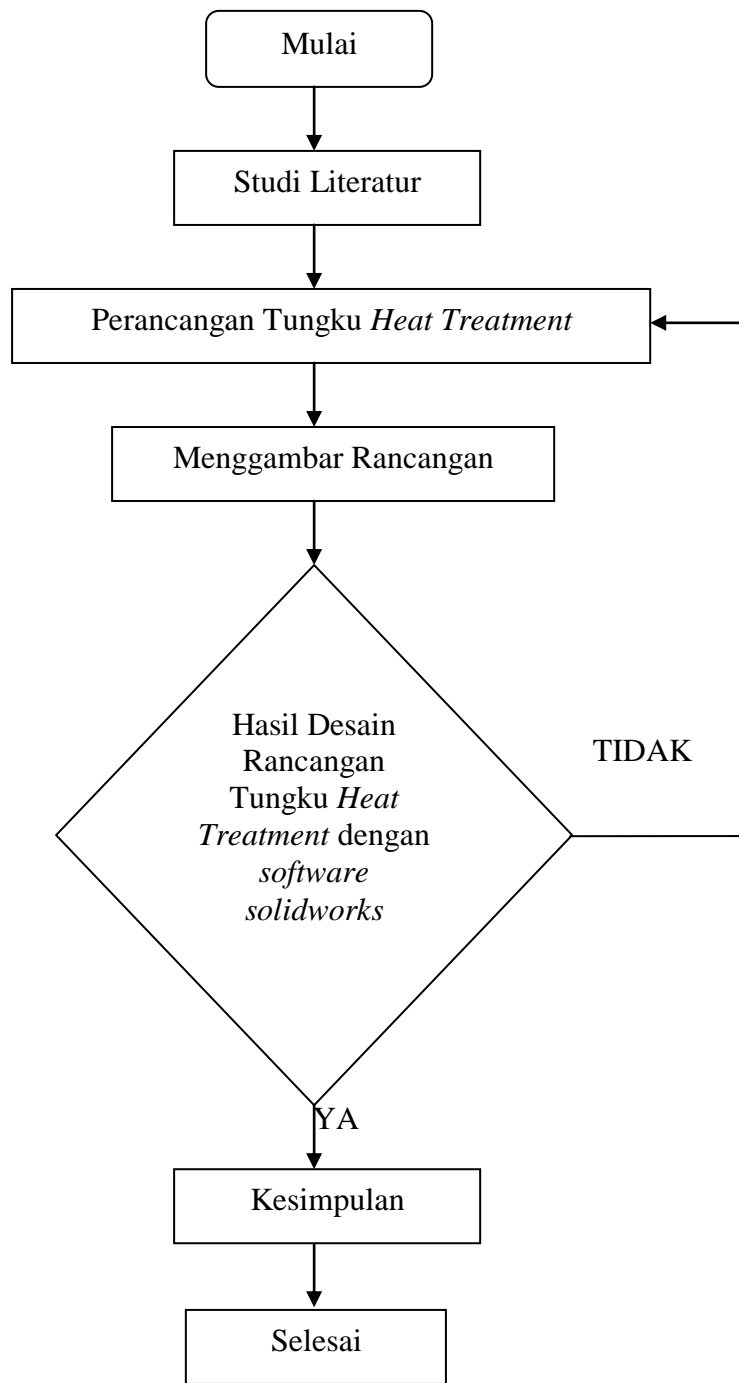
Menggambar rancangan adalah proses pengerjaan menggambar rancangan tungku menggunakan *software solidworks*. Dilakukan di laboratorium komputer fakultas teknik umsu.

4. Hasil Desain Rancangan Tungku *Heat Treatment* dengan *software solidworks*

Pada tahapan ini akan dipaparkan hasil dari perancangan tungku *heat treatment*. Fungsinya sebagai tolak ukur apakah perancangan tungku sudah bisa digunakan sebagai acuan dalam proses pembuatannya nanti dan pada perancangan tersebut telah berhasil.

5. Kesimpulan

Dalam proses ini menerangkan hasil – hasil dari perancangan. Sehingga para pengguna selanjutnya mengetahui kemampuan tungku dan kekurangannya pada perancangan, dan dijadikan bahan evaluasi untuk pengembangan selanjutnya.



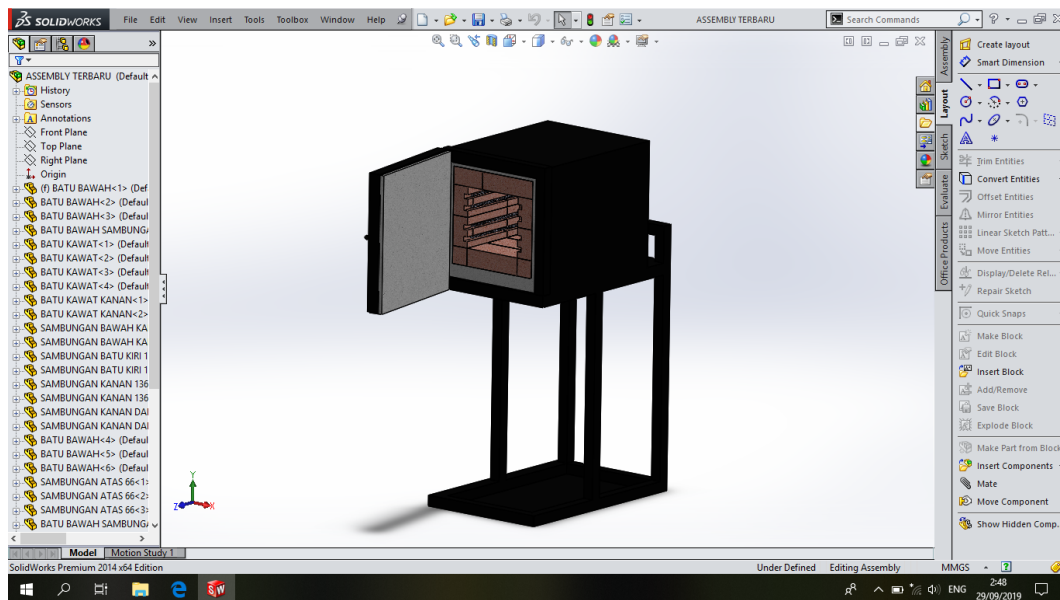
Gambar 3.8 Diagram Alir Perancangan Tungku *Heat Treatment*

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Tungku *Heat Treatment*

Gambar 4.1 ini merupakan hasil desain perancangan tungku *heat treatment* yang dibuat atau digambar menggunakan *software solidworks 2014* dengan ukuran panjang 768 mm, lebar 474 mm, tinggi 1314 mm, dan ruang bakar dengan ukuran panjang 300 mm, lebar 200 mm dan tinggi 200 mm.



Gambar 4.1 Hasil Perancangan Tungku *Heat Treatment*

4.2 Pembahasan Perancangan Tungku *Heat Treatment*

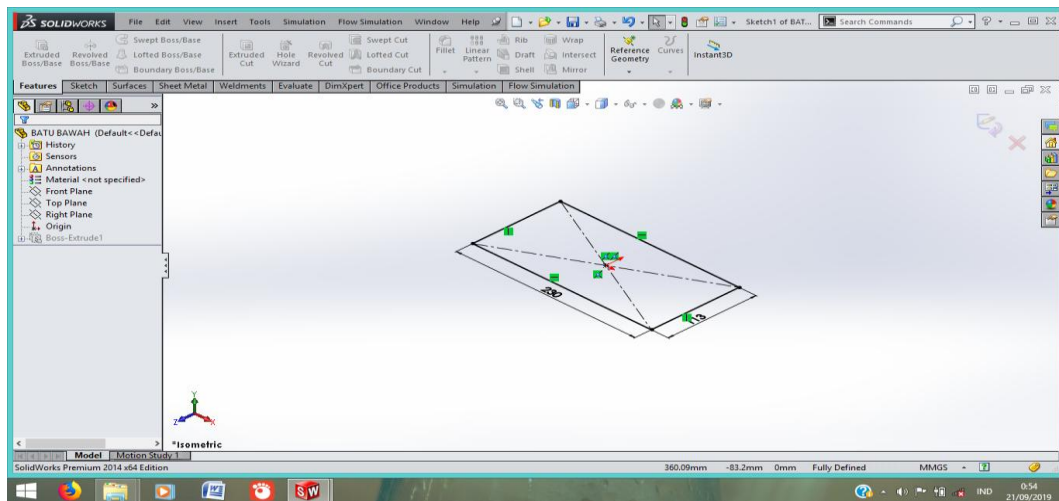
Pada pembahasan rancangan tungku *heat treatment* ini akan dibahas part per part nya. Material yang digunakan dalam mendesain perancangan tungku ini adalah batu tahan api SK34, keramik fiber, untuk kawat kanthal menggunakan material aluminium fetik dan kromium, dan untuk thermocouple menggunakan material *Nickel-Chromium*, *Nickel-Aluminium*, dan keramik .

4.2.1 Perancangan Desain Batu SK34

1. Desain Lantai Batu SK 34

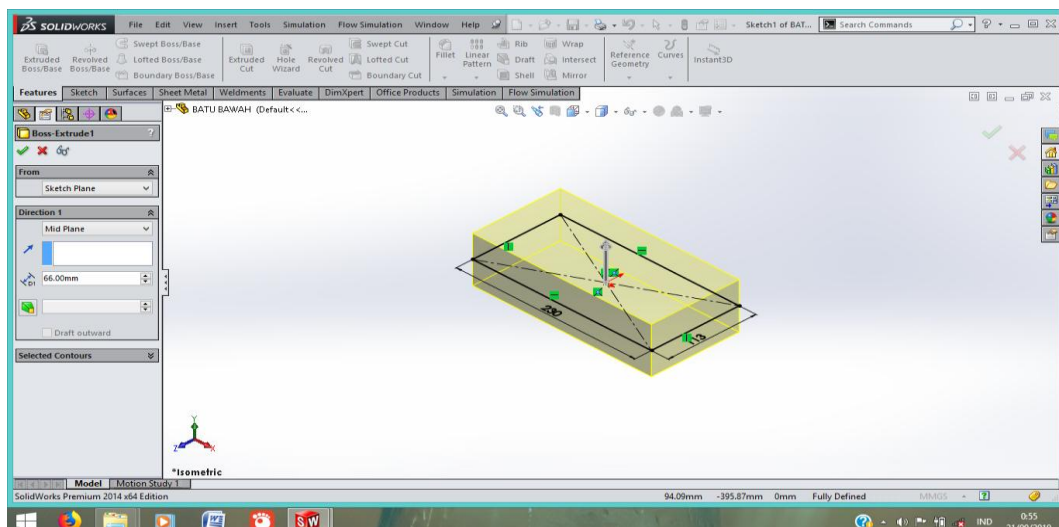
Desain lantai menggunakan batu SK 34 masing – masing sebanyak 3 batu dengan ukuran panjang 113 mm, lebar 230 mm, dan tebal 66 mm. Seperti penjelasan gambar berikut :

- Pada gambar 4.2 membuat *sketch* (ukuran) dengan memilih menu *smart dimension*.



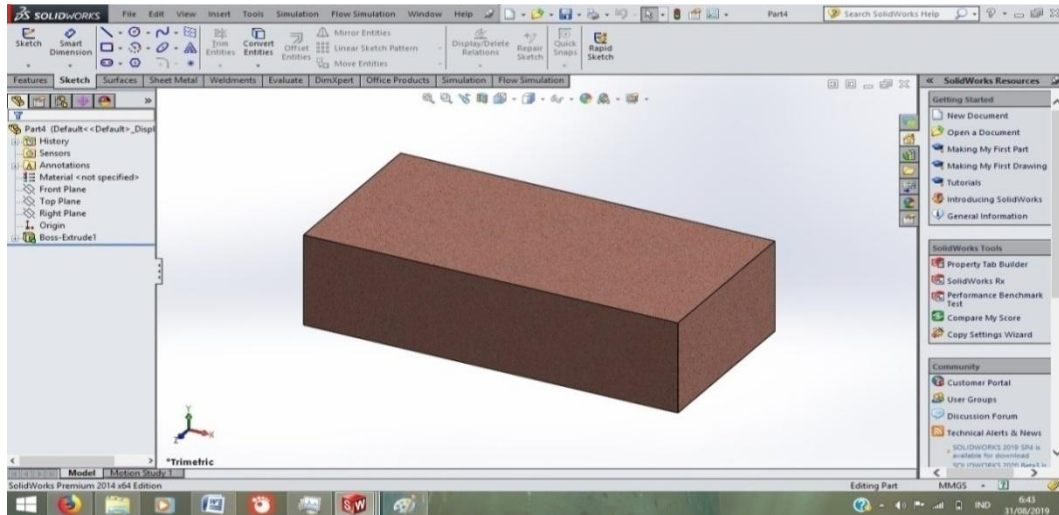
Gambar 4.2 *Sketch* Desain Lantai Batu SK 34

- Kemudian pada gambar 4.3 membuat dimensi dengan memilih menu *extrude*.



Gambar 4.3 *Extrude* Desain Lantai Batu SK 34

- Dan didapat hasil desain lantai batu SK 34 pada tungku *heat treatment* seperti pada gambar 4.4 .

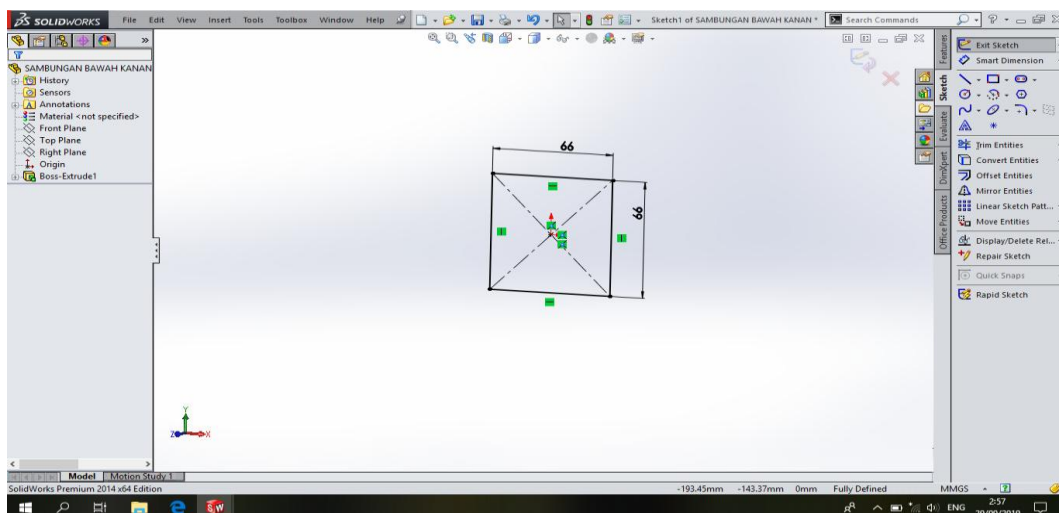


Gambar 4.4 Hasil Desain Lantai Batu SK 34

2. Desain Sambungan Lantai Batu SK 34

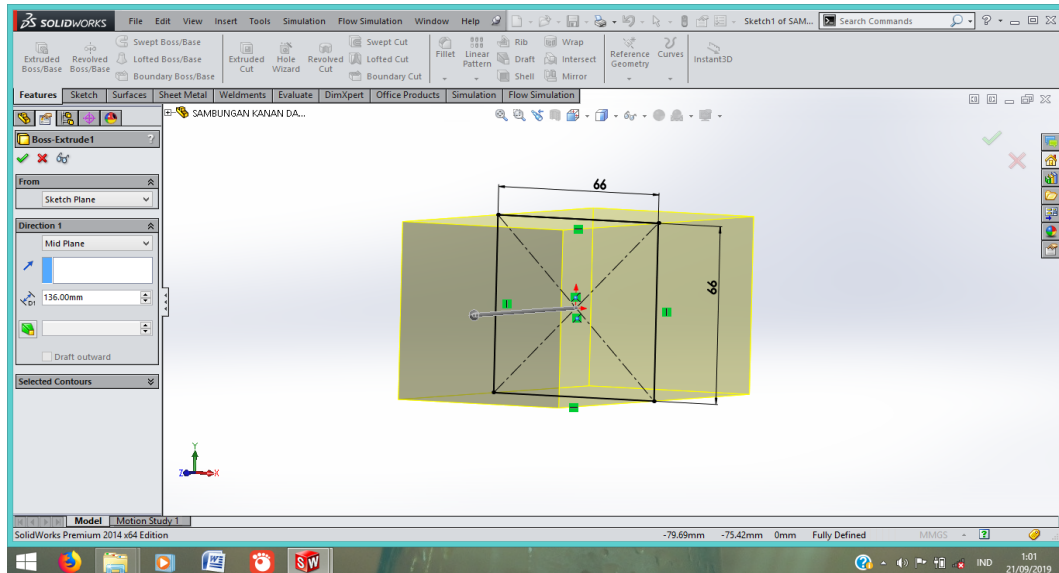
Pada part ini dibuat desain sambungan lantai batu SK 34 dengan ukuran panjang 366 mm, dan lebar 66 mm.

- Pada gambar 4.5 membuat *sketch* (ukuran) dengan memilih menu *smart dimension*.



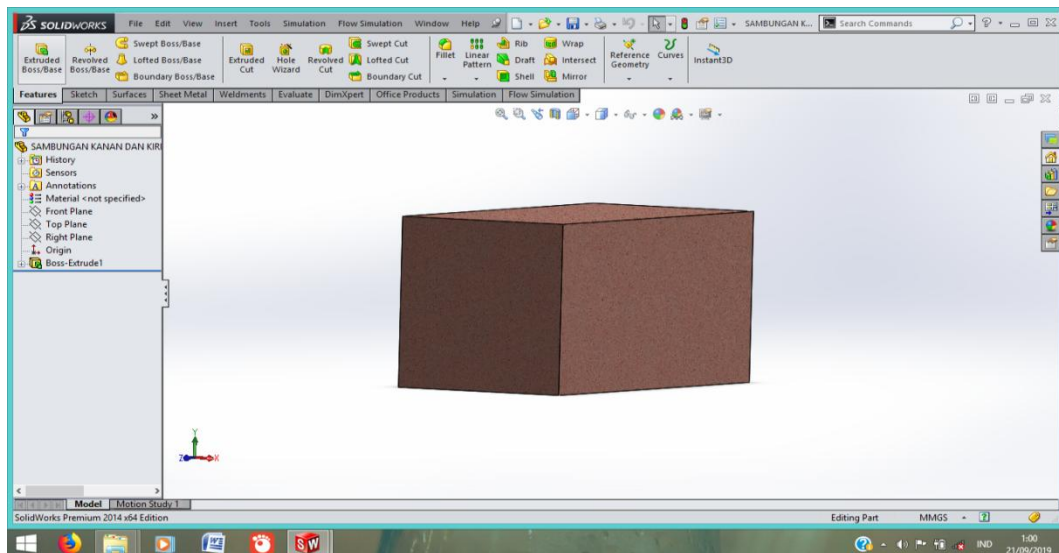
Gambar 4.5 *Sketch* Desain Sambungan Lantai Batu SK 34

- Kemudian pada gambar 4.6 membuat dimensi dengan memilih menu *extrude*.



Gambar 4.6 *Extrude* Desain Sambungan Lantai Batu SK 34

- Dan didapat hasil desain sambungan lantai batu SK 34 pada tungku *heat treatment* seperti pada gambar 4.7 .

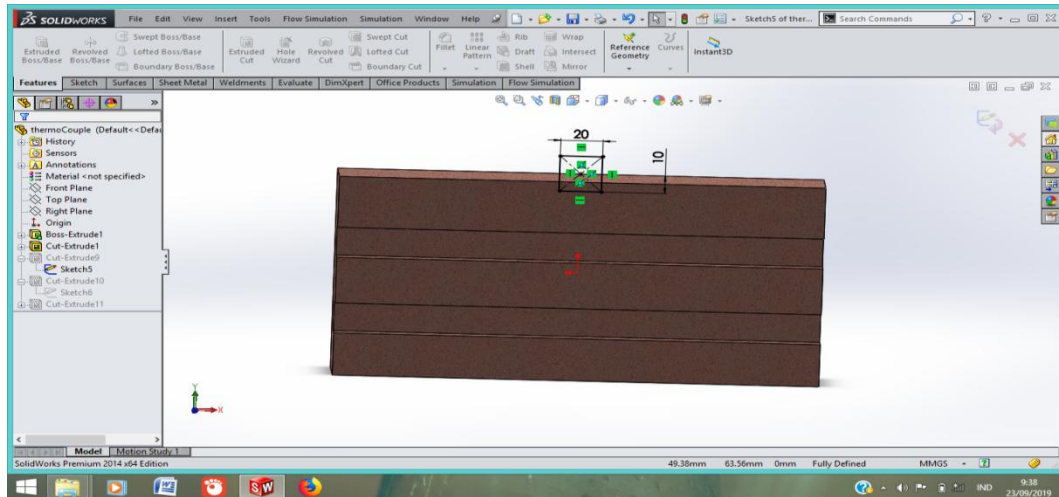


Gambar 4.7 Hasil Desain Sambungan Lantai Batu SK 34

3. Desain Batu Dengan Jalur *Thermocouple*

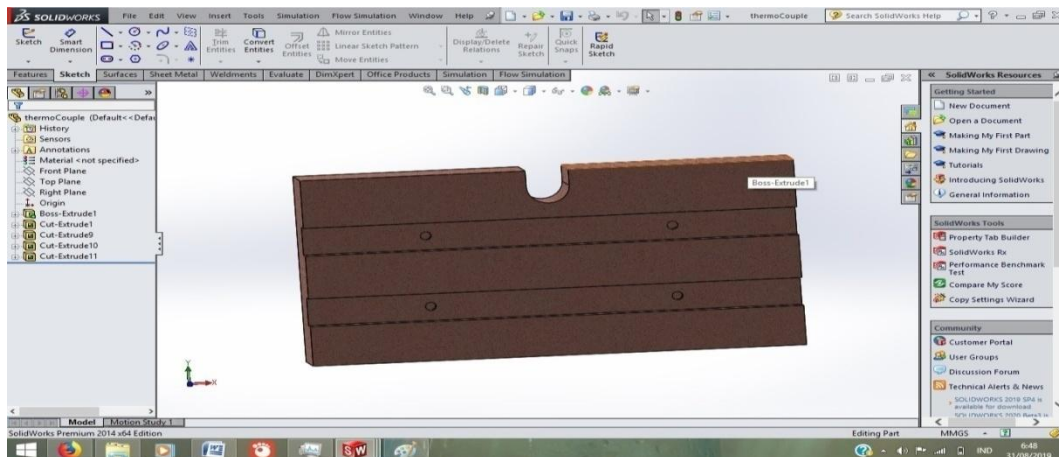
Pada part ini dibuat jalur *thermocouple* dengan ukuran diameter 20 mm, dan panjang 66 mm seperti penjelasan gambar berikut :

- Pada gambar 4.9 membuat jalur persegi pada sisi atas batu dengan ukuran panjang 20 mm, dan kedalaman pada batu 10 mm.



Gambar 4.8 Membuat *Sketch* Persegi Pada Batu Jalur *Thermocouple*

- Kemudian pada gambar 4.9 membuat jalur setengah lingkaran dengan diameter 20 mm dan kedalaman 20 mm dan didapat hasil desain batu SK 34 dengan jalur *thermocouple*.

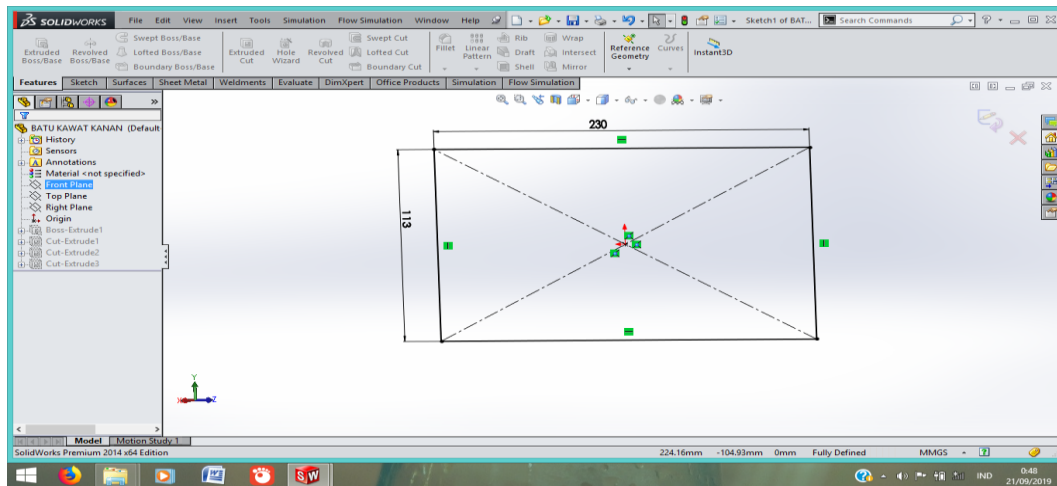


Gambar 4.9 Hasil Desain Batu Dengan Jalur *Thermocouple*

4. Desain Jalur *Heater* Pada Batu SK 34

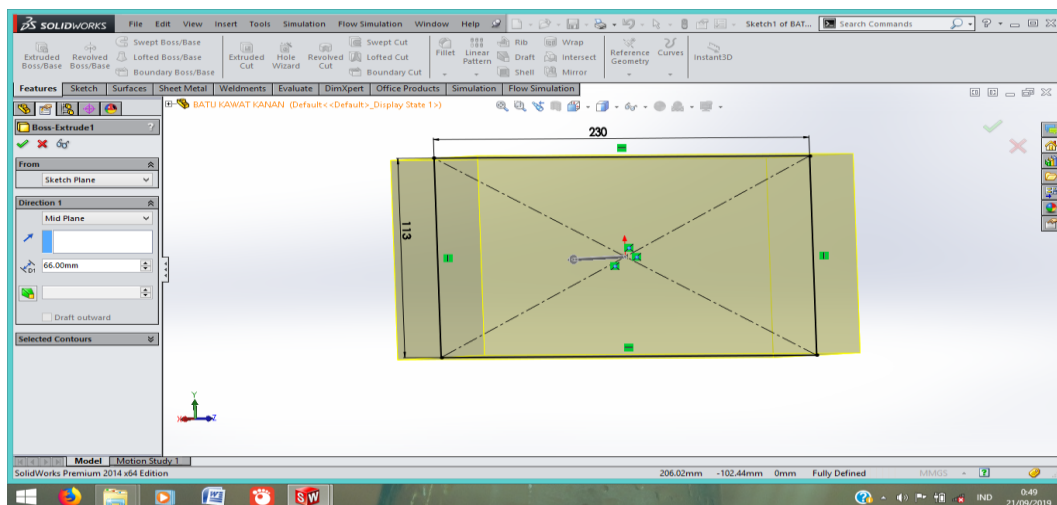
Pada part ini dibuat desain batu SK 34 dengan tebal 66 mm, panjang 230 mm, lebar 113 mm, dan jalur *heater* dengan ukuran jalur 26 mm x 17 mm x 230 mm (lebar x kedalaman x panjang). Seperti pada penjelasan gambar berikut :

- Pada gambar 4.11 membuat *sketch* (ukuran) dengan memilih menu *smart dimension*.



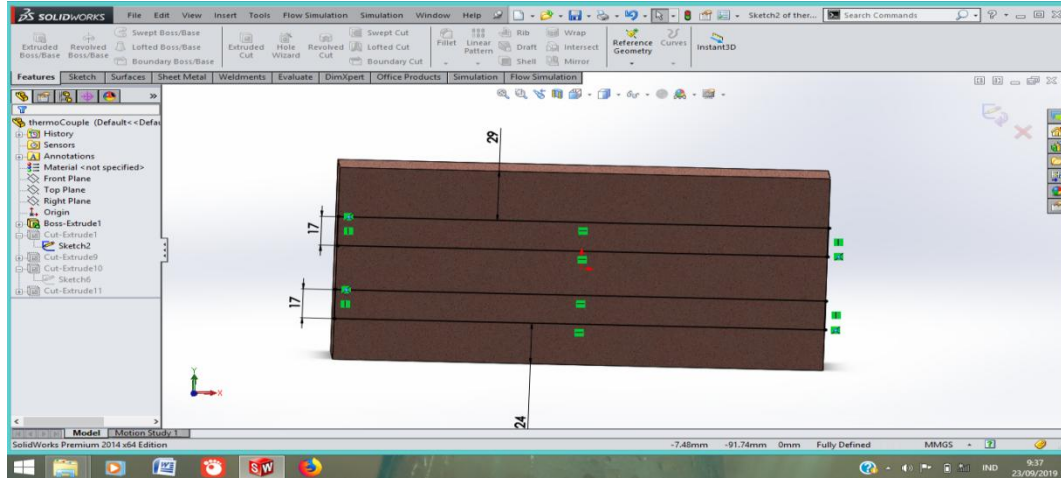
Gambar 4.10 *Sketch* Desain Jalur *Heater* Pada Batu SK 34

- Kemudian pada gambar 4.12 membuat dimensi dengan memilih menu *smart dimension*.



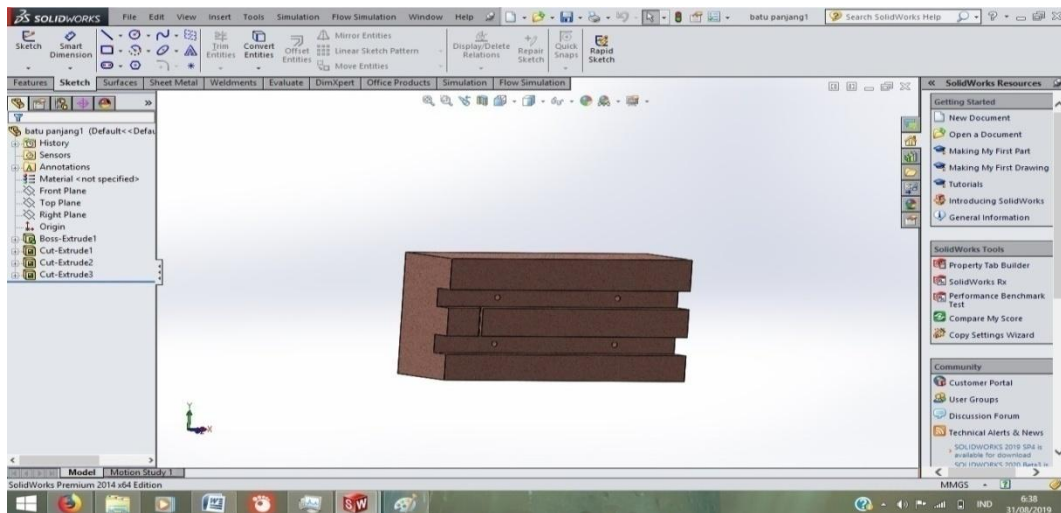
Gambar 4.11 *Extrude* Desain Jalur *Heater* Pada Batu SK 34

- Kemudian membuat jalur *heater* dengan ukuran yang sudah dibuat seperti pada gambar 4.12 .



Gambar 4.12 Membuat Jalur *Heater* Pada Batu SK 34

- Dan didapat hasil desain jalur *heater* pada batu SK 34 seperti pada gambar 4.13 .

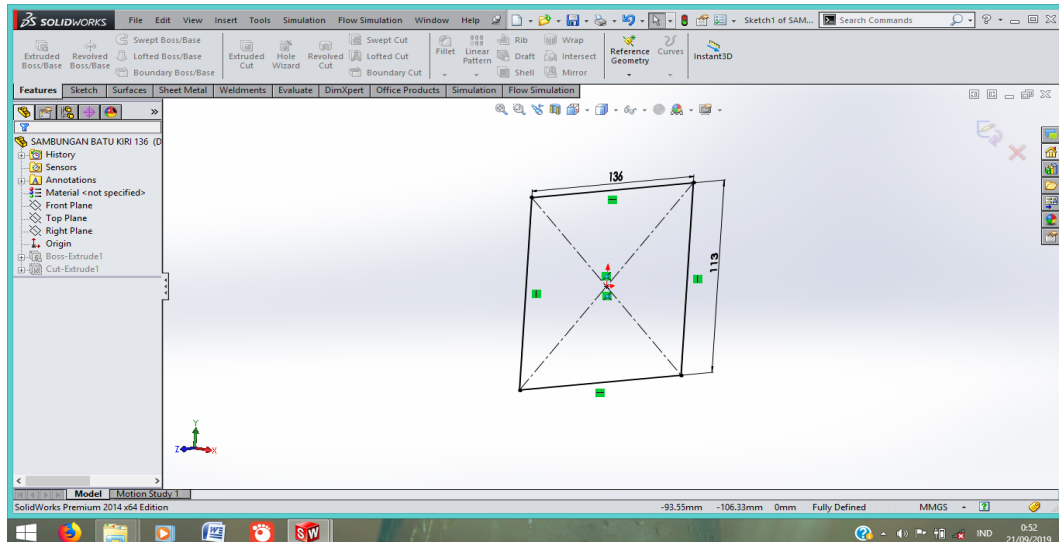


Gambar 4.2 Desain Batu Dengan Jalur *Heater*

5. Desain Sambungan Jalur *Heater* Pada Batu SK 34

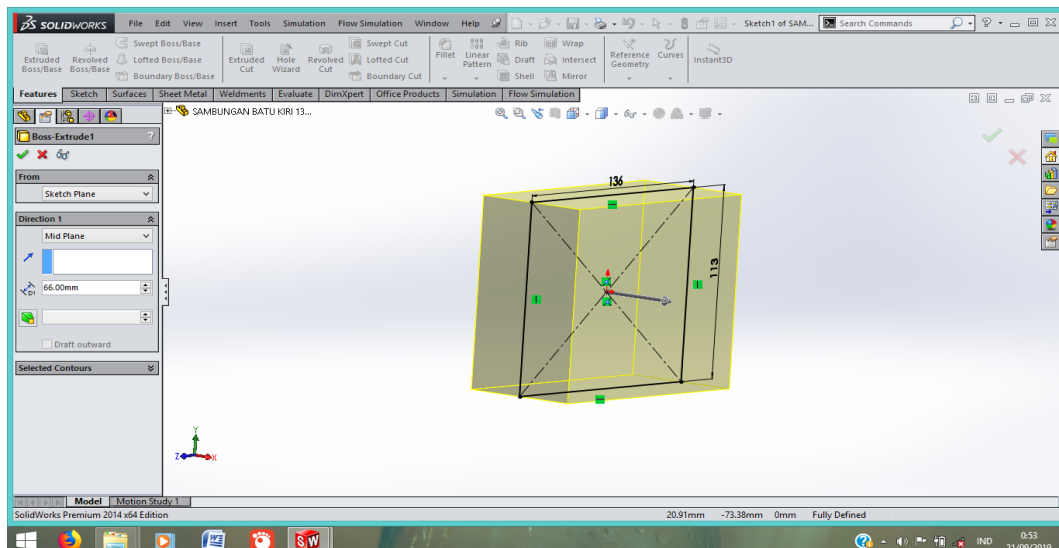
Pada part ini dibuat desain sambungan batu sk 34 dengan ukuran panjang 136 mm, dan jalur *heater* dengan ukuran jalur 26 mm x 17 mm x 70 mm (lebar x kedalaman x panjang). Karna kedalaman ruang bakar yang diinginkan berukuran 300 mm.

- Pada gambar 4.14 membuat *sketch* (ukuran) dengan memilih menu *smart dimension*.



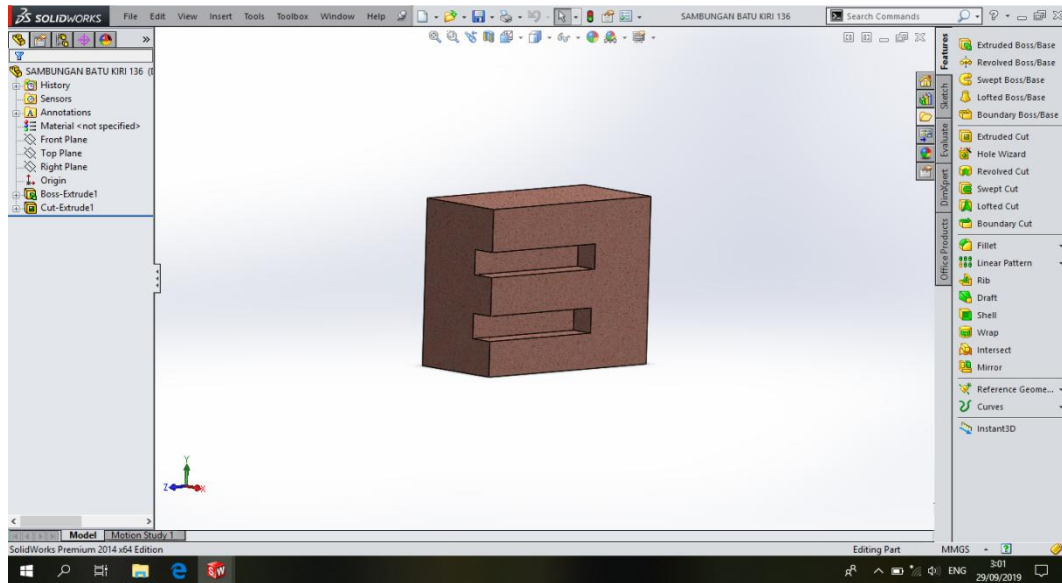
Gambar 4.14 *Sketch* Desain Sambungan Jalur *Heater* Pada Batu Sk 34

- Kemudian pada gambar 4.15 membuat dimensi dengan memilih menu *extrude*.



Gambar 4.15 *Extrude* Desain Sambungan Jalur *Heater* Pada Batu SK 34

- Dan didapat hasil desain sambungan jalur *heater* pada batu SK 34 seperti pada gambar 4.16 .

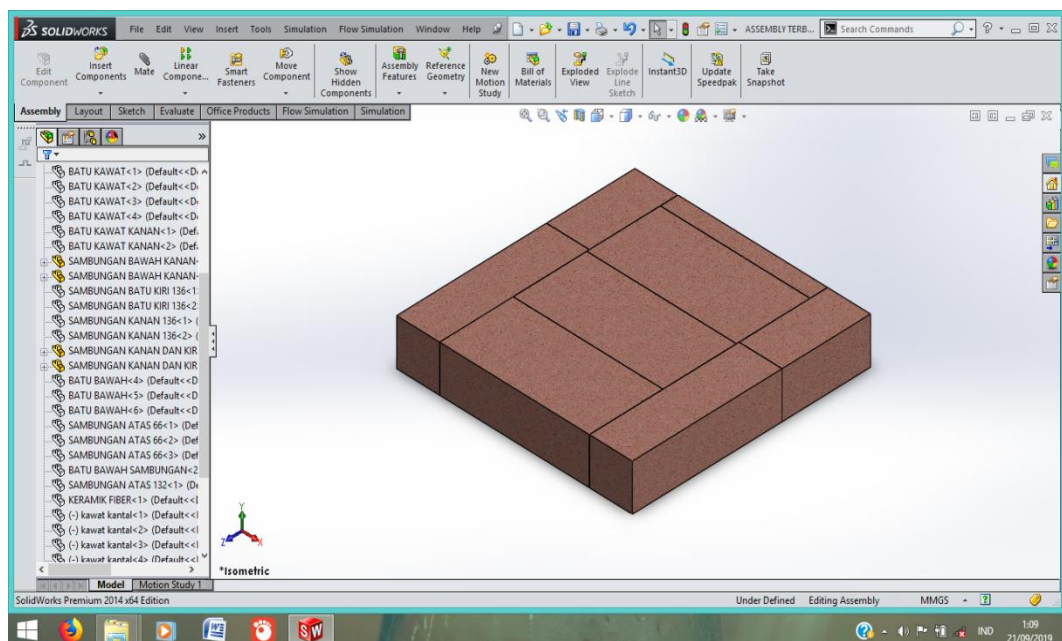


Gambar 4.3 Desain Sambungan Batu Dengan Jalur Heater

6. Desain Assembly Batu SK 34

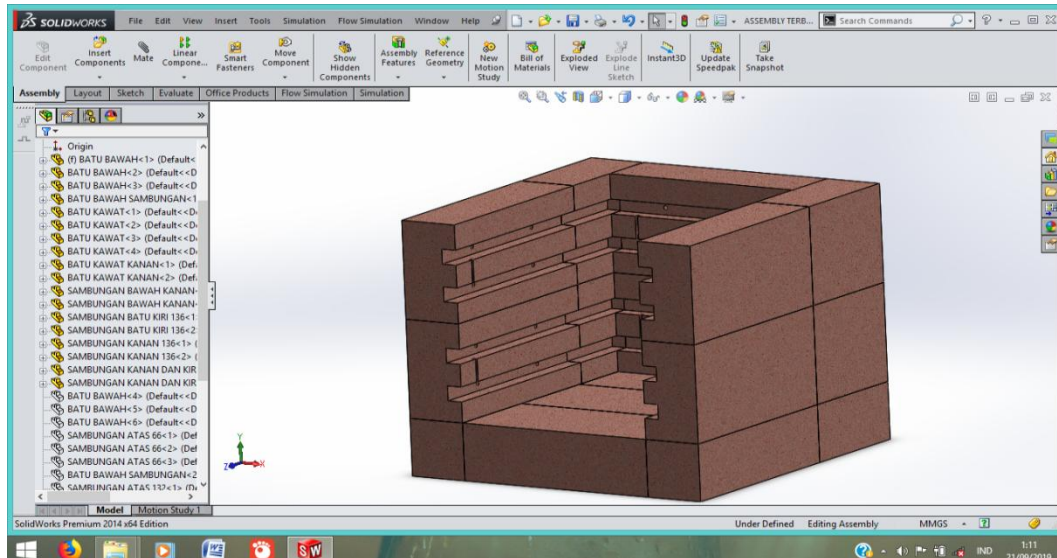
Setelah semua part batu Sk 34 di desain, gabungkan semua part menjadi satu membentuk kubus pada gambar dan penjelasan sebagai berikut :

- Pada gambar 4.17 menggabungkan part batu lantai batu SK 34 dan sambungannya dengan memilih menu *assembly feature*.



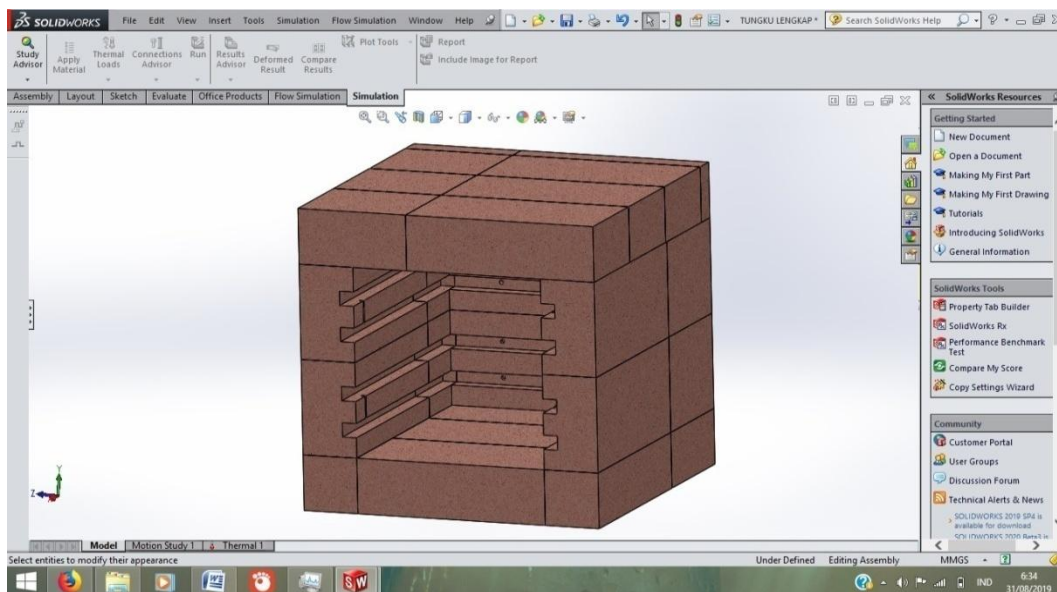
Gambar 4.17 Hasil Desain Assembly lantai batu SK 34

- Kemudian pada gambar 4.18 menggabungkan part batu SK 34 dengan Jalur *heater* dan sambungannya dengan posisi batu menempel diatas desain *assembly* lantai batu SK 34.



Gambar 4.18 Hasil Desain *Assembly* Jalur *Heater* Pada Batu SK 34

- Dan pada gambar 4.19 akan didapat hasil desain batu SK 34 dengan jenis material refraktori *castable* dengan ruang pembakaran panjang 300 mm, lebar 200 mm, dan tinggi 200 mm. Untuk sisi luar desain batu SK 34 berukuran panjang 366 mm, lebar 332 mm, dan tinggi 332 mm.



Gambar 4.6 Hasil Desain *Assembly* Batu SK 34

4.2.2. Perancangan Desain Kawat Kanthal

1. Desain Kawat Kanthal

Desain kawat kanthal menggunakan material besi, kromium, dan aluminium feritik sebelum mendesain kawat kanthal terlebih dahulu menghitung resistansi, area penampang konduktor, tahanan kawat, panjang kawat, daya, dan kuat arus elemen pemanas sebagai berikut :

Panjang kawat kanthal	: 6600 mm (6,6 m)
Diameter kawat kanthal	: 0,8 mm
Diameter lilitan kawat kanthal	: 8 mm
U	: 220 V
P	: 2570 W
Bahan Kawat	: Kanthal D
	: 1,39 Ω mm ² /m
Ct	: 1,08 Ω

- Resistansi kawat kanthal

$$R_{20} = \rho \frac{L}{q}$$
$$R = \frac{U^2}{P}$$
$$= \frac{220^2}{2570} = 18,8 \Omega$$

- Area penampang konduktor

$$q = \frac{\pi}{4} d^2$$
$$= \frac{\pi}{4} (0,8)^2$$
$$= 0,785 \times 0,64$$
$$= 0,5024 \text{ mm}^2$$

- Panjang kawat kanthal yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
L &= \frac{R_{20} \times q}{\rho} \\
&= \frac{17,43}{1,39} \times \frac{\pi}{4} \cdot 0,8^2 \\
&= \frac{17,43}{1,39} \times 0,785 \cdot 0,8^2 \\
&= \frac{17,43 \times 0,5024}{1,39} \\
&= \frac{8,756832}{1,39} \\
&= 6,29987914 \\
&= 6,3m
\end{aligned}$$

- Daya

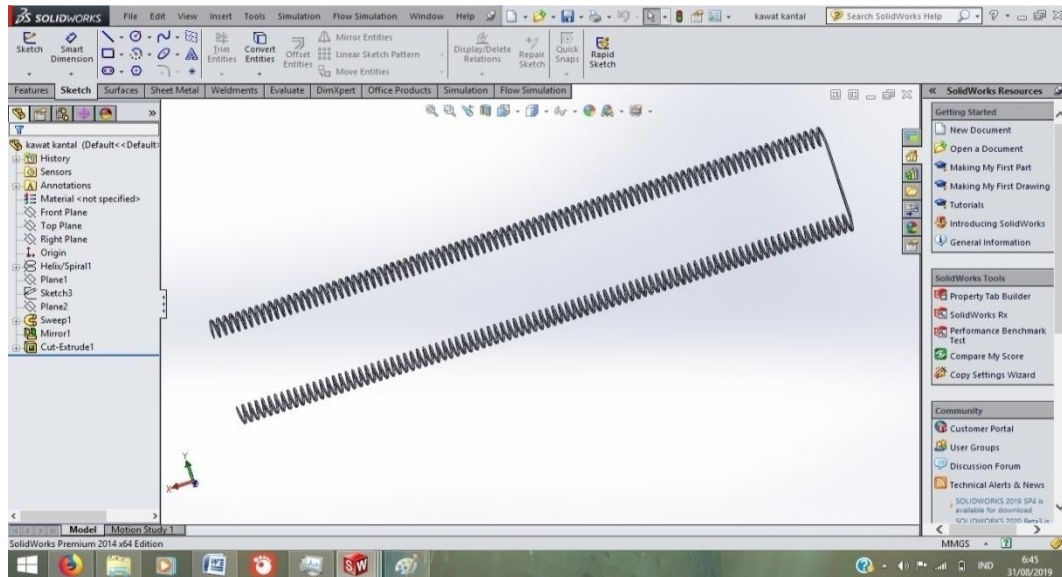
$$\begin{aligned}
P &= \frac{U^2}{R} \\
&= \frac{220^2}{18,8} \\
&= 2570,36 W = 2,570 KW
\end{aligned}$$

- Kuat arus

$$\begin{aligned}
I &= \frac{P}{U} \\
&= \frac{2570}{220} \\
&= 11,68 A
\end{aligned}$$

Setelah membuat perhitungan diatas maka didapat hasil desain kawat kanthal dengan ukuran panjang kawat 6,6 m , diameter lilitan kawat 8 mm, dan diameter kawat berukuran 0,8 mm. Pada kawat kanthal ini dibutuhkan 4 kawat kanthal di sisi kiri dan kanan ruang bakar dan 2 kawat kanthal pada sisi belakang ruang bakar tungku untuk perancangan hasil desain tungku *heat treatment*. Dengan penjelasan gambar sebagai berikut :

- Pada gambar 4.20 membuat desain kawat kanthal sesuai dengan perhitungan yang sudah dibuat.

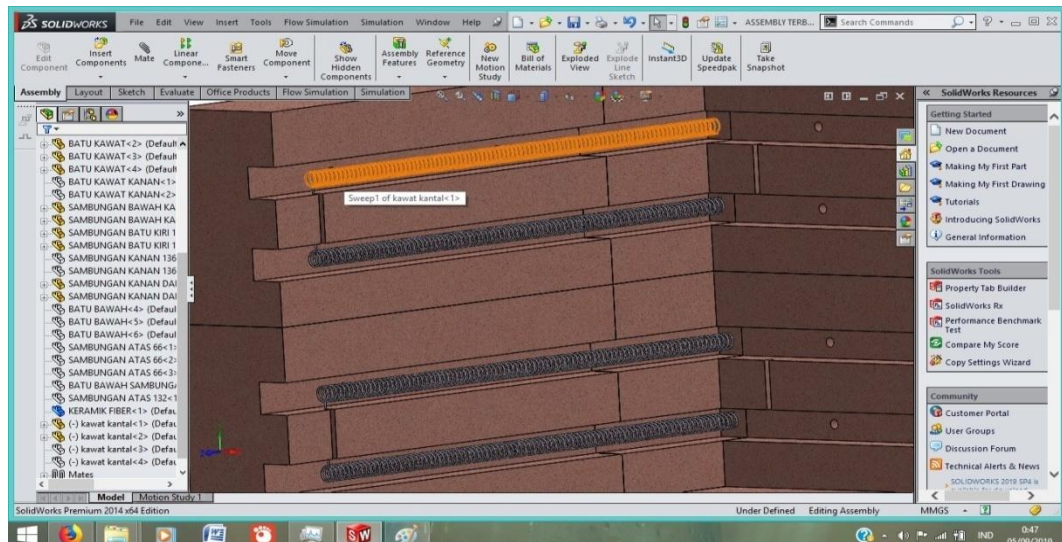


Gambar 4.20 Hasil Desain Kawat Kanthal

2. Desain *Assembly* Kawat Kanthal

Setelah kawat kanthal selesai didesain, masukkan kawat kanthal kedalam batu SK34 dengan jalur *heater* seperti penjelasan gambar berikut :

- Pada gambar 4.21 menggabungkan kawat kanthal dengan jalur *heater* pada batu SK 34.



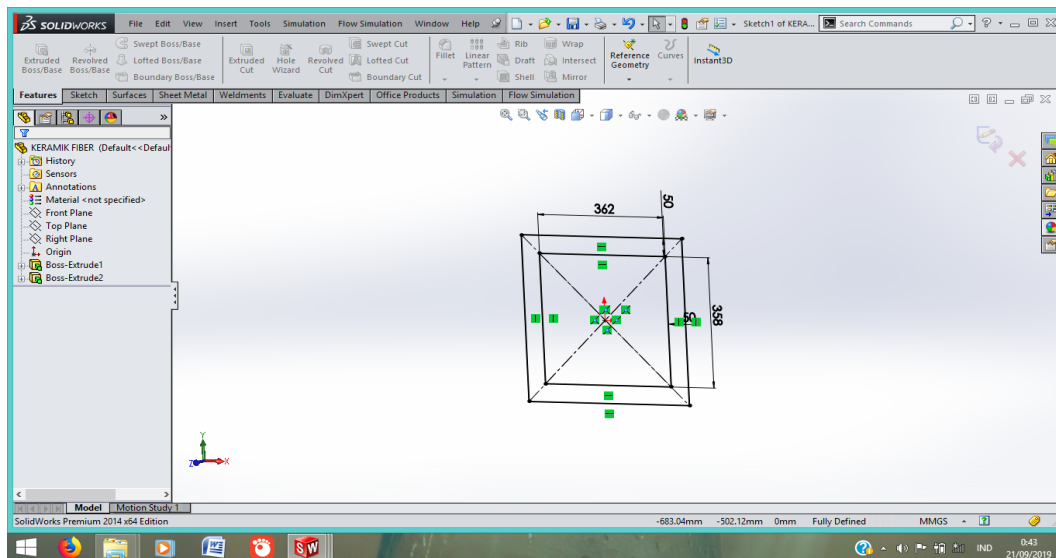
Gambar 4.8 Hasil Desain *Assembly* Kawat Kanthal

4.2.3 Perancangan Desain Keramik Fiber Pada Sisi Luar Batu SK 34

1. Desain Keramik Fiber

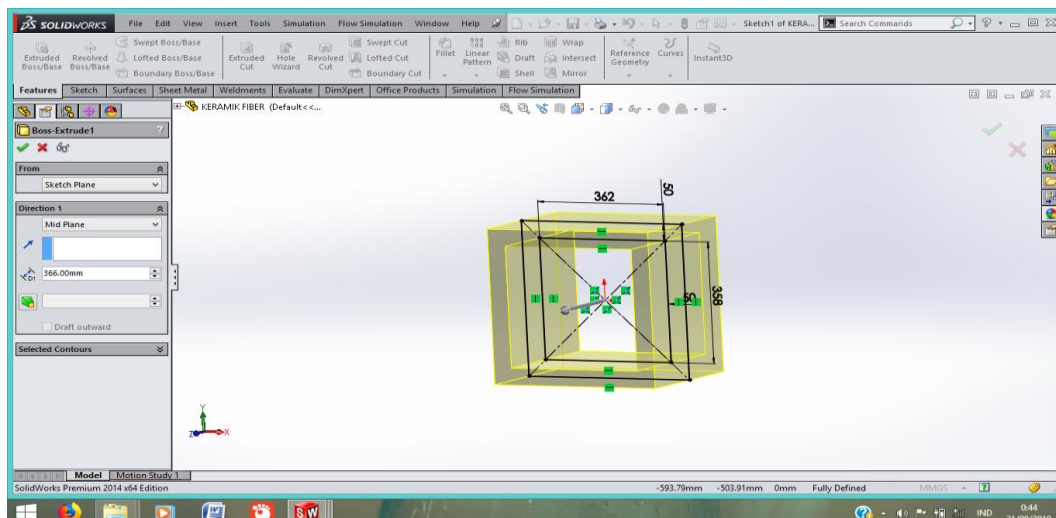
Desain keramik fiber menggunakan jenis material komposit serat aluminosilikat yang berukuran panjang 416 mm, lebar 362 mm, tinggi 358 mm, dan tebal 50 mm.

- Pada gambar 4.22 membuat *sketch* (ukuran) dengan memilih menu *smart dimension*.



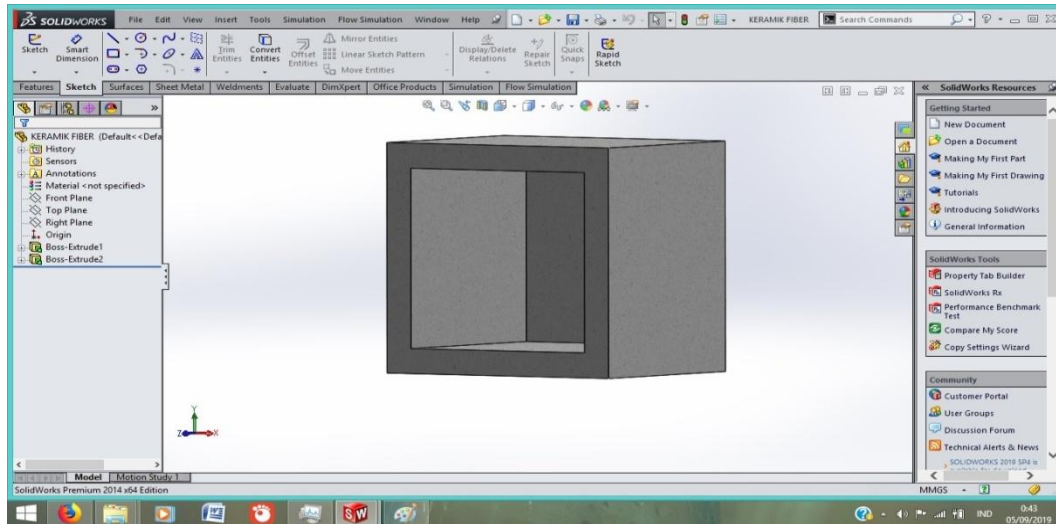
Gambar 4.22 *Sketch* Desain Keramik Fiber

- Kemudian pada gambar 4.23 membuat dimensi dengan memilih menu *extrude*.



Gambar 4.23 *Extrude* Desain Keramik Fiber

- Dan didapat hasil desain keramik fiber pada batu SK 34 seperti pada gambar 4.24 .

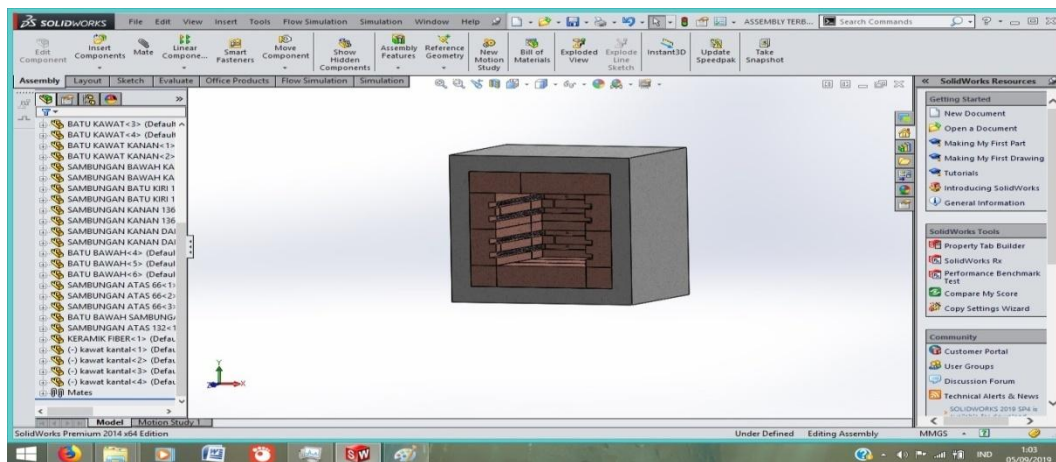


Gambar 4.24 Hasil Desain Keramik Fiber

2. Desain *Assembly* Keramik Fiber Pada Sisi Luar Batu SK 34

Setelah keramik fiber selesai didesain sesuai ukuran, gabungkan keramik fiber dengan sisi luar bati SK 34 seperti penjelasan gambar berikut :

- Pada gambar 4.25 menggabungkan desain keramik fiber dengan desain *assembly* batu SK 34 dengan posisi keramik fiber menempel pada sisi luar batu SK 34.



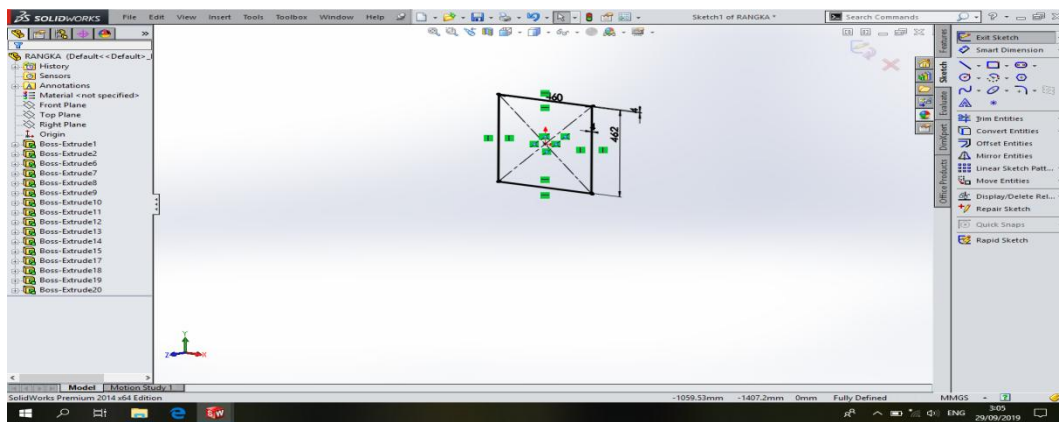
Gambar 4.25 Hasil Desain *Assembly* Keramik Fiber

4.2.4 Perancangan Desain Rangka Tungku

1. Desain Rangka Tungku

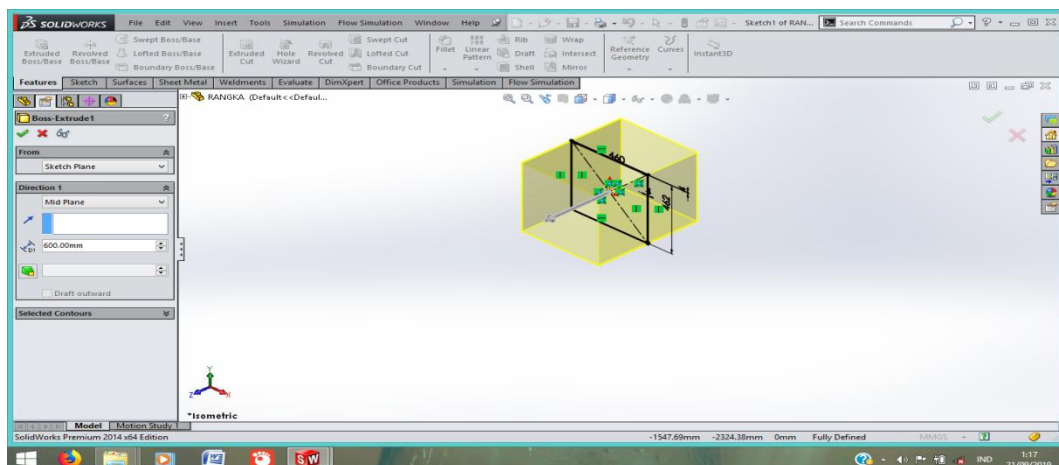
Desain rangka tungku menggunakan jenis material besi plat 4 mm dengan ukuran panjang 768 mm, lebar 474 mm, dan tinggi 1314 mm. Dengan penjelasan gambar sebagai berikut :

- Padan gambar 4.26 membuat *sketch* (ukuran) dengan memilih menu *smart dimension*.



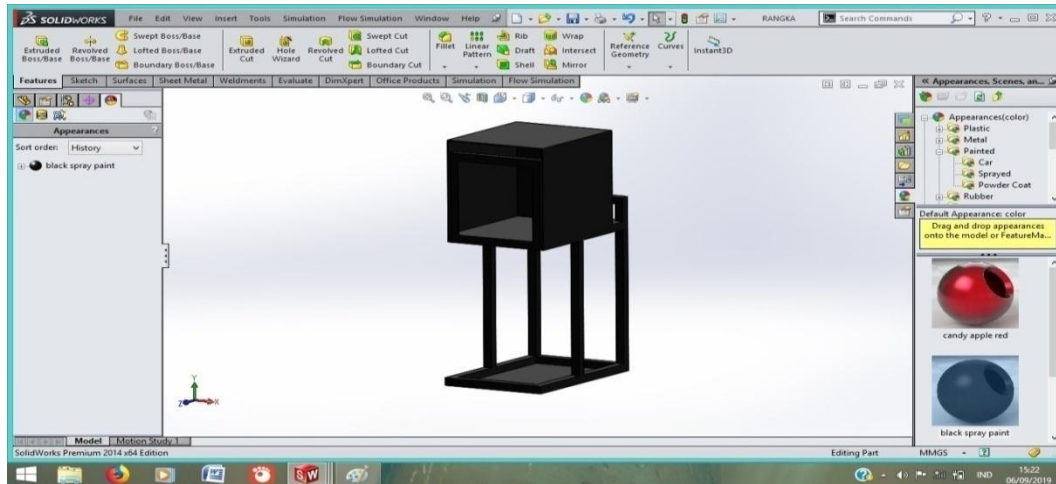
Gambar 4.26 *Sketch* Desain Rangka Tungku

- Kemudian pada gambar 4.27 membuat dimensi dengan memilih menu *extrude*.



Gambar 4.27 *Extrude* Desain Rangka Tungku

- Dan didapat hasil desain rangka tungku *heat treatment* seperti pada gambar 4.28 .

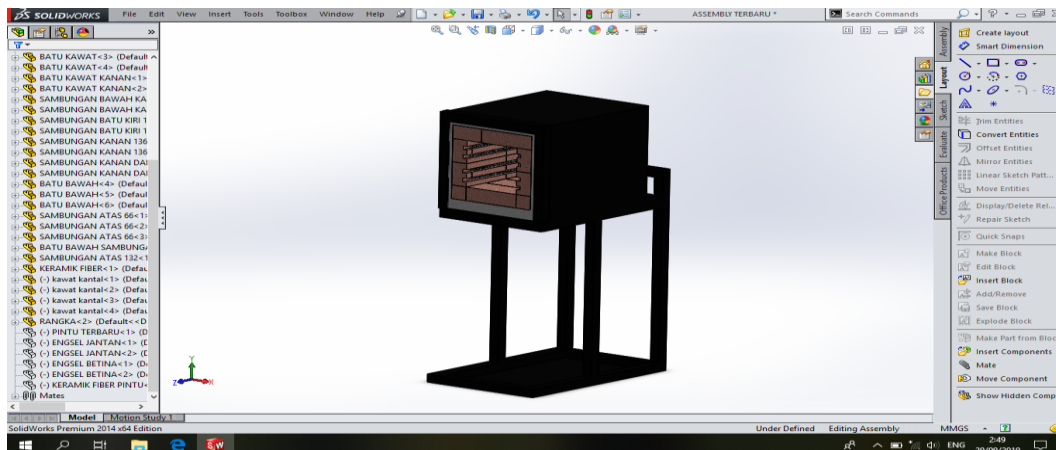


Gambar 4.28 Hasil Desain Rangka Tungku

2. Desain *Assembly* Rangka Tungku

Setelah desain rangka tungku selesai didesain sesuai dengan ukuran yang dibuat, masukkan desain tungku dan keramik fiber kedalam rangka tungku seperti penjelasan gambar berikut :

- Pada gambar 4.29 menggabungkan desain rangka tungku dengan desain *assembly* batu SK 34 dan keramik fiber dengan posisi rangka tungku menempel pada sisi luar keramik fiber.



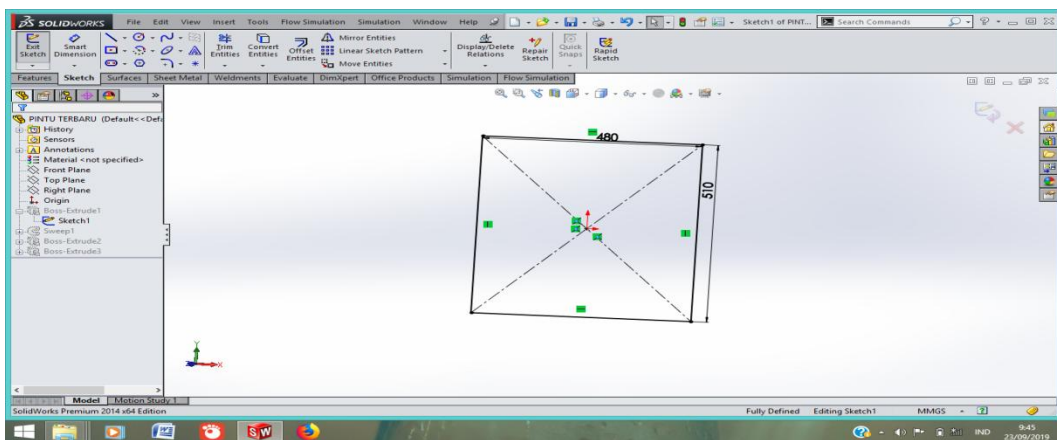
Gambar 4.29 Hasil Desain *Assembly* Rangka tungku

4.2.5 Perancangan Desain Rangka Tutup Tungku

1. Desain Rangka Tutup Tungku

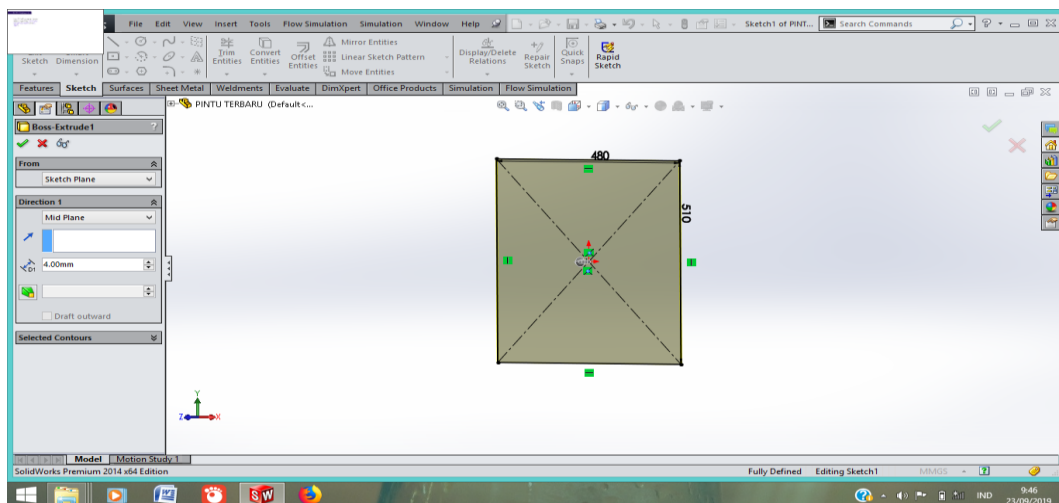
Desain rangka tutup tungku menggunakan jenis material yang sama dengan rangka tungku dengan ukuran panjang 44 mm, lebar 480 mm, dan tinggi 510 mm. Dengan penjelasan gambar sebagai berikut :

- Pada gambar 4.30 membuat *sketch* (ukuran) dengan memilih menu *smart dimension*.



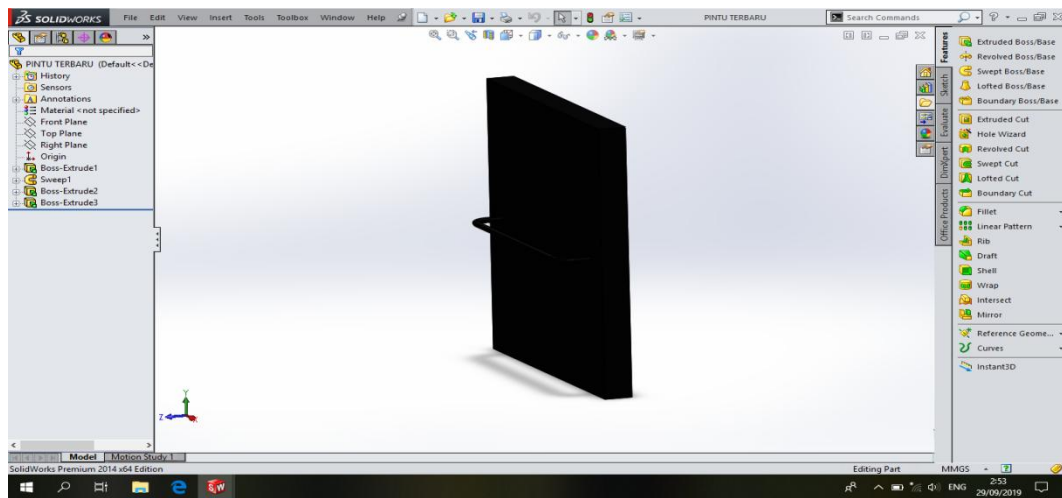
Gambar 4.30 *Sketch* Desain Rangka Pintu Tungku

- Kemudian pada gambar 4.31 membuat dimensi dengan memilih menu *extrude*.



Gambar 4.31 *Extrude* Desain Rangka Pintu Tungku

- Dan didapat hasil desain rangka pintu tungku *heat treatment* seperti pada gambar 4.32

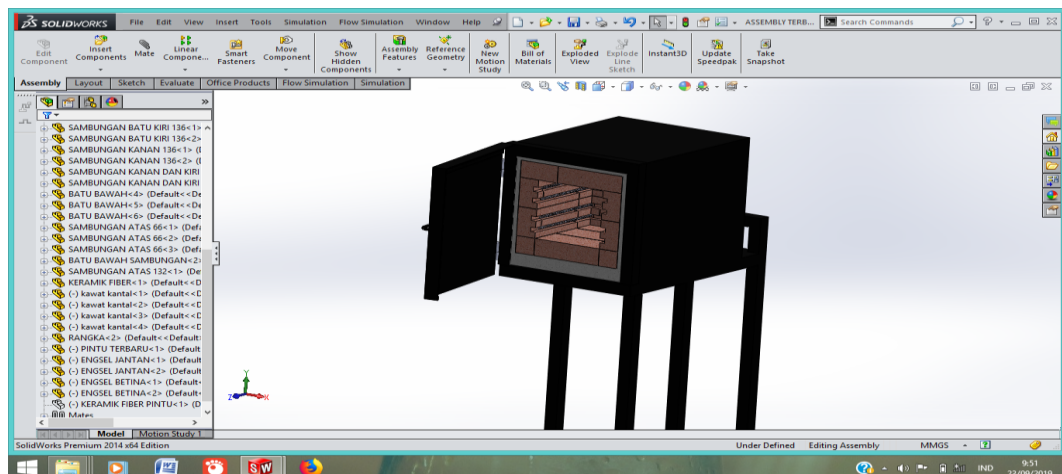


Gambar 4.32 Hasil Desain Rangka Tutup Pintu

2. Desain Assembly Rangka Tutup Tungku

Setelah desain tutup tungku selesai didesain sesuai dengan ukuran yang dibuat, gabungkan desain tutup tungku dengan rangka tungku seperti pada penjelasan gambar sebagai berikut :

- Pada gambar 4.33 menggabungkan desain pintu tungku dengan desain *assembly* batu SK 34, keramik, dan rangka tungku dengan posisi rangka pintu menempel di sisi luar kanan rangka tungku.



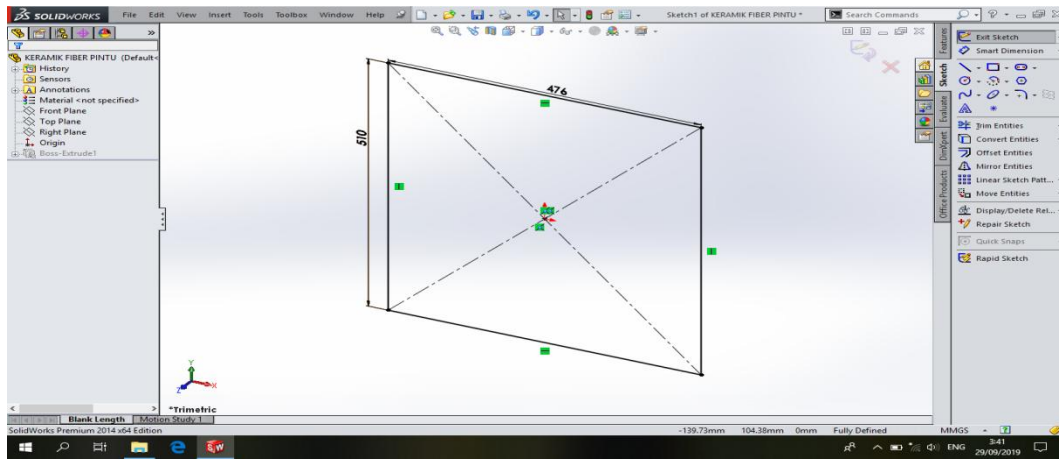
Gambar 4.33 Hasil Desain *Assembly* Rangka Pintu Tungku

4.2.6 Perancangan Desain Keramik Fiber Pada Rangka Pintu Tungku

1. Desain Keramik Fiber Pada Pintu Tungku

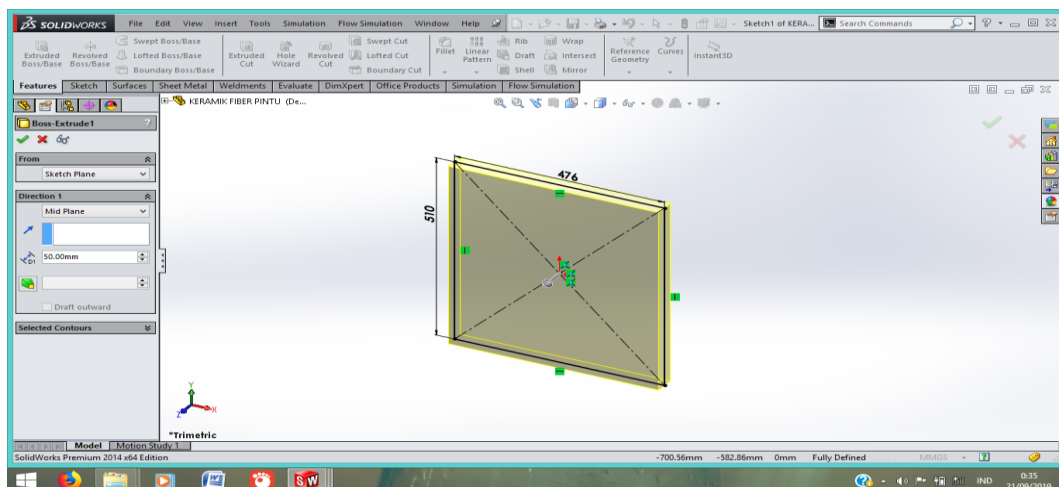
Desain keramik fiber pada rangka pintu tungku menggunakan jenis material komposit serat aluminosilikat yang berukuran tebal 50 mm, lebar 476 mm, tinggi 510 mm. Dengan penjelasan gambar sebagai berikut :

- Pada gambar 4.34 membuat *sketch* (ukuran) dengan memilih menu *smart dimension*.



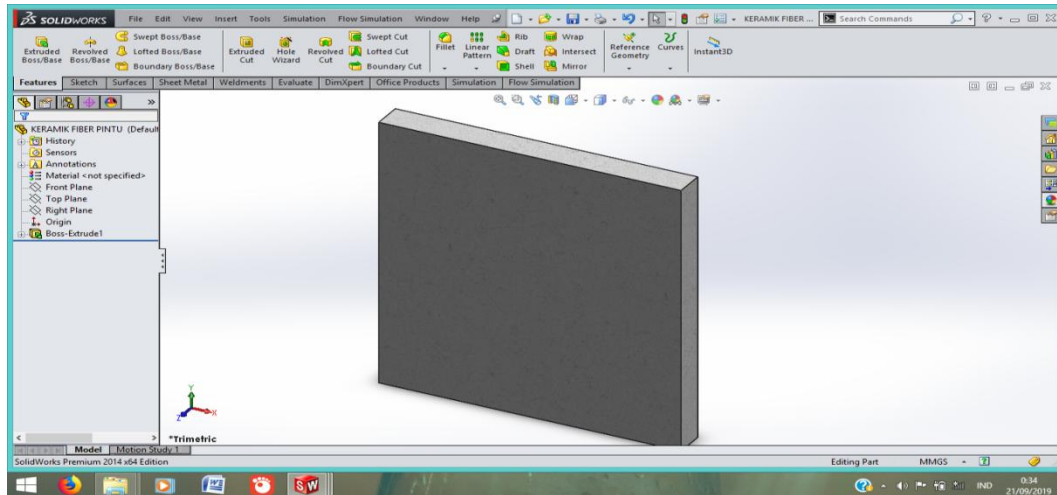
Gambar 4.34 *Sketch* Desain Keramik Fiber Rangka Pintu Tungku

- Kemudian pada gambar 4.35 membuat dimensi dengan memilih menu *extrude*.



Gambar 4.35 *Extrude* Desain Keramik Fiber Pada Rangka Pintu Tungku

- Dan didapat hasil desain keramik fiber pada rangka pintu tungku seperti pada gambar 4.36 .

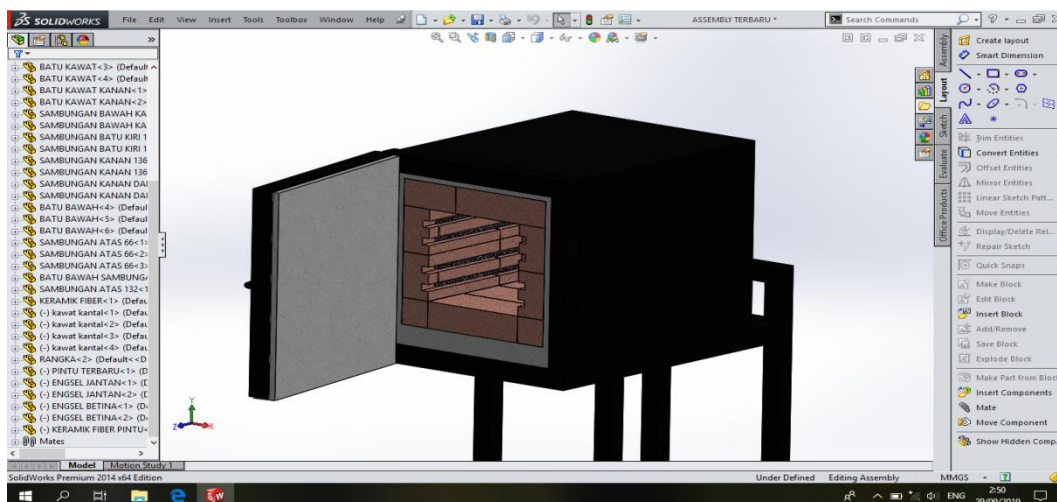


Gambar 4.36 Hasil Desain Keramik Fiber Pada Rangka Pintu Tungku

2. Desain *Assembly* Keramik Fiber Pada Rangka Pintu Tungku

Setelah desain keramik fiber pada rangka pintu tungku selesai didesain sesuai dengan ukuran yang dibuat, gabungkan desain keramik fiber dengan rangka pintu tungku seperti pada gambar penjelasan berikut :

- Pada gambar 4.37 menggabungkan desain keramik fiber dengan desain rangka pintu tungku dengan posisi keramik fiber menempel dan menutup rata sisi dalam desain rangka pintu tungku.

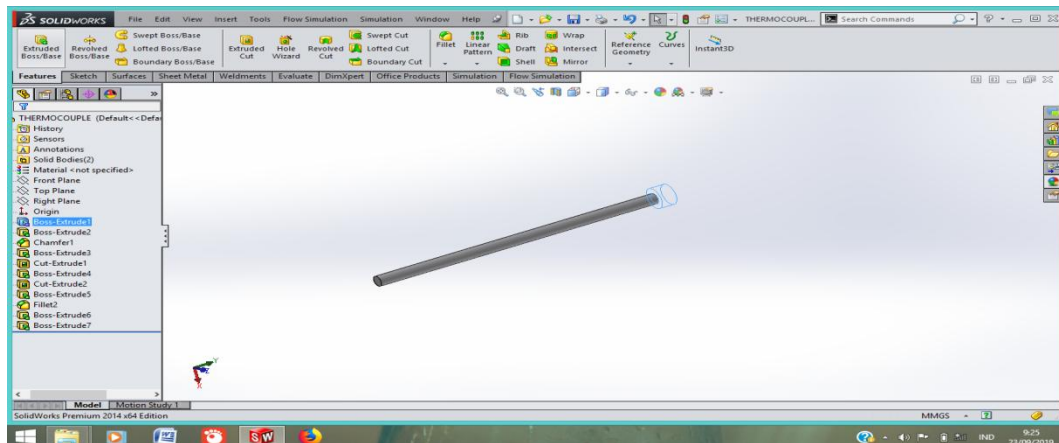


Gambar 4.37 Hasil Desain *Assembly* Keramik Fiber Pada Rangka Pintu Tungku

4.2.7 Perancangan Desain *Thermocouple*

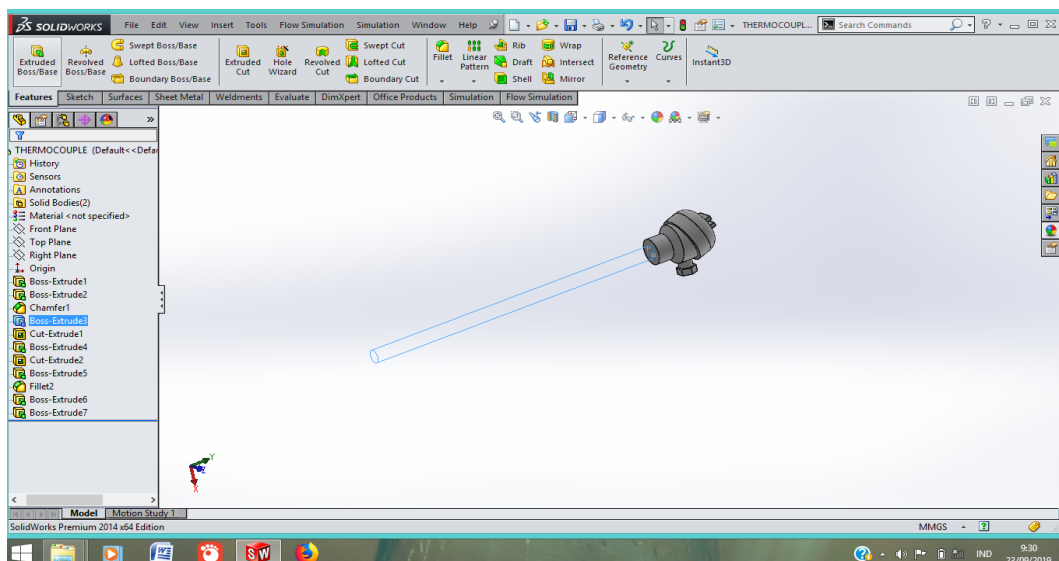
Desain *thermocouple* menggunakan jenis material *nickel-chromium* dengan ukuran panjang 280 mm, diameter batang 10 mm, diameter kepala 35 mm, dan panjang kepala *thermocouple* 50 mm. Dengan penjelasan gambar sebagai berikut :

- Pada gambar 4.38 membuat *sketch* batang *thermocouple* dengan diameter 10 mm dan panjang 230 mm.



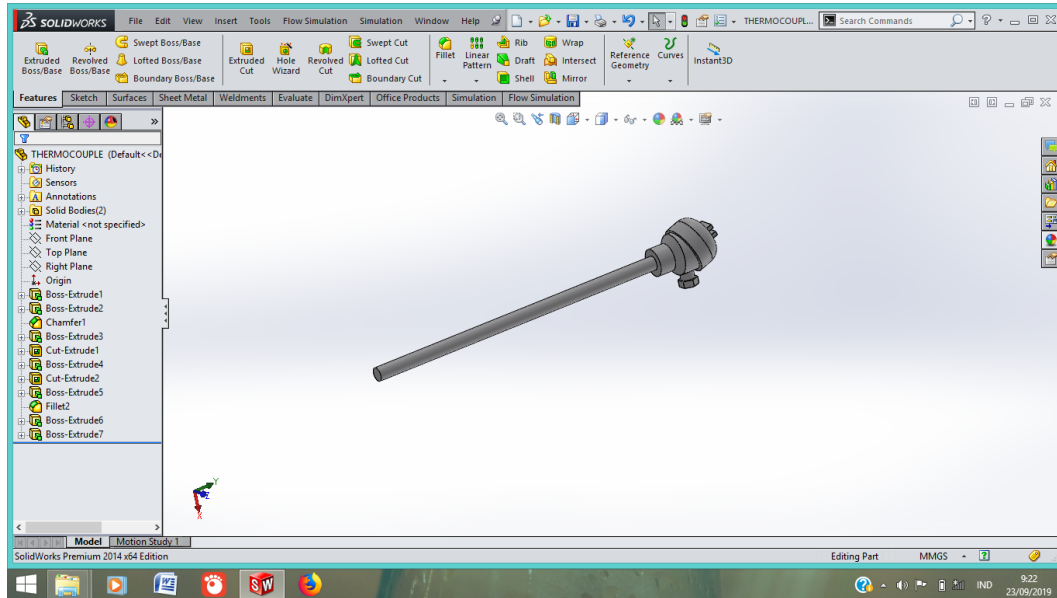
Gambar 4.38 *Sketch* Desain Batang *Thermocouple*

- Kemudian pada gambar 4.39 membuat *sketch* kepala *thermocouple* dengan diameter 35 mm, dan panjang 50 mm.



Gambar 4.39 *Sketch* Desain Kepala *Thermocouple*

- Kemudian menggabungkan batang *thermocouple* dan kepala *thermocouple* dengan memilih menu *assembly feature*. Dan didapat hasil desain *thermocouple* dengan panjang keseluruhan 330 mm seperti pada gambar 4.40 .



Gambar 4.40 Hasil Desain *Assembly Thermocouple*

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari perancangan tungku *heat treatment* ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada perancangan tungku *heat treatment* ini menggunakan *software solidworks 2014* dengan perancangan yang dilakukan selama 8 bulan telah mendapatkan hasil desain dengan beberapa jenis material dan dimensi sebagai berikut :
 - a. Batu SK34 dengan dimensi dan jenis material :
 - Panjang 366 mm
 - Lebar 332 mm
 - Tinggi 332 mm
 - Tebal 66 mm
 - Ruang pembakaran 300 mm x 200 mm x 200 mm
 - Jenis material yang digunakan adalah refraktori *castable*
 - b. Kawat Kanthal dengan dimensi dan jenis material :
 - Jenis kawat kanthal Kanthal Tipe D
 - Panjang kawat 6600 mm (6,6 m)
 - Diameter kawat 0,8 mm
 - Diameter Lilitan Kawat 8 mm
 - Tahanan jenis kawat 1,39 Ω mm²/m
 - Resistansi kawat :
 - * R = 18,83 Ω
 - * R₂₀ = 17,43 Ω
 - Panjang kawat yang dibutuhkan 6300 mm (6,3 m)
 - Besar daya 2570,36 W (2,570 KW)
 - Kuat arus 11,68 A
 - Jenis material yang digunakan adalah besi, kromium, dan aluminium
 - c. Keramik Fiber Pada Sisi Luar Batu SK 34 dengan dimensi dan jenis material :
 - Panjang 416 mm
 - Lebar 382 mm
 - Tinggi 408 mm
 - Tebal 50 mm
 - Jenis material yang digunakan adalah komposit aluminosilikat

- d. Rangka Tungku dengan dimensi dan jenis material :
 - Panjang 768 mm
 - Lebar 474 mm
 - Tinggi 1314 mm
 - Jenis material yang digunakan adalah besi plat 4 mm

- e. Rangka Pintu Tungku dengan dimensi dan jenis material :
 - Panjang 40 mm
 - Lebar 474 mm
 - Tinggi 510 mm
 - Jenis material yang digunakan adalah besi plat 4 mm

- f. Keramik Fiber Pada Rangka Pintu Tungku dengan dimensi dan jenis material :
 - Lebar 476 mm
 - Tinggi 510 mm
 - Tebal 50 mm
 - Jenis material yang digunakan adalah komposit aluminosilikat

- g. *Thermocouple* dengan dimensi dan jenis material :
 - Panjang 330 mm
 - Diameter batang 10 mm
 - Diameter kepala 35 mm
 - Panjang batang 280 mm
 - Panjang kepala 50 mm
 - Jenis material yang digunakan *nickel-chromium*

- 2. Dapat menghasilkan temperature kerja 800⁰C.
- 3. Sumber panas yang dihasilkan tungku *heat treatment* ini berasal dari kawat kanthal yang dialiri arus listrik.
- 4. Perancangan dapat digunakan sebagai bahan acuan dalam proses pembuatannya nanti.

5.2 Saran

Adapun saran dari penulis untuk evaluasi berikutnya dalam perancangan tungku *heat treatment* ini adalah sebagai berikut :

- a. Menguasai dasar – dasar perancangan terutama dalam menggunakan *software solidwoks*.
- b. Memahami jenis – jenis material yang digunakan dalam perancangan.

- c. Lebih mengembangkan perancangan tungku *heat treatment* dengan efektif dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhi Kamal Haq, Juhri Hendrawan, Ahmad Hasan Asyari (2017), Pengujian Kinerja Couple Thermoelektrik Sebagai Pendingin Prosesor. Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Gadjadara Mada Sekip Utara, Bulaksumur, Sinduadi, Mlati, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewah Yogyakarta 55281.
- Foundry Engineering (2015), Jenis – Jenis Tanur., *foundryengineeringp006.blogspot.com*.
- Hallstahammar, sweden (2013). KANTHAL AB. Box 502,SE-734 27, *www.kanthal.com*.
- Muhammad Rais Rahmat (2015) ,”Perancangan Dan Pembuatan Tungku *Heat Treatment*” Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 3, No.2. Universitas Islam 45 Bekasi.
- Tata Surdia,Shiroku Saito, Pradnya Paramita (1999) Pengetahuan Bahan Teknik.
- Qodri Kurniawan (2013), Elektrik Furnace (Tanur listrik) Metalurgi.
- Haris Suprastiyo, Prantasi Harmi Tjahjanti (2016) Pembuatan Electric Furnace Berbasis Mikrokontroler, Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo,Indonesia.
- <http://garispandang.blogspot.com/2011/03/jenis-jenis-proses-heat-treatment.html>. diakses pada tanggal 2/07/2019
- <http://tabunginfo.blogspot.com/2011/06/heat-treatment-process.html>. diakses pada tanggal 1/07/2019
- <http://kopijati.blogspot.com/2015/10/peleburan-logam-dengan-tanur-induksi.html>. diakses pada tanggal 22/06/2019
- <https://teknikelektronika.com/pengertian-termokopel-thermocouple-dan-prinsip-kerjanya/>. Diakses pada tanggal 31/08/2019
- <http://hima-tl.ppns.ac.id/teori-dasar-heat-treatment>. diakses pada tanggal 22/06/2019

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Dirham Rezki
NPM : 1407230138
Tempat/Tanggal Lahir : Sitinjak, 21-06-1996
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Status : Belum menikah
Alamat : LK VII Desa Sitinjak
 Kecamatan : Angkola Barat
 Kabupaten : Tapanuli Selatan
 Provinsi : Sumatera Utara
Nomor Hp : 085270426606
E-mail : dirhamrezkisilalahi@gmail.com
Nama Orang Tua
 Ayah : Abdul Holil Silalahi S.Sos
 Ibu : Febriyanti Siregar S.Pd

PENDIDIKAN FORMAL

2002-2008 : SD Negeri 103260 Sitinjak
2008-2011 : SMP Negeri 4 Padang Sidimpunan
2011-2014 : SMK Negeri 2 Padang Sidimpunan
2014-2019 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara