

TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
PERANCANGAN KONSTRUKSI PADA MESIN KUBUS
ES BERUKURAN KECIL

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun Oleh :

ERMAN LUBIS

1307230022



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017

LEMBAR PENGESAHAN - I
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR

PERANCANGAN KONSTRUKSI PADA MESIN
PEMBUAT KUBUS ES BERUKURAN KECIL

Disusun Oleh :

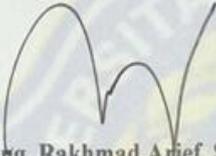
ERMAN LUBIS

1307230022

Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

Pembimbing – II


(Dr. Eng. Rakhmad Anjef Siregar)


(Sudirman Lubis, S.T., M.T)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin


(Affandi, S.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017

LEMBAR PENGESAHAN - II
TUGAS SARJANA
KONSTRUKSI DAN MANUFAKTUR
PERANCANGAN KONSTRUKSI PADA MESIN
KUBUS ES BERUKURAN KECIL

Disusun Oleh :

ERMAN LUBIS
1307230022

Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 5 Oktober 2017

Disetujui Oleh :

Pembanding - I

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

Pembanding - II

(Munawar Alfansury siregar, S.T., M.T)

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

(Afandi, ST)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2017



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Harap diperhatikan agar disebutkan
nomor dan tanggalnya

DAFTAR SPESIFIKASI
TUGAS SARJANA

Nama Mahasiswa : Erman lubis
NPM : 1307230022
Semester : IX (Sembilan)
SPESIFIKASI :

**PERANCANGAN KONSTRUKSI PADA MESIN KUBUS ES BERUKURAN
KECIL**

Diberikan Tanggal : 15 Juli 2017
Selesai Tanggal : 25 September 2017
Asistensi : 1 Minggu Sekali
Tempat Asistensi : Kampus UMSU

Medan, 25 September 2017

Diketahui oleh :

Ka. Program Studi Teknik Mesin

(Ajiandi, S.T.)

Dosen Pembimbing – I

(Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 - 6624567 -
6622400 - 6610450 - 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

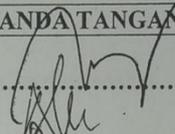
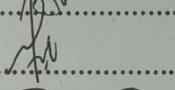
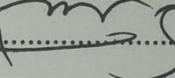
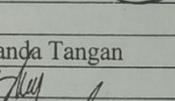
DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA

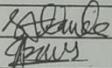
NAMA : Erman Lubis PEMBIMBING I : Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar
NPM : 1307230022 PEMBIMBING II : Sudirman Lubis, S.T., M.T

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
1.	22/7/17	Perbaiki bab 2	
2.	1/8/17	Lanjut Bab 3, Literatur	
3.	15/8/17	Perbaiki bab 3, Diagram Alir	
4.	22/8/17	Lanjutkan bab 4	
5.	5/9/17	Perbaiki tabel, Perbaiki bab 4	
6.	25/9/17	Lanjut Pemb II	
		All	

**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2017 – 2018**

Peserta Seminar
 Nama : Erman Lubis
 NPM : 1307230022
 Judul Tugas Akhir : Perancangan Konstruksi Pada Mesin Pembuat Kubus Es Berukuran Kecil.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : DR.Rakhmad Arief Srg.M.Eng	: 
Pembimbing – II : Sudirman Lubis.S.T.M.T	: 
Pembanding – I : H.Muharnif.S.T.M.Sc	: 
Pembanding – II : Munawar A Siregar.S.T.M.T	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1307230074	MHD. REZA PRUDITHYIA	
2	1007230065	AEO. FANDITRA	
3	1307230076	Satvia Nanda	
4	1307230043	AHMAD PALZAN LUBIS	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 14 Muharram 1439 H
 04 Oktober 2017 M

Ketua Prodi T. Mesin

Affandi.S.T



**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Erman Lubis
NPM : 1307230022
Judul T.Akhir : Perancangan Konstruksi Pada Mesin Pembuat Kubus Es Be
Ukuran Kecil.

Dosen Pembimbing - I : DR.Raklmad Arief Srg.S.T.M.Eng
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pemanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pemanding - II : Munawar A Siregar.S.T.M.,T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
- ② Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....
Lihat buku Skripsi
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 14 Muharram 1431
04 Oktober 2017

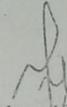
Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Affandi.S.T.M.



Dosen Pemanding- I

H.Muharnif.S.T.M.Sc



DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Erman Lubis
NPM : 1307230022
Judul T.Akhir : Perancangan Konstruksi Pada Mesin Pembuat Kubus Es Ber-
Ukuran Kecil.

Dosen Pembimbing - I : DR.Rakhmad Arief Srg.S.T.M.Eng
Dosen Pembimbing - II : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen Pembanding - II : Munawar A Siregar.S.T.M.,T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

- latar belakang, Rumus dan batasan masalah serta gaya dan desain Perancangan

3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 14 Muharram 1439H
04 Oktober 2017 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin



Dosen Pembanding- II

Munawar A Siregar
Munawar A Siregar.S.T.M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Erman Lubis
Tempat/Tgl Lahir : Medan, 09 Mei 1993
NPM : 1307230022
Bidang Keahlian : Konstruksi Dan Teknik Manufaktur
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas sarjana (skripsi) saya ini yang berjudul :

**PERANCANGAN KONSTRUKSI PADA MESIN KUBUS ES
BERUKURAN KECIL.**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang 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 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, 25 September 2017

Saya yang menyatakan,



ERMAN LUBIS

ABSTRAK

Mesin pendingin merupakan salah satu mesin yang mempunyai fungsi utama untuk mendinginkan zat sehingga temperaturnya lebih rendah dari temperatur lingkung. Komponen utama dari mesin pendingin yaitu kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator, serta refrigerant sebagai fluida kerja yang bersirkulasi pada bagian-bagian mesin pendingin. Rangka merupakan salah satu bagian penting pada mesin pembuat es yang harus mempunyai konstruksi kuat untuk menahan beban dari tiap tiap komponen mesin pendingin. Tujuan penelitian adalah mengembangkan konstruksi pada mesin kubus es yang sederhana sehingga terjangkau bagi industri kecil nantinya. Metode penelitian diawali dengan merancang konstruksi mesin pada mesin pembuat kubus es berukuran kecil, dalam kapasitas 1,35 kg dengan waktu pembekuan sekitar 2 jam. Mesin pembuat kubus es berukuran kecil dirancang sedemikian rupa sehingga dapat digunakan sebagai alat pembuat es kubus. Dari hasil penelitian ini merancang konstruksi sekaligus memanutfaktor sebuah mesin pembuat kubus es berukuran kecil.

Kata Kunci : *Perancangan, Konstruksi*

ABSTRACT

The cooling machine is one of the machines that has the main function to cool the substance so that its temperature is lower than the temperature of the environment. The main components of the cooling machine are compressor, condenser, expansion and evaporator, and refrigerant as the working fluid circulating in the cooling machine parts. Frames are an essential part of ice-making machines that must have strong construction to withstand the load of each of the cooling machine components. The aim of the research is to develop a construction on a simple ice cube machine that is affordable for the small industry later on. Research method begins by designing machine construction on small ice cube making machine, in the capacity of 1.35 kg with freezing time about 2 hours. The small ice cube maker machine is designed so that it can be used as a cube ice maker. From the results of this study designed the construction as well as manufacturing a small ice cube making machine.

Keywords : *Design, Construction*

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Sarjana ini dengan lancar. Tugas sarjana ini merupakan tugas akhir bagi mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam menyelesaikan studinya.

Untuk memenuhi syarat tersebut penulis dengan bimbingan daripada dosen pembimbing merencanakan sebuah

“Perancangan Konstruksi Pada Mesin Kubus Es Berukuran Kecil”

Dalam menyelesaikan tugas ini penulis banyak mengalami hambatan dan rintangan yang disebabkan minimnya pengetahuan dan pengalaman penulis, namun berkat petunjuk Allah SWT yang terus-menerus hadir dan atas kerja keras penulis, dan atas banyaknya bimbingan dari pada dosen pembimbing, serta bantuan moril maupun materil dari berbagai pihak akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas sarjana.

Untuk itu penulis pada kesempatan ini menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua tercinta penulis yaitu Ayahanda Saparudin Lubis dan Ibunda Turiah telah membesarkan, mengasuh, mendidik, serta senantiasa memberikan kasih sayang, do'a yang tulus, dan dukungan moril maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr.Eng.Rakhmad Arief Siregar selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak H.Muharnif M, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak Rahmatullah, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Affandi, S.T. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Keluarga besar Lab Teknik Mesin UMSU yang telah memberikan semangat dan do'a yang tulus baik secara moril maupun materil kepada penulis.
12. Seluruh teman-teman seperjuangan stambuk 2013 yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi dan do'a yang tulus kepada penulis.

13. Seseorang yang terkasih yaitu Afiya Luthfa, S.P. yang selalu mendoakan, memberikan motivasi, dan dukungan tiada henti kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas ini masih jauh dari sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati dan penuh lapang dada penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan tugas sarjana ini.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tugas sarjana ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT selalu merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amin Ya Rabbal Alamin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 23 September 2017

Penulis

Erman Lubis
1307230022

DAFTAR ISI

LEMBAR PRNGESAHAN I	
LEMBAR PENGEAHAN II	
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	
LEMBAR ASISTENSI TUGAS SARJANA	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR SIMBOL	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Analisa Perancangan	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Mesin Pendingin	5
2.2 Fungsi Mesin Pendingin	5
2.3 Komponen Mesin Pendingin	6
2.3.1 Kompresor Unit	6
2.3.2 Kondensor	7
2.3.3 Evaporator	8
2.3.4 Katup Ekspansi	9
2.3.5 Pipa Kapiler	9
2.3.6 Fan Motor	10
2.3.7 Accumulator	11
2.3.8 Thermostat	11
2.4 Refrigerant	12
2.5 Siklus Pendinginan	12
2.6 Pertimbangan-Pertimbangan Dalam Perancangan Konstruksi	16
2.7 Gaya, Resultan Gaya, Momen & Tumpuan	19
2.7.1 Gaya	20
2.7.2 Resultan Gaya	21
2.7.3 Momen	21
2.7.4 Tumpuan	22
2.8 Pengertian Merancang	24
2.9 Perancangan	24
2.10 Rancangan Konseptual	26
2.11 Perencanaan dan Gambar Teknik	27
2.12 Rangka Perencanaan Kontruksi	28
BAB 3. METODEODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Tempat dan Waktu	30

3.2	Alat dan Bahan	31
3.2.1	Alat	31
3.2.2	Bahan	34
3.3	Diagram Alir	36
3.3.1	Penjelasan Diagram Alir	37
3.4	Konsep Desain Rancangan Mesin Kubus Es	38
3.5	Prosedur Perancangan Dari Mesin Kubus Es	38
3.6	Prosedur Pengujian Mesin Kubus Es	39
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Konsep Desain Perancangan Mesin Kubus Es	41
4.1.1	Pemilihan Konsep Desain	44
4.1.2	Uraian Pemilihan Konsep	45
4.1.3	Hasil Desain Menggunakan Software Catia	46
4.2	Hasil Analisa	47
4.2.1	Kapasitas Mesin Pembuat Kubus Es	47
4.2.2	Pembebanan Yang Terjadi Pada Rangka	47
4.3	Biaya Perancangan Mesin Kubus Es Berukuran Kecil	56
4.4	Spesifikasi Rancangan Mesin Kubus Es Berukuran Kecil	57
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	KompresorHermatic	7
Gambar 2.2.	Kondensor	8
Gambar 2.3.	Evaporator	8
Gambar 2.4.	KatupEkspansi	9
Gambar 2.5.	PipaKapiler	10
Gambar 2.6.	Fan Motor	10
Gambar2.7.	Accumulator	11
Gambar2.8.	Thermostat	12
Gambar2.9.	SiklusPendinginanMesinPendingin	13
Gambar2.10.	KontruksiSaringan	14
Gambar 2.11.	Perumpamaan Gaya Tekan Yang Terjadi	18
Gambar 2.12.	Gaya	20
Gambar 2.13.	Resultan Gaya	21
Gambar 2.14.	Momen	21
Gambar 2.15.	Tumpuan	22
Gambar 2.16.	TumpuanSendi	22
Gambar 2.17.	TumpuanRol	23
Gambar 2.18.	TumpuanJepit	23
Gambar 3.1.	Mesin Las Listrik	31
Gambar 3.2.	GerendaTangan	31
Gambar 3.3.	Mesin Las ElpijiOksigen	32
Gambar 3.4.	MesinBor	32
Gambar 3.5.	Meteran Dan RolSiku	33
Gambar 3.6.	AlatPenekuk Plat	33
Gambar 3.7.	BesiSikuGalvalum	34
Gambar 3.8.	Stainless Steel	34
Gambar 3.9.	Plat Tembaga	35
Gambar 3.10.	Diagram Alir	36
Gambar 4.1.	Konsep1 Desain Perancangan	41
Gambar 4.2.	Konsep 2 Desain Perancangan	42
Gambar 4.3.	Konsep 3 Desain Perancangan	43
Gambar 4.4.	PemilihanKonsep	45
Gambar 4.5.	HasilDesain Software Catia	46
Gambar 4.6.	BagianRangka Yang MenahanBebanEvporator	47
Gambar 4.7.	Pembebanan EvaporatorYang TerjadiPadaRangka	48
Gambar 4.8.	Gaya Yang TerjadiPadaBatang Yang Menopang Evaporator	48
Gambar 4.9.	Diagram Geser	49
Gambar 4.10.	DiagramMomen	51
Gambar 4.11.	Titik CG PadaBesiProfil L Dimensi 27 x 27 x 3 mm	51
Gambar 4.12.	Titik CG PadaBesiProfil L Dimensi 37 x 37 x 3 mm	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 TimeLine Kegiatan	30
Tabel 4.1 Pemilihan Konsep Desain	44
Tabel 4.2 Biaya Perancangan Mesin Kubus Es Berukuran Kecil	54
Tabel 4.3 Spesifikasi Rancangan	55

DAFTAR SIMBOL

σ_{ijin}	= Tegangan tarik maksimum bahan (N/mm)
Fos	= Faktor keamanan
F	= Beban atau Gaya yang terjadi (N)
l	= Jarak antara gaya dengan salah satu tumpuan (mm)
R _{Ay} dan R _{By}	= Resultan gaya pada titik A dan B (N)
$\sum M_A$	= Momen yang terjadi pada titik A (N)
$\sum M_B$	= Momen yang terjadi pada titik B (N)
I	= Inersia mm^4
b	= lebar benda (mm)
h	= tinggi benda (mm)
σ	= Tegangan pada rangka (N/mm)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan akan adanya penikmat es waktu sekarang ini mengalami kemajuan yang pesat, hal ini ditandai dengan berbagai jenis mesin produksi pembuat *ice tube* yang dulunya hanya pembuatan es menggunakan media plastik sebagai pembuat es batu yang dibekukan melalui freezer. Perkembangan *ice tube* disebabkan karena adanya sebuah mesin es yang di produksi oleh pabrikan seperti ice-o matic. Alat tersebut memiliki harga-nya yang jauh lebih mahal dengan konstruksi yang terlalu besar .

Didasari oleh permasalahan yang ada maka, perlu dilakukan tindakan lebih lanjut baik penelitian atau rancang konstruksi mesin pembuat kubus es. Disamping itu juga diperlukan pengenalan teknik industri mesin pembuat *ice tube* kepada masyarakat sehingga industri skala kecil bisa dikembangkan. Perancangan bertujuan untuk mengembangkan konstruksi pada mesin kubus es yang lebih ekonomis agar dapat dimanfaatkan untuk industri kecil atau rumahan dalam menghasilkan produk es kubus. Melalui perancangan diharapkan menghasilkan konstruksi yang sederhana sehingga terjangkau bagi industri kecil nantinya. Mesin pembuat *ice tube* yang selama ini memiliki konstruksi yang besar dan harganya relatif mahal.

Rangka merupakan salah satu bagian penting pada mesin pembuat es yang harus mempunyai konstruksi kuat untuk menahan atau memikul beban dari tiap tiap komponen mesin pendingin Semua beban diletakan di atas rangka. Oleh karena itu setiap konstruksi rangka harus mampu untuk menahan semua beban

dengan konstruksi mesin yang lebih sederhana, untuk sebuah konstruksi pada rangka mesin pembuat kubus es sendiri harus memiliki kekuatan, ringan dan mempunyai nilai tegangan yang terjadi pada rangka.

Mengingat peranan mesin pendingin yang sangat penting di saat sekarang ini, maka penulis berkeinginan untuk merancang konstruksi pada mesin kubus es berukuran kecil. Mesin kubus es ini dirancang menyatu antara pipa evaporator atau pipa pendingin dengan cetakan es kubusnya, sebagai wadah tempat air yang berfungsi sebagai proses pembekuan air dengan kapasitas 1,35 kg dalam perkiraan waktu sekitar 2 jam untuk waktu pembekuan yang terjadi. Konstruksi pada evaporator di rancang diatas agar bilamana ketika air berubah wujud jadi beku maka es kubus akan jatuh dengan sendirinya kedalam wadah penampung es kubus.

Maka berdasarkan uraian di atas, penulis melatar belakangi untuk melakukan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul **Perancangan Konstruksi pada Mesin Kubus Es Berukuran Kecil.**

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diteliti dalam tugas akhir ini adalah perancangan konstruksi pada mesin kubus es dengan skala kecil dan kebutuhan rumah tangga.

1.3. Batasan Masalah

Karena luasnya permasalahan pada perancangan konstruksi pada mesin pembuat kubus es berukuran kecil, penulis merasa perlu untuk membatasi masalah yang akan dibahas dalam laporan ini, mengingat keterbatasan waktu, tempat, kemampuan dan pengalaman.

Adapun batasan masalah dari perancangan ini adalah :

1. Merancang dan menggambar konstruksi pada mesin kubus es berukuran kecil.
2. Menerapkan gambar terbaik pada konstruksi mesin kubus es berukuran kecil.
3. Mendesain rancangan konstruksi pada mesin kubus es berukuran kecil dengan menggunakan software catia.

1.4. Tujuan Analisa Perancangan

1.4.1. Tujuan Umum

Tujuan perancangan ini adalah merancang konstruksi dari mesin kubus es berukuran kecil.

1.4.2. Tujuan Khusus

1. Untuk membangun konsep konstruksi pada mesin kubus es.
2. Untuk menganalisa konstruksi dan bahan rancangan mesin kubus es.
3. Untuk menggambar konstruksi dan mensimulasi konsep terbaik berdasarkan tegangan yang terjadi.
4. Untuk mengevaluasi hasil rancangan konstruksi terbaik berdasarkan tegangan yang terjadi pada rangka

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari perancangan konstruksi pada mesin pembuat kubus es berukuran kecil adalah sebagai berikut :

1. Diharapkan dapat menentukan bahan yang cocok untuk perancangan konstruksi pada mesin kubus es berukuran kecil.
2. Diharapkan dapat mengetahui dalam perancangan konstruksi pada mesin kubus es berukuran kecil.

3. Dengan membuat mesin kubus es berukuran kecil, diharapkan dapat mengetahui cara kerja dari alat tersebut.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini berdasarkan format yang telah ditentukan yang diawali pada lembaran pengesahan, lembar asistensi, kata pengantar, daftar isi, daftar table, daftar gambar, abstraksi. Adapun sistematis penulisan laporan ini dibagi menjadi 5 bab. Bab 1 menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan analisa perancangan, manfaat, sistematika penulisan. Bab 2 menjelaskan mengenai tinjauan pustaka yang berisi mengenai teori singkat dari perancangan. Bab 3 menjelaskan mengenai metodologi penelitian. Bab 4 menjelaskan mengenai data dan analisa pada perancangan. Bab 5 menjelaskan mengenai kesimpulan dari perancangan dan saran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Mesin Pendingin

Mesin pendingin merupakan salah satu mesin yang mempunyai fungsi utama untuk mendinginkan zat sehingga temperaturnya lebih rendah dari temperatur lingkungan. Komponen utama dari mesin pendingin yaitu kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator, serta *refrigerant* sebagai fluida kerja yang bersirkulasi pada bagian-bagian mesin pendingin. Secara jelasnya, mesin pendingin merupakan peralatan yang digunakan dalam proses pendinginan suatu material (fluida) sehingga mencapai temperatur dan kelembaban yang diinginkan dengan menyerap panas (kalor).

Mesin pendingin adalah rangkaian yang mampu berkerja untuk menghasilkan suhu atau temperatur dingin. Mesin pendingin biasanya berupa *refrigerator, freezer, air conditioner*. Adapun proses kerjanya adalah penguapan. Untuk mendapatkan penguapan diperlukan gas (udara) yang mencapai temperatur tertentu (panas). Setelah udara tersebut panas diubah agar kehilangan panas, maka timbullah temperature lebih rendah (dingin).

2.2 Fungsi Mesin Pendingin

Secara umum mesin pendingin mempunyai fungsi sebagai berikut, yaitu :

1. Menjaga temperatur udara yang berada pada suatu ruangan.
2. Menyimpan bahan makanan atau sayuran agar tidak dapat busuk dan selalu segar (*fresh*).
3. Menyerap kalor yang ada pada suatu ruangan.

2.3 Komponen Mesin Pendingin

2.3.1 Kompresor Unit

Kompresor unit adalah suatu unit mesin yang terdiri atas sebuah kompresor dan sebuah Elektro motor (Karyanto dan.Emon Paringga, 2003 : 72) didalam kompresor terdapat piston. Piston bertugas untuk menghisap dan menekan *refrigerant* agar beredar dalam sistem pendinginan.

Motor elektro atau penggerak bertugas membuat gerakan translasi piston.

Kompresor pada sistem refrigerasi gunanya untuk:

- a. Menurunkan tekanan di dalam evaporator, sehingga bahan pendingin cair di evaporator dapat mendidih/menguap pada suhu yang paling rendah dan menyerap panas lebih banyak dari ruang didekat evaporator.
- b. Menghisap bahan pendingin gas dari evaporator dengan suhu rendah dan tekanan rendah lalu memampatkan gas tersebut sehingga menjadi gas suhu tinggi dan tekanan tinggi. Kemudian mengalirkannya ke kondensor, sehingga tersebut dapat memberikan panasnya kepada zat yang mendinginkan kondensor lalu mengembun.

Unit kompresor berdasarkan konstruksinya dibedakan menjadi tiga (Sumanto, 2000: 1), yaitu jenis terbuka (*open unit*), semi hermatic, dan hermatic. Kompresor jenis terbuka antara piston dan motornya terpisah. Motor digunakan untuk memutar piston melalui sabuk (*belt*). Kompresor semi hermatic antara piston dan motor berdiri sendiri tetapi masih dalam satu rumah/dudukan. Untuk menggerakkan kompresor tidak menggunakan sabuk, karena poros motor dihubungkan langsung dengan poros piston. Kompresor hermatic antara motor dan kompresornya benar-benar menjadi satu unit yang tertutup rapat.

Kompresor yang digunakan untuk menyusun mesin ini adalah jenis hermatic, karena bentuk jenis kompresor hermatik lebih ringkas dan memerlukan tempat lebih kecil dari pada tipe/jenis yang lain dan mempunyai putaran yang konstan (Karyanto dan Emon Paringga, 2003: 80).



Gambar 2.1 kompresor Hermatic

2.3.2. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk mengubah *refrigerant* yang mempunyai fase atau wujud uap menjadi cair pada tekanan konstan (sebagai alat pengembun *refrigerant*). Kondensor terdiri dari *coil* dan *fin* yang berfungsi mendinginkan *refrigerant* ketika udara tertiuap diantaranya, sejumlah kalor yang terdapat pada *refrigerant* dilepaskan ke udara bebas dengan bantuan kipas (fan motor).

Kondensor merupakan tempat terjadinya perpindahan panas (Ricky Gunawan, 1988 : 169). Panas dari gas *refrigerant* menerobos dinding saluran kondensor ke media pendingin kondensor. Hilangnya panas yang terkandung gas *refrigerant* menyebabkan uap *refrigerant* berubah menjadi zat cair.

Sirkulasi udara sebagai media pendingin kondensor dapat terjadi secara alamiah dan paksaan. Sirkulasi terjadi secara alamiah jika jumlah udara yang

melewati kondensor lebih sedikit karena permukaan kondensor relatif agak lebar. Kondensor berpendinginan udara cocok dipakai pada *refrigerator* dan *freezer* (Ricky Gunawan, 1988 : 174).



Gambar 2.2 Kondensor

2.3.3. Evaporator

Evaporator adalah salah satu komponen utama dari sistem pendingin, didalamnya mengalir cairan *refrigerant* yang berfungsi sebagai penyerap panas dari udara luar sehingga *refrigerant* berubah fase menjadi uap, zat pendingin cair dari *receiver drier* dan kondensor harus dirubah kembali menjadi gas dalam evaporator. panas dari produk yang didinginkan sambil berubah phasa (Ricky Gunawan. 1988 : 126). Temperatur *refrigerant* di dalam evaporator selalu lebih rendah dari pada temperatur sekelilingnya sehingga temperatur sekelilingnya dapat diserap oleh *refrigerant*.



Gambar 2.3 Evaporator

2.3.4. Katup Ekspansi

Katup ekspansi mempunyai fungsi untuk menguapkan cairan *refrigerant* agar mudah menguap jika mendapat panas, tekanan zat pendingin yang berbentuk cair dari kondensor, saringan harus diturunkan supaya zat pendingin menguap. Dengan demikian penyerapan panas dan perubahan bentuk zat pendingin dari cair menjadi gas akan berlangsung dengan sempurna sebelum keluar evaporator. Untuk itulah pada saluran masuk evaporator di pasang katup ekspansi, bekerjanya katup ekspansi diatur sedemikian rupa agar membuka dan menutup katup sesuai dengan temperatur evaporator atau tekanan di dalam sistem.



Gambar 2.4 Katup Ekspansi (yogiprasetyo,2009)

2.3.5 Pipa Kapiler

Pipa kapiler berfungsi untuk menurunkan tekanan cairan bahan pendingin sebelum masuk ke evaporator, pipa kapiler dipasang setelah komponen filter drier (*strainer*), dengan dililitkan. Tujuan melilitkan pipa kapiler, yang panjang jadi pendek dan lebih simpel. Selain itu, agar terjadi perpindahan panas antara isi pipa kapiler berupa cairan bahan pendingin dan uap di dalam pipa yang menuju ke kompresor.



Gambar 2.5 Pipa Kapiler

2.3.6. Fan Motor

Fan motor atau kipas angin berguna untuk menghembuskan angin, pada mesin pendingin. ada dua jenis fan yaitu :

a. Fan motor evaporator

Fan motor evaporator berfungsi menghembuskan udara dingin dari evaporator ke seluruh bagian – bagian yang akan di dinginkan.

b. Fan motor kondensor

Fan motor kondensor ialah fan motor yang diletakkan pada bagian belakang kondensor yang berfungsi untuk menghembuskan udara, mmendorong udara atau menghisap udara panas yang berasal dari kondensor agar kondensor tidak terlalu panas.



Gambar 2.6 Fan Motor

2.3.7 Accumulator

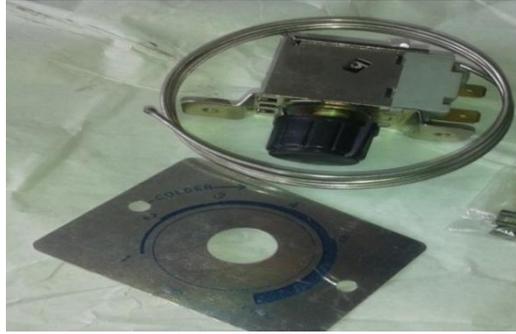
Accumulator berfungsi sebagai penampung sementara *refrigerant* cair bertemperatur rendah dan campuran minyak pelumas evaporator. Selain itu, accumulator juga berfungsi mengatur sirkulasi aliran bahan *refrigerant* agar bisa keluar masuk melalui saluran yang terdapat di bagian atas accumulator menuju ke saluran hisap kompresor. Untuk mencegah agar *refrigerant* cair tidak mengalir ke kompresor, accumulator mengkondisikan wujud *refrigerant* tetap dalam wujud gas, sebab ketika wujud *refrigerant* berbentuk gas akan lebih mudah masuk ke dalam kompresor dan tidak merusak bagian dalam kompresor.



Gambar 2.7 Accumulator

2.3.8 Thermostat

Thermostat berfungsi sebagai alat yang di pasang pada evaporator case dengan pipa kapilernya terpasang dan terbungkus rapat pada pipa saluran masuk evaporator. Thermostat dihubungkan ke magnetic clutch pada kompresor secara seri, thermostat akan melepaskan magnetic clutch ketika temperatur permukaan evaporator fin ada di bawah sekitar 1°C dan akan menghubungkan magnetic clutch dengan kompresor ketika suhunya telah mencapai $> 4^{\circ}\text{C}$.



Gambar 2.8 Thermostat

2.4 *Refrigerant*

Refrigerant adalah fluida yang dipakai untuk menghisap panas dari suatu tempat atau suatu benda (Ricky Gunawan, 1988 ; 59). Jika bertitik tolak pada pendinginan yang memakai siklus uap yang bertekanan (*vapor compression cycle*), *refrigerant* merupakan media kerja yang berubah fasa secara bolak-balik. Menjadi uap setelah mengambil/menghisap panas dan menjadi fluida kembali setelah membuang panas.

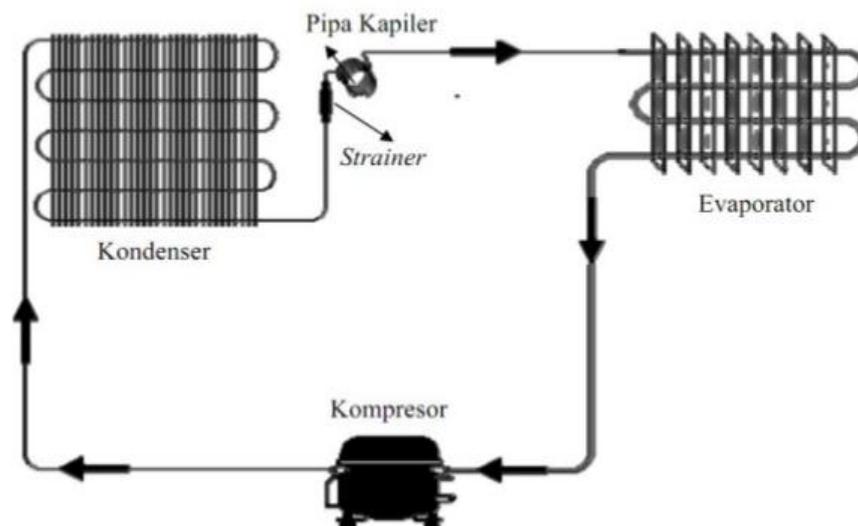
Beberapa faktor yang harus dipenuhi refrijeran untuk dapat dipakai sebagai refrijeran pendinginan siklus uap bertekanan adalah harus stabil susunan kimianya serta sifat-sifat lainnya. Tetapi walaupun begitu, tidak ada *refrigerant* yang betul-betul ideal dapat digunakan secara umum untuk setiap keadaan. Dalam pemanfaatannya dalam pembuatan mesin ini digunakan *refrigerant* jenis R404. Jenis refrijeran ini biasanya hanya digunakan pada mesin refrigerasi kecil karena panas per jumlah *refrigerant* relatif kecil (Sumanto, 2000 : 20).

2.5 **Siklus Pendinginan**

Pendinginan (refrigerasi) adalah suatu proses pengambilan panas dari suatu zat atau ruang, yang menyebabkan temperaturnya lebih rendah terhadap lingkungannya.

Mesin pendingin yang dipakai untuk lemari es terdiri dari beberapa bagian antara lain; kompresor, kondensor, pipa kapiler, evaporator. Komponen komponen tersebut merupakan serangkaian yang dihubungkan dengan pipa tembaga sehingga membentuk suatu sistem, dan di dalam komponen itu terdapat suatu zat yang cepat menguap.

Dengan kata lain yang besar panas laten untuk menguap yang disebut bahan pendingin (*refrigerant*). *refrigerant* tersebut mengalir di dalam saluran serangkaian komponen-komponen tersebut dengan bentuk cair dan gas yang mengalami perubahan wujud benda. Jelasnya sebagai berikut urutan siklus mesin pendingin.



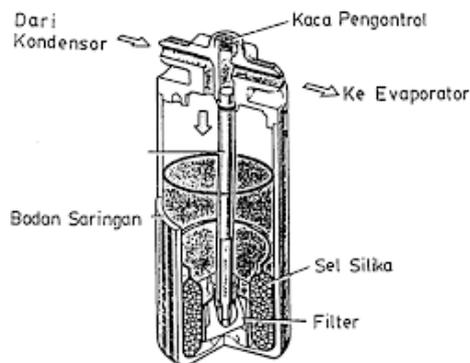
Gambar 2.9 Siklus pendinginan mesin pendingin (Stoecker, 1996)

Kompresor tenaga penggerak, menghisap bahan pendingin gas dari evaporator melalui suction line dengan suhu rendah dan tekanan rendah, lalu dimampatkan sehingga gas dengan tekanan tinggi dan suhu tinggi. Gas tersebut melalui pipa tekan (*discharge line*), ditekan keluar dari kompresor, lalu mengalir

ke kondensor pada bagian yang paling atas. Pipa bagian suction line berukuran diameter 3/8” dan di bagian discharge line berukuran diameter 3/8 ”(*inches*).

Kondensor terdiri dari lingkaran-lingkaran pipa tembaga dengan diameter pipa 3/8” (*inches*) yang dipasang berjajar dan jajaran-jajaran pipa-pipa itu dipegang oleh jari-jari besi yang kecil-kecil pada kedua muka dari dari jajaran pipa-pipa tersebut, dan dipasang di bagian belakang kabinet refrigerator. Fungsi dari kondensor adalah menurunkan panas dari gas yang mengalir di dalam pipa-pipa, dan jari-jari besi yang menempel pada lingkaran pipa-pipa kondensor membantu mengendalikan peredaran hawa udara segar, maka suhunya turun. Setelah suhunya mencapai suhu kondensasi lalu mengembun. Wujudnya gas sedikit demi sedikit berubah menjadi cair, tetapi tekanannya masih tetap tinggi. Waktu bahan pendingin keluar dari bagian bawah kondensor wujudnya telah seluruhnya berubah menjadi cair pada suhu ruang atau suhu dingin lanjut tetapi tekanannya masih tetap tinggi. Cairan tersebut lalu mengalir ke pengering (*dryer*).

Pengering (*dryer*) berisi bahan pengering (*silica gel*) diantara dua buah kawat saringan (*screen*). Dapat menyerap lembab air, asam dan menyaring kotoran di dalam sistem.



Gambar 2.10 Kontruksi saringan (*dryer*) (S.S.P,2011)

Pipa kapiler (*capillary tube*) mempunyai lubang yang sangat kecil diameter pipa 0,026” - 0,031”, dapat menurunkan tekanan. Bahan pendingin cair waktu mengalir di dalam pipa kapiler tersebut, mendapat tahanan dan hambatan yang sangat besar, sehingga tekanannya menurun. Bahan pendingin yang keluar dari pipa kapiler tetap berwujud cair (*liquid*) dengan suhu ruang, tetapi tekanannya telah turun menjadi rendah sekali, lalu masuk ke dalam evaporator.

Evaporator (umum disebut rak es) merupakan sebuah kotak yang dibuat dari pelat tembaga yang pada dinding-dindingnya dipasang menempel lingkaran pipa tembaga berdiameter 1/2” sebagai penyalur gas yang sudah menjadi liquid dan bersuhu rendah. Waktu bahan pendingin cair masuk ke dalam evaporator, cairan tersebut segera menguap dan wujudnya berubah dari cair menjadi gas dengan suhu rendah dan tekanan rendah. Telah kita ketahui bahwa untuk mengubah zat cair (*liquid*) menjadi gas diperlukan kalor (*heat*) dalam lemari es. Dari evaporator bahan pendingin mengalir ke dalam akumulator (*accumulator*).

Akumulator adalah menampung bahan pendingin gas yang telah menguap dan bahan pendingin cair yang tidak sempat menguap di evaporator. Bahan pendingin cair ditampung pada bagian bawah akumulator, hanya bahan pendingin gas dari bagian atas yang dapat mengalir melalui saluran hisap kompresor.

Saluran hisap (*suction line*) menghubungkan evaporator dan kompresor. Sebagian pipa kapiler dan saluran hisap umumnya diletakkan menempel dan disolder menjadi satu, dinamakan penukar kalor (*heat exchanger*). Gas dingin dari evaporator mengalir di dalam saluran hisap kompresor. Cairan hangat dari condenser mengalir di dalam pipa kapiler ke evaporator dengan arah yang

berlawanan. Dengan membuat penukar kalor seperti ini, kapasitas mendinginkan dari sistem dapat dinaikkan. Di dalam rumah kompresor gas yang dingin masih berguna untuk mendinginkan kumparan motor kompresor dan minyak pelumas kompresor.

Kemudian gas dihisap oleh kompresor masuk ke dalam silinder dan dimampatkan kembali oleh torak, sehingga menjadi gas tekanan tinggi dan suhu tinggi. Gas tersebut keluar dari kompresor lalu mengalir ke kondensor lagi.

Demikian kerja ini diulangi terus menerus sampai suhu di dalam sistem menjadi dingin. Kontak listrik pada pengatur suhu (*thermostat*) akan membuka dan kompresor motor berhenti. Setelah lewat beberapa menit kemudian, suhu di dalam lemari es akan naik. Kontak listrik pada pengatur suhu akan menutup lagi dan kompresor motor bekerja kembali.

2.6 Pertimbangan-Pertimbangan Dalam Perancangan Konstruksi

Perancangan pada konstruksi adalah penentuan akhir ukuran yang dibutuhkan dan semua perincian elemen, batang dan sambungan-sambungan yang membentuk struktur sebagai suatu keseluruhan dimana ketentuan konstruksi sesungguhnya dapat dikerjakan. Sebuah konstruksi harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu menahan tegangan maksimum yang berkaitan dengan beban yang terjadi, baik dalam bentuk lentur maupun geser.

Faktor-faktor yang ditinjau dalam desain meliputi kegunaan, kekuatan, tampilan, dan ekonomi. Desain utama yang diperhatikan adalah kekuatan, yaitu kapasitas objek untuk memikul atau menyalur beban. Kemampuan suatu struktur

untuk menahan beban disebut kekuatan. Faktor keamanan (*safety factor*). Rumus perancangannya adalah sebagai berikut:

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_u}{Fos} \quad (2.1)$$

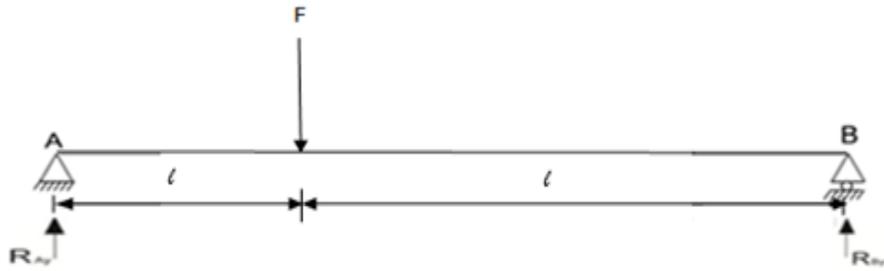
dimana :

σ_{ijin} : Tegangan tarik maksimum bahan (N/mm)

Fos : Faktor keamanan

Karena dalam perancangan diketahui momen lentur (M) dan tegangan izin (σ_{ijin}), maka ukuran dan bentuk batang merupakan besaran yang tidak diketahui dan harus ditentukan. Bentuk alat harus ditinjau pada perancangan. sehingga batang yang dipilih harus mampu mendukung beratnya sendiri dan ditambah beban yang diberikan. Untuk semua batang dianjurkan mula-mula memilih batang secara coba-coba berdasarkan momen M dan modulus elastisitas E yang dibutuhkan hanya akibat beban dan kemudian menghitung tambahan momen dan modulus penampang yang diperlukan akibat berat batang tersebut. ST 37 adalah baja serba guna yang memiliki kekuatan menengah dan memiliki mampu las yang baik.

Dalam penghitungan kekuatan rangka ada beberapa tahap yang harus kita hitung terlebih dahulu, yaitu: menghitung RA dan RB, momen maksimal yang terjadi dan tegangan bengkok.



Gambar 2.11 Perumpamaan Gaya Tekan Yang Terjadi

Keterangan gambar 2.11:

F : Beban atau Gaya yang terjadi (N)

l : Jarak antara gaya dengan salah satu tumpuan (mm)

RAy dan RBy : Resultan gaya pada titik A dan B (N)

Rumus untuk melakukan perhitungan RAy dan RBy adalah:

- Perhitungan mencari nilai RBy (ferik, 1978):

$$\sum M_A = 0$$

$$F \cdot L_{AC} - R_{By} \cdot L_{AB} = 0 \quad (2.2)$$

- Perhitungan mencari nilai RAy (ferik, 1978)

$$\sum M_B = 0$$

$$R_{Ay} = F + R_{By} = 0 \quad (2.3)$$

dimana :

$\sum M_A$: Momen yang terjadi pada titik A (N)

$\sum M_B$: Momen yang terjadi pada titik B (N)

F : Beban atau gaya yang terjadi (N)

Rumus mencari momen yang terjadi pada batang, rumus momen (ferik, 1978) :

$$\sum M = R_{ay} \cdot L$$

dimana:

M : Momen yang terjadi (Nmm)

R_{ay} : Resultan gaya pada titik A (N)

L : Jarak antara gaya dengan salah satu tumpuan (mm)

Rumus mencari nilai inersia pada sumbu x, dengan menggunakan rumus (ferik, 1978):

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \quad (2.4)$$

dimana:

I : Inersia mm^4

b : lebar benda (mm)

h : tinggi benda (mm)

Rumus menghitung tegangan pada rangka, rumus yang digunakan :

$$\sigma = \frac{M \max}{I} \quad (2.5)$$

dimana:

σ : Tegangan pada rangka (N/mm)

$M \max$: Momen maksimal (N/mm³)

I : Inersia (mm^4)

2.7 Gaya, Resultan Gaya, Momen & Tumpuan

Sebuah konstruksi dibuat dengan ukuran-ukuran fisik tertentu haruslah mampu menahan gaya-gaya yang bekerja dan konstruksi tersebut harus kokoh sehingga tidak hancur dan rusak. Konstruksi dikatakan kokoh apabila konstruksi tersebut dalam keadaan stabil, kestabilan tersebut akan terjadi bila gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi dalam arah vertikal dan horizontal saling menghilangkan atau sama dengan nol, demikian dengan momen-momen yang bekerja pada konstruksi tersebut pada setiap titik kumpul saling menghilangkan atau sama dengan nol. (Pramono, 2009).

Dalam analisa struktur terdapat metode penyelesaian dengan statis tertentu dan metode statis tak tentu. Pada metode statis tertentu berlaku prinsip berlaku prinsip gaya-gaya dalam arah vertical dan horizontal dan keseimbangan momen pada tumpuan dan dapat dinyatakan sebagai berikut :

- $\sum Kv = 0$
- $\sum Kh = 0$
- $\sum M = 0$

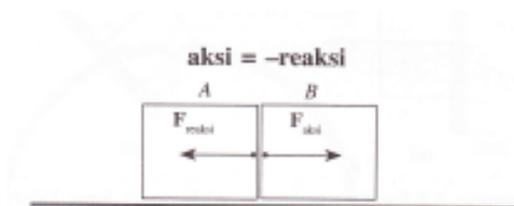
Kv = Gaya Vertikal

Kh = Gaya Horizontal

M = Momen

2.7.1 Gaya

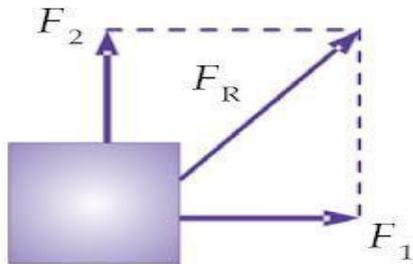
Gaya merupakan kekuatan yang dapat membuat benda dalam keadaan diam menjadi bergerak. Gaya biasa dilambangkan sebagai besaran yang mempunyai arah dan digambarkan dalam ilmu fisika seperti vector. Contohnya apabila pada sebuah benda dikerjakan pada sebuah gaya baik diangkat, ditarik atau didorong maka akan ada perlawanan terhadap gaya tersebut dan gaya perlawanan tersebut disebut dengan reaksi. Satuan untuk gaya ialah (Newton, Kg , Ton).



Gambar 2.12 Gaya (Egi Giandara, 2014)

2.7.2 Resultan Gaya

Apabila ada 2 buah gaya atau lebih bekerja pada sebuah benda maka dapat dilakukan penggabungan gaya-gaya tersebut yang disebut Resultan Gaya (R). Satuan untuk gaya ialah (Newton, Kg , Ton).



Gambar 2.13 Resultan Gaya (Egi Giandara, 2014)

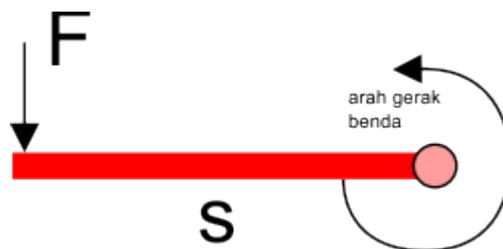
F_1 = Gaya 1

F_2 = Gaya 2

FR = Resultan Gaya

2.7.3 Momen

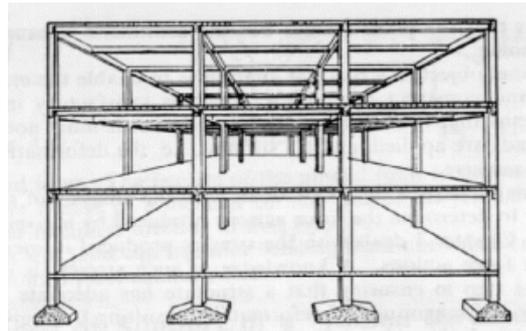
Momen terjadi apabila sebuah gaya bekerja mempunyai jarak tertentu dari titik yang akan menahan momen tersebut dan besarnya momen tersebut adalah besarnya yang dikalikan dengan jaraknya. Satuan untuk momen ialah (N/m, Kg/m, Kg/cm, Ton/m).



Gambar 2.14 Momen (Egi Giandara, 2014)

2.7.4 Tumpuan

Tumpuan ialah tempat perletakan konstruksi atau dukungan bagi konstruksi dalam meneruskan gaya-gaya yang bekerja ke pondasi (Ir. Jac. STOLK dan ir. C. KROS, 1981).

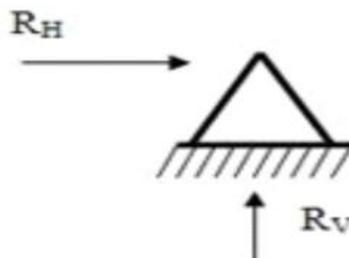


Gambar 2.15 Tumpuan (Egi Giandara, 2014)

Dalam ilmu analisa struktur dikenal 3 jenis tumpuan yaitu tumpuan sendi, tumpuan rol dan tumpuan jepit.

a. Tumpuan Sendi

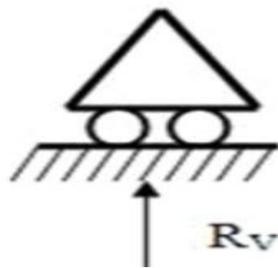
Tumpuan sendi sering disebut juga sebagai tumpuan engsel, karena cara kerjanya mirip dengan engsel. Tumpuan mampu memberikan reaksi gaya horizontal dan vertikal, artinya tumpuan sendi dapat menahan gaya vertikal maupun gaya horizontal dan tidak dapat menahan momen.



Gambar 2.16 Tumpuan Sendi (Egi Giandara, 2014)

b. Tumpuan Rol

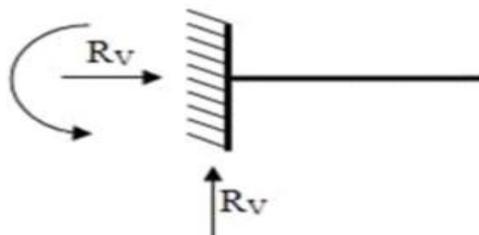
Tumpuan rol adalah tumpuan yang dapat bergeser ke arah horizontal sehingga tumpuan ini tidak dapat menahan gaya horizontal. Pada tumpuan rol terdapat roda yang dapat bergeser yang gunanya untuk mengakomodir pemuaian pada konstruksi sehingga konstruksi tidak rusak. Tumpuan rol hanya mampu memberikan reaksi arah vertikal saja, artinya tumpuan rol hanya bias menahan gaya secara vertikal saja dan tidak bias menahan gaya horizontal dan momen.



Gambar 2.17 Tumpuan Rol (Egi Giandara, 2014)

c. Tumpuan Jepit

Tumpuan jepit ialah merupakan tumpuan berupa balok yang terjepit pada tiang atau kolom. Pada tumpuan ini mampu memberikan reaksi terhadap gaya vertikal, horizontal bahkan mampu memberikan reaksi terhadap putaran momen.



Gambar 2.18 Tumpuan Jepit (Egi Giandara, 2014)

2.8 Pengertian Merancang

Kegiatan merancang sering disamakan dengan kegiatan mendesain (*design*). Menurut (siklus Wikipedia dalam Purwiningtyas, 2006) kata *design* berasal dari bahasa latin *Designare* yang artinya *to designate* yaitu menunjuk, menandai, atau *marking out*. Kata *design* memiliki beberapa definisi, salah satu yang paling sesuai adalah *to outline* yang berarti menggambar atau mensketsa, membuat plot atau merencanakan, sebagai aksi atau kerja. Sedangkan *engineering design* didefinisikan sebagai proses pengaplikasian dari beberapa macam prinsip teknik dan sains, bertujuan untuk menentukan bentuk suatu alat, suatu proses, atau suatu sistem dengan cara yang cukup detail untuk menjadikannya terwujud menjadi realitas atau direalisasikan.

2.9 Perancangan

Perancangan adalah proses awal kerja dimana memerlukan suatu perencanaan yang benar-benar matang. Hal ini sangat penting guna menuntun dalam proses melakukan pekerjaan, yang dapat membatasi masalah-masalah apa saja yang perlu diselesaikan sesuai dengan perencanaan, sehingga hasilnya sesuai dengan yang diharapkan.

Perancang ahli maupun pemula harus terlebih dahulu menggunakan metode perancangan analogi, metode perancangan analogi adalah metode penting untuk ide dalam mendesain yang merupakan strategi mendasar dalam pemecahan masalah dan berasal dari pemikiran berdasarkan persamaan. Fungsi analogi dan menemukan beberapa fungsi seperti mengubah disain, merencanakan proses

perancangan, memperkirakan biaya, mengkomunikasikan ide desain atau solusi spesifik, menghasilkan gagasan solusi, menguatkan ide desain, mengevaluasi solusi (Eckert, Stacey, & Earl, 2005). Perencanaan yang dibuat yaitu perencanaan yang lebih menekankan pada fungsi dan prinsip kerja mesin pembuat es berukuran kecil itu sendiri, maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Segi fungsi dan kegunaan

Dilihat dari segi fungsi dan kegunaan, mesin ini dapat difungsikan dalam pembuatan produk yang membutuhkan penekukan plat. Mesin tekuk ini dapat digunakan untuk menekuk suatu plat dengan hasil tekukan yang sesuai dengan yang dikehendaki, yang semua ini tidak lepas dari kemampuan mesin. Mesin pembuat es berukuran kecil ini dirancang dengan kapasitas 1,35 kg/2jam sesuai dengan batasan masalah yang ada.

2. Segi konstruksi

Ditinjau dari segi konstruksi, pemilihan bentuk, ukuran, dan jenis material disesuaikan terhadap kapasitas maksimal mesin yang akan dicapai. Perancangan konstruksi harus memperhatikan kekuatan konstruksi terhadap pembebanan yang ada, yaitu berat dari komponen-komponen mesin pendingin dan konstruksi itu sendiri. Kekuatan konstruksi harus lebih besar dari pembebanan yang ada, agar konstruksi dapat memenuhi tuntutan mesin sebagai mesin pembuat es kubus .

3. Segi ekonomis

Dari segi ekonomis perlu diperhatikan secara lebih mendalam, sebab pada

segi ini sangat erat kaitanya dengan besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk pengerjaan mesin tersebut. Hal ini diharapkan untuk dapat menekan biaya produksi yang serendah mungkin tapi tidak mengurangi dari segi yang lain, terutama segi konstruksinya. Namun tidak diinginkan penekanan biaya produksi yang rendah akan mengakibatkan penurunan kemampuan kerja mesin.

2.10 Rancangan Konseptual

Ini merupakan fase yang paling kreatif: Produk dirancang secara garis besar untuk memenuhi fungsi yang dimaksud, tujuannya agar beroperasi secara memuaskan melebihi masa kegunaan yang diharapkan serta untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Perkembangan teknologi manufaktur mengakibatkan konsumen sering mengharapkan produk yang disesuaikan dengan keinginan mereka serta pada harga produksi-massal. Jika ini yang terjadi, rancangan harus membuat produk sesuai untuk manufaktur menurut sistem manufaktur yang fleksibel. Pada tahap ini gambar mendetail tidak diperlukan, namun cukup dengan membuat sketsa konseptual yang menunjukkan bagian-bagian tertentu berikut hubungannya satu sama lain. Pemilihan bahan dibuat terlebih dahulu, dan karena bahan selalu berpengaruh terhadap proses, maka proses produksi ditetapkan untuk sementara. (Jhon A.Schey, 2009 : 17).

tahap-tahap dalam perancangan (mendisain)

1. Hal yang harus pertama dilakukan adalah apakah desain serupa sudah pernah dibuat ? pengalaman apakah yang dapat ditarik? Kekurangan-kekurangan ?
2. Menentukan ukuran-ukuran utama dengan perhitungan kasar.

3. Menentukan alternatif- alternative dengan sketsa tangan, dengan skala 1:1.
4. Memilih bahan.
5. Bagaimana memproduksi.
6. Mengamati desain secara teliti.
7. Gambar lengkap dan daftar elemen.

2.11 Perencanaan dan Gambar Teknik

Perencanaan produksi suatu produk merupakan bagian yang sangat besar dan sangat menentukan kualitas produk. Perencanaan merupakan kegiatan awal dari rangkaian kegiatan sampai ke proses pembuatan produk sehingga dalam tahap ini juga ditentukan apa yang harus dilakukan dan bagaimana cara melakukannya termasuk merencanakan tahapan pembuatan produk agar kualitas yang bagus juga ditentukan disini, apabila pada tahap perencanaan sudah ditentukan kemudian dilanjutkan ketahap perancangan, dimana pada tahap perancangan akan dimulai dengan eksplorasi bentuk desain. Sedangkan untuk proses desain itu sendiri adalah kemampuan untuk menggabungkan gagasan, prinsip - prinsip ilmiah, sumber daya, dan sering produk yang telah ada dalam penyelesaian suatu masalah, kemampuan untuk menyelesaikan masalah dalam desain ini merupakan hasil pendekatan yang terorganisasi dan teratur atas masalah tersebut (Giesecke et al., 1999: 6).

Menurut Harsokusoerno (1999: 2) gambar hasil rancangan produk adalah hasil akhir proses perancangan dan sebuah produk barulah dibuat setelah dibuat gambar-gambar rancangannya, gambar rancangan produk berupa gambar teknik yang dibuat pada kertas dua dimensi yang distandarkan. Dalam bentuk modern, gambar rancangan produk berupa informasi digital yang disimpan dalam memori

komputer. Prototyping adalah kombinasi metode yang memungkinkan bentuk fisik atau visual diberikan pada sebuah gagasan dan memainkan peran penting dalam proses pengembangan produk, yang memungkinkan perancang untuk menentukan masalah desain, memverifikasikan solusi desain.

2.12 Rangka Perencanaan Kontruksi

Rangka merupakan salah satu bagian penting pada mesin pembuat kubus es, harus mempunyai kontruksi kuat untuk menahan atau memikul beban dari bagian-bagian komponen mesin pendingin. Semua beban baik itu kompresor, kondensor, Evaporator, fan motor, bak penampungan es dan segala peralatan mesin pendingin lainnya diletakan di atas rangka. Oleh karena itu setiap kontruksi rangka harus mampu untuk menahan semua beban dari mesin pendingin tersebut.

Rangka adalah suatu struktur yang ujung-ujungnya disambung kaku (las atau lebih dari satu). Semua batang yang disambung secara kaku (jepit) mampu menahan gaya aksial, gaya normal, dan momen. Oleh karena itu, dibutuhkan material yang kuat untuk memenuhi spesifikasi tersebut.

Ada juga beberapa fungsi utama dari rangka, yaitu :

1. Untuk mendukung berat dari body, dan komponen mesin pendingin.
2. Untuk meredam dan menyerap energi akibat beban kejut yang diakibatkan getaran kompresor.
3. Sebagai landasan untuk meletakkan komponen komponen dari mesin pendingin. Agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, rangka harus memenuhi beberapa persyaratan, diantaranya :

1. Kuat dan kokoh, sehingga mampu menopang komponen komponen mesin pendingin tanpa mengalami kerusakan atau perubahan bentuk.

2. Ringan, sehingga mudah ketika memindahkan ketempat lain.
3. Mempunyai nilai seni ketika dipandang mata.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

- 1) Tempat pelaksanaan perancangan kontruksi pada mesin pembuat kubus es berukuran kecil. Di Jalan Suasa Tengah Pasar IV Lingkungan 6 no.14 Mabar Hilir Medan.
- 2) Waktu perancangan, pembuatan dan penyusunan tugas sarjana ini dilaksanakan pada 21 januari 2017 dan dinyatakan selesai oleh dosen pembibing.

Tabel 3.1: Timeline Kegiatan

No	KEGIATAN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP
1	PENGAJUAN JUDUL	■	■							
2	STUDI LITERATUR		■	■						
3	DESAIN RANCANGAN			■	■					
4	PENYEDIAN ALAT DAN BAHAN				■	■				
5	PEMBUATAN EVEPORATOR DAN KONTRUKSI RANGKA						■			
6	PENYAMBUNGAN RANGKAIAN SISTEM PENDINGIN					■	■			
7	PENGISIAN REFRIGRAN							■	■	
8	PENGUJIAN ALAT							■	■	
9	PENYUSUNAN SKRIPSI							■	■	■

3.2 Alat dan Bahan yang digunakan

3.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan untuk pembuatan dan mendukung proses analisa pembuatan mesin pembuat es berukuran kecil ini adalah:

1. Mesin las

Mesin las listrik yang digunakan dalam proses pembuatan konstruksi mesin pembuat kubus es adalah mesin las listrik jenis Inverter Falcon 121 GE 900 Watt. Gambar mesin las dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Mesin Las Listrik

2. Gerinda Tangan

Gerinda berfungsi sebagai pemotong bahan, meratakan permukaan hasil lasan, membuang beram hasil pengeboran, dan lain sebagainya.

Gambar gerinda tangan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.2 Gerenda Tangan

3. Mesin Las Gas Elpiji Dan Oksigen

Mesin las gas elpiji dan oksigen berfungsi sebagai alat penyambung plat tembaga dengan plat tembaga lainnya dan menyambungkan sambungan terhadap pipa tembaga dan pipa kapiler. Gambar mesin las elpiji dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.3 Mesin Las Elpiji dan Oksigen

4. Mesin Bor

Mesin bor berfungsi sebagai alat mesin perkakas yang berguna untuk membuat lubang pada benda kerja. Gambar mesin bor dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.4 Mesin Bor

5. Meteran dan Rol Siku

Meteran berfungsi sebagai alat ukur yang digunakan untuk mengukur benda kerja yang panjangnya melebihi ukuran dari mistar baja, atau dapat dikatakan untuk mengukur benda-benda yang panjang. Seperti mengukur plat L atau plat siku plat tembaga dan plat *stainless steel*. Dan rol siku berfungsi menentukan sudut siku atau 90° atau sudut potong, seperti gambar dibawah:



Gambar 3.5 Meteran dan Rol Siku

6. Alat Penekuk Plat

Alat penekuk plat berfungsi sebagai alat penekuk plat stainless yang sudah dipotong dan yang sudah diukur sesuai dengan rancangan, seperti gambar dibawah:



Gambar 3.6 Alat Penekuk Plat

3.2.2 Bahan

Bahan yang dibutuhkan sebelum melakukan proses pembuatan mesin kubus es ini adalah:

1. Besi Siku Galvalum

Besi siku Galvalum berfungsi sebagai rangka dari mesin kubus es, mengapa digunakan besi galvalum karena besi galvalum lebih tahan terhadap karat



Gambar 3.7 Besi Siku Galvalum

2. Stainless Steel

Stainless steel berfungsi sebagai cover evaporator dan juga sebagai meja alas pada dudukan pada evaporator .



Gambar 3.8 Stainless Steel

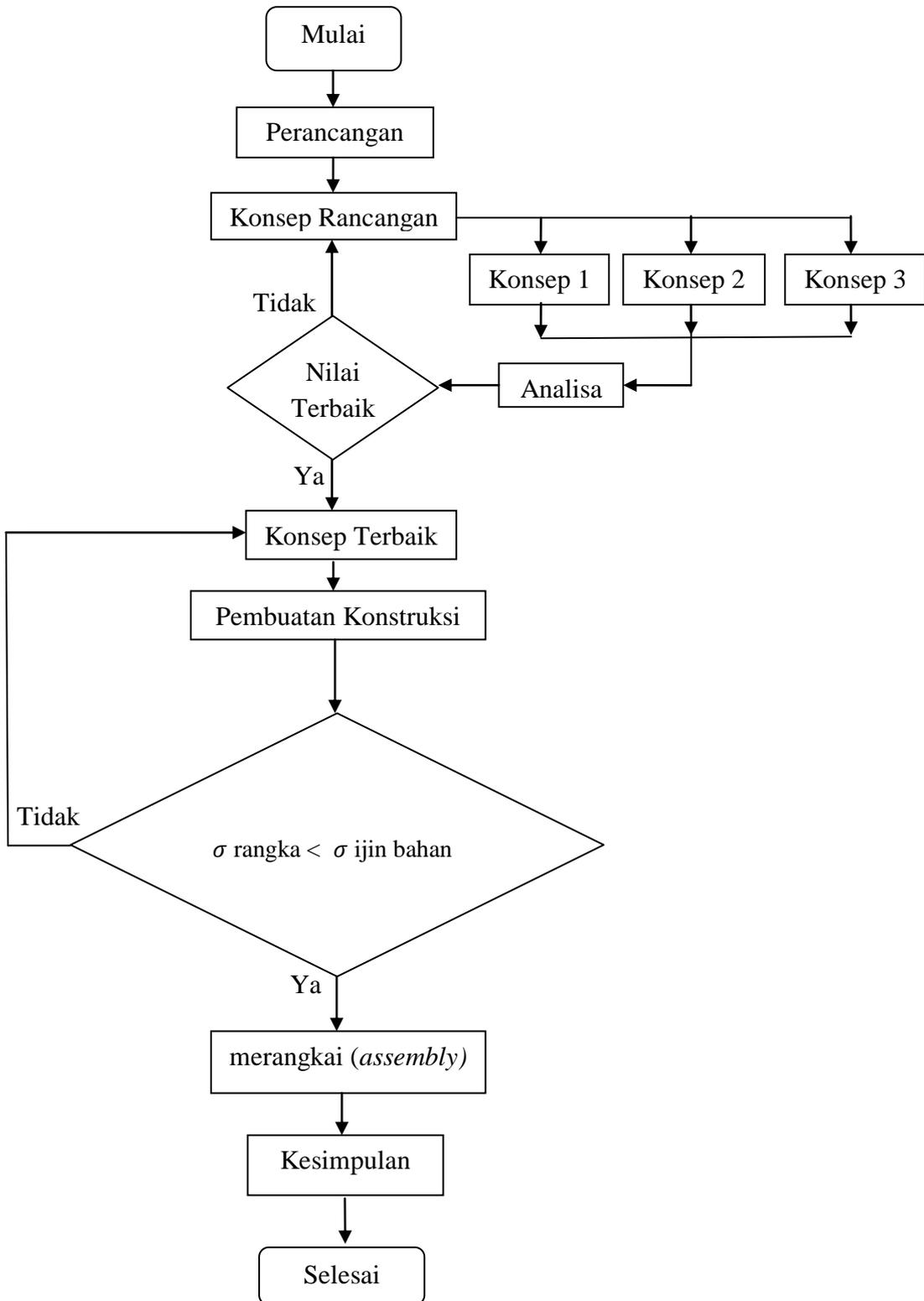
3. Plat Tembaga

Plat tembaga adalah material yang digunakan untuk pembuatan evaporator. Mengapa material tembaga yang dipilih, karena tembaga adalah material konduktor panas yang baik.



Gambar 3.9 Plat Tembaga

3.3 Diagram Alir



Gambar 3.10 Diagram Alir

3.3.1 Penjelasan Diagram Alir

- 1) Perancangan adalah penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi Perancangan sistem dapat dirancang dalam bentuk bagan alir sistem.
- 2) Konsep rancangan adalah perbandingan ide pemikiran awal sebelum melakukan perancangan, seperti pemilihan bahan, ukuran yang akan dirancang dan posisi setiap komponen agar memilih konsep mana yang terbaik.
- 3) Analisa adalah menganalisa setiap konsep rancangan dari bahan apa yang digunakan, bagaimana proses pembuatan serta kekuatan yang terjadi pada rangka harus lebih kecil dari kekuatan bahan yang akan dipakai pada konstruksi rangka pada mesin kubus es berukuran kecil.
- 4) Konsep terbaik adalah konsep yang dipilih dari hasil analisa yang memiliki jumlah nilai yang terbaik.
- 5) Pembuatan konstruksi pada mesin es kubus berukuran kecil adalah membuat konstruksi mesin yang sesuai dengan konsep desain terbaik yang telah dipilih.
- 6) Perakitan mesin es kubus berukuran kecil adalah perakitan dimana komponen komponen mesin pendingin akan disatukan (*assembly*).
- 7) Kesimpulan adalah bahan yang dipilih untuk pembuatan konstruksi rangka pada mesin kubus es dinyatakan aman dan dimana pada saat pengujian alat tersebut apakah sudah optimal, Pada pengujian mesin kubus es berukuran kecil.

3.4 Konsep Desain Rancangan Mesin Kubus Es

Adapun konsep desain rancangan mesin pembuat kubus es ini, memiliki 3 konsep dasar, yaitu :

- 1) Konsep 1, desain awal ini terlebih dahulu di buat dengan menggambar di atas kertas. Konsep 1 ini tidak memiliki rangka, tetapi rangka sudah menyatuh dengan bodi atau plat yang didesain ditekuk sebagai rangkanya. Untuk konsep desain ini disebut dengan desain monocoque.
- 2) Konsep 2, juga di awali terlebih dahulu dibuat dengan menggambar di atas kertas. Pada konsep desain ke 2 memiliki rangka konstruksi 4 tiang didesain supaya kokoh karena memiliki 4 tiang, untuk gambar konsep desain ini disebut rangka ladder frame.
- 3) Konsep 3, juga di awali terlebih dahulu dibuat dengan menggambar di atas kertas. Pada konsep ke 3 konsep ini memiliki 2 konstruksi rangka. Disamping sebelah kiri dan kanan, dan di satukan oleh sebuah plat sebagai penyambung rangka tersebut.

3.5 Prosedur Perancangan Dari Mesin Kubus Es

1. Perancangan Pada Konstruksi Rangka

Pada proses perancangan konstruksi rangka mesin kubus es berukuran kecil ini, terbuat dari besi profil "L" ST 37 atau sering disebut besi siku dengan dimensi rangka 520 x 515 x 310 mm. Adapun dalam pembuatan konstruksi rangka ini menggunakan mesin gerinda, mesin bor, dan mesin las listrik. Setelah konstruksi selesai dibuat maka agar konstruksi

lebih tahan terhadap korosi maka perlu dilakukan pengecatan pada konstruksi rangka mesin kubus es

2. Perakitan Komponen Komponen Mesin Kubus Es

Dalam perakitan komponen mesin kubus es pada proses ini perakitan setiap komponen dirangkai (*assembly*) menjadi satu kesatuan sehingga terbentuk sebuah proses siklus pendinginan setiap komponen disambung dengan menggunakan pipa - pipa tembaga. Pipa - pipa di sambung menggunakan pengelasan, alat yang digunakan yaitu las LPG oksigen dengan kawat tembaga.

3.6 Prosedur Pengujian Mesin Kubus Es

Adapun prosedur yang dilakukan dalam percobaan ini adalah sebagai berikut :

- a) Menghidupkan mesin pendingin.
- b) Memutar kontrol thermostat sampai posisi *cold*
- c) Mengatur timer sesuai dengan perhitungan, agar pengaturan waktu proses pembekuan pada mesin pendingin dengan solenoid sesuai pada waktu pembekuan es.
- d) Ketika air berubah wujud menjadi beku maka solenoid berkerja secara otomatis untuk memberikan uap panas ke evaporator yang berasal dari kondensor.
- e) Kemudian es terlepas dari cetakan evaporator, maka es akan jatuh ke bak penampungan.

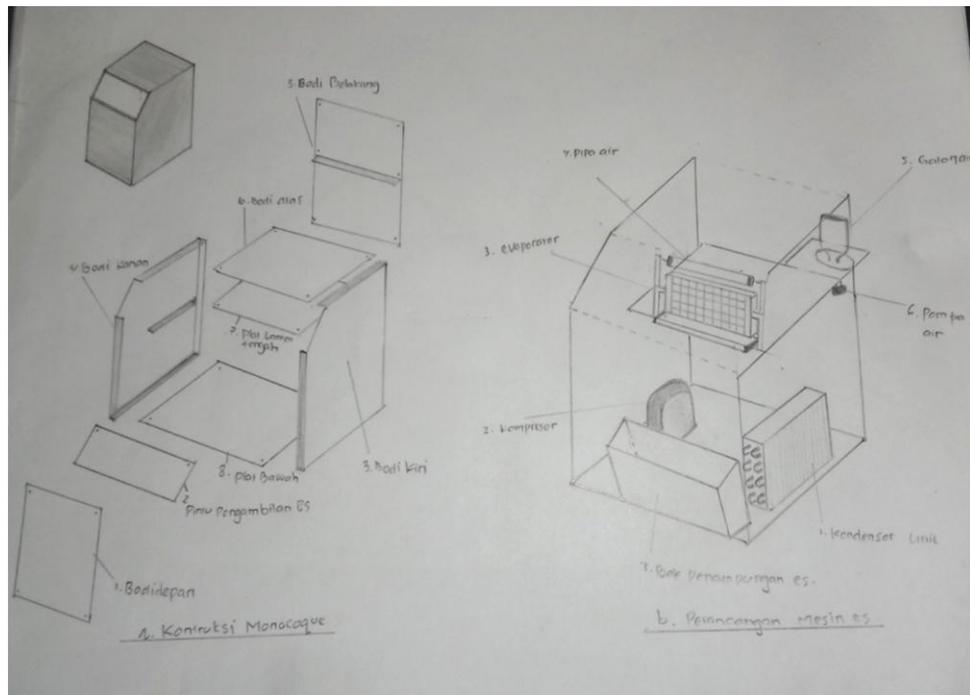
- f) Setelah pengujian selesai kembalikan peralatan yang digunakan lalu matikan mesin dan bersihkan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

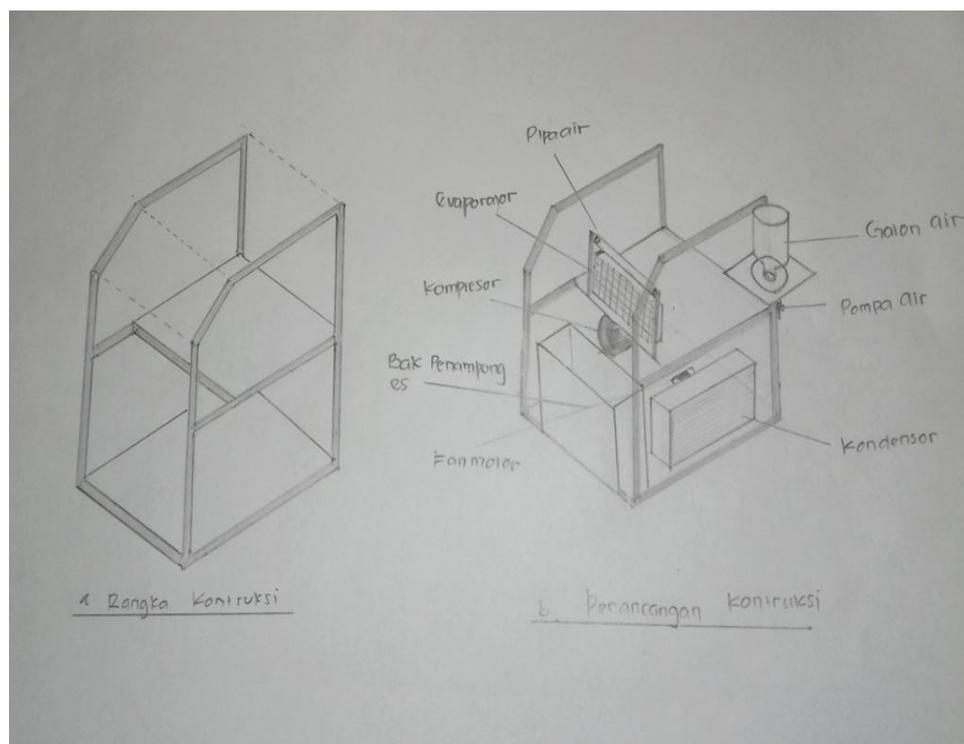
4.1 Hasil Konsep Desain Perancangan Mesin Kubus Es

- 1) Konsep 1, Konsep ini tidak memiliki rangka, bodi di tekuk seperti rangka untuk menyatuhkan antara bodi yang lainnya. Tetapi dari hasil diskusi kelompok dan konsep desain ini kurang maksimal tidak dapat menahan beban dengan maksimal pada saat proses pendinginan. Untuk konsep desain monocoque dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



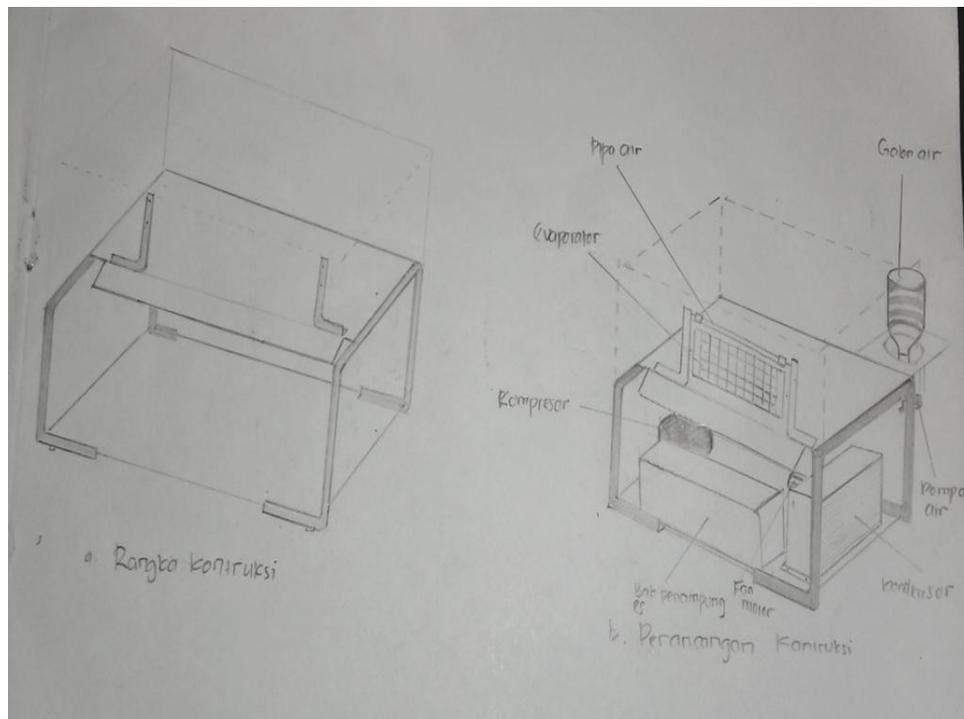
Gambar 4.1 Konsep 1 Desain Perancangan Konstruksi Mesin Es Kubus

2) Konsep 2, desain yang lebih baik dari pada konsep yang pertama, konsep ini sanggup menahan beban pada pendinginan secara efektif dan kokoh, pada konsep desain ke 2 memiliki rangka konstruksi 4 tiang didesain supaya kokoh pada saat proses pendinginan, tapi dari hasil diskusi kelompok desain ini terlalu rumit karena memiliki 4 tiang, terlalu banyak material yang digunakan, butuh waktu lama pada proses pengerjaanya, dan mesin pembuat es jadi terlalu berat. Untuk gambar konsep desain konstruksi rangka ladder frame bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.2 Konsep 2 Desain Perancangan Konstruksi Mesin Es Kubus

3) Konsep 3, konsep ini dinilai lebih bagus dikarenakan rangka yang simpel dan mampu menahan beban yang baik pada saat proses pendinginan, simpel tidak terlalu banyak material yang digunakan, tidak terlalu lama waktu proses pengerjaannya, dan tidak sulit melakukan perbaikan terhadap mesin apabila terjadi kerusakan. Hasil dari diskusi kelompok konsep ini memiliki 2 konstruksi rangka, bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.3 Konsep 3 Desain Perancangan Konstruksi Mesin Es Kubus

4.1.1 Pemilihan Konsep Desain

Metode pemilihan konsep desain instrumen ini menggunakan konsep *Weighted Decision Matrix*, seperti di jelaskan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 Pemilihan Konsep Desain (Fil Sulustri, 2015)

Jenis design		Konsep 1			Konsep 2			Konsep 3		
No	Desain	Skor	Pemberat	Nilai	Skor	Pemberat	Nilai	Skor	Pemberat	Nilai
1.	Bahan	3	0.2	0.6	5	0.2	1	7	0.2	1.4
2.	Konstruksi	5	0.15	0.75	9	0.15	1.35	7	0.15	1.05
3.	Proses pembuatan	7	0.15	1.05	5	0.15	0.75	9	0.15	1.35
4.	Waktu Produksi	7	0.2	1.4	5	0.2	1	5	0.2	1
5.	Hasil Produk	9	0.2	1.8	7	0.2	1.4	5	0.2	1
6.	Harga	5	0.1	0.5	7	0.1	0.7	7	0.1	0.7
7.	Jumlah			6.1			6.2			6,5

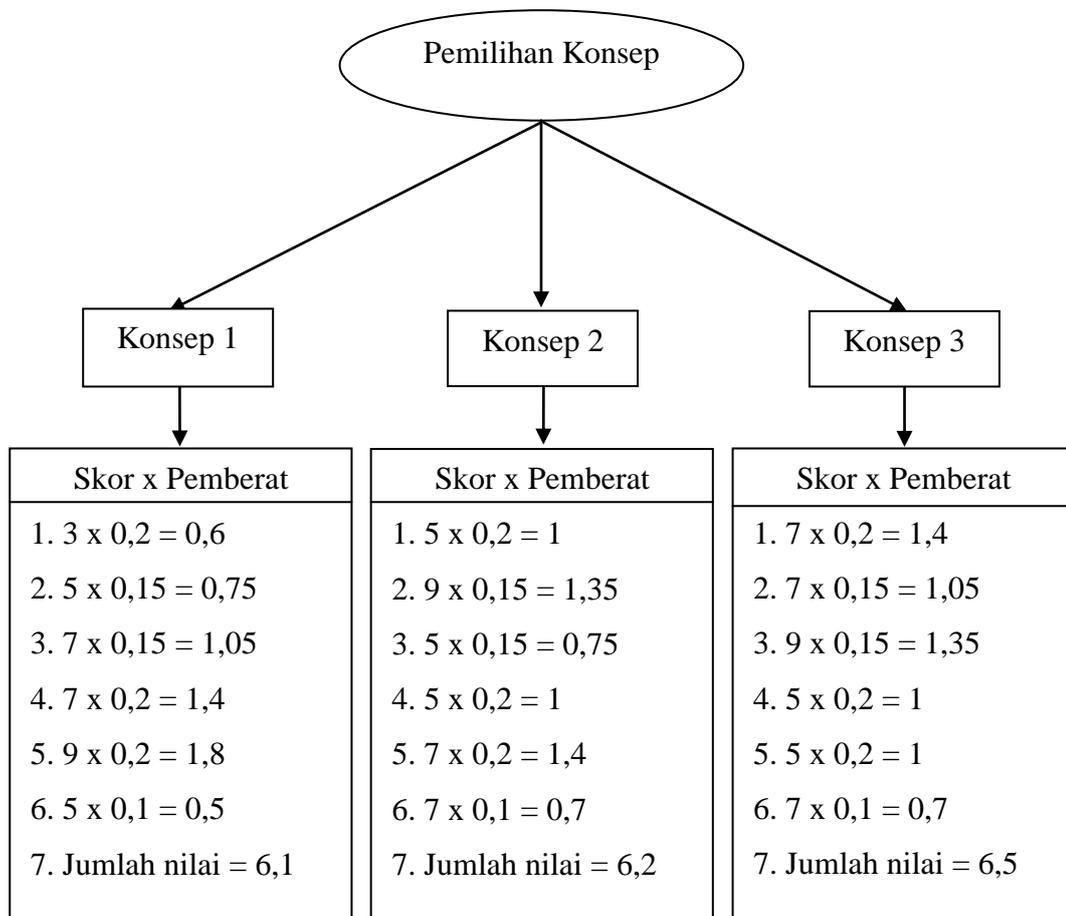
Keterangan skor:

- a) angka 3 artinya adalah: tidak baik
- b) angka 5 artinya adalah: cukup baik
- c) angka 7 artinya adalah: baik
- d) angka 9 artinya adalah: sangat baik

Keterangan pemberat:

- a) Bahan 0,2 artinya adalah: 20%
- b) Konstruksi 0,15 artinya adalah: 15%
- c) Proses pembuatan 0,15 artinya adalah: 15%
- d) Waktu produksi 0,2 artinya adalah: 20%
- e) Hasil produk 0,2 artinya adalah: 20%
- f) Harga 0,1 artinya adalah: 10%
- g) Jadi total keseluruhan desain = 100%

4.1.2 Uraian Pemilihan Konsep



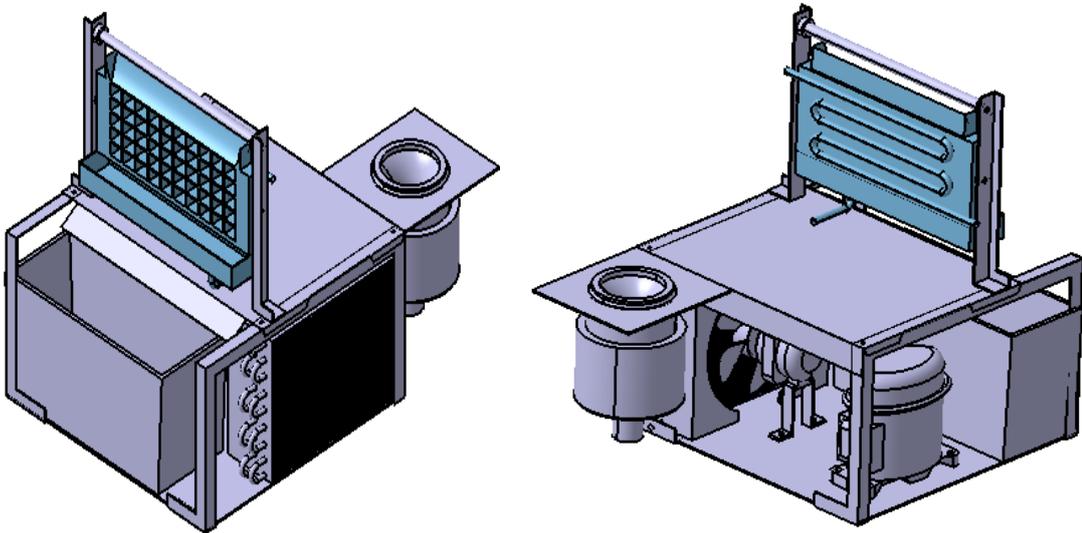
Gambar 4.4 Pemilihan Konsep

Untuk menentukan nilai dari tabel 4.1 konsep desain di dapat dari hasil skor di kali dengan hasil persentase dari jenis-jenis desain, contoh nya pada desain 1 hasil skor untuk jenis desain pada bahan sebesar 3, maka untuk mendapatkan hasil nilai nya ialah $3 \times 20\% = \frac{60}{100} = 0,6$ Maka hasil nilai pada bahan adalah 0.6

Dari pemilihan konsep desain pada tabel 4.1 konsep desain yang telah dipilih untuk tugas akhir sarjana ini adalah konsep 3. Karena dihitung secara teoritis, jumlah konsep 3 lebih banyak, dari konsep 1 dan konsep 2.

4.1.3 Hasil Desain Menggunakan Software Catia

Proses perancangan menggunakan software catia, software ini berfungsi untuk mempermudah merancang mesin pembuat kubus es berukuran kecil tersebut dan untuk mengetahui detail-detail yang akan dibuat, untuk mengetahui gambar rancangan konstuksi yang menggunakan software catia dapat dilihat pada gambar 4.5 di bawah ini.



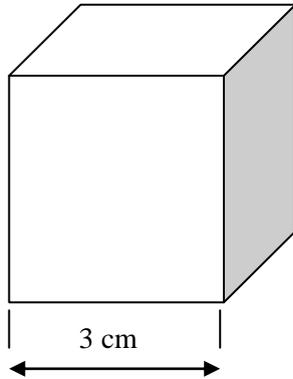
a. gambar tampak depan

b. gambar tampak belakang

Gambar 4.5 Hasil Desain Software Catia

4.2 Hasil Analisa

4.2.1 Kapasitas Mesin Pembuat Kubus Es



$$\begin{aligned}\text{Volume Kubus} &= s \times s \times s \\ &= 3 \times 3 \times 3 \\ &= 27 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

1 Kubus = 27 cm^3 terdapat 50 kubus

Jadi volume kubus keseluruhan :

$$\begin{aligned}v &= 27 \text{ cm}^3 \times 50 \\ &= 1350 \text{ cm}^3 = 0,001350 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Menghitung massa kubus es = $\rho = \frac{m}{v}$

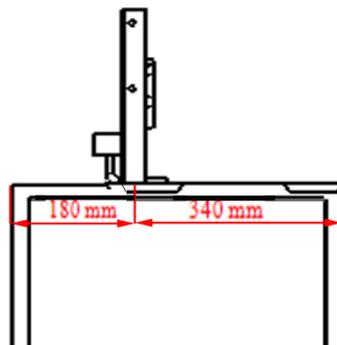
$$1000 \text{ kg/m}^3 = \frac{m}{0,001350 \text{ m}^3}$$

$$m = 1,35 \text{ kg} / 2 \text{ jam}$$

Ket : 2 jam (karena waktu pembekuan air terjadi sekitar 2 jam)

4.2.2 Pembebanan Yang Terjadi Pada Rangka

Bagian pada rangka yang menahan beban dari evaporator, rangka dudukan evaporator dan pipa air



Gambar 4.6 Bagian Rangka Yang Menahan Beban Evaporator, Rangka Dudukan Evaporator dan Pipa Air

Untuk mengetahui pembebanan yang terjadi pada rangka, salah satunya pembebanan pada evaporator maka diketahui :

Beban evaporator, rangka dudukan evaporator dan pipa air sebesar : 37 N

Panjang rangka : 520 mm

$F_1 = \text{Beban}$

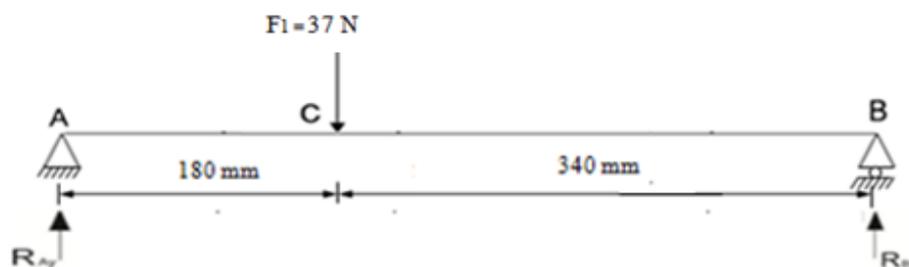
Maka :

$$\text{Gaya} = F_1$$



Gambar 4.7 Pembebanan Yang Terjadi Pada Rangka

Dapat dilihat bahwa ada beberapa gaya yang terjadi pada batang dan jarak batang yang menahan beban, seperti gambar 4.7



Gambar 4.8 Gaya Yang Terjadi Pada Batang Yang Menopang Beban Evaporator, Rangka Dudukan Evaporator dan Pipa Air

A. Gaya geser

Maka dari data di atas dapat di hitung gaya geser yang terjadi:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} - F_1 + R_{By} = 0$$

$$R_{Ay} - 37 \text{ N} + R_{By} = 0$$

$$R_{Ay} = 37 \text{ N} - R_{By}$$

$$R_{Ay} + R_{By} = 37 \text{ N}$$

$$\text{Gaya geser} = \sum M_A = 0$$

$$F_1 \cdot L_{AC} - R_{By} \cdot L_{AB} = 0$$

$$37 \text{ N} \cdot 180 \text{ mm} - R_{By} \cdot 520 \text{ mm} = 0$$

$$6660 \text{ N mm} - R_{By} \cdot 520 \text{ mm} = 0$$

$$6660 \text{ N mm} = R_{By} \cdot 520 \text{ mm}$$

$$R_{By} = \frac{6660 \text{ N mm}}{520 \text{ mm}} \quad R_{By} = 12,8 \text{ N}$$

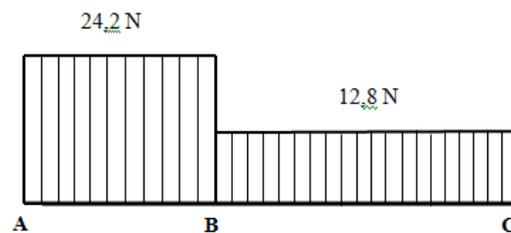
$$R_{Ay} + R_{By} = 37 \text{ N}$$

$$R_{Ay} = 37 \text{ N} - R_{By}$$

$$= 37 \text{ N} - 12,8 \text{ N} \quad R_{Ay} = 24,2 \text{ N}$$

Gaya yang terjadi pada titik A (R_{Ay}) sebesar 24,2 N

Gaya pada titik B (R_{By}) sebesar 12,8 N.



Gambar 4.9 Diagram Geser

B. Momen

Momen = beban yang terjadi pada batang \times jarak (titik tumpu ke titik beban)

- Momen yang terjadi pada titik A.

$$\begin{aligned}\sum M_A &= R_{Ay} \cdot 0 \\ &= 24,2 \text{ N} \cdot 0 = 0 \text{ (tidak ada momen yang terjadi pada titik A)}\end{aligned}$$

- Momen yang terjadi pada titik C.

Pada titik C terdapat :

Gaya yang bekerja yaitu R_{Ay} sebesar = 18,5 N

Jarak pada titik A menuju titik C sepanjang 180 mm.

$$\begin{aligned}\text{Maka } \sum M_C &= R_{Ay} \cdot L_{AC} \\ &= 24,2 \text{ N} \cdot 180 \text{ mm} \\ &= 4356 \text{ Nmm (momen yang terjadi di titik C 4356 Nmm)}\end{aligned}$$

- Momen yang terjadi pada titik B.

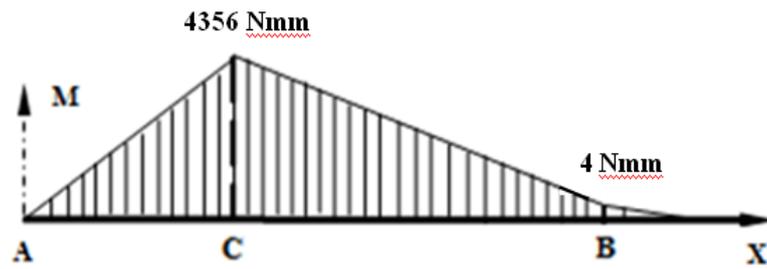
Pada titik B terdapat :

Semua gaya yang terjadi mulai dari titik A sampai pada titik B = 37 N

Jarak yang terjadi pada gaya : $L_{AB} = 520 \text{ mm}$

$$L_{CB} = 340 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Maka } \sum M_B &= R_{Ay} \cdot L_{AB} - F_1 \cdot L_{CB} \\ &= 24,2 \text{ N} \cdot 520 \text{ mm} - 37 \text{ N} \cdot 340 \text{ mm} \\ &= 12584 \text{ Nmm} - 12580 \text{ Nmm} \\ &= 4 \text{ Nmm (momen yang terjadi pada titik B 4 Nmm)}\end{aligned}$$

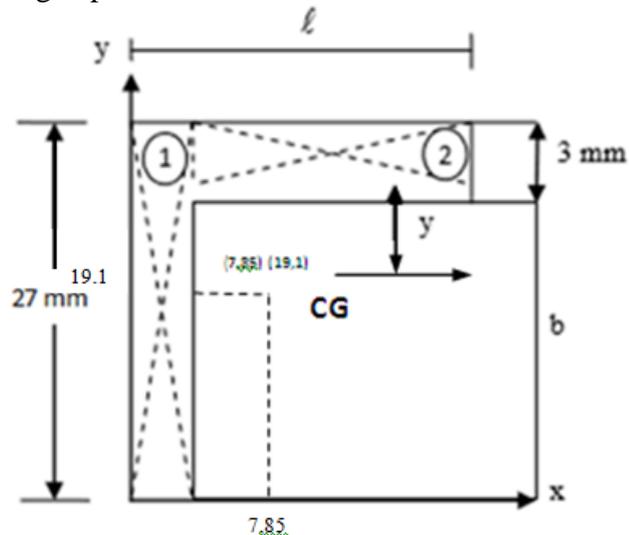


Gambar 4.10 Diagram Momen

C. Tegangan Rangka

Rangka yang ingin dipakai berupa besi profil L (siku) st 37 dengan dimensi 27 x 27 x 3 mm dan 37 x 37 x 3 mm

➤ Perhitungan pada besi siku L dimensi : **27 x 27 x 3 mm**



Gambar 4.11 Titik CG Pada Besi Profil L Dimensi 27 x 27 x 3 mm

a. Momen Inersia (I)

- Luas, $A_1 = 27 \times 3 = 81 \text{ mm}^2$

$$A_2 = 24 \times 3 = 72 \text{ mm}^2$$

- Titik berat bidang 1 dan 2

$$x_1 = 1,5 \text{ mm} \quad y_1 = 13,5 \text{ mm}$$

$$x_2 = 15 \text{ mm} \quad y_2 = 25,5 \text{ mm}$$

- Titik CG (x, y)

$$\bar{X} = \frac{A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2}{A_1 + A_2} = \frac{81 \cdot 1,5 + 72 \cdot 15}{81 + 72} = 7,85 \text{ mm}$$

$$\bar{Y} = \frac{A_1 \cdot Y_1 + A_2 \cdot Y_2}{A_1 + A_2} = \frac{81 \cdot 13,5 + 72 \cdot 25,5}{81 + 72} = 19,1 \text{ mm}$$

- Ketinggian CG 1-0 ke titik bidang diagonal

$$Hx1 = \bar{X} - x_1 = 7,85 - 1,5 = 6,35 \text{ mm}$$

$$Hx2 = x_2 - \bar{X} = 15 - 8,08 = 6,92 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} - I_{1xx} &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + A_1 \cdot hx1^2 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 24 \cdot (27)^3 + 81 \cdot (6,35)^2 = 42632,12 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - I_{2xx} &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + A_2 \cdot hx2^4 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 24 \cdot (27)^3 + 72 \cdot (6,92)^2 = 42813,82 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{Momen Inersia} &= I_{1xx} + I_{2xx} \\ &= 42632,12 \text{ mm}^4 + 42813,82 \text{ mm}^4 \\ &= 85445,94 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

b. Jarak titik berat

$$y = \frac{(b)^2}{2 \cdot (l + b)} = \frac{(24)^2}{2 \cdot (27 + 24)} = \frac{576}{102} = 5,64 \text{ mm}^2$$

c. Tegangan tarik maksimum bahan (σ_{\max}) = 370 N/mm

d. Faktor keamanan (sf) = 4 (karena jenis beban statis diambil dari tabel Khurmi & Gupta).

e. Tegangan ijin bahan (σ ijin)

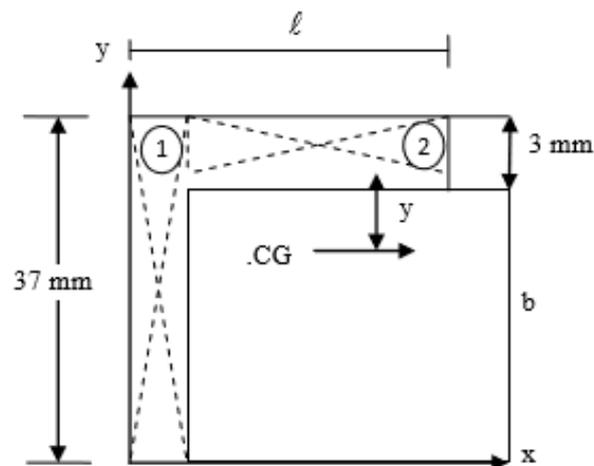
$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_{\mu}}{FOS} = \frac{370 \text{ N/mm}}{4} = 92,5 \text{ N/mm}$$

f. Tegangan yang terjadi pada rangka

$$\sigma = \frac{M_{max}}{I} = \frac{4356 \text{ N mm} \cdot 5,64 \text{ mm}^2}{85445,94 \text{ mm}^4} = 0,28 \text{ N/mm}$$

Dengan besi siku L dimensi **27 x 27 x 3 mm** : σ pada rangka < σ ijin bahan, maka perancangan rangka dinyatakan aman.

➤ Perhitungan pada besi siku L dimensi : **37 x 37 x 3 mm**



Gambar 4.12 Titik CG Pada Besi Profil L Dimensi 37 x 37 x 3 mm

a. Momen Inersia (I)

- Luas, $A_1 = 37 \times 3 = 111 \text{ mm}^2$

$$A_2 = 34 \times 3 = 102 \text{ mm}^2$$

- Titik berat bidang 1 dan 2

$$x_1 = 1,5 \text{ mm} \qquad y_1 = 18,5 \text{ mm}$$

$$x_2 = 20 \text{ mm} \qquad y_2 = 35,5 \text{ mm}$$

- Titik CG (x, y)

$$\bar{X} = \frac{A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2}{A_1 + A_2} = \frac{111 \cdot 1,5 + 102 \cdot 20}{111 + 102} = 10,8 \text{ mm}$$

$$\bar{Y} = \frac{A_1 \cdot Y_1 + A_2 \cdot Y_2}{A_1 + A_2} = \frac{111 \cdot 18,5 + 102 \cdot 35,5}{111 + 102} = 26,6 \text{ mm}$$

- Ketinggian CG 1-0 ke titik bidang diagonal

$$Hx1 = \bar{X} - x_1 = 10,8 - 1,5 = 9,3 \text{ mm}$$

$$Hx2 = x_2 - \bar{X} = 20 - 10,8 = 9,2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} - I_{1xx} &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + A_1 \cdot hx1^2 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 34 \cdot (37)^3 + 111 \cdot (9,3)^2 = 152543,1 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - I_{2xx} &= \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 + A_2 \cdot hx2^2 \\ &= \frac{1}{12} \cdot 34 \cdot (37)^3 + 102 \cdot (9,2)^2 = 151576 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{Momen Inersia} &= I_{1xx} + I_{2xx} \\ &= 152543,1 \text{ mm}^4 + 151576 \text{ mm}^4 \\ &= 304119,1 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

b. Jarak titik berat

$$y = \frac{(b)^2}{2 \cdot (l + b)} = \frac{(34)^2}{2 \cdot (37 + 34)} = \frac{1156}{142} = 8,14 \text{ mm}^2$$

c. Tegangan tarik maksimum bahan (σ_{\max}) = 370 N/mm

d. Faktor keamanan (sf) = 4 (karena jenis beban statis diambil dari tabel Khurmi & Gupta).

e. Tegangan ijin bahan (σ ijin)

$$\sigma \text{ ijin} = \frac{\sigma_{\mu}}{Fos} = \frac{370 \text{ N/mm}}{4} = 92,5 \text{ N/mm}$$

f. Tegangan yang terjadi pada rangka

$$\sigma = \frac{M \text{ max}}{I} = \frac{2718 \text{ N mm} \cdot 8,14 \text{ mm}^2}{304119,1 \text{ mm}^4} = 0,07 \text{ N/mm}$$

Dengan besi siku L dimensi **37 x 37 x 3 mm** : σ pada rangka < σ ijin bahan, maka perancangan rangka juga dinyatakan aman.

Jadi dari kedua perhitungan di atas maka perancangan konstruksi pada mesin kubus es berukuran kecil ini menggunakan besi siku L dengan dimensi 27 x 27 x 3 mm, karena nilai dari tegangan besi siku L 27 x 27 x 3 mm = 0,28 N/mm lebih besar dari besi siku L 37 x 37 x 3 mm = 0,07 N/mm.

4.3 Biaya Perancangan Mesin Kubus Es Berukuran Kecil.

Adapun biaya perancangan mesin pembuat kubus es dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Biaya Perancangan Mesin Kubus Es Berukuran Kecil.

No	Jumlah dan Jenis Barang	Jumlah Harga
	Komponen Mesin	
1	Kondensor	Rp 500.000
2	Kompresor	Rp 500.000
3	Fan motor + Kipas	Rp 250.000
4	Timer Omron	Rp 90.000
5	Filter Kulkas	Rp 8.000
6	Selenoid Valve	Rp 300.000
7	Thermostat	Rp 50.000
8	Pintil 5 Buah	Rp 25.000
	Bahan Pembuatan Evaporator	
9	Plat Tembaga 0,8mm	Rp 600.000
10	Pipa Tembaga + 0,61 Diameter 3/8	Rp 500.000
12	Kawat Las 10 Batang	Rp 100.000
13	Defrsoss	Rp 25.000
14	Kapiler 0,36 = 2 Meter	Rp 15.000
15	Rigib 2 Kg	Rp 140.000
16	Selang manifold 2 buah	Rp 70.000
	Bahan Pembuatan Kontruksi	
15	Besi Siku	Rp 95.000
16	Plat Stainless 0.3 Bekas	Rp 40.000
17	Besi Galfalum Bekas	Rp 20.000
18	Baut 12 mm + Mur 12 mm 12 buah	Rp 16.000
19	Baut 10 mm + Mur 10 mm 14 buah	Rp 7.000
20	Baut Skrup	Rp 10.000
	Bahan tambahan	
21	Cat 1 ons	Rp 10.000
22	Thiner 1 liter	Rp 20.000
23	Selang Air 2 buah	Rp 5.000
24	Galon Air	Rp 15.000
25	Pipa Air Paralon + Tutup Pipa Air 2 Buah	Rp 20.000
26	Pompa Air	Rp 7.000
27	Kabel T	Rp 10.000
	Jumlah	Rp 3.448.000

Dari tabel 4.2 dapat disimpulkan bahwa perancangan mesin pembuat kubus es memerlukan biaya sebesar Rp. 3.448.000 Untuk proses persiapan alat dan bahan kurang lebih 1 bulan, jika mesin kubus es berukuran kecil ini dijual penulis memberi harga sebesar Rp. 10.000.000.

4.4 Spesifikasi Rancangan Mesin Kubus Es Berukuran Kecil

Tabel 4.3 Spesifikasi Rancangan

MODEL	SATUAN	UKURAN	TYPE
Mesin			
Kompresor	Pk	½	9460 T
Panjang Pipa Evaporator	Mm	280	Pipa Tembaga
Tebal Pipa	Mm	0,5	Pipa Tembaga
Diameter Pipa	Inch	½	Pipa Tembaga
Sudut Pipa	Derajat	180	Pipa Tembaga
Jumlah Batang	Buah	5	-
Tebal Plat Cetakan	Mm	0,8	Plat Stainless
Diameter Kapiler	Mm	0,36	Tembaga
Tebal Rigid	Mm	50	-
Fan Motor	Watt	120	-
Freon	-	R 404	-
Filter	-	1 holl	-
Waktu Pembekuan			
½ Pk (R 404)	Jam	2	-
Dimensi Dudukan Evaporator			
Tinggi Evaporator	Mm	335	Plat Tembaga
Lebar Evaporator	Mm	35	Plat Tembaga
Dimensi Rangka Mesin			
Tinggi Tiang Dudukan Mesin	Mm	300	Plat Besi Siku
Lebar Dudukan Mesin	Mm	510	Plat Besi Siku
Dudukan Alas Mesin			
Lebar Alas Dudukan	Mm	510	Galvalum

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada perancangan konstruksi mesin pembuat kubus es berukuran kecil ini dapat beberapa kesimpulan yaitu:

- a) Bahwa mesin es kubus yang telah dibuat sesuai dengan yang dirancang dan berkerja dengan maksimal seperti di tunjukan pada hasil pengujian.
- b) Pada perancangan konstruksi ini bahan pembuat rangka mesin pembuat kubus es ini adalah besi siku L 37 ST dengan dimensi 27 x 27 x 3 mm dengan tegangan ijin bahan 92,5 N/mm dan tegangan yang terjadi pada rangka 0,28 N/mm, maka bahan yang dipilih dinyatakan aman.
- c) Alat ini mempunyai desain yang sederhana, sehingga mudah dalam perawatannya .

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang perlu disampaikan oleh penulis ialah:

- a) Agar mendapatkan desain yang optimal pada saat rancangan maka perlu adanya alat pembantu manufaktur agar hasil rancangan lebih baik dan sempurna, disarankan seperti pembengkok plat yang lebih baik lagi.
- b) Pada riset berikutnya penulis menyarankan mesin pembuat kubus es berukuran kecil ini di kembangkan lagi sesuai dengan perkembangan teknologi yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

Ali Sadikin. (2013) Perancangan Rangka *Chasis* Mobil Listrik Untuk 4 Penumpang Menggunakan *Software 3D Siemens Nx8*. *Perancangan Kontruksi*. Vol. 4(6). <http://lib.uness.ac.id>, diakses 25 Agustus 2015.

Daryanto. (2006) *Teknik Pendingin*, Bandung: Yrama widya.

Dedi Natalia. (2007) Rancang Bangun Mesin Pembuat Es Krim “*Cone*” Yang Ekonomis. *Kontruksi Manufaktur*. Vol.4(15). <http://lib.uness.ac.id>, diakses 28 Oktober 2013.

Giesecke, Frederick E., *et al.* (2001) *Gambar Teknik*. Jakarta: Erlangga.

Gere & Timoshenko. (1997) *Mekanika Bahan* jilid 1 edisi keempat. Jakarta: Erlangga.

John A.Schey. (2009) *Proses Manufaktur*. Yogyakarta: Penerbit Andi

Kamajaya dan Suardhana Linggih. (1987) *Penuntun Pelajaran Fisika*, Bandung: Erlangga.

Karyanto dan Emon Paringga. (2003) *Teknik Mesin Pendingin*, Volume 1, Jakarta: Restu Agung.

L.Alipour. (2017) The Impact Of Designers’ Goals On Design-By-Anology. *Design Studies*. Vol. 10(3). <http://dx.doi.org/10.1016/j.destud>, diakses 1 April 2017.

Sahana R. Daly. (2017) novice designer’ use of prototypes in engineering design. *Design Studies*. Vol. 10(5). <http://dx.doi.org/10.1016/j.destud>, diakses 2 April 2017.

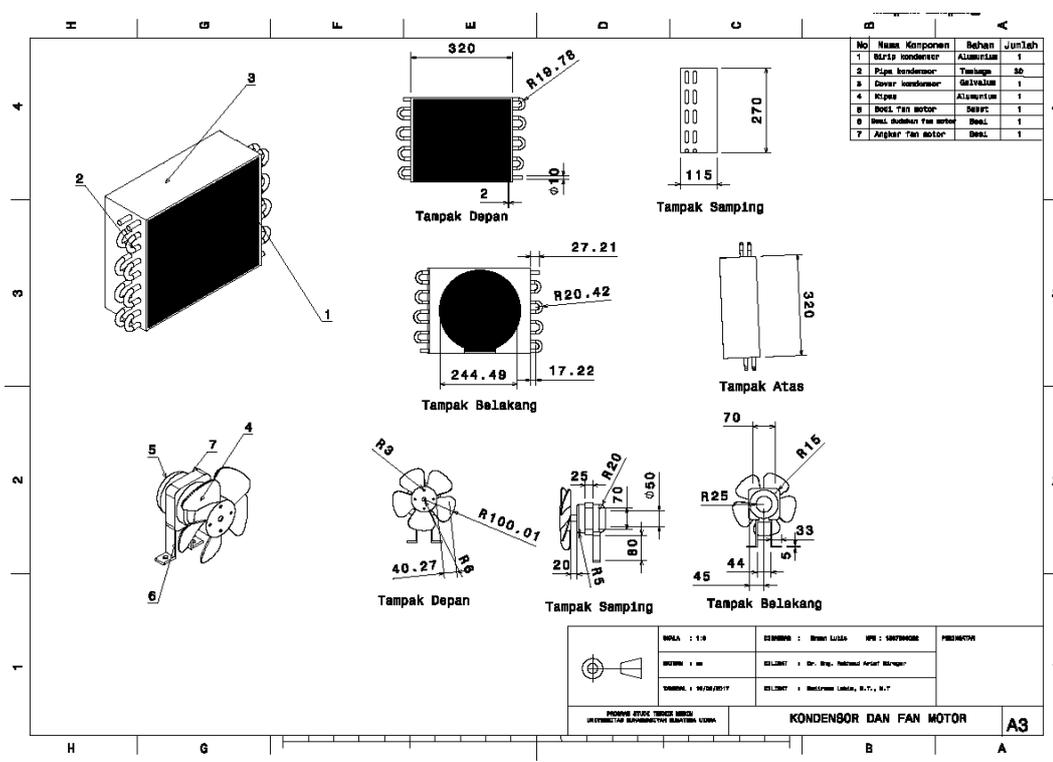
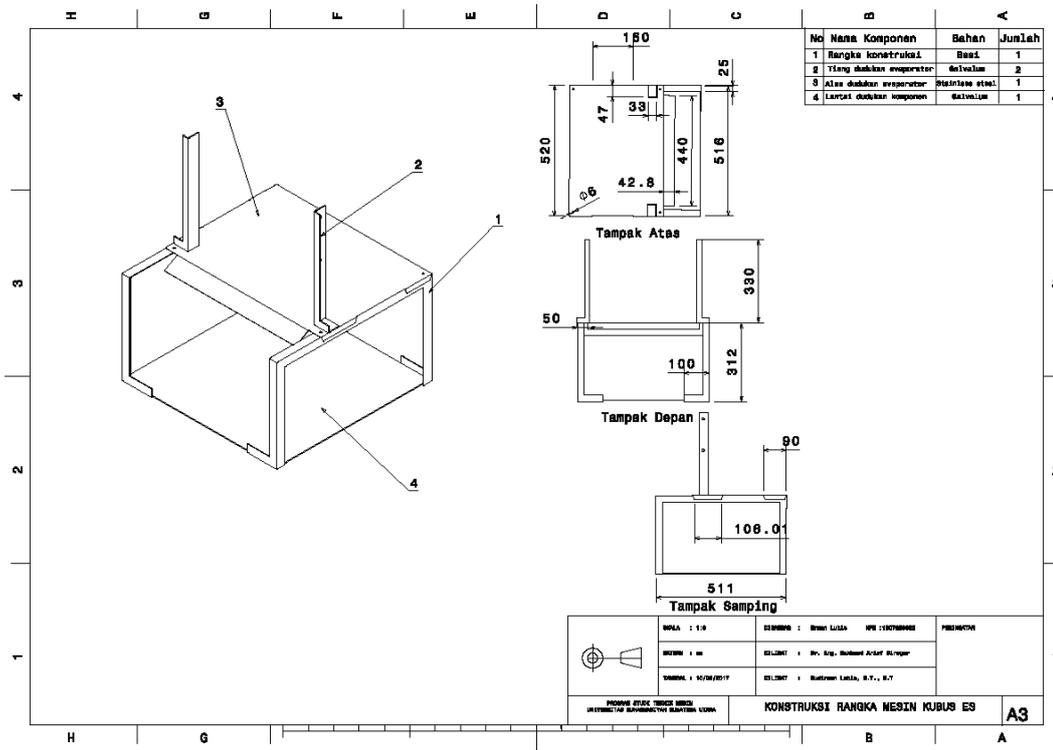
Sumanto. (2000) *Dasar Mesin Pendingin*. Yogyakarta: Penerbit, Andi.

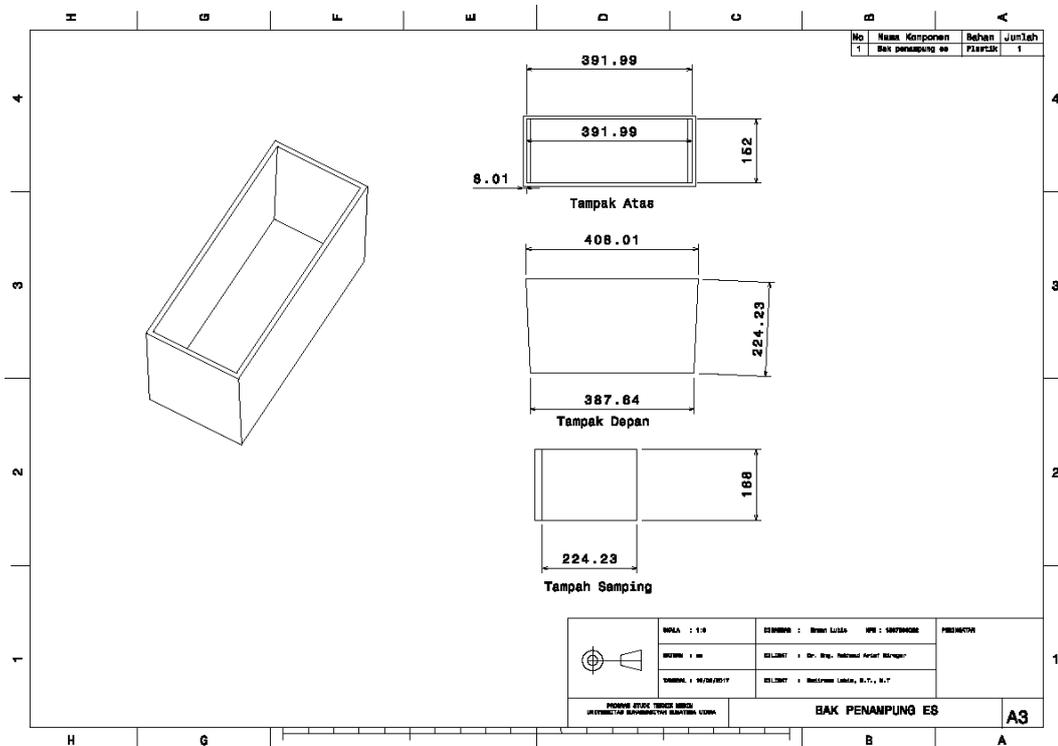
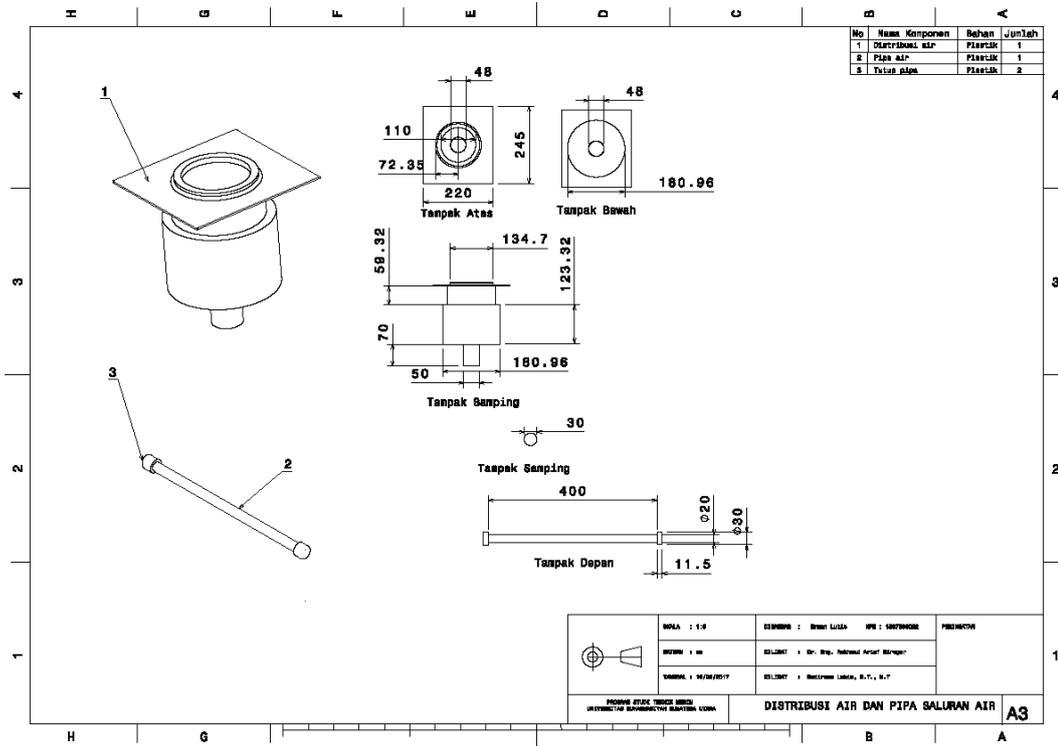
Supratman Hara. (1992) *Refrijerasi dan Pengkondisian Udara*, Jakarta : Erlangga.

Ricky Gunawan. (1988) *Pengantar Teori Teknik Pendingin*, Jakarta : Depdikbud.

TA. Wibowo. (2014) Perancangan Dan Analsis Kekuatan Kontruksi Mesin Tekuk Plat Hidrolik. *Mekanika*. Vol. 12(66).<http://www.jurnal.ft.uns.ac.id>, diakses 2 Maret 2014.

LAMPIRAN





DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Erman Lubis
NPM : 1307230022
Tempat/ Tanggal Lahir : Medan, 09 mei 1993
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Jl. Klambir v Gg.Flamboyan P.Laut I
 Kel/Desa : Lalang
 Kecamatan : Medan Sunggal
 Provinsi : Sumatera Utara
Nomor HP : 0852 4274 9769
Nama Orang Tua
 Ayah : Saparudin Lubis
 Ibu : Turiah

PENDIDIKAN FORMAL

1999-2005 : SD Swasta Teladan Sumatera Utara
2005-2008 : SMP Swasta Teladan Sumatera Utara
2008-2011 : SMK Immanuel Medan
2013-2017 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara