

29839/07



GS

R55P  
623.8535  
Bun  
0-1  
2007

TUGAS AKHIR - LS 1336

# OPTIMASI DESAIN SISTEM PENDINGIN RUANG PALKA IKAN BERDASARKAN LIFE CYCLE COST : STUDI KASUS KAPAL IKAN 30 GT PEMDA SITUBONDO

GUNAWAN  
NRP : 4202 109 711

Dosen Pembimbing  
Ir. Alam Baheramsyah, MSc

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2007

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	31-7-2007
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	228688

**FINAL PROJECT - LS 1336**

**OPTIMATION DESIGN OF REFRIGERATION  
SYSTEM FOR CARGO HOLD BASED ON LIFE  
CYCLE COST : CASE STUDY IN FISHING VESSEL  
30 GT - PEMDA SITUBONDO**

**GUNAWAN**  
NRP : 4202 109 711

Supervisor  
*Ir. Alam Baheramsyah, MSc*

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING**  
Faculty Of Ocean Technology  
Sepuluh Nopember Institute Of Technology  
Surabaya 2007



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

10020



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



**ABSTRAK**



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



**OPTIMASI DESAIN SISTEM PENDINGIN RUANG PALKA  
IKAN BERDASARKAN LIFE CYCLE COST : STUDI  
KASUS KAPAL IKAN 30 GT PEMDA SITUBONDO**

**Nama Mahasiswa : GUNAWAN**  
**NRP : 4202 109 711**  
**Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS**  
**Dosen Pembimbing : Ir. ALAM BAHERAMSYAH, MSc**

**Abstrak**

*Kapal ikan tipe Purse Seine 30 GT milik Dinas Kelautan dan Perikanan Pemda Situbondo dilengkapi dengan sistem pendingin udara untuk mendinginkan ruang palka ikan, dimana tiap dinding ruang palka diisolasi dengan sterofoam. Bahan isolasi tersebut digunakan karena dari segi ekonomis harganya murah tetapi dinilai masih kurang optimal jika dilihat dari total biaya keseluruhan.*

*Dalam Tugas Akhir ini mengoptimasikan ruang palka desain lama diganti dengan alternatif desain baru pada bagian isolasi pendinginnya dengan menggunakan bahan isolasi polyurethane. Dipilih tiga variasi tebal isolasi yaitu 4 cm (desain A), 8 cm (desain B), dan 12 cm (desain C). Variasi tersebut digunakan sebagai data untuk menghitung beban pendingin, kemudian dilakukan pemilihan peralatan sistem pendingin. Dari data isolasi dan peralatan sistem pendingin dilakukan perhitungan ekonomis dengan metode Life Cycle Cost yang meliputi biaya investasi, biaya operasional (biaya energi, biaya perawatan dan perbaikan, biaya penggantian) dan nilai harga bekas peralatan (salvage value).*

*Dari hasil perhitungan tiap-tiap desain alteratif diperoleh hasil yang paling optimal berdasarkan nilai Life Cycle Cost-nya adalah desain B dengan keuntungan sebesar 22,98 % dari desain lama.*

**Kata kunci : Sistem pendingin, Life Cycle Cost (LCC), Kapal Ikan 30 GT**



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

100000



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



**ABSTRACT**



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



**OPTIMATION DESIGN OF REFRIGERATION SYSTEM FOR  
CARGO HOLD BASED ON LIFE CYCLE COST : CASE STUDY  
IN FISHING VESSEL 30 GT - PEMDA SITUBONDO**

**Name** : GUNAWAN  
**NRP** : 4202 109 711  
**Department** : Marine Engineering FTK – ITS  
**Supervisor** : Ir. ALAM BAHERAMSYAH, MSc

**Abstract**

*Fishing vessel Purse Seine 30 GT Type belong to Ocean and Fisheries Department's Pemda Situbondo is complited by refrigeration system for cargo hold in which each its wall insulation on Sterofoam. This insulation to be used because is cheapest although it investigated to overall of total cost is rated still not optimal enough.*

*In this final project optimizes original design of cargo hold to replaced by new design alternative in its insulation part with using insulation substance Polyurethane. Chosen 3 thickness variation of insulations, they are 4 cm (called; Design A), 8 cm (Design B) and 12 cm (Design C). The variation used as principal data to calculate the cooling load, afterward the selection to equipmenst of refrigeration system is needed. Based on insulation and equipment of refrigeration system data, will be calculated economically on Life Cycle Cost Method that is included investation Cost, Operational Cost (energy cost, maintenance and repair cost, replacement cost) and salvage value.*

*The result of calculation of each alternative design that based on Life Cycle Cost Method, design B have most advantages economically than others about 22,98% to original design.*

**Key Word** : Refrigeration System, Life Cycle Cost (LCC), Fishing Vessel 30 GT



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

10/17



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**LEMBAR PENGESAHAN**



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



## LEMBAR PENGESAHAN

### OPTIMASI DESAIN SISTEM PENDINGIN RUANG PALKA IKAN BERDASARKAN LIFE CYCLE COST : STUDI KASUS KAPAL IKAN 30 GT PEMDA SITUBONDO

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi Marine Machinery System (MMS)  
Program Studi S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**GUNAWAN**

NRP : 4202 109 711

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :  
Ir. Alam Baheramsyah, MSc



SURABAYA  
JULI, 2007



**LEMBAR PENGESAHAN**  
**OPTIMASI DESAIN SISTEM PENDINGIN RUANG PALKA**  
**IKAN BERDASARKAN LIFE CYCLE COST : STUDI**  
**KASUS KAPAL IKAN 30 GT PEMDA SITUBONDO**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi Marine Machinery System (MMS)  
Program Studi S1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :  
**GUNAWAN**  
NRP : 4202 109 711

Disetujui oleh Ketua Jurusan :



Ir. Surjo W. Adji, MSc, CEng, FIMarEST  
NIP. 131 879 390

SURABAYA  
JULI, 2007



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

## **KATA PENGANTAR**

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, segala puji kepada Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan hidayah-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“OPTIMASI DESAIN SISTEM PENDINGIN RUANG PALKA IKAN BERDASARKAN LIFE CYCLE COST : STUDI KASUS KAPAL IKAN 30 GT PEMDA SITUBONDO”**. Tak lupa pula sholawat serta salam semoga tercurah kepada Rosulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, dan para pengikutnya.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat menyelesaikan pendidikan di jurusan Teknik Sistem Pekapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyadari bahwa dalam menyusun Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mohon maaf dari para pembaca dan mengharap segala bentuk kritik maupun saran yang bersifat membangun.

Surabaya, Juli 2007

Penulis



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



**UCAPAN TERIMA KASIH**



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



ITS  
Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember



## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang dengan tulus ikhlas membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini semoga amal baik dari semuanya dibalas dengan yang lebih baik oleh Allah SWT :

1. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, MSc selaku dosen pembimbing dan Kalab Mesin Fluida dan Sistem yang telah membimbing dengan sabar, tulus dan ikhlas sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Ir. Surjo Widodo Adji, MSc selaku ketua jurusan Teknik System Perkapalan FTK-ITS.
3. Bapak Ir. Sardono Sarwito, MSc selaku dosen wali yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan selama kuliah di Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
4. Bapak Beny Cahyono, ST MT atas nasihat dan arahnya.
5. Bapak-bapak dosen serta karyawan Teknik Sistem Perkapalan yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu atas semua ilmu dan bimbingannya.
6. Bapak dan Ibu, kakak-kakakku serta adikku terima kasih atas segala pengorbanan, doa dan restunya.
7. Pemerintah Daerah Kabupaten Merauke dan masyarakat Merauke atas segala kepercayaannya.
8. Keluarga besar di Ngawi atas segala perhatian dan doanya.
9. Semua teman-teman seperjuangan dari Merauke angkatan 2002, maupun angkatan 2001 dan 2004 atas segala kebersamaan dan kerjasamanya selama ini.
10. Seluruh sahabatku yang telah memberi semangat, dukungan dan nasihat selama ini.
11. Seluruh member Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem dari angkatan 2000-2003 atas kebersamaan, dukungan dan kerjasamanya.
12. Seluruh teman-teman Marineer 2002 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu terima kasih atas masukan dan dukungannya.



13. Seluruh staf dan karyawan PT. MARULINE MAJU UTAMA yang telah memberikan informasi dan arahan.
14. Serta banyak pihak yang telah banyak membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Akhir kata, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan memberikan pengetahuan bagi kita semua terutama bagi penulis. Amin.

Surabaya, Juli 2007

Penulis



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**DAFTAR ISI**

## DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Abstrak	
Abstract	
Lembar Pengesahan	
Kata Pengantar.....	i
Ucapan Terima Kasih.....	ii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Gambar.....	viii
Daftar Tabel.....	x

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapasitas Beban Pendingin .....	5
2.1.1 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U).....	5
2.1.2 Beban Pendingin .....	6
2.2 Sistem Pendingin Udara .....	17
2.2.1 Refrigerasi Kompresi Uap .....	17
2.2.2 Komponen Sistem Pendingin .....	20
2.3 Cara Menentukan Peralatan Sistem Pendingin .....	28
2.4 Ruang Palka .....	31
2.4.1 Isolasi Ruang Palka .....	31
2.5 Metode Life Cycle Cost .....	39



### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Studi Literatur .....	47
3.2	Pengumpulan Data Dari desain Lama (D).....	48
3.2.1	Data Pendukung .....	48
3.2.2	Data Spesifikasi Peralatan Sistem Pendingin .....	48
3.2.3	Data Isolasi Ruang Palka .....	49
3.3	Membuat Alternatif Desain Baru .....	49
3.3.1	Mencari Alternatif Bahan Isolasi .....	49
3.3.2	Menghitung Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Dari Macam-macam Bahan Isolasi (U).....	49
3.3.3	Memilih Bahan Isolasi Yang Nilai U-nya Kecil ....	50
3.3.4	Menghitung Nilai-U Dari Bahan Isolasi Yang Telah Dipilih Dan Harga Isolasi .....	50
3.3.5	Membuat Grafik .....	50
3.3.6	Memilih Tebal Isolasi .....	50
3.3.7	Alternatif Tebal Isolasi Yang Di Pilih .....	51
3.3.8	Analisa Data .....	51
3.4	Perhitungan Teknis .....	51
3.4.1	Menghitung Beban Pendingin .....	51
3.4.2	Menghitung Kapasitas Beban Pendingin Yang Dibutuhkan Oleh Peralatan .....	51
3.4.3	Memilih Spesifikasi Peralatan Sistem Pendingin ...	52
3.5	Perhitungan Ekonomis .....	52
3.5.1	Nilai Life Cycle Cost Desain Lama .....	52
3.5.2	Nilai Life Cycle Cost Desain Baru .....	52
3.6	Membandingkan Desain Lama Dengan Desain Baru .....	53
3.7	Kesimpulan Dan Saran .....	53

### BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Desain Lama (D) .....	59
4.1.1	Dimensi Kapal .....	59
4.1.2	Gambar Rencana Garis .....	59
4.1.3	Gambar Rencana Umum .....	59
4.1.4	Ruang Palka .....	60

4.1.5	Bahan Isolasi Dan Tebal Isolasi Ruang Palka .....	60
4.1.6	Susunan Dinding Isolasi Ruang Palka .....	60
4.1.7	Data Spesifikasi Peralatan Sistem Pendingin Desain Lama (D) .....	65
4.2	Perhitungan Ekonomis Desain Lama (D) .....	68
4.2.1	Analisa Life Cycle Cost Desain D .....	68
4.3	Membuat Alternatif Desain Baru .....	78
4.3.1	Memilih Bahan Isolasi Ruang Palka .....	78
4.3.2	Membuat Grafik Berdasarkan Isolasi Yang Telah Dipilih (polyurethane) .....	80
4.3.3	Memvariasikan Tebal Isolasi .....	86
4.3.4	Menghitung Koefisien Perpindahan Panas (U) Tiap- tiap Dinding Ruang Palka .....	87
4.3.5	Menghitung Luas Tiap-tiap Dinding Ruang Palka .....	94
4.3.6	Menghitung Volume Ruang Palka .....	94
4.4	Perhitungan Beban Pendingin Desain A .....	97
4.4.1	Perhitungan Beban Pendingin Ruang Palka I (frame 11-15) .....	97
4.4.2	Perhitungan Beban Pendingin Ruang Palka II (frame 15-19) .....	104
4.5	Kapasitas Beban Pendingin Yang Dibutuhkan Oleh Peralatan .....	111
4.5.1	Kapasitas Beban Peralatan Desain A .....	111
4.5.2	Kapasitas Beban Peralatan Desain B .....	112
4.5.3	Kapasitas Beban Peralatan Desain B .....	112
4.6	Memilih Spesifikasi Peralatan Sistem Pendingin .....	113
4.6.1	Spesifikasi Peralatan Sistem Pendingin Desain Baru .....	113
4.7	Perhitungan Ekonomis Desain Baru .....	118
4.7.1	Analisa Life Cycle Cost Desain .....	118
4.7.2	Membandingkan Nilai Life Cycle Cost Desain Baru .....	119
4.7.3	Membandingkan Nilai Life Cycle Cost Desain Baru Dengan Desain Lama .....	122





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

## DAFTAR GAMBAR

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Faktor Panas per Orang .....	10
Gambar 2.2 Grafik Average Air Changes per 24 Hours For Storage Rooms Below 32 <sup>0</sup> F.....	12
Gambar 2.3 Grafik Psikometri .....	12
Gambar 2.4 Grafik Hubungan Antara Temperatur Terhadap Kalor .....	13
Gambar 2.5 Proses Kerja Sistem Pendingin .....	17
Gambar 2.6 Diagram Suhu-Entropi .....	18
Gambar 2.7 Diagram Tekanan-Entalpi .....	19
Gambar 2.8 Open Type Compressor .....	21
Gambar 2.9 Kompresor Semi Hermetic .....	21
Gambar 2.10 Macam-macam Kondensator Menurut Pendinginannya .....	22
Gambar 2.11 Kondensator Shell & Tube .....	23
Gambar 2.12 Kontruksi Evaporator .....	24
Gambar 2.13 Katub Ekspansi .....	25
Gambar 2.14 Grafik KS Cooler DT1-WET .....	28
Gambar 2.15 Grafik Open Compressors .....	29
Gambar 2.16 Grafik Semi-Hermetic Compressors .....	30
Gambar 2.17 Grafik Biaya Dan Tebal Isolasi .....	36
Gambar 2.18 Cash Flow Diagram .....	43
Gambar 2.19 Diagram LCC .....	43
Gambar 2.20 Diagram Nilai Uang Saat Ini (P) Dan Nilai Uang Yang Akan Datang (A) .....	45
Gambar 2.21 Diagram Nilai Uang Saat Ini (P) Dan Jumlah Uang Yang Di Keluarkan Tiap Tahunnya.....	46
Gambar 3.1 Flow Chart Pengerjaan Tugas Akhir .....	54
Gambar 4.1 Susunan Dinding Pembatas Frame 11 dan 19 Desain D .....	61
Gambar 4.2 Susunan Dinding Pembatas Frame 15 Desain D ....	62
Gambar 4.3 Susunan Atap Frame 11-15 Dan Frame 15-19 Desain D .....	62

Gambar 4.4 Susunan Lantai Frame 11-15 Dan 15-19 Desain D .....	63
Gambar 4.5 Susunan Dinding Kanan Dan Kiri Frame 11-15 Dan 15-19 Desain D .....	64
Gambar 4.6 Grafik Nilai-U .....	83
Gambar 4.7 Grafik Harga Isolasi .....	84
Gambar 4.8 Grafik Nilai-U Dan Harga Isolasi .....	85
Gambar 4.9 Susunan Dinding Pembatas Frame 11 dan 19 Desain A .....	87
Gambar 4.10 Susunan Dinding Pembatas Frame 15 Desain A .....	88
Gambar 4.11 Susunan Atap Frame 11-15 Dan 15-19 Desain A .....	88
Gambar 4.12 Susunan Lantai Frame 11-15 Dan 15-19 Desain A .....	89
Gambar 4.13 Susunan Dinding Kanan Dan Kiri Frame 11-15 Dan 15-19 Desain A .....	89
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Biaya Desain Baru .....	120
Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Total Biaya Desain Baru .....	120



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**DAFTAR TABEL**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Temperatur Efektif Matahari Pada 45 <sup>0</sup> .....	9
Tabel 2.2 Faktor Panas per Orang .....	10
Tabel 2.3 Average Air Changes per 24 Hours For Storage Rooms Below 32 <sup>0</sup> F .....	11
Tabel 2.4 Syarat-syarat Storage Dan Propertis Dari Makanan Yang Mudah Rusak/Busuk .....	15
Tabel 2.5 Heat Equivalent Of Electric Motors .....	16
Tabel 2.6 Macam-macam Bahan Isolasi .....	32
Tabel 2.7 Macam-macam Bahan Isolasi .....	34
Tabel 2.8 Macam-macam Bahan Isolasi .....	35
Tabel 2.9 Macam-macam Bahan Isolasi .....	36
Tabel 2.10 Panas Dari Celah Udara .....	37
Tabel 2.11 Sifat-sifat Penting Beberapa Material Isolasi Yang Biasa Digunakan .....	38
Tabel 4.1 Spesifikasi Kompresor Desain Lama .....	65
Tabel 4.2 Spesifikasi Motor Kompresor Desain Lama .....	65
Tabel 4.3 Spesifikasi Kondensor Desain Lama .....	65
Tabel 4.4 Tangki Refrigeran Desain Lama .....	66
Tabel 4.5 Spesifikasi Evaporator Desain Lama.....	66
Tabel 4.6 Spesifikasi Pompa Pendukung Desain Lama .....	67
Tabel 4.7 Spesifikasi Genset Desain Lama .....	67
Tabel 4.8 Investasi Desain D .....	71
Tabel 4.9 Biaya Operasional Desain D .....	75
Tabel 4.10 Nilai Salvage Value Desain D .....	77
Tabel 4.11 Life Cycle Cost (LCC) Desain D .....	77
Tabel 4.12 Material Isolasi .....	78
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Nilai-R Dan Nilai-U Dengan Tebal Isolasi Tetap .....	79
Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Nilai-R Dan Nilai-U Dengan Variasi Ketebalan .....	81-82
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Nilai-U (Desain A, B dan C) .....	93



Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Luas Tiap Dinding Ruang Palka (ft <sup>2</sup> ) .....	94
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Volume Ruang Palka (m <sup>3</sup> ) .....	94
Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Volume Ruang Palka (ft <sup>3</sup> ) .....	95
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Volume Air Tawar (m <sup>3</sup> ) .....	95
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Berat Air Tawar .....	95
Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Berat Ikan (ton) .....	96
Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Volume Infiltrasi (m <sup>3</sup> ) .....	96
Tabel 4.23 Hasil Perhitungan Volume Infiltrasi (ft <sup>3</sup> ) .....	96
Tabel 4.24 Hasil Perhitungan Beban Pendingin Desain A .....	110
Tabel 4.25 Hasil Perhitungan Beban Pendingin Desain B .....	110
Tabel 4.26 Hasil Perhitungan Beban Pendingin Desain C .....	110
Tabel 4.27 Spesifikasi Kompresor Desain Baru .....	113
Tabel 4.28 Spesifikasi Motor Kompresor Desain Baru .....	114
Tabel 4.29 Spesifikasi Kondensor Desain Baru .....	114
Tabel 4.30 Tangki Refrigeran Desain Baru .....	114
Tabel 4.31 Spesifikasi Evaporator I Desain Baru .....	115
Tabel 4.32 Spesifikasi Evaporator II Desain Baru .....	116
Tabel 4.33 Spesifikasi Pompa Pendukung Desain Baru .....	117
Tabel 4.34 Investasi Desain Baru .....	118
Tabel 4.35 Biaya Operasional Desain Baru .....	118
Tabel 4.36 Nilai Salvage Value Desain Baru .....	119
Tabel 4.37 Total Life Cycle Cost (LCC) Desain Baru .....	119
Tabel 4.38 Total Life Cycle Cost (LCC) Desain Lama Dan Baru .....	122



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

## **BAB I PENDAHULUAN**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kapal ikan tipe Purse Seine 30 GT milik Dinas Kelautan dan Perikanan Pemda Situbondo dilengkapi dengan sistem pendingin udara untuk mendinginkan ruang palka ikan yang jumlahnya dua palka dan ruang palka tersebut letaknya didepan kamar mesin. Agar temperatur udara didalam ruang palka dingin tiap dinding ruang palka diisolasi dengan sterofoam, bahan isolasi tersebut digunakan karena dari segi ekonomis harganya murah jika dibandingkan dengan bahan isolasi yang lain. Karena banyak bahan isolasi lain yang dapat dijadikan sebagai isolasi pengganti dan mempunyai tingkat harga berbeda-beda, maka penulis berusaha untuk mendapatkan alternatif desain baru sistem pendingin udara pada kapal tersebut yang mempunyai nilai *Life Cycle Cost* minimal. Perubahan yang dilakukan terhadap desain lama adalah mengganti bahan isolasinya, karena dipandang kurang optimal masalah tebal isolasi yang terpasang saat ini, jadi disini penulis mencari bahan isolasi lain dengan ketebalan tertentu melalui perhitungan teknis, setelah bahan dan tebal isolasi dipilih maka dapat dijadikan data untuk desain baru.

Dengan mengurangi atau mengganti isolasi tentu akan mempengaruhi pilihan desain sehingga akan berpengaruh pada biaya investasi awal, biaya operasi, biaya perawatan dan biaya lainnya untuk sebuah desain sistem pendingin. Oleh karena itu untuk menaksirkan semua biaya maka dipilih salah satu metode yang dapat meramalkan semua biaya tersebut diantaranya dengan metode *Life Cycle Cost*. Metode *Life Cycle Cost* dipilih karena metode ini dapat digunakan ketika ada berbagai macam alternatif desain untuk menyelesaikan masalah yang kebutuhannya sama tetapi ada perbedaan biaya awal atau investasi, dan biaya operasi dengan tujuan untuk memilih alternatif tersebut yang mempunyai

keuntungan yang paling maksimum. ([www.wbdg.org/design/lcca.php](http://www.wbdg.org/design/lcca.php))

Biaya *Life Cycle Cost* meliputi biaya investasi saat ini ditambah dengan biaya rata-rata operasi seumur sistem tersebut dibuat. Jadi disini seluruh biaya yang dikeluarkan dihitung dan dimasukkan kedalam nilai *Life Cycle Cost*. Manfaat yang diperoleh dari penggunaan metode ini terhadap desain sistem pendingin adalah untuk menekan biaya investasi awal untuk isolasi ruang palka maupun biaya yang dikeluarkan untuk pembelian peralatan sistem pendingin yang secara ekonomis menguntungkan.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Bagaimana mendapatkan desain alternatif yang optimal berdasarkan perhitungan *Life Cycle Cost* untuk kapal ikan 30 GT milik Dinas Kelautan dan Perikanan Pemda Situbondo.

### **1.3 Batasan Masalah**

Analisa ini pada kapal ikan 30 GT milik Dinas Kelautan dan Perikanan Pemda Situbondo yaitu bagaimana mendapatkan desain sistem pendingin ruang palka ikan yang lebih optimal dari desain lama serta mempunyai nilai *Life Cycle Cost* yang minimal.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan desain alternatif sistem pendingin udara ruang palka ikan yang optimum berdasarkan nilai *Life Cycle Cost*.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Dapat dijadikan pertimbangan dalam merencanakan isolasi ruang palka ikan maupun penentuan peralatan sistem pendingin yang akan dipilih.
2. Berpotensi meningkatkan payload serta dengan metode *Life Cycle Cost* biaya peralatan dan instalasi sistem pendingin maupun biaya untuk isolasi ruang palka dapat diminimalkan atau ditekan sekecil mungkin sehingga secara ekonomis menguntungkan.



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**BAB II**  
**TINJAUAN PUSTAKA**

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kapasitas Beban Pendingin

Berikut ini merupakan beberapa tinjauan pustaka yang dapat digunakan untuk menghitung kapasitas total beban pendingin sebelum menentukan peralatan sistem pendingin yang akan dipilih.

#### 2.1.1 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U)

Koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) dapat dihitung berdasarkan jenis, ketebalan serta konduksi panas dari tiap-tiap material yang digunakan. Untuk satu jenis material atau bahan isolasi dinding maka nilai koefisien perpindahan panas dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$U = \frac{1}{R} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dan nilai R ditentukan dengan persamaan dibawah ini

$$R = \frac{x}{k} \dots\dots\dots(2.2)$$

Sedangkan untuk isolasi dinding dengan berbagai material atau bahan maka nilai koefisien perpindahan panasnya dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$R_{total} = \frac{1}{U} = \frac{1}{f_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{f_o} \dots\dots\dots(2.3)$$

atau,

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{f_o}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

- $R$  = Total tahanan panas dari material atau bahan ( $\text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{hr} / \text{Btu}$ )  
 $U$  = Koefisien perpindahan panas menyeluruh ( $\text{Btu} / \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{hr}$ )  
 $k$  = Koefisien perpindahan panas konduksi ( $\text{Btu} \cdot \text{in} / \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{hr}$ )  
 $x$  = Ketebalan isolasi (in)  
 $f_i$  = Koefisien konveksi (konduksi permukaan) pada sisi dinding dalam lantai atau atap. ( $\text{Btu} / \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{hr}$ )  
 $f_o$  = Koefisien konveksi (konduksi permukaan) pada sisi dinding luar, lantai atau atap. ( $\text{Btu} / \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{hr}$ )

### 2.1.2 Beban Pendingin

Dalam perencanaan sebuah sistem refrigrasi, hal terpenting yang harus diketahui terlebih dahulu adalah beban pendinginan, untuk mendapatkan beban pendinginan yang tepat, harus mempertimbangkan seluruh sumber kalor atau panas yang terdapat diruang pendinginan tersebut. Namun cara perhitungan yang tepat dan mencakup secara keseluruhan dari sumber beban kalor tidak mudah, karena ada beberapa sumber kalor yang sulit diramalkan dan sulit untuk dihitung.

Dalam berbagai jenis siklus daya dan pendinginan kita, banyak berhubungan dengan perubahan uap menjadi cair atau cair menjadi uap tergantung bagian mana dari siklus itu yang menjadi perhatian kita. Perubahan ini terjadi karena adanya pendidihan dan kondensasi. Dalam proses didih dan kondensasi biasanya terlibat laju perpindahan kalor yang tinggi dan kenyataan inilah yang menyebabkan para perancang penukar kalor memanfaatkan fenomena ini untuk masalah-masalah pemanasan dan pendinginan. (Holman, 1993)

Perhitungan beban pendingin untuk menentukan kapasitas pendinginan yang memadai untuk alasan suatu kondisi desain, sistem pendingin tidak didesain untuk temperatur yang sangat ekstrim atau tinggi. (Bobenhausen, 1949)

Komponen-komponen dari beban pendingin untuk Air conditioning saat ini dapat diringkas sebagai berikut: Klasifikasi



beban seperti beban yang langsung keruang dan total beban peralatan atau perlengkapan, beban ruangan, Room Latent Heat (RHL), Sensible heat, Latent Heat. (*Refrigation and Air Conditioning (AC)*, 2001)

Kontribusi yang luas untuk beban pendinginan seperti: Panas transmisi melalui atap, lantai, serta dinding. Infiltrasi melalui bukaan pintu. Beban internal dari cahaya, manusia, motor-motor, Defrost heat. Beban produk, pendingin, freezing dan menjaga suhu produk. (*Stoecker, 1998*)

Pada sistem pendingin, total beban panas didalam ruangan dari beberapa sumber pengaliran panas yaitu : Beban panas dari produk atau muatan yang disimpan yaitu beban panas yang dilepaskan oleh produk pada saat proses pendinginan. Beban transmisi panas melalui struktur ruang pendingin adalah beban panas yang diakibatkan oleh transmisi panas melalui struktur sisi tutup dan alas dari ruang pendingin akibat adanya perbedaan suhu antara bagian dalam dan luar ruangan. Beban panas akibat infiltrasi udara yaitu beban panas yang ditimbulkan akibat adanya perembesan udara ke dalam ruang-ruang pendingin.

Berdasarkan paper yang ditulis oleh : (*Karen L.B.Gast, Rolando Flres, Alan Steven dan Sheri smithey; November 1994, Cold Storage*) menyatakan bahwa, tipe dan ukuran dari *Cold Storage* ditentukan, oleh kebutuhan pendingin atau beban yang harus dihitung berdasarkan produk dan kebutuhan *storage*. Beban pendingin sangat sensitif terhadap produk yang akan dipertahankan temperaturnya didalam *storage*.

Beberapa faktor yang menentukan beban pendingin adalah :

- Ukuran dari *cold storage* sendiri
- Tipe dari produk yang akan didinginkan
- Temperatur dari produk ketika dimasukkan kedalam *cold storage*
- Temperatur optimum *storage* yang dipakai untuk mendinginkan produk
- Letak atau lokasi dari pada *cold storage*
- Karakteristik peralatan pendingin
- Penggunaan manajemen praktis untuk mengoperasikan *cold storage*.

Beban pendingin pada peralatan pendingin jarang dihasilkan dari satu sumber panas. Jumlah panas biasanya dari beberapa sumber panas lainnya. Beberapa sumber panas itu umumnya disuplai dari peralatan pendingin.

Beban pendingin meliputi: (Dossat, hal 151)

- Panas mengalir kedalam ruang pendingin dari konduksi luar melalui dinding yang diisolasi
- Panas masuk ke ruang secara langsung oleh sinar matahari melalui kaca atau material lain yang transparan
- Panas mengalir kedalam ruang pendingin oleh udara panas masuk melalui bukaan pintu atau melalui keretakan pada jendela atau pintu
- Panas dari produk ketika temperatur produk diturunkan ke tingkat yang diinginkan
- Panas dari orang pada saat beraktivitas didalam ruang pendingin
- Panas dari peralatan yang terletak didalam ruang produk, seperti motor elektrik, lampu, peralatan elektronik, tabel uap, material handling equipment.

Berikut ini beberapa persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung beban pendingin. Diambil dari buku (Dossat hal 151 - 175, *HVAC Design, Simple Design HVAC Systems*).

✓ **Beban transmisi ( $q_1$ )**

$$q_1 = U * A * T_d * 24 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana,

- $q_1$  = Aliran panas melalui boundary (Btu/24hr)
- $U$  = Koefisien perpindahan panas (Btu/ft<sup>2</sup>.°F.hr)
- $A$  = Luas permukaan dinding (ft<sup>2</sup>)
- $T_d$  = Perbedaan temperatur (°F)
- 24 = Periode waktu transmisi selama 24 hr

✓ **Beban solar atau radiasi ( $q_2$ )**

Beban radiasi merupakan panas yang disebabkan oleh sinar matahari terhadap objek, dimana ada beberapa untuk menentukan beban ruangan akibat penyinaran matahari yaitu :

- Dinding atas panas dan dinding luar dingin
- Dinding atas dingin dan dinding luar panas
- Dinding atas dan dinding luar panas

$$q_2 = U * A * (T_e - T_i) * 24 \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana,

- $q_2$  = Aliran panas radiasi (Btu/24hr)
- $U$  = Koefisien perpindahan panas (Btu/ft<sup>2</sup>.°F.hr)
- $A$  = Luas permukaan dinding atau atap (ft<sup>2</sup>)
- $T_e$  = Temperatur efektif (°F) lihat Tabel 2.1
- $T_i$  = Temperatur didalam ruang pendingin (°F)
- 24 = Periode waktu radiasi selama 24 hr

Untuk menentukan temperatur efektif matahari dapat dilihat pada tabel (untuk kapal baja) berikut ini :

Tabel 2.1 Temperatur Efektif Matahari Pada 45°

Structure	Single boundary	Multi - boundary
Vertical	125°F	115°F
Horizontal	145°F	130°F
Glass solar faktor	160 Btu/hr.ft <sup>2</sup>	120 Btu/hr.ft <sup>2</sup>

✓ **Beban penerangan atau lampu ( $q_3$ )**

$$q_3 = W * 3,41 \text{ Btu} / W .hr * 24 \text{ hr} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana,

- $q_3$  = Aliran panas lampu (Btu/24hr)
- $W$  = Daya lampu (watt)
- 3,41** = Konversi (Btu/W.hr)
- 24hr = Periode waktu penerangan selama 24 hr

✓ **Beban personel atau orang ( $q_4$ )**

$$q_4 = faktor * P_n * hr \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana,

- $q_4$  = Panas orang (Btu/24hr)
- Faktor = Lihat Tabel 2.2 atau Grafik 2.1
- $P_n$  = Jumlah orang
- hr = Lama orang didalam ruang palka (jam)

Untuk menentukan faktor beban panas yang dikeluarkan oleh orang dapat dilihat pada tabel atau grafik berikut ini :

Tabel 2.2 Faktor Panas per Orang (*Dossat, hal 173*)

Cooler Temperatur, °F	Panas/Orang, Btu/hr
50	720
40	840
30	950
20	1050
10	1200
0	1300
-10	1400



Gambar 2.1 Grafik Faktor Panas per Orang

✓ **Beban infiltrasi ( $q_s$ )**

$$q_s = V * \text{airchanges} * 0,075(h_o - h_i) \dots\dots(2.9)$$

Dimana,

- $q_s$  = Panas infiltrasi (Btu/hr)  
 $V$  = Volume udara di ruang palka ( $\text{ft}^3$ )  
 Air changes = Lihat Tabel 2.3 atau Grafik 2.2  
 $h_o$  = Enthalpy pada temperatur udara luar (Btu/lb) lihat Grafik 2.3  
 $h_i$  = Enthalpy pada temperatur udara dalam (Btu/lb) lihat Grafik 2.3

Untuk menentukan *air changes* dapat dilihat pada tabel atau grafik berikut berdasarkan volume udara didalam ruang palka (*Dossat, hal 169*), serta nilai enthalpy dapat di cari dengan menggunakan grafik psikometri berdasarkan temperatur dan kelembaban udara. (*Harahap, 1982*)

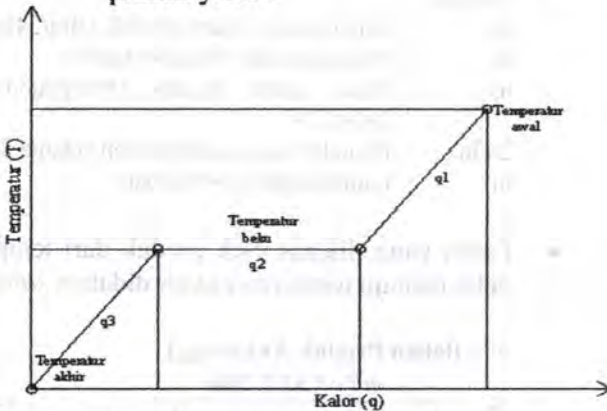
Tabel 2.3 Average Air Changes per 24 Hours For Storage Rooms Below 32°F (*Dossat, hal 169*)

Volume ( $\text{ft}^3$ )	Air changes per 24 hr
250	29
300	26,2
400	22,5
500	20
600	18
800	15,3
1000	13,5
1500	11
2000	9,3
2500	8,1
3000	7,4
4000	6,3
5000	5,6
6000	5
8000	4,3



✓ **Beban Produk**

Untuk mendinginkan produk (ikan) didalam *storage* atau ruang palka dapat digambarkan perubahan temperatur terhadap kalor yang dibutuhkan seperti gambar dibawah ini, dan ada 3 hal dalam perhitungan beban produk yaitu :



Gambar 2.4 Grafik Hubungan Antara Temperatur Terhadap Kalor

- Panas yang dilepas oleh produk ketika produk dimasukkan kedalam ruang pendingin hingga temperatur produk menuju beku.

✓ **Beban Produk Awal ( $q_{6a}$ )**

$$q_{6a} = \frac{m * c * \Delta T * 24hr}{\text{lama waktupendinginan(hr)}} \dots\dots\dots(2.10_a)$$

Dimana,

$q_{6a}$  = Jumlah panas produk (Btu/24hr)

$m$  = Massa produk (Pounds atau lb)

$c$  = Panas spesifik sebelum pembekuan (Btu/lb.<sup>0</sup>F) lihat Tabel 2.4

$\Delta T$  = Perubahan temperatur produk awal (<sup>0</sup>F)

24 hr = Periode waktu pendinginan selama 24hr

hr = Lama waktu pendinginan

- Panas yang dilepas oleh produk pada saat produk beku.

✓ **Beban Produk Beku ( $q_{6b}$ )**

$$q_{6b} = \frac{m * h_{if} * 24hr}{lamawaktupendinginan(hr)} \dots\dots\dots(2.10_b)$$

Dimana,

- $q_{6b}$  = Jumlah panas latent produk (Btu/24hr)
- $m$  = Massa produk (Pounds atau lb)
- $h_{if}$  = Panas latent produk (Btu/pound) lihat Tabel 2.4
- 24 hr = Periode waktu pendinginan selama 24hr
- hr = Lama waktu pendinginan

- Panas yang dilepas oleh produk dari temperatur beku menuju temperatur akhir didalam *storage*.

✓ **Beban Produk Akhir ( $q_{6c}$ )**

$$q_{6c} = \frac{m * c * \Delta T * 24hr}{lamawaktupendinginan(hr)} \dots\dots\dots(2.10_c)$$

Dimana,

- $q_{6c}$  = Jumlah panas produk (Btu/24hr)
- $m$  = Massa produk (Pounds atau lb)
- $c$  = Panas spesifik sesudah pembekuan (Btu/lb.<sup>o</sup>F) lihat Tabel 2.4
- $\Delta T$  = Perubahan temperatur produk akhir (<sup>o</sup>F)
- 24 hr = Periode waktu pendinginan
- hr = Lama waktu pendinginan



Untuk menentukan nilai *panas spesifik* dan *panas laten* dari suatu produk (ikan) dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2.4 Syarat-syarat Storage Dan Propertis Dari Makanan Yang Mudah Rusak/Busuk (*Dossat hal 159*)

Seafood ( Fish )					
Commodity	Storage temperature °F	Highest freezing °F	Specific heat above freezing, Btu/lb.°F	Specific heat below freezing, Btu/lb.°F	Latent heat, Btu/lb
Salmon	32 to 36	28	0,72	0,39	92
Tuna	39 to 34	28	0,77	0,40	100
Frozen fish	-32 to -4	-	-	-	-
Scallop meat	32 to 34	28	0,84	0,44	114
Shrimp	31 to 34	28	0,81	0,43	109
Lobster, American	41 to 50	28	0,83	0,44	113
Oysters, clams	32 to 36	28	0,89	0,46	125
Oysters in shell	41 to 50	27	0,84	0,44	115
Frozen shellfish	-30 to -4	-	-	-	-

✓ **Beban peralatan ( $q_7$ )**

$$q_7 = faktor * hp * hr \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana,

- $q_7$  = Panas dari peralatan (Btu/24hr)  
 faktor = Lihat Tabel 2.5  
 Hp = Horse power  
 hr = Lama operasional alat ( jam )

Tabel 2.5 Heat Equivalent Of Electric Motors (Dossat, hal 173)

Btu/hp.hr			
Motor hp	Connected load in refrigerated space	Motor losses outside refrigerated space	Connected load outside refrigerated space
1/8 to 1/2	4250	2545	1700
1/2 to 3	3700	2545	1150
3 to 20	2950	2545	400

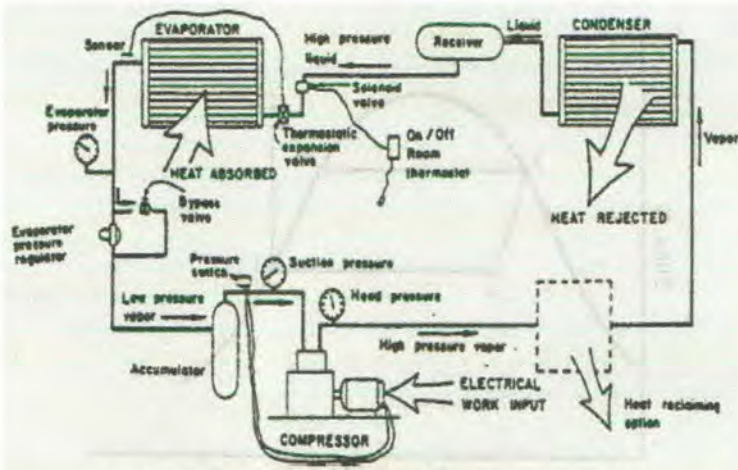
- ✓ Kapasitas beban pendingin yang dibutuhkan oleh peralatan ( $q_8$ )

$$q(\text{Btu/hr}) = \frac{\text{Total cooling load (Btu/24hr)}}{\text{Desired running time (hour)}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Operasional peralatan maksimum lamanya 16-18 jam.

## 2.2 Sistem Pendingin Udara

### 2.2.1 Refrigerasi Kompresi Uap

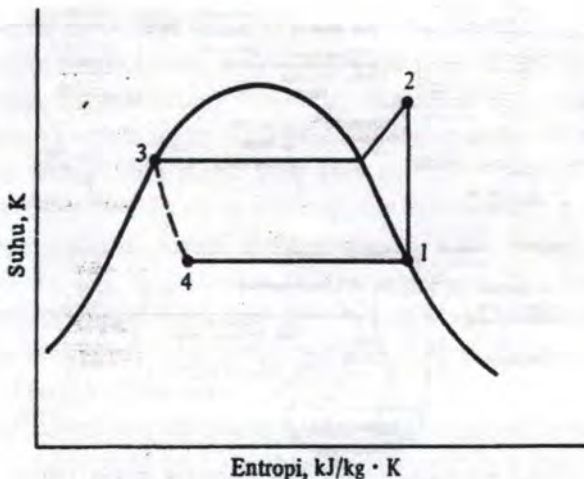


Gambar 2.5 Proses Kerja Sistem Pendingin (Karen, 1994)

Proses kerja sistem pendingin yaitu :

- Kompresor memampatkan uap refrigeran dari tekanan rendah menjadi tekanan tinggi
- Didalam kondensor uap refrigeran mengalami pengembunan, dimana pengembunan ini terjadi karena pada kondensor tekanan maupun suhu turun sehingga refrigeran menjadi cair (dimana pada kondensor refrigeran didinginkan dengan air atau udara)
- Dari kondensor cairan refrigeran mengumpul didalam tangki penerima, sebagai cairan bertekanan tinggi.
- Cairan bertekanan tinggi ini mengalir melalui alat pengukur atau katub ekspansi yang menentukan jumlah cairan refrigeran bertekanan rendah mengalir gulungan pipa evaporator, didalam evaporator refrigeran mendidih atau menguap.
- Panas yang dikandung oleh uap refrigeran bertekanan rendah dihisap melalui pipa pengisapan kedalam kompresor, untuk dimampatkan menjadi uap refrigeran bertekanan tinggi dan seterusnya secara berulang.

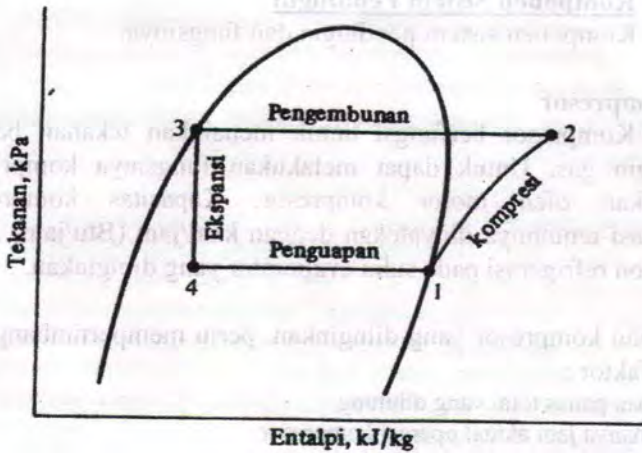
Proses kerja sistem pendingin dapat digambarkan pada diagram kompresi uap standar seperti berikut ini:



Gambar 2.6 Diagram Suhu-Entropi (Stoecker, 1994)

Keterangan :

- 1-2 : Kompresi adiabatik dan reversibel, dari uap jenuh menuju tekanan kondensor.
- 2-3 : Pelepasan kalor reversibel pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (desuperheating) dan pengembunan refrigeran.
- 3-4 : Ekspansi tidak reversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator.
- 4-1 : Penambahan kalor reversibel padatekana tetap yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh.



Gambar 2.7 Diagram Tekanan-Entalpi (Stoecker, 1994)

Keterangan :

- Proses 1-2 adalah kompresi isentropik disepanjang garis entropi konstan mulai dari uap jenuh hingga tekanan pengembunan.
- Proses 2-3 merupakan penurunan panas-lanjut (desuperheating) dan pengembunan dengan tekanan tetap, yang merupakan garis lurus mendatar pada diagram tekanan entalpi.
- Proses trotel (throttling) 3-4 berlangsung pada entalpi tetap, karenanya tegak lurus pada bagan.
- Proses 4-1 merupakan garis lurus mendatar karena aliran refrigeran melalui evaporator dianggap bertekanan tetap.

### 2.2.2 Komponen Sistem Pendingin

Komponen sistem pendingin dan fungsinya.

#### ▪ Kompresor

Kompresor berfungsi untuk menaikkan tekanan bahan pendingin gas. Untuk dapat melakukan fungsinya kompresor digerakkan oleh motor kompresor. Kapasitas kompresor refrigerasi umumnya dinyatakan dengan kkal/jam (Btu/jam) atau dalam ton refrigerasi pada suhu evaporator yang diinginkan.

Pemilihan kompresor yang diinginkan, perlu mempertimbangkan faktor-faktor :

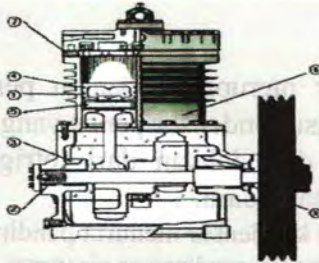
- Beban panas total yang dihitung
- Lamanya jam aktual operasi kompresor
- Kapasitas yang dihitung dari kompresor
- Suhu refrigeran di dalam evaporator dan
- Jenis atau tipe yang tersedia. (Ilyas, 1983)

Berdasarkan penggerakannya, kompresor dibagi atas:

#### ✓ Open type unit

Disini kompresor dan motor penggerak masing-masing berdiri sendiri untuk memutar kompresor dipergunakan ban (V-belt). Motor penggerak biasanya motor listrik atau motor diesel. Kompresor jenis ini merupakan kompresor yang sering dipakai dalam sistem refrigerasi kompresi uap. Dimana motor yang digunakan sebagai penggerak torak diletakkan diluar sistem sehingga apabila terjadi kerusakan pada kompresor maka motor dapat dilepas untuk diperbaiki.





Gambar 2.8 Open Type Compressor (*bitzer*)

✓ **Semi Hermetic unit**

Disini kompresor dan motor juga berdiri sendiri-sendiri tetapi dihubungkan sehingga seolah-olah menjadi satu bagian. Kompresor jenis ini lebih menguntungkan karena motor yang digunakan untuk menggerakkan piston atau sudu sudah terpasang bersama dengan pistonnya sehingga dalam satu konstruksi sudah terdapat motor dan pistonnya. Berikut merupakan contoh dari kompresor semi hermetic.



Gambar 2.9 Kompresor Semi Hermetic (*bitzer*)

✓ **Hermetic unit**

Disini kompresor dan kondensor dalam satu unit yang tertutup.

Ada 3 macam kompresor yang banyak dipakai pada mesin-mesin pendingin :

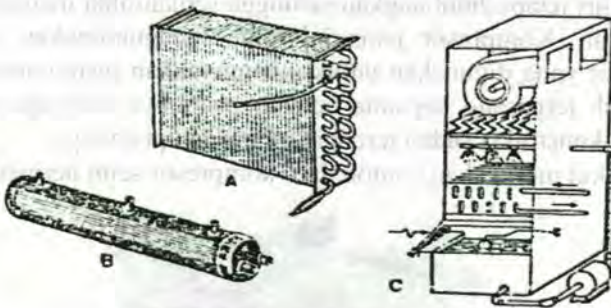
1. Kompresor torak ( reciprocating )
2. Kompresor rotasi ( rotary )
3. Kompresor Centrifugal.

▪ **Kondensor**

Kondensor merupakan bagian penting dari sistem pendinginan. fungsi kondensor panas yang ditimbulkan oleh proses kompresi dipindahkan dari refrigeran ke medium pendinginan, air atau udara.

Macam-macam tipe kondensor menurut pendinginannya yaitu :

- ✓ Kondensor dengan pendinginan air (water cooled) gambar B
- ✓ Kondensor dengan pendinginan udara (air cooled) gambar A
- ✓ Kondensor dengan pendinginan campuran air dan udara (evaporative) gambar C. (HANDOKO, 1979)



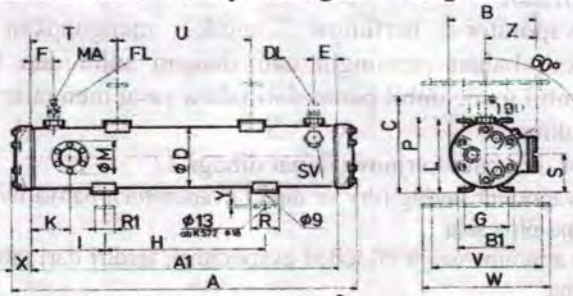
Gambar 2.10 Macam-macam Kondensor Menurut Pendinginannya



Kondensor dengan pendinginan air mempunyai tiga tipe yaitu :

- ✓ Shell and tube
- ✓ Shell and coil dan
- ✓ Double tube

Kondensor shell and tube (tabung dengan pipa) yang umum digunakan, air mengalir melalui pipa bagian dalam dan refrigeran dikondensasikan pada bagian tabung.



Gambar 2.11 Kondensor Shell & Tube (bitzer)

Kondensor shell and coil (tabung dengan coil) terdiri dari lebih dari satu spiral bare tube coil yang ditutup dengan shell logam yang dilas (dipatri), kadang-kadang menggunakan rusuk-rusuk. Air kondensasi dialirkan atau disirkulasikan melalui coil, ketika refrigeran dimasukkan pada shell dan mengelilingi coil. Uap refrigeran yang mempunyai suhu panas masuk melalui atas coil.

Pada kondensor double tube, terdiri dari tube didesain dimana tube satu didalam tube yang lain. Air mengalir melalui dalamnya pipa ketika refrigeran mengalir berlawanan arah pada ruang antara dalam dan luar tube.

Faktor penting untuk menentukan kapasitas kondensor adalah :

- Luas permukaan yang didinginkan.
- Jumlah udara permenit yang dipakai untuk mendinginkan.
- Perbedaan suhu antara bahan pendingin dengan udara luar.

Pada kondensor dengan pendingin udara, panas dikurangi dengan udara menggunakan konveksi natural atau paksa. Kondensor biasanya terbuat dari baja, tembaga atau aluminium tube tersedia dengan rusuk-rusuk untuk meningkatkan perpindahan panas.

#### ▪ **Evaporator**

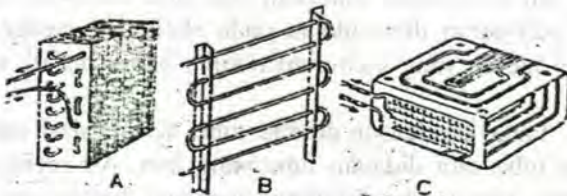
Evaporator berfungsi untuk menguapkan atau mendidihkan bahan pendingin cair dengan suhu dan tekanan rendah sambil mengambil panas dari udara yang mengalir melalui rusuk-rusuknya.

Evaporator dari cara kerjanya dapat dibagi 2 :

1. Evaporator kering (*dry or direct evaporator*), hanya terdiri dari pipa-pipa saja
2. Evaporator banjir (*flooded evaporator*), terdiri dari tabung dan pipa.

Dari konstruksinya evaporator dapat dibagi beberapa type :

1. Pipa dengan rusuk- rusuk (*finned*) gambar A
2. Pipa saja (*bare tube*) gambar B
3. Permukaan pelat (*plate surface*) gambar C
4. Tabung dengan pipa (*shell and tube*).



Gambar 2.12 Kontruksi Evaporator

#### ▪ **Katub Ekspansi**

Katub ekspansi ada 2 macam :

1. Automatic Expansion valve.
2. Thermostatic Expansion valve.

Thermostatic expansion valve lebih baik dan lebih banyak dipakai, tetapi pada AC hanya dipakai Automatic

expansion valve. Gunanya untuk menurunkan cairan dari tekanan tinggi menjadi tekanan rendah sebelum masuk ke evaporator, sambil mempertahankan tekanan evaporator (evaporator pressure atau suction pressure) dalam batas-batas yang telah ditentukan dengan mengalirkan cairan bahan pendingin dalam jumlah tertentu ke dalam evaporator.



Gambar 2.13 Katub Ekspansi (*Webasto Marine*)

- **Oil Sparator (OWS)**

Alat ini fungsinya sebagai pemisah antara refrigeran dengan oli yang ikut terkompresi oleh kompresor, sebagai contoh *screw kompresor, reciprocating kompresor (kompresor torak)*.

- **Sight Glass**

Alat ini digunakan untuk melihat kondisi refrigeran pada waktu sistem refrigrerasi dijalankan. Pada alat ini terdapat batas antara kaca dengan refrigeran dimana melalui kaca ini fase refrigeran yang berupa cairan setelah tangki receiver dapat diketahui dengan pasti.

- **Solenoid Valve**

Alat ini digunakan sebagai pengaman ketika terjadi beban berlebih dimana kompresor melalui alat tertentu dapat dimatikan.

- **Filter Dryer**

Filter dryer digunakan sebagai pengering dan penyaring antara refrigeran yang telah melewati receiver dalam fase cair dengan kotoran yang bercampur dengan refrigeran tersebut.

- **Pengukur Tekanan (Pressure gauge)**

Pengukur tekanan digunakan untuk mengetahui tekanan yang akan masuk kedalam pipa evaporator dan pressure gauge berfungsi untuk mengetahui bila terjadi penurunan tekanan sehingga perlu diadakan pengecekan jika ada penyumbatan pada alat tersebut.

- **Pengukur Suhu (Termometer)**

Termometer dipakai untuk mengetahui suhu pada pipa evaporator atau pipa kapiler, apakah suhu yang dihasilkan sudah sesuai dengan desain.

- **Fan Motor**

Dimana motor bekerja untuk memutar fan melalui poros sehingga udara dingin yang dihasilkan oleh evaporator dapat didistribusikan oleh fan tersebut.

- **Bahan Pendingin (Refrigeran)**

Bahan pendingin adalah suatu zat yang mudah dirubah bentuknya dari gas menjadi cair atau sebaliknya, dipakai untuk mengambil panas dari evaporator dan membuangnya di kondensor.

Bahan pendingin yang baik harus memenuhi syarat – syarat sebagai berikut :

1. Tidak beracun, tidak berbau dalam semua keadaan.
2. Tidak dapat terbakar atau meledak sendiri, juga bila bercampur dengan udara, minyak dan sebagainya.
3. Tidak mempunyai daya korosi terhadap logam yang dipakai pada sistem air conditioning.
4. Dapat bercampur dengan minyak kompresor, tetapi tidak merusak atau mempengaruhi minyak kompresor.

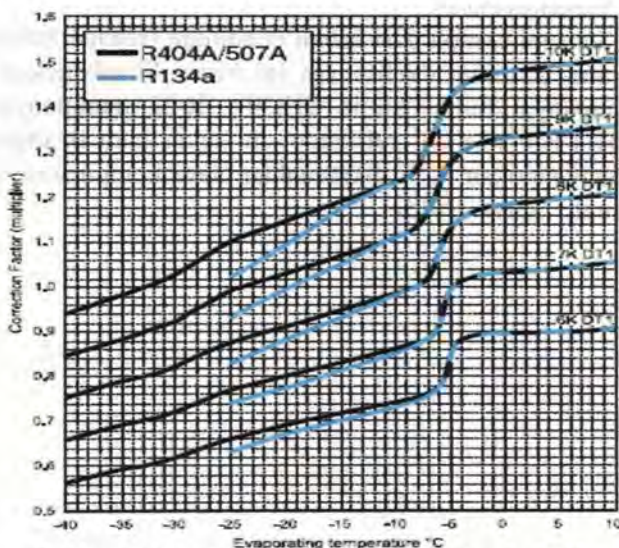
5. Mempunyai struktur kimia yang stabil, tidak boleh terurai setiap kali dimampatkan (dikompresi), diembunkan (kondensasi) dan diuapkan.
6. Mempunyai suhu penguapan atau suhu didih (boiling point) yang rendah. Harus lebih rendah dari suhu evaporator yang direncanakan.
7. Mempunyai tekanan pengembunan atau kondensasi (condensing pressure) yang rendah. Tekanan yang tinggi memerlukan kompresor yang besar dan kuat, juga pipa – pipa harus kuat dan kemungkinan bocor besar.
8. Mempunyai tekanan penguapan (evaporating pressure) yang sedikit lebih tinggi dari pada 1 atmosfer, sehingga apabila terjadi kebocoran, udara luar tidak dapat masuk ke dalam sistem.
9. Mempunyai panas laten penguapan yang besar, agar panas yang diambil oleh evaporator dari ruangan jadi besar jumlahnya, sebaiknya jumlah bahan pendingin yang dipakai sedikit.
10. Bila terjadi kebocoran mudah diketahui dengan alat – alat yang sederhana.
11. Harganya murah.

Sebagai contoh dari bahan pendingin (refrigerant) yaitu : Refrigerant - 22 dimana refrigeran ini biasa dilambangkan R-22 dan mempunyai rumus kimia  $\text{CHClF}_2$ . R-22 mempunyai titik didih  $-41.4^\circ\text{F}$  ( $-40.8^\circ\text{C}$ ). refrigeran ini telah banyak digunakan untuk menggantikan R-12 dikarenakan biaya kompresornya yang lebih murah. (Sanuri, 2005)

### 2.3 Cara Menentukan Peralatan Sistem Pendingin

Sebelum menentukan peralatan sistem pendingin yang akan digunakan maka, hal yang harus dilakukan adalah :

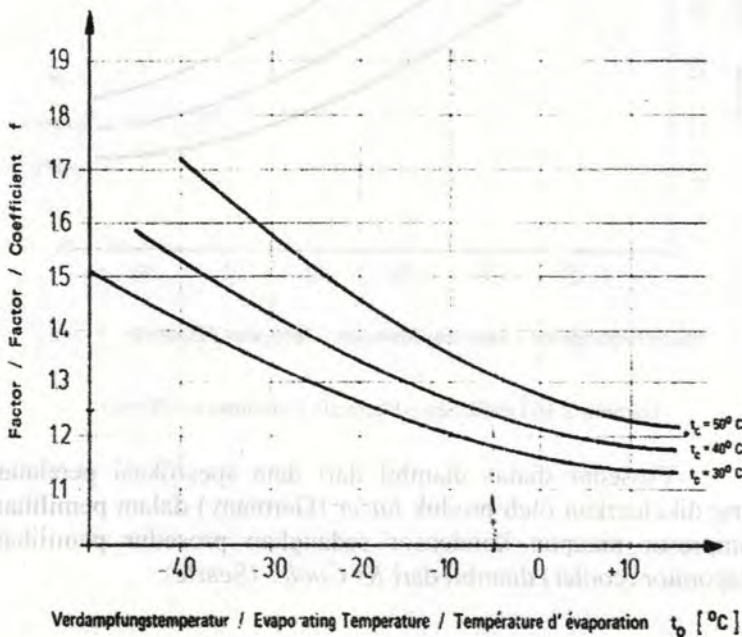
- Menghitung kapasitas total beban pendingin ruang palka dalam satuan Btu/24hr.
- Dari kapasitas total beban pendingin tersebut, maka kapasitas yang dibutuhkan oleh peralatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.12) dalam satuan Btu/hr atau Kw.
- Memilih evaporator (cooler) berdasarkan kapasitas beban yang dibutuhkan peralatan dari hasil perhitungan dalam satuan Kw atau W, jika dari hasil perhitungan tersebut tidak sesuai dengan evaporator yang ada dipasaran (hasil perhitungan kurang besar) maka pilih kapasitas beban pendingin yang nilainya lebih besar dari hasil perhitungan, dengan temperatur evaporator yang telah ditentukan atau ditetapkan oleh desain, sesuaikan yang ada dipasaran (seperti :  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $-5^{\circ}\text{C}$ , dan sebagainya). Sebelum memilih kompresor dianjurkan kapasitas beban pendingin dari evaporator dikoreksi dengan mengalikan faktor pengaman lihat grafik berikut.



Gambar 2.14 Grafik KS Cooler DT1-WET (Searle, 2001)

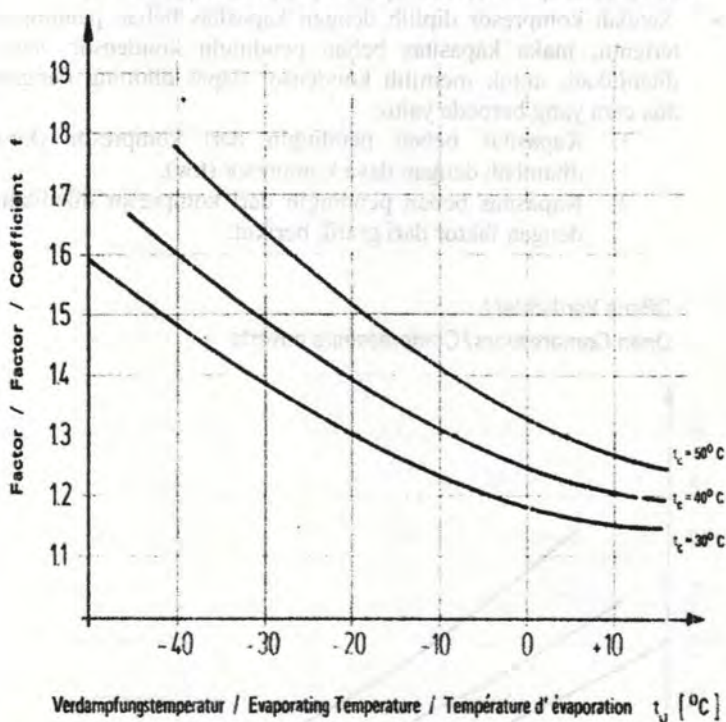
- Pilih kompresor yang mempunyai beban pendingin sesuai dengan kapasitas beban evaporator, hal tersebut untuk menentukan daya kompresor maupun daya motor kompresor (kw). Pilih spesifikasi kompresor yang ada dipasaran.
- Setelah kompresor dipilih dengan kapasitas beban pendingin tertentu, maka kapasitas beban pendingin kondensor dapat ditentukan, untuk memilih kondensor dapat dihitung dengan dua cara yang berbeda yaitu:
  1. Kapasitas beban pendingin dari kompresor (kw) ditambah dengan daya kompresor (kw).
  2. Kapasitas beban pendingin dari kompresor dikalikan dengan faktor dari grafik berikut.

**Offene Verdichter /  
Open Compressors / Compresseurs ouverts**



Gambar 2.15 Grafik Open Compressors (Bitzer)

Halbhermetische Verdichter /  
 Semi-hermetic compressors / Compresseurs semi-hermétiques



Gambar 2.16 Grafik Semi-Hermetic Compressors (Bitzer)

Prosedur diatas diambil dari data spesifikasi peralatan yang dikeluarkan oleh produk *bitzer* (Germany) dalam pemilihan kompresor maupun kondensator sedangkan prosedur pemilihan evaporator (*cooler*) diambil dari *Ks Cooler* (Searle)



## **2.4 Ruang Palka**

### **2.4.1 Isolasi Ruang Palka**

Pada umumnya bahan isolasi yang digunakan harus bersih, tidak menimbulkan cacat pada bahan yang tersimpan didalamnya, kuat terhadap guncangan dan benturan, tidak mengandung racun serta tidak menimbulkan bau, merubah rasa dan warna bahan yang diawetkan.

Bahan isolasi mempunyai konduktivits termal berbeda beda tergantung bahan materialnya, yang mana jika material tersebut memiliki daya hantar kalor yang rendah maka kemampuan untuk menyerap panas pun rendah, sehingga bahan tersebut dapat dijadikan pertimbangan dalam memilih isolasi yang akan digunakan serta kemudahan untuk mendapatkan bahan tersebut.

Untuk menjaga temperatur ruang pendingin maka perlu adanya isolasi yang baik pada ruang palka tersebut agar udara dingin yang ada didalam ruang palka tetap terjaga, selain itu agar udara panas yang mengalir melalui dinding dapat terhambat.

Beberapa persyaratan ruang palka :

- ✓ Biologis yaitu hasil tangkapan segera dimuat kedalam palka, sebab ikan cepat mengalami penurunan mutu yang menjurus kearah pembusukan, mampu mengatasi masalah pertumbuhan bakteri dalam ikan, *mampu menyerap panas dari ikan.*
- ✓ Secara teknis, panas dari luar palka (dari udara, air laut dandari mesin kapal DLL) akan menerobos dan meresap kedalam palka dan ke ikan, Oleh karena itu palka harus di insulasi sebaik mungkin terhadap terobosan dan resapan dari luar. Pemasangan pipa, pipa gas, air, bahan bakar dan kerangka logam penyimpanan ikan harus diusahakan jangan melewati dan menembus palka. Pekerja/Lampu, serta peralatan yang menimbulkan panas perlu dikurangi operasinya.
- ✓ Secara sanitasi dan higiene, palka harus aman bagi ikan dan nelayan yang bekerja didalamnya. Palka jangan menimbulkan pencemaran bakteri, pecemaran bahan dan pengaratn logam korosif terhadap

ikan yang bisa berasal dari ikannya sendiri atau dari penutup palka yang berkarat. (ILYAS, 1983)

Berikut ini merupakan beberapa bahan isolasi yang dapat digunakan sebagai isolasi pada ruang pendingin atau cold storage.

Tabel 2.6 Macam-macam Bahan Isolasi (Dossat hal 156)

<b>THERMAL CONDUCTIVITY OF MATERIALS USED IN COLD STORAGE WALLS</b>			
<b>Materials</b>	<b>Description</b>	<b>Thermal Conductivity (k)</b>	<b>Thermal Conductance (C)</b>
<b>Woods</b>	Maple, oak, similar hardwood	1,10	
	Fir, pine, similar softwood	0,80	
	Plywood 1/2 in		1,60
	Plywood 3/4 in		1,07
<b>Insulating Materials</b>	Blanket or batt mineral or glass fiber	0,27	
	Cellular glass	0,40	
	Corkboard	0,30	
	Glass fiber	0,25	
	Polystyrene (extruded)	0,20	
	Polystyrene (Molded beads)	0,25	
	Polyurethane (extruded)	0,16	
	Polyurethane (board)	0,18	
	Milled paper or wood pulp	0,27	
	Sawdust or shavings	0,45	
	Mineral wool (rock, glass, slag)	0,27	
	Redwood bark	0,26	
Wood fiber (Soft wood)	0,30		
<b>Surface Conductance (Convection coefficient)</b>	Still air		1,65
	Moving air (7,5 mph)		4,00
	Moving air (15 mph)		6,00

Isolasi panas untuk storage dianjurkan harus memiliki biaya yang efektif dan memadai untuk anjuran storage.

Pemilihan material isolasi berdasarkan pada :

- Nilai-R
- Tahanan material untuk memindahkan aliran panas dan
- Biaya materialnya sendiri.

Diantara macam-macam material isolasi yang paling murah adalah *loose fill cellulose*, serta *batts and blankets*, dan macam-macam *foam sheet material*. Jenis material isolasi yang paling mahal adalah jenis busa yang disemprotkan pada material isolasi. Untuk *loose fill cellulose* memiliki  $\frac{1}{2}$  dari nilai R per ft<sup>2</sup> per inch dari ketebalan yang disemprotkan pada material isolasi (3,5 per inch untuk *cellulose* dan 6,5 per inch untuk yang disemprotkan pada dinding material).

Bagaimanapun harga *cellulose* 20-30 kali lebih murah per ft<sup>2</sup> per inch dari pada ketebalan yang disemprotkan pada dinding isolasi. Demikian *sprayed-in-place* dan *foam-in-place* material memiliki kedekatan yang bagus dan mengurangi tenaga kerja dan biaya material karena jenis material tersebut mudah digunakan dan jangan memasang panel didalam interior dan jangan mengurangi ketebalan dinding dan langit-langit. (Karen L.B.Gast, Rolando Flres, Alan Steven dan Sheri smithey; November 1994, Cold Storage).

Berikut macam-macam isolasi yang terdapat pada peper tersebut yaitu:

Tabel 2.7 Macam-macam Bahan Isolasi (*Structures and Environment Handbook, MWPS-1, 11th Edition, 1983*)

<b>Insulation Values</b>		
<b>Material</b>	<b>R-value</b>	
	<b>Per inch (approximate)</b>	<b>For thickness list</b>
<b>Batt and blanket insulation</b>	<b>3 - 3,8</b>	
Glass or mineral wool, fiberglass		
<b>Fill-type insulation</b>		
Cellulose	<b>3,13 - 3,7</b>	
Glass or mineral wool	<b>2,5 - 3</b>	
Vermiculite	<b>2,2</b>	
Shaving or sawdust	<b>2,22</b>	
Hay or staw, 20"		<b>30+</b>
<b>Rigid insulation</b>		
Exp. polystyrene, extruded, plain	<b>5</b>	
Molded beads	<b>5</b>	
Expanded rubber	<b>4,55</b>	
<b>Expanded polyurethane, aged</b>	<b>6,25</b>	
Glass fiber	<b>4</b>	
Wood or cane fiberboard	<b>2,5</b>	
Polysocyanurate	<b>7,04</b>	
<b>Foam-in-place insulation</b>		
Polyurethane	<b>6</b>	

Dari artikel *Ship Configurations and Insulation design / Application* ada beberapa jenis bahan yang dapat digunakan sebagai isolasi seperti berikut :

Tabel 2.8 Macam-macam Bahan Isolasi (*Ship Configuration and Insulation Design/Application, Gordon H, Pat Fulton, Gerald Cox*)

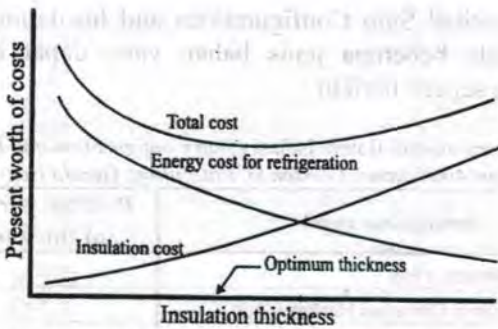
Insulation type	R-value per inch of thickness
Fiber glass blanket or batt	2,9-3,8
High performance fiber glass blanket or batt	3,7-4,3
Loose-fill fiber glass	2,3-2,7
Loose-fill rock wool	2,7- 3
Loose-fill cellulose	3,4-3,7
Perlite or vermiculite	2,4- 3,7
Expanded polystyrene board	3,6-4
Extruded polystyrene board	4,5- 5
Polyisocyanurate board, unfaced	5,6- 6,3
Polyisocyanurate board, foil-faced	7
Spray polyurethane foam	5,6- 6,3

Pengisolasian ruang untuk temperatur rendah penting untuk menurunkan beban pendingin.

Ketebalan optimum dari isolasi didasarkan pada faktor ekonomi seperti :

- Biaya awal isolasi dan biaya dari refrigrasi
- Biaya awal dari sistem refrigrasi tiap unit kapasitas refrigrasi
- Biaya energi dan perawatan seumur fasilitas tersebut.

Dimana pada ketebalan isolasi rendah, biaya operasinya tinggi dan pada ketebalan isolasi yang berlebihan, biaya isolasinya tinggi. Karena biaya isolasi dan energi berubah sewaktu-waktu, produktif bagi perancang untuk mengevaluasi ulang ketebalan isolasi yang optimum.



Gambar 2.17 Grafik Biaya Dan Tebal Isolasi (Stoecker, 1998)

Beberapa karakteristik terpenting dari perbedaan material isolasi yaitu :

- ✓ Celluler glass, padat dan digunakan di lantai dimana faktor berat tidak masalah dan keuntungannya kekuatan kompresinya tinggi.
- ✓ Glass fiber, ringan namun tidak dapat menahan berat dan tidak tahan terhadap uap air.
- ✓ Polyurethane dan polyisocyanurate adalah jenis isolasi yang bagus.
- ✓ Glass fiber dan molded polystyrene adalah isolasi yang paling murah, sementara yang paling mahal yaitu cellular glass. (Stoecker, 1998)

Tabel 2.9 Macam-macam Bahan Isolasi (Industrial Refrigeration Handbook, Stoecker, 1998)

Material	Density ( $\text{kg/m}^3$ )	R-value ( $\text{hr}\cdot\text{ft}^2\cdot^\circ\text{F/Btu}$ )	Relative cost
Molded polystyrene	16	4	Low
Extruded polystyrene	86	5,4	Med
Polyurethane	32	6,5	Med
Polyisocyanurate	32	6,6	Med
Cellulare glass	136	3	Hig
Glass fiber	173	4,2	Low

Tabel 2.10 Panas Dari Celah Udara (ISO 7547)

<b>Thermal insulance of non-ventilated air gap</b>		
Boundary surface of air gap	Air gap thickness	Thermal insulance
	(mm)	$m^2.K/W$
Both surfaces having high emissivity	5	0,11
	20	0,15
	200	0,16
One surface having high emissivity, other surface low emissivity	5	0,17
	20	0,43
	200	0,47
Both surfaces having low emissivity	5	0,18
	20	0,47
	200	0,51

Ciri utama yang penting guna menilai insulasi adalah :

- Densitas (berat relatif), dinyatakan dalam berat per volume ( $kg/m^3$ )
- Konduktivitas panas, petunjuk utama efisiensi insulasi, dinyatakan dengan satuan panas yang dapat mengalir melalui satuan tebal dalam waktu tertentu pada perbedaan suhu yang ditetapkan antara dua sisi material ( $kcal/m \text{ jam } ^\circ C$ ), semakin rendah konduktivitas semakin baik efisiensi insulasi
- Ketahanan terhadap perembesan air atau uap air
- Keamanan api (terhadap kebakaran)
- Kekuatan kompresi, dinyatakan dengan berat yang dapat dibebankan pada permukaan tertentu tanpa mengakibatkan perubahan bentuk atau pecah ( $kg/m^2$ )
- Harga, dinyatakan dengan satuan harga bagi volume material tertentu ( $Rp/m^3$ )
- Biaya pemasangan, sangat bervariasi tergantung pada jenis material dan bentuk desain dari kamar dingin tertentu. (ILYAS, hal 144-145)

Tabel 2.11 Sifat-sifat Penting Beberapa Material Isolasi  
Yang Biasa Digunakan (ILYAS, hal145)

Sifat material isolasi	Lempeng-gabus	Foam-glass	Expanded-polystyrene	Expanded-polyurethane
Densitas ( $\text{kg/m}^3$ )	100-150	145	15-30	40
Konduktivitas panas ( $\text{kcal/m jam } ^\circ\text{C}$ )	0,032	0,046	0,03	0,02
Ketebalan (mm)	130	N.A	120	90
Ketahanan terhadap masuknya air	cukup	sempurna	baik	baik
Keamanan terhadap api	jelek	sangat baik	jelek	jelek
Kekuatan kompresi ( $\text{kg/m}^2$ )	5000	30000	2000	3000
Indek harga rata-rata (exp.polyurethane)	0,6	1	0,3	1
Biaya pasang	agak tinggi	agak tinggi	agak tinggi	tinggi

**Catatan :**

Dua faktor yang dipandang paling penting biasanya adalah : konduktivitas panas dan harga.



## **2.5 Metode Life Cycle Cost**

Ketika kita memilih alat untuk memperbaharui atau menaikkan level sebuah fasilitas, mengganti peralatan yang kurang handal dan lain-lain, salah satu faktor yang harus dipertimbangkan adalah faktor ekonomi dari beberapa alternatif untuk menyelesaikannya. Sebagai contoh sebuah sistem atau peralatan yang harganya murah mungkin terlihat menarik pada awalnya namun, boleh jadi biaya operasional akan sangat tinggi atau umur kegunaanya pendek, sehingga membuat nilai ekonomisnya, lebih rendah jika dibandingkan dengan alternatif lain dalam jangka panjang. Teknik Life Cycle Cost ini bisa digunakan untuk menganalisa dampak-dampak ekonomi dalam jangka panjang terhadap fasilitas atau peralatan yang dimaksud.

Pertimbangan awal dari Life Cycle Cost meliputi:

- Harga pembelian awal dari sistem atau peralatan.
- Perhitungan umur kegunaan, biaya operasional dan perawatan.
- Biaya energi disertai faktor efisiensi energi dan nilai penjualan diakhir masa umur pemakaian.

Biaya operasional dan perawatan ditekan akan mendapatkan Net Present Value (NPV) yang stabil dari laju pengeluaran.

Dasar pertimbangan teknik Life Cycle Cost untuk suatu peralatan yang berharga adalah :

- ✓ kemampuan owner untuk investasi
- ✓ Penghematan energi, dan
- ✓ Perubahan harga dari sumber energi. (Henry, 2003)

Untuk menyelesaikan analisa Life Cycle Cost hal yang harus ada adalah :

- Inisial biaya investasi yaitu biaya pengadaan untuk pengerjaan peralatan atau fasilitas, semua yang berhubungan dengan biaya ditambahkan kedalam LCCA.
- Biaya operasional yaitu biaya tahunan meliputi: biaya perawatan dan biaya perbaikan selama peralatan beroperasi.

Semua biaya operasi didiskon untuk nilai saat ini (Present Value) terlebih dahulu lalu ditambahkan ke dalam LCC.

- Biaya perawatan dan perbaikan yaitu semua biaya mendatang untuk perawatan dan perbaikan. Antara biaya perawatan dan perbaikan dijadikan satu.
- Biaya perawatan dijadwalkan untuk tiap tahunnya, biaya perbaikan untuk mengantisipasi pengeluaran guna memperpanjang umur sebuah alat tanpa menggantikan sistem.
- Biaya penggantian yaitu biaya pengeluaran untuk sebuah peralatan yang besar, dari komponen sistem tersebut.
- Residuel value yaitu nilai sebuah sistem diakhir masa kegunaannya, ini merupakan kategori nilai negatif. (*Life Cycle Cost Analysis Handbook, 1999*)

Life cycle cost dapat dibuat dengan jalan yang berbeda-beda tergantung pada aplikasinya dan tujuan dari filter udara. Rekomendasi ini untuk perhitungan Life Cycle Cost pada filter udara dan alat untuk meminimalisasikan biaya pengoperasian pada instalasi *air handling*.

Alasan menggunakan filter udara adalah untuk membesihkan udara dan yang paling penting adalah efisiensi dari filter tersebut. Sebelum semua perhitungan Life Cycle Cost dibuat, kualitas filter (efisiensi dan klas filter) dengan persyaratan yang lainnya harus ditentukan berdasarkan rekomendasi.

Ini juga penting untuk menjaga efisiensi yang tinggi selama filter dioperasikan. Efisiensi keluaran mengindikasikan minimum life efisiensi dari filter dan tidak harus menurunkan unsur dari filter baru. Penurunan 10% unit atau lebih mungkin akan memberikan korespondensi pada filter dengan kelas yang lebih rendah pada kehidupan nyata dibandingkan dengan filter yang sudah dites dilaboratorium.

Life Cycle Cost dapat didefinisikan sebagai berikut yaitu :

$$\text{Life Cycle Cost (LCC)} = \text{Investment} + \text{LCC}_{\text{Energy}} + \text{LCC}_{\text{Maintenance}} + \text{LCC}_{\text{Disposal}}$$

Dimana :

- Investment : Modal biaya dari instalasi filter ketika sistem ventilasi baru diinstal ( filter + frame + labour). Modal biaya juga meliputi bangunan volume filter.
- $\text{LCC}_{\text{Energy}}$  : Total biaya energy saat ini (tenaga listrik untuk fan) untuk filter.
- $\text{LCC}_{\text{Maintenance}}$  : Total biaya penggantian saat ini, meliputi biaya filter dan biaya pekerja untuk penggantian filter.
- $\text{LCC}_{\text{Disposal}}$  : Total harga barang bekas filter udara saat ini.

Pengeluaran uang pada waktu mendatang nilainya lebih kecil dari pada nilai uang saat ini atau sama. Biaya saat ini setelah “ n “ tahun dapat dihitung dengan faktor koreksi berikut ini :

$$[1 + (i - p)]^{-n} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

- n = Jumlah tahun
- p = Pertambahan harga
- i = Bunga (interest rate)

*(Calculating of Life cycle Cost for Air Filter, September, 2005)*

Life Cycle Cost Analysis adalah suatu metode untuk menganalisa seluruh biaya yang relevan dari waktu ke waktu suatu proyek, produk, atau ukuran.

Metode Life Cycle Cost dihitung dari :

- Biaya awal meliputi :
  - Biaya modal investasi
  - Pembelian dan
  - Biaya instalasi

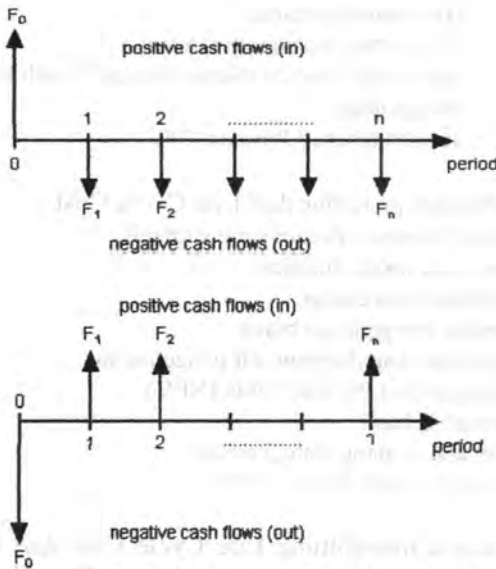
- **Biaya yang akan datang meliputi :**
- Biaya energi
  - Biaya operasional
  - Biaya perawatan
  - Biaya pengembalian modal
  - Biaya financial
  - Dan beberapa penjualan ulang, salvage atau nilai disposal, produk atau ukuran.

Keutamaan dari Life Cycle Cost Analysis yaitu untuk mengevaluasi desain alternatif untuk memenuhi tingkat yang akan dicapai, tetapi tingkat investasi berbeda, operasional, perawatan atau biaya perbaikan dan kemungkinan life spans berbeda. Untuk mencari total LCC dari suatu proyek yaitu menjumlahkan nilai uang saat ini dari tiap-tiap jenis biaya dan mengurangi nilai uang saat ini yang bernilai positif dengan nilai penjualan ulang.

*Life cycle cost = Biaya pertama + perawatan dan perbaikan + energy +penggantian – salvage value.*

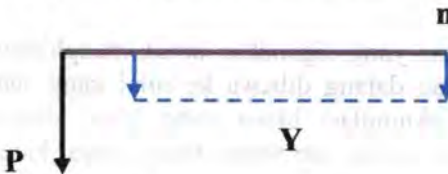
Metode ini dapat digunakan pada jenis-jenis keputusan yang berbeda ketika difokuskan pada penentuan biaya alternatif yang paling sedikit. (*Guidance on LCCA required by executive order 13123, 2003*).

Sebelum melakukan analisa *Life Cycle Cost* maka perlu membuat model berupa *cash flow diagram* yaitu cara sederhana berupa diagram untuk menunjukkan berapa uang yang harus **dikeluarkan** untuk suatu proyek atau yang kita **peroleh** dari tahun ke tahun.



Gambar 2.18 Cash Flow Diagram (*The Engineering ToolBox*)

Dimana Metode *Life Cycle Cost* digunakan untuk menghitung seluruh biaya yang **dikeluarkan** untuk suatu proyek tertentu. Berikut merupakan gambaran model diagram untuk mempermudah perhitungan Metode *Life Cycle Cost*.



Gambar 2.19 Diagram LCC (*Priyanta, 2005*)

Persamaan untuk menghitung nilai uang berdasarkan Life Cycle Cost dari diagram diatas yaitu:

$$LCC = P + Y(SPW - i - n) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana,

LCC = Life Cycle Cost

P = Biaya awal/pertama

Y = Biaya operasional tiap tahunnya

SPW = faktor nilai saat ini (Series Present Worth Factor)

i = Bunga uang

n = Jumlah tahun. (Priyanta, 2005)

Berikut ini beberapa prosedur dari Life Cycle Cost :

- ✓ Membuat alternatif desain yang strategis
- ✓ Menentukan waktu aktivitas
- ✓ Perkiraan biaya energi
- ✓ Perkiraan penggunaan biaya
- ✓ Mengembangkan diagram alir pengeluaran
- ✓ Perhitungan Net Present Value (NPV)
- ✓ Menganalisa hasil
- ✓ Mengevaluasi ulang strategi desain.

(LCCA in Pavement Design, 1998)

Jadi untuk menghitung Life Cycle Cost dari biaya yang dikeluarkan untuk sebuah proyek dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (Henry, 2003) sebagai berikut :

- Menghitung biaya awal atau pertama dari suatu proyek yang dimaksud disini adalah :
  - Biaya investasi awal dari suatu proyek (pembelian peralatan)
  - Biaya instalasi peralatan (tenaga pekerja)
- Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai uang yang akan datang dibawa ke nilai uang saat ini, tanpa adanya akumulasi biaya yang harus dikeluarkan tiap tahunnya (Nilai peralatan bekas atau harga peralatan dimasa akhir penjualan), seperti :

- *Salvage value* (Nilai pengurang dari total LCC)
- Biaya penggantian

$$P = A \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right] \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana,

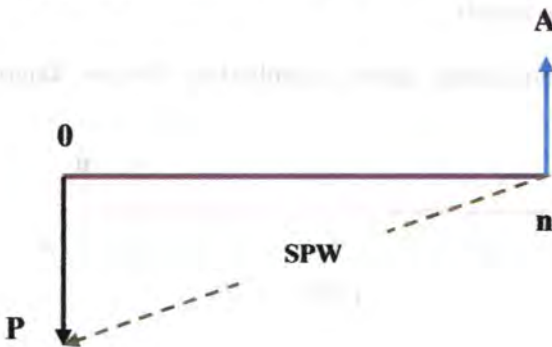
P = Nilai uang saat ini (present worth)

A = Jumlah uang yang dikeluarkan atau diperoleh tanpa adanya akumulasi.

i = Tarip bunga (interest rate)

n = Jumlah dari periode bunga atau jumlah tahun (dimulai dari tahun ke nol)

Persamaan diatas dapat digambarkan dengan diagram sebagai berikut :



Keterangan :

- $\left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right]$  disebut Single Present Worth (SPW)

Gambar 2.20 Diagram Nilai Uang Saat Ini (P) Dan Nilai Uang Yang Akan Datang (A)

- Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai uang saat ini dari jumlah uang yang telah dikeluarkan tiap tahunnya yang mempunyai jumlah sama (adanya akumulasi biaya tiap tahunnya), meliputi :
  - Biaya energi
  - Biaya perawatan dan perbaikan
  - Dan lain sebagainya.

$$P = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana,

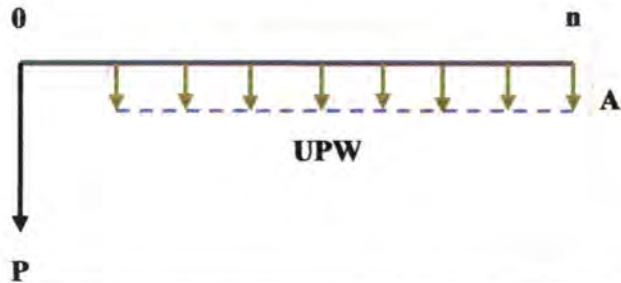
P = Nilai uang saat ini (present worth)

A = Jumlah uang yang dikeluarkan tiap tahunnya

i = Tarip bunga (interest rate)

n = Jumlah dari periode bunga atau jumlah tahun (dimulai dari tahun ke nol)

Persamaan diatas dapat digambarkan dengan diagram sebagai berikut :



Keterangan :

- $\left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$  disebut Uniform Present Worth (UPW)

Gambar 2.21 Diagram Nilai Uang Saat Ini (P) Dan Jumlah Uang Yang Di Keluarkan Tiap Tahunnya





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

### **BAB III** **METODOLOGI PENELITIAN**

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam menyusun Tugas Akhir ini ada beberapa tahap yang digunakan untuk menyelesaikan Tugas Akhir, secara garis besar dapat dijabarkan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut :

#### **3.1 Studi Literatur**

Studi literatur adalah proses untuk mendapatkan bahan referensi atau informasi yang relevan sebagai penunjang bagi penulis dalam menyusun Tugas Akhir baik berupa jurnal, paper, artikel, buku, diskusi, pengamatan lapangan maupun dari media elektronik (internet).

Pada studi literatur ini dilakukan beberapa kegiatan yaitu mempelajari macam-macam beban pendingin, cara kerja sistem pendingin, macam-macam peralatan sistem pendingin, cara menentukan spesifikasi peralatan sistem pendingin, mencari macam-macam bahan isolasi yang dapat digunakan sebagai isolasi ruang palka, cara menghitung koefisien perpindahan panas menyeluruh (U), serta mempelajari metode *life cycle cost* yang digunakan untuk menghitung seluruh biaya yang dikeluarkan untuk sebuah desain sistem pendingin (biaya bahan isolasi maupun peralatan sistem pendingin). Biaya-biaya tersebut meliputi : biaya investasi, biaya energi, biaya perawatan dan perbaikan, biaya penggantian serta nilai peralatan bekas (*salvage value*) jika diakhir masa kegunaannya peralatan tersebut dijual.

### **3.2 Pengumpulan Data Dari Desain Lama (D)**

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan dalam menyusun Tugas Akhir ini. Data yang diperlukan dari desain lama berupa :

#### **3.2.1 Data Pendukung**

Berikut beberapa data pendukung dari desain lama yang diperlukan sebelum membuat alternatif desain baru.

1. Dimensi kapal
2. Gambar rencana garis
3. Gambar rencana umum
4. Jumlah ruang palka
5. Hubungan antar ruang dikapal
6. Letak ruang palka
7. Dimensi ruang palka
8. Temperatur desain ruang palka
9. Temperatur udara sekitar
10. Temperatur ikan
11. Jumlah orang yang beraktivitas didalam ruang palka
12. Jumlah lampu didalam ruang palka
13. Jumlah peralatan didalam ruang palka
14. Daya genset
15. Jumlah liter konsumsi bahan bakar tiap trip
16. Lama operasional kapal
17. Laporan desain lama
18. Dan data yang lain

#### **3.2.2 Data Spesifikasi Peralatan Sistem Pendingin**

Data spesifikasi peralatan sistem pendingin digunakan untuk menghitung nilai *life cycle cost* selama peralatan tersebut dioperasikan. Adapun data-data tersebut seperti :

1. Evaporator
2. Kompresor
3. Motor kompresor
4. Kondensor
5. Pompa pendukung
6. Dan peralatan lainnya



### 3.2.3 Data Isolasi Ruang Palka

Berikut ini adalah bahan isolasi yang digunakan untuk mengisolasi tiap dinding ruang palka pada desain lama.

1. Sterofoam : 150 mm
2. Plywood : 6 mm
3. Fiber glass : 3-5 mm
4. Harga isolasi dan instalasi
5. Susunan isolasi
6. Dan lain-lain.

### 3.3 Membuat Alternatif Desain Baru

Ada beberapa tahap yang harus dilakukan untuk membuat alternatif desain sistem pendingin yang optimum serta memiliki nilai *life cycle cost* yang minimum.

#### 3.3.1 Mencari Alternatif Bahan Isolasi

Setelah semua data diatas diperoleh, maka yang dilakukan adalah mencari alternatif bahan isolasi yang digunakan sebagai bahan pengganti isolasi sterofoam. Dari berbagai alternatif bahan isolasi tersebut dilakukan perhitungan sebelum bahan isolasi dipilih.

#### 3.3.2 Menghitung Nilai Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh Dari Macam-macam Bahan Isolasi (U)

Dari hasil studi literatur data yang diperoleh dari macam-macam bahan isolasi berupa nilai-k (koefisien panas konduksi), untuk menghitung nilai-U terlebih dahulu kita mengasumsikan nilai ketebalannya sebesar  $x$ , sebagai variabel yang nantinya akan ditentukan, setelah nilai ketebalan ditentukan (dengan cara mengasumsikan), maka nilai tahanan bahan isolasi dapat dihitung dan selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai-U. Pemilihan bahan isolasi secara langsung dapat juga dilihat dari nilai-k yang paling kecil.



### **3.3.3 Memilih Bahan Isolasi Yang Nilai U-nya Kecil**

Karena tiap bahan isolasi memiliki nilai koefisien panas konduksi yang berbeda-beda, maka hasil perhitungan nilai-U berbeda pula. Dari perbedaan tersebut dipilih bahan isolasi dengan kriteria nilai-U yang paling kecil.

Bahan isolasi yang mempunyai nilai-U paling kecil dipilih tujuannya untuk mereduksi beban transmisi. Selain hal itu faktor lain yang perlu dipertimbangkan adalah masalah harga dan apakah bahan tersebut tersedia dipasaran.

### **3.3.4 Menghitung Nilai-U Dari Bahan Isolasi Yang Telah Dipilih dan Harga Isolasi**

Setelah salah satu bahan isolasi dipilih hitung nilai-U, caranya sama dengan menghitung nilai-U dari macam-macam bahan isolasi, hanya tebal isolasi divariasikan dan hitung harga isolasi berdasarkan tebal isolasi yang ada di pasaran, selanjutnya hasil dari perhitungan tersebut dibuat grafik.

### **3.3.5 Membuat Grafik**

Hasil perhitungan nilai-U dan harga dibuat dalam bentuk tabel, kemudian buat grafik nilai-U dan grafik harga dengan tebal isolasi dibuat dalam satu grafik.

### **3.3.6 Memilih Tebal Isolasi**

Dari grafik tersebut diketahui titik potong (titik kesetimbangan) antara nilai-U dengan harga isolasi, dari titik tersebut dipilih tiga variasi ketebalan yang digunakan untuk mengetahui trend jika kita mengambil tebal isolasi yang berada disebelah kiri titik potong, ditengah dan bagaimana pengaruhnya jika kita mengambil tebal isolasi yang berada disebelah kanan titik potong. (pertimbangan teknis dan ekonomis)

KAMUS RI  
RTI

### **3.3.7 Alternatif Tebal Isolasi Yang Dipilih**

Tiga variasi tebal isolasi yang dipilih yaitu : 4 cm, 8 cm dan 12 cm dan bahanya berupa polyurethane.

### **3.3.8 Analisa Data**

Dari alternatif tebal isolasi yang dipilih, dijadikan data tebal isolasi untuk desain baru kemudian diolah sebagai penunjang perhitungan ke tahap berikutnya.

1. Menghitung nilai-U berdasarkan variasi tebal isolasi
2. Menghitung luas tiap-tiap dinding ruang palka berdasarkan variasi tebal isolasi
3. Menghitung volume ruang palka dan kapasitas muat (ikan)
4. Menghitung volume infiltrasi

## **3.4 Perhitungan Teknis**

Perhitungan teknis dilakukan untuk memilih spesifikasi peralatan sistem pendingin desain baru kemudian hitung nilai *life cycle cost* tiap-tiap desain tersebut sebelum di bandingkan dengan desain lama.

### **3.4.1 Menghitung Beban Pendingin**

Perhitungan beban pendingin meliputi :

1. Beban transmisi
2. Beban Penerangan atau lampu
3. Beban personel atau orang
4. Beban infiltrasi
5. *Beban produk*
6. Beban peralatan

### **3.4.2 Menghitung Kapasitas Beban Pendingin Yang Dibutuhkan Oleh Peralatan**

Kapasitas beban pendingin yang dibutuhkan oleh peralatan dapat dihitung setelah beban pendinginnya diketahui, cara perhitungannya adalah kapasitas beban pendingin dibagi dengan waktu operasi peralatan (jam).

### 3.4.3 Memilih Spesifikasi Peralatan Sistem Pendingin

Spesifikasi peralatan sistem pendingin yang dipilih merknya sama dengan desain lama.

Spesifikasi tersebut meliputi :

1. Evaporator
2. Kompresor
3. Motor kompresor
4. Kondensor
5. Dll

### 3.5 Perhitungan Ekonomis

Perhitungan nilai ekonomis desain lama maupun desain baru digunakan metode *life cycle cost* untuk menghitung seluruh biaya yang dikeluarkan atau diterima selama peralatan maupun isolasi ruang palka tersebut didesain untuk 20 tahun.

Perhitungan ekonomis meliputi :

1. Biaya investasi meliputi:
  - Biaya pembelian isolasi dan instalasi ruang palka.
  - Biaya pembelian peralatan dan instalasi sistem pendingin
2. *Biaya operasional* meliputi :
  - Biaya energi
  - Biaya perawatan dan perbaikan
  - Biaya penggantian
3. Harga atau nilai peralatan bekas (*salvage value*).

#### 3.5.1 Nilai Life Cycle Cost Desain Lama

Hasil Perhitungan nilai *life cycle cost* desain lama (D) dibuat dalam bentuk tabel dan digunakan sebagai pembandingan desain baru.

#### 3.5.2 Nilai Life Cycle Cost Desain Baru

Hasil perhitungan nilai *life cycle cost* dari tiga desain dibandingkan dan dilakukan pembahasan untuk memilih salah satu desain yang paling optimal yaitu yang mempunyai nilai *life cycle cost* yang paling minimum.

### **3.6 Membandingkan Desain Lama Dengan Desain Baru**

Setelah salah satu dari desain baru dipilih dilakukan perbandingan dengan desain lama berupa nilai *life cycle cost*-nya. Apakah dari desain baru nilai *life cycle cost* nya minimum, jika tidak maka diadakan penilaian kembali terhadap bahan isolasi yang dipilih atau pada spesifikasi peralatan sistem pendingin yang telah ditentukan untuk diadakan penggantian, dan apabila nilai *life cycle cost* nya masih minimum maka tidak dilakukan penilaian kembali.

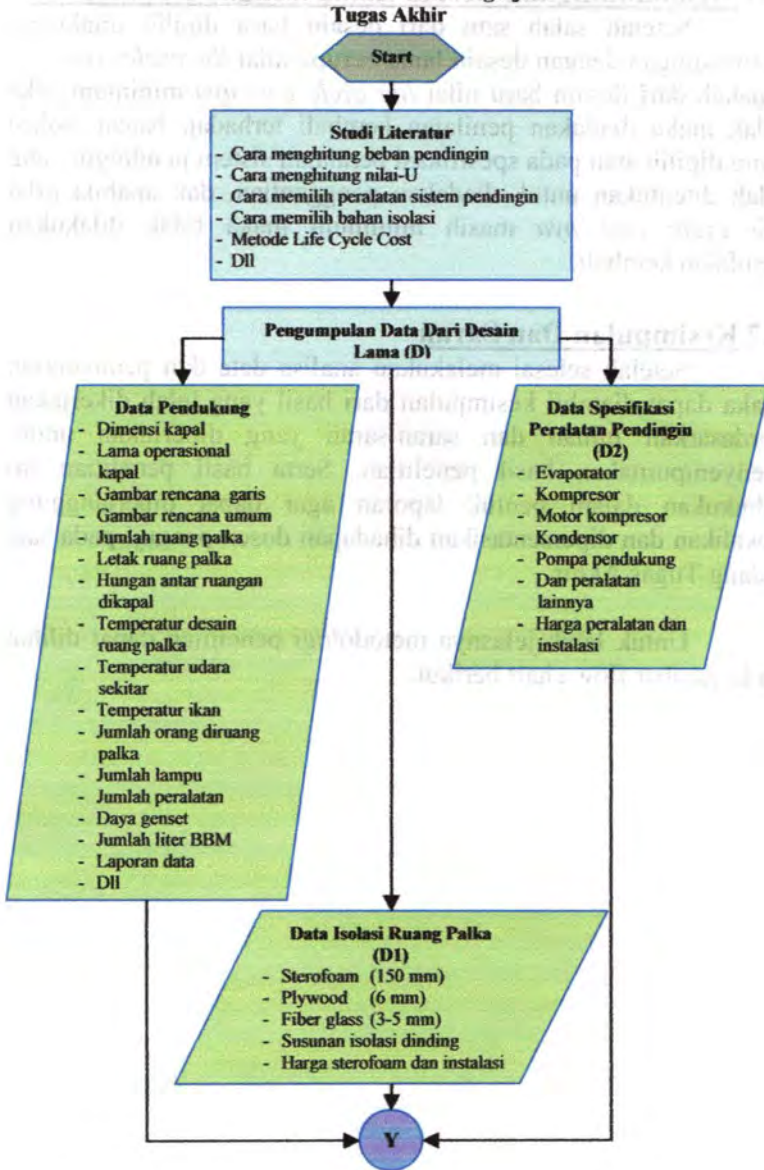
### **3.7 Kesimpulan Dan Saran**

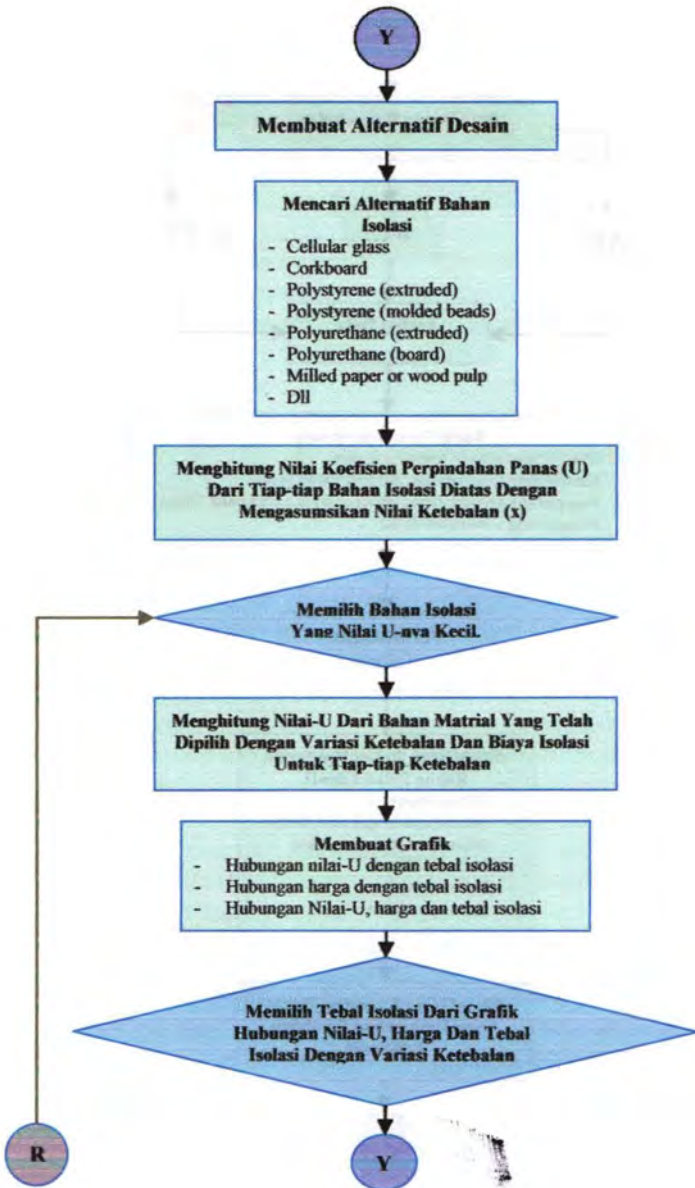
Setelah selesai melakukan analisa data dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan dari hasil yang telah dikerjakan berdasarkan tujuan dan saran-saran yang diperlukan untuk menyempurnakan hasil penelitian. Serta hasil penelitian ini dibukukan dalam bentuk laporan agar dapat dipertanggung jawabkan dan dipersentasikan dihadapan dosen penguji pada saat sidang Tugas Akhir.

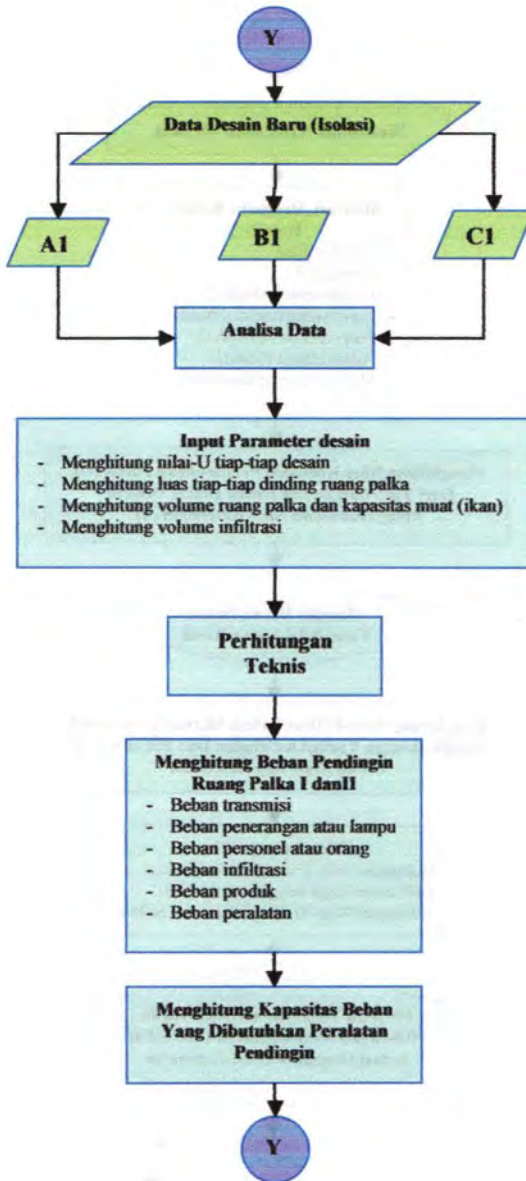
Untuk lebih jelasnya metodologi penelitian dapat dilihat pada gambar flow chart berikut:

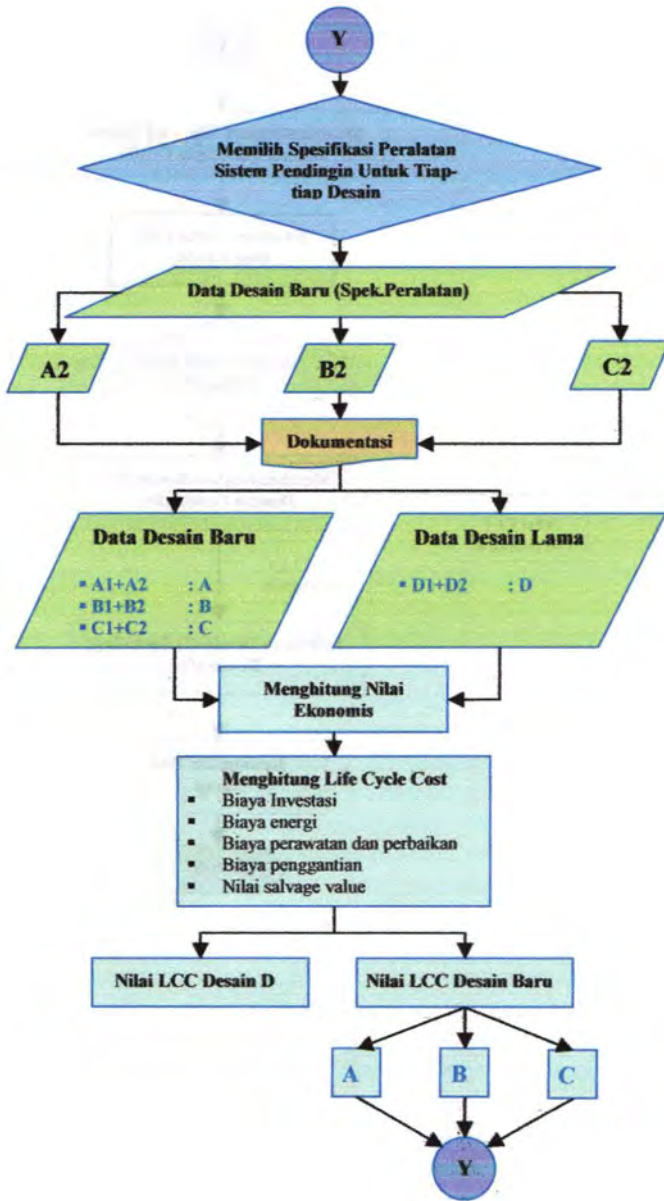


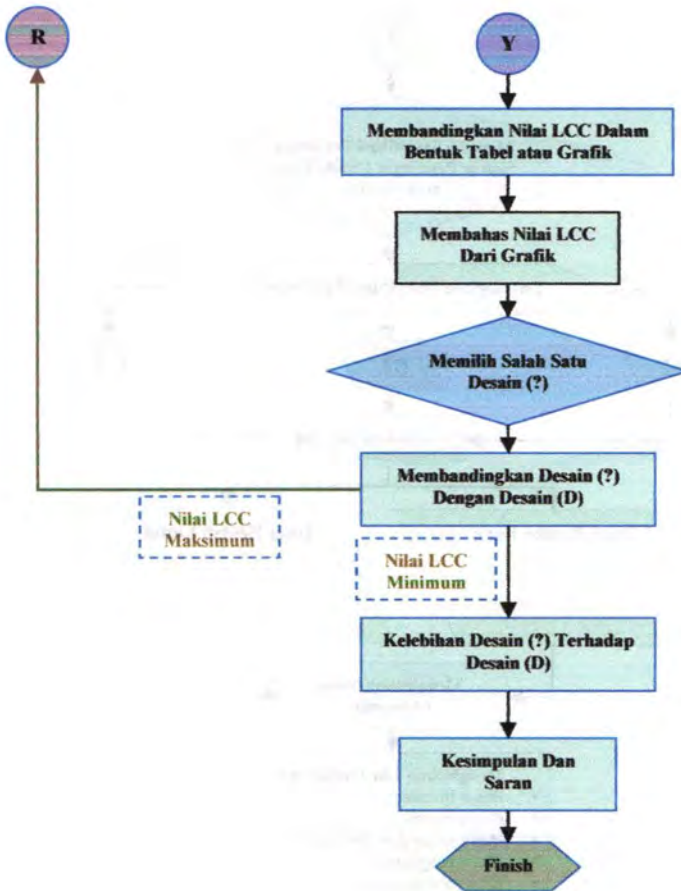
Gambar 3.1 Flow Chart Pengerjaan













**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

## **BAB IV** **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Desain Lama (D)

Berikut adalah beberapa data dari desain lama yang dikumpulkan penulis selama melakukan penelitian untuk mendukung proses pengerjaan Tugas Akhir.

#### 4.1.1 Dimensi Kapal

Kapal ikan tipe Purse Seine 30 GT milik Dinas Kelautan dan Perikanan Pemda Situbondo didesain dengan dimensi utama kapal sebagai berikut :

▪ Length O.A ABT	: 20,35	m
▪ Length On Deck	: 19,20	m
▪ Length Water Line	: 15,80	m
▪ Breadth	: 4,80	m
▪ Depth	: 2,2	m
▪ Draft	: 1,6	m
▪ Coefisien Blok	: 0,537	
▪ Main Engine	: 174	Kw
▪ Service Speeds	: 9,5	Knots

#### 4.1.2 Gambar Rencana Garis

Gambar rencana garis merupakan gambar bagian kapal yang digambar dari beberapa pandangan yaitu :

- Pandangan samping atau gambar tampak samping
- Gambar body plan
- Gambar half breadth plan (*detail gambar terlampir*)

Dari gambar rencana garis maka luas maupun volume ruang palka dapat dihitung dengan menggunakan *aturan Simpson* (Simpson's 1st Rule, SHIPS AND NAVAL ARCHITECTURE, 1973)

#### 4.1.3 Gambar Rencana Umum

Gambar rencana umum merupakan gambar kapal yang menggambarkan letak atau posisi ruangan, peralatan dan lain-lain. (*detail gambar terlampir*)

#### 4.1.4 Ruang Palka

Kapal tersebut mempunyai 2 ruang palka yang letaknya didepan ruang kamar mesin.

##### ✓ Ruang palka I

- Terletak pada frame : 11-15
- Jarak antar frame : 0,9 m
- Volume ruang palka : 23,4 m<sup>3</sup>
- Kapasitas muat : 17,6 ton

##### ✓ Ruang palka II

- Terletak pada frame : 15-19
- Jarak antar frame : 0,9 m
- Volume ruang palka : 16,1 m<sup>3</sup>
- Kapasitas muat : 12,1 ton

##### **Catatan :**

- Volume ruang palka diatas diperoleh dari volume total ruang palka dikurangi 25 % untuk peralatan sistem pendingin yaitu evaporator. (*detail perhitungan terlampir*)

#### 4.1.5 Bahan Isolasi Dan Tebal Isolasi Ruang Palka

Bahan isolasi ruang palka yang digunakan pada desain lama (D) berupa :

- Sterofoam : 150 mm : 5,906 in
- Plywood : 6 mm : 0,236 in
- Fiber Glass : 3 mm : 0,118 in

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada susunan isolasi dinding ruang palka berikut ini.

#### 4.1.6 Susunan Isolasi Dinding Ruang Palka

##### ✓ Dinding ruang palka I terdiri dari :

- Dinding pembatas atau sekat (pada frame 11)
- Atap atau geladak (pada frame 11-15)
- Lantai atau Floor (pada Frame 11-15)
- Dinding kanan dan kiri (pada frame 11-15)
- Dinding pembatas atau sekat (pada frame 15)

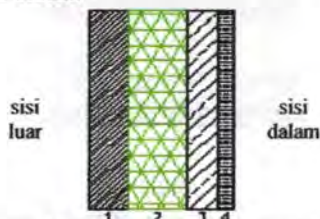


- ✓ Dinding ruang palka II terdiri dari :
- Atap atau geladak (pada frame 15-19)
  - Lantai atau Floor (pada Frame 15-19)
  - Dinding kanan dan kiri (pada frame 15-19)
  - Dinding pembatas atau sekat (pada frame 19)

Keterangan dinding ruang palka I dan II:

- Dinding pada frame 11 sebagai pembatas atau sekat antara ruang kamar mesin dengan ruang palka I
- Dinding pada frame 15 sebagai pembatas atau sekat antara ruang palka I dengan ruang palka II
- Dinding pada frame 19 sebagai pembatas atau sekat antara ruang palka II dengan ruang tali jangkar dan tali jaring
- Dinding bagian atap atau geladak pada frame 11-15 dan 15-19 berhubungan dengan udara luar
- Dinding bagian kanan dan kiri pada frame 11-15 dan 15-19 pada bagian diatas garis air berhubungan dengan udara luar dan bagian dinding yang berada dibawah garis air bersinggungan dengan air laut
- Dinding bagian lantai atau floor yang terletak pada frame 11-15 dan 15-19 bersinggungan dengan air laut.

- ✓ Susunan isolasi ruang palka
- Dinding pembatas atau sekat pada frame 11 dan 19 susunannya sama.

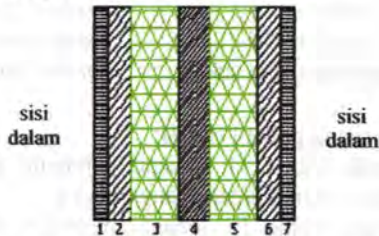


Gambar 4.1 Susunan Dinding Pembatas Frame 11 dan 19 Desain D

Keterangan :

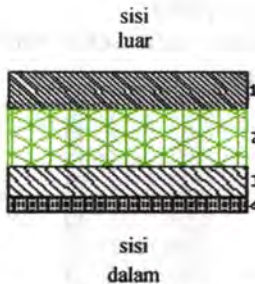
1. Kayu	: 30 mm	: 1,181 in
2. Sterofoam	: 150 mm	: 5,906 in
3. Plywood	: 6 mm	: 0,236 in
4. Fiber glass	: 3 mm	: 0,118 in

- Dinding pembatas atau sekat antara ruang palka I dan II pada frame 15



Gambar 4.2 Susunan Dinding Pembatas Frame 15 Desain D  
Keterangan :

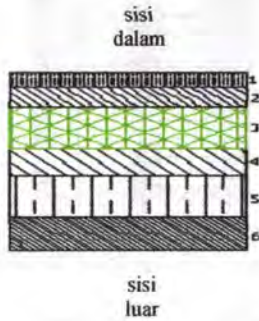
- |                |          |            |
|----------------|----------|------------|
| 1. Fiber glass | : 3 mm   | : 0,118 in |
| 2. Plywood     | : 6 mm   | : 0,236 in |
| 3. Sterofoam   | : 150 mm | : 5,906 in |
| 4. Kayu        | : 30 mm  | : 1,181 in |
| 5. Sterofoam   | : 150 mm | : 5,906 in |
| 6. Plywood     | : 6 mm   | : 0,236 in |
| 7. Fiber glass | : 3 mm   | : 0,118 in |
- Atap atau geladak ruang palka I dan II pada frame 11-15 dan 15-19 susunannya sama



Gambar 4.3 Susunan Atap Frame 11-15 Dan Frame 15-19 Desain D  
Keterangan :

- |                |          |            |
|----------------|----------|------------|
| 1. Kayu        | : 50 mm  | : 1,969 in |
| 2. Sterofoam   | : 150 mm | : 5,906 in |
| 3. Plywood     | : 6 mm   | : 0,236 in |
| 4. Fiber glass | : 3 mm   | : 0,118 in |

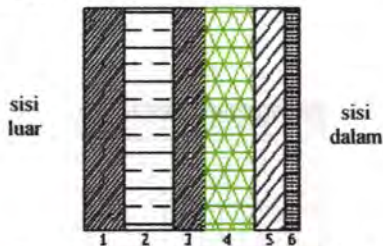
- Lantai atau floor ruang palka I dan II pada frame 11-15 dan 15-19 susunannya sama



Gambar 4.4 Susunan Lantai Frame 11-15 Dan 15-19 Desain D  
Keterangan :

1. Fiber glass	: 5 mm	: 0,197 in
2. Plywood	: 6 mm	: 0,236 in
3. Sterofoam	: 150 mm	: 5,906 in
4. Kayu (galar)	: 30 mm	: 1,181 in
5. Celah udara	: 150 mm	: 5,906 in
6. Kayu (hull)	: 50 mm	: 1,969 in

- Dinding kanan dan kiri ruang palka I dan II pada frame 11-15 dan 15-19 susunannya sama



Gambar 4.5 Susunan Dinding Kanan Dan Kiri  
Frame 11-15 Dan 15-19 Desain D

Keterangan :

1. Kayu (hull)	: 50 mm	: 1,969 in
2. Celah udara	: 150 mm	: 5,906 in
3. Kayu (galar)	: 30 mm	: 1,181 in
4. Sterofoam	: 150 mm	: 5,906 in
5. Plywood	: 6 mm	: 0,236 in
6. Fiber glass	: 3 mm	: 0,118 in

#### 4.1.7 Data Spesifikasi Peralatan Sistem Pendingin Desain Lama (D)

Tabel 4.1 Spesifikasi Kompresor Desain Lama

No.	KOMPRESOR		
1	Merk	Bitzer	
2	Type	V (w)	
3	Kapasitas	19,4	m <sup>3</sup> /h
4	Jumlah Selinder	2	
5	Diameter Selinder	85	mm
6	Stroke	60	mm
7	Panjang	400	mm
8	Lebar	290	mm
9	Tinggi	515	mm
10	Berat	80,5	kg

Tabel 4.2 Spesifikasi Motor Kompresor Desain Lama

No.	MOTOR KOMPRESOR		
1	Merk	Bitzer	
2	Daya	5,5/7,5	Kw/Hp
3	Putaran	1450	RPM
4	Frekuensi	50	Hz
5	Phase	3	
6	Diameter Pulley Motor	150	mm

Tabel 4.3 Spesifikasi Kondensor Desain Lama

No.	KONDENSOR		
1	Merk	Bitzer	
2	Type	K203H(B)/4EC-4.2	
3	Temperatur kondensor	40	°C
4	Kapasitas Beban Pendingin	14370	Watt
5	Water flow	0,58	l/s
6	No. Of Water Passes	4	
7	Panjang	863	mm

Tabel 4.4 Tangki Refrigeran Desain Lama

No.	TANGKI REFRIGERAN		
1	Refrigeran	R - 22	
2	Kapasitas Tangki Refrigeran	11,8	dm <sup>3</sup>
3	Max. Refrigerant Charge	13,6	Kg

Tabel 4.5 Spesifikasi Evaporator Desain Lama

No.	EVAPORATOR (COOLER)		
1	Merk	Searle	
2	Model	Ks 25 - 6	
3	Temperatur Evaporator	-5	°C
4	Kapasitas Beban Pendingin	4,16	Kw
5	Kapasitas Udara	0,42	m <sup>3</sup> /s
6	Panjang	870	mm
7	Lebar	418,8	mm
8	Tinggi	542	mm
<b>Data Coil :</b>			
1	Total Luas Permukaan	14,07	m <sup>2</sup>
2	Volume	3,74	dm <sup>3</sup>
3	Refrigerant Charge	1,2	Kg
4	Connection Inlet	1/2	inch
5	Connection Outlet	5/8	inch
6	Dry Weight	44	Kg
<b>Spesifikasi Fan dan motor :</b>			
1	Model	Ks 25	
2	Jumlah Fan	1	
3	Diameter	310	mm
4	Ukuran Motor	70	Watt
<b>Electric Defrost :</b>			
1	Coil	0,79	Kw
2	Pan	0,79	Kw
3	Total	1,58	Kw

Catatan :

Evaporator pada ruang palka I dan II spesifikasinya sama.

Tabel 4.6 Spesifikasi Pompa Pendukung Desain Lama

No.	POMPA PENDUKUNG		
1	Merk	LAKONI	
2	Nomor seri	EP. 004253	
3	Kapasitas Min.	10 - 80	l/menit
4	Kapasitas Max.	120	l/menit
5	Head Min.	23,5 - 15	m
6	Head Max.	25	m
7	Daya	0,17	Kw
8	Putaran	2900	RPM
9	Frekuensi	50	Hz
10	Phase	1	
11	Tegangan	220	Volt
12	Arus	2	A
13	Buatan	ITALY	

Tabel 4.7 Spesifikasi Genset Desain Lama

No.	GENSET		
1	Type	SCT	
2	Daya	30	Kw
3	Volt	400	v
4	Frekuensi	50	Hz
5	Speed	1500	RPM
6	Phase	3	
7	Cos $\phi$	0,8	
8	Buatan	China, Mindong	

## **4.2 Perhitungan Ekonomis Desain Lama (D)**

Untuk menghitung nilai ekonomis dari desain sistem pendingin penulis menggunakan Metode Life Cycle Cost.

### **4.2.1 Analisa Life Cycle Cost Desain D**

Metode Life Cycle Cost ini digunakan untuk menghitung seluruh biaya yang dikeluarkan atau diterima selama sistem pendingin (alat dan isolasi) dioperasikan dan perhitungannya didasarkan pada nilai uang saat ini, dimana sistem didesain untuk 20 tahun.

#### **✓ Biaya investasi peralatan sistem pendingin dan biaya isolasi ruang palka (tanpa adanya akumulasi biaya)**

Perhitungan biaya peralatan sistem pendingin dihitung berdasarkan besarnya daya yang digunakan pada peralatan tersebut, dari laporan desain lama, serta dari hasil interview karena tidak semua peralatan terdapat harga tiap satuannya.

- Biaya investasi peralatan dan isolasi ruang palka terdiri dari :
  - Biaya pembelian evaporator untuk ruang palka I (cooler)
    - Jumlah evaporator (cooler) 1 unit
    - Kapasitas : 4,16 Kw
    - Harga per 1 Kw : Rp 1.760.318,63
    - Biaya pembelian :  $1 * 4,16 * \text{Rp}1.760.318,63$   
: Rp 7.322.925,50
  - Biaya pembelian evaporator untuk ruang palka II (cooler)
    - Jumlah evaporator (cooler) 1 unit
    - Kapasitas : 4,16 Kw
    - Harga per 1 Kw : Rp 1.760.318,63
    - Biaya pembelian :  $1 * 4,16 * \text{Rp}1.760.318,63$   
: Rp 7.322.925,50



- **Biaya pembelian kompresor**
  - Jumlah kompresor : 1 unit
  - Daya kompresor : 5,5 Kw
  - Harga per 1 Kw : Rp 1.760.318,63
  - Biaya pembelian :  $1 * 5,5 * \text{Rp } 1.760.318,63$   
: Rp 9.681.752,47
  
- **Biaya pembelian motor kompresor**
  - Jumlah motor : 1 unit
  - Daya motor : 5,5 Kw
  - Harga per 1 Kw : Rp 1.760.318,63
  - Biaya pembelian :  $1 * 5,5 * \text{Rp } 1.760.318,63$   
: Rp 9.681.752,47
  
- **Biaya pembelian kondensor**
  - Jumlah kondensor : 1 unit
  - Kapasitas : 14,37 Kw
  - Harga per 1 Kw : Rp 1.760.318,63
  - Biaya pembelian :  $1 * 14,37 * \text{Rp } 1.760.318,63$   
: Rp 25.295.778,71
  
- **Biaya pembelian pompa kondensor**
  - Daya pompa : 0,17 Kw
  - Biaya pembelian : Rp 950.000,00
  - Biaya diatas berdasarkan laporan data lama
  
- **Biaya pembelian Refrigeran R-22**
  - Berat : 13,6 Kg
  - Harga per 1 Kg : Rp 65.000,00
  - Biaya pembelian :  $13,6 * \text{Rp } 65.000,00$   
: Rp 884.000,00
  
- **Biaya pembelian pipa tembaga**
  - Panjang pipa : 12 m
  - Jumlah : 2
  - Biaya pembelian : Rp 1.800.000,00
  - Biaya diatas berdasarkan laporan data lama

- **Biaya pembelian isolasi pipa tembaga**
  - Panjang pipa : 12 m
  - Jumlah : 2
  - Biaya pembelian : Rp 1.080.000,00
  - Biaya diatas berdasarkan laporan data lama
  
- **Biaya instalasi peralatan**
  - Lama pengerjaan : 2 hari
  - Jumlah pekerja : 2 orang
  - Upah atau gaji : Rp 25.000,00/orang.hari
  - Biaya : 2 \* 2 \* Rp 25.000  
: Rp 100.000,00
  
- **Biaya lain-lain dan asesoris peralatan**
  - Biaya : Rp 2.500.000,00
  - Biaya diatas berdasarkan laporan data lama
  
- **Biaya pembelian isolasi ruang palka I (sterofoam)**
  - Volume ruang palka : 31 m<sup>3</sup>
  - Tebal isolasi : 15 cm (5,906 inch)
  - Harga per 1 m<sup>3</sup> : Rp 25.000,00 (tebal 1 cm)
  - Biaya isolasi : 31 \* 15 \* Rp 25.000,00  
: Rp 11.625.000,00
  
- **Biaya pembelian isolasi ruang palka II (sterofoam)**
  - Volume ruang palka : 22 m<sup>3</sup>
  - Tebal isolasi : 15 cm (5,906 inch)
  - Harga per 1 m<sup>3</sup> : Rp 25.000,00 (tebal 1 cm)
  - Biaya isolasi : 22 \* 15 \* Rp 25.000,00  
: Rp 8.250.000,00
  
- **Biaya instalasi ruang palka I dan II**
  - Lama pengerjaan : 14 hari
  - Jumlah pekerja : 4 orang
  - Upah atau gaji : Rp 25.000,00/orang.hari
  - Biaya : 14 \* 4 \* Rp 25.000  
: Rp 1.400.000,00

Hasil perhitungan biaya investasi diatas dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.8 Investasi Desain D

No	Investasi	Biaya
1	Evaporator 1 (Cooler)	Rp 7.322.925,50
2	Evaporator 2 (Cooler)	Rp 7.322.925,50
3	Kompresor	Rp 9.681.752,47
4	Motor kompresor	Rp 9.681.752,47
5	Kondensor	Rp 25.295.778,71
6	Pompa kondensor	Rp 950.000,00
7	Refrigeran R-22	Rp 884.000,00
8	Pipa tembaga	Rp 1.800.000,00
9	Isolasipipa tembaga	Rp 1.080.000,00
10	Biaya instalasi peralatan	Rp 100.000,00
11	Lain-lain dan asesoris peralatan	Rp 2.500.000,00
12	Isolasi ruang palka I	Rp 11.625.000,00
13	Isolasi ruang palka II	Rp 8.250.000,00
14	Biaya instalasi ruang palka I & II	Rp 1.400.000,00
Total biaya investasi		Rp 87.894.134,65

✓ **Biaya operasional peralatan sistem pendingin dan biaya isolasi ruang palka (adanya akumulasi biaya operasional)**

- Biaya operasional meliputi :
  - Biaya energi

Perhitungan biaya energi tiap tahunnya ditentukan dari banyaknya bahan bakar yang dikonsumsi oleh genset, dimana tiap bulannya kapal tersebut dioperasikan 2 kali dan untuk sekali beroperasi (15 hari) dibutuhkan 1200 liter bahan bakar, dengan demikian kebutuhan energi untuk peralatan sistem pendingin (kompresor) dapat ditentukan sebagai berikut :

- Daya genset : 30 Kw
- Daya yang digunakan untuk sistem pendingin adalah :
  - Daya kompresor : 5,5 Kw
  - Daya pompa kondensor : 0,17 Kw
  - Daya motor fan : 0,14 Kw
  - Total daya : 5,81 Kw
- Banyaknya liter bahan bakar
  - Liter BBM (solar) dalam sebulan : 2400 liter
  - Total liter BBM (solar) dalam setahun:  $12 * 2400$  liter  
: 28.800 liter
- Biaya energi untuk sistem pendingin dalam setahun dapat hitung sebagai berikut :
  - Penggunaan BBM (solar) :  $\frac{5,81KW}{30KW} * 28.800$ liter  
: 0.194 \* 28.800 liter  
: 5.587,2 liter
  - Jika harga 1 liter BBM (solar) : Rp 5.000,00 (asumsi)
  - Total biaya energi tahunan : 5.587,2 \* Rp 5.000,00  
: Rp 27.936.000,00
- Biaya energi yang harus dikeluarkan selama sistem pendingin dioperasikan dalam jangka waktu 20 tahun, (sebagai asumsi selama 20 tahun peralatan dioperasikan terus) dihitung dari sejumlah uang yang dikeluarkan tiap tahunnya untuk biaya energi dikalikan dengan faktor (UPW) seperti berikut :

$$P = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \text{ lihat persamaan 2.16}$$

Dikethui :

A : Rp 27.936.000,00

i : 8,88 % (Bank Sentral Republik Indonesia)

n : 20 tahun

$$P : Rp 27.936.000,00 \left[ \frac{(1 + 0,0888)^{20} - 1}{0,0888(1 + 0,0888)^{20}} \right]$$

: Rp 27.936.000 \* 9,027

: Rp 252.178.272,00

▪ **Biaya perawatan dan perbaikan**

Perhitungan biaya perawatan (membersihkan, mengecek maupun mengganti komponen atau asesoris yang rusak dan tidak mungkin dilakukan perbaikan) dan perbaikan untuk tiap tahunnya ditentukan dari total investasi peralatan dan isolasi ruang palka, tujuan perawatan dilakukan yaitu untuk memperpanjang umur kegunaan dari peralatan.

Perawatan dan perbaikan meliputi :

- Pembersihan filter evaporator
- Pembersihan filter pompa kondensor
- Pengecekan minyak pelumas kompresor
- Pengecekan putaran motor kompresor
- Pengecekan V-belt
- Pengecekan kebocoran instalasi pipa
- Penggantian cincin ring piston kompresor
- Penggantian minyak pelumas
- Dan perbaikan lain-lainnya.
- Biaya tersebut diatas ditentukan dari 10% sampai 15% total investasi ([www.engineering](http://www.engineering) Tool Box)
  - Total investasi : Rp 87.894.134,65
  - Biaya perawatan tiap tahun : 15 % \* Total investasi  
: 0,15 \* Rp 87.894.134,65  
: Rp 13.184.120,20
- Jadi biaya perawatan dan perbaikan selama 20 tahun nilai uang saat ini dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \text{ lihat persamaan 2.16}$$

Dikethui :

- A : Rp 13.184.120,20
- i : 8,88 % (Bank Sentral Republik Indonesia)
- n : 20 tahun

$$P : Rp13.184.120,20 \left[ \frac{(1+0,0888)^{20} - 1}{0,0888(1+0,0888)^{20}} \right]$$

: Rp 13.184.120,20 \* 9,027

: Rp 119.013.053,00

#### ▪ Biaya Penggantian

Biaya penggantian untuk peralatan sistem pendingin maupun isolasi ruang palka hanya pada komponen-komponen besar maupun bahan isolasinya (berdasarkan *Life Cycle Cost Analysis Handbook*, 1999 untuk peralatan sistem pendingin atau HVAC selama dioperasikan 20 tahun hanya sekali penggantian dilakukan) meliputi :

- Evaporator I (cooler) : Rp 7.322.925,50
- Evaporator II (cooler) : Rp 7.322.925,50
- Kompresor : Rp 9.681.752,47
- Motor kompresor : Rp 9.681.752,47
- Kondensor : Rp 25.295.778,71
- Pompa pendukung : Rp 950.000,00
- Pipa tembaga : Rp 1.800.000,00
- Isolasi pipa tembaga : Rp 1.080.000,00
- Isolasi ruang palka I : Rp 11.625.000,00
- Isolasi ruang palka II : Rp 8.250.000,00
- Total biaya penggantian diatas (jumlah uang yang harus dikeluarkan untuk masa yang akan datang yaitu pada tahun ke 10 sebesar Rp 83.010.134,65 )
- Jadi nilai uang yang harus dikeluarkan saat ini pada tahun ke 10 dapat dihitung dengan persamaan sebagai beriku :

$$P = A \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right] \text{ lihat persamaan 2.15}$$

Diketahui :

A : Rp 83.010.134,65

i : 8,88 % (Bank Sentral Republik Indonesia)

n : tahun ke 10

$$P : Rp 83.010.134,65 \left[ \frac{1}{(1+0,0888)^{10}} \right]$$

: Rp 83.010.134,65 \* 0,427

: Rp 35.445.327,50

Hasil perhitungan biaya operasional diatas dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.9 Biaya Operasional Desain D

No	Biaya operasional	Harga
1	Biaya energi	Rp 252.178.272,00
2	Biaya perawatan dan perbaikan	Rp 119.013.053,00
3	Biaya penggantian	Rp 35.445.327,50
Total biaya operasional		Rp 406.636.652,50

✓ **Nilai peralatan bekas atau salvage value peralatan sistem pendingin (tanpa adanya akumulasi nilai uang yang akan datang)**

- Salvage value pada tahun ke 10

Nilai salvage value atau nilai peralatan bekas sistem pendingin jika pada tahun ke 10 dan ke 20 dijual harganya diasumsikan 20% dari total biaya investasi peralatan (nilai peralatan bekas yang akan datang dan ini merupakan nilai pengurang dari seluruh biaya yang telah dikeluarkan)

- Biaya investasi peralatan terdiri dari :
  - Evaporator I (cooler) : Rp 7.322.925,50
  - Evaporator II (cooler) : Rp 7.322.925,50
  - Kompresor : Rp 9.681.752,47
  - Motor kompresor : Rp 9.681.752,47
  - Kondensor : Rp 25.295.778,71
  - Pompa kondensor : Rp 950.000,00
  - Pipa tembaga : Rp 1.800.000,00
- Total biaya investasi peralatan : Rp 62.055.134,65
- Salvage value peralatan :  $20\% * Rp 62.055.134,65$   
:  $0,2 * Rp 62.055.134,65$   
: Rp 12.411.026,93

Nilai uang saat ini dari harga peralatan bekas dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

- Nilai peralatan bekas pada tahun ke 10

$$P = A \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right] \text{ lihat persamaan 2.15}$$

Diketahui :

A : Rp 12.411.026,93

i : 8,88 % (Bank Sentral Republik Indonesia)

n : tahun ke 10

$$P : Rp12.411.026,93 \left[ \frac{1}{(1+0,0888)^{10}} \right]$$

: Rp 12.411.026,93 \* 0,427

: Rp 5.299.508,50

- Salvage value pada tahun ke 20

- Nilai peralatan bekas pada tahun ke 20

$$P = A \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right] \text{ lihat persamaan 2.15}$$

Diketahui :

A : Rp 12.411.026,93

i : 8,88 % (Bank Sentral Republik Indonesia)

n : tahun ke 20

$$P : Rp12.411.026,93 \left[ \frac{1}{(1+0,0888)^{20}} \right]$$

: Rp 12.411.026,93 \* 0,182

: Rp 2.258.806,90



Hasil perhitungan *salvage value* diatas dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.10 Nilai Salvage Value Desain D

No	Salvage value	Harga
1	Salvage value pada tahun ke 10	Rp 5.299.508,50
2	Salvage value pada tahun ke 20	Rp 2.258.806,90
Total salvage value		Rp 7.558.315,40

✓ **Nilai Life Cycle Cost Berdasarkan Desain Lama (D)**

Nilai Life Cycle Cost dibuat dalam bentuk tabel seperti berikut :

Tabel 4.11 Life Cycle Cost (LCC) Desain D

No	Item	Desain lama (D)
1	Lama peralatan dioperasikan	20 tahun
2	Tarif bunga	8,88%
3	Total biaya investasi	Rp 87.894.134,65
4	Total biaya operasional	Rp 406.636.652,50
5	Total salvage value (negatif)	Rp -7.558.315,40
Life Cycle Cost		Rp 486.972.471,75

### 4.3 Membuat Alternatif Desain Baru

#### 4.3.1 Memilih Bahan Isolasi Ruang Palka

Bahan isolasi diambil berdasarkan Tabel 2.6 untuk menggantikan bahan isolasi desain lama (Sterofoam) yaitu :

Tabel 4.12 Material Isolasi (Dossat)

No	Material Isolasi	Thermal Conductivity, k (Btu in/hr.ft <sup>2</sup> .°F)
1	Cellular glass	0,40
2	Corkboard	0,30
3	Polystyrene (extruded)	0,20
4	Polystyrene (molded beads)	0,25
5	Polyurethane (extruded)	0,16
6	Polyurethane (board)	0,18
7	Milled paper or wood pulp	0,27
8	Sawdust or shavings	0,45
9	Mineral wool (rock, glass, slag)	0,27
10	Redwood bark	0,26
11	Wood fiber (soft wood)	0,30

Dari tabel diatas dipilih salah satu bahan isolasi yang mempunyai nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) yang paling kecil. Untuk mendapatkan nilai-U dari tiap-tiap jenis material isolasi dengan cara melakukan perhitungan sebagai berikut :

- Tentukan tebal isolasi (asumsi)
  - Tebal isolasi sebagai contoh diambil 5 in
- Setelah tebal isolasi ditentukan hitung nilai tahanan material dengan persamaan sebagai berikut :

$$R = \frac{x}{k} \text{ lihat persamaan 2.2}$$

Dimana,

R = Tahanan material (ft<sup>2</sup>.°F.hr/Btu)

x = Tebal isolasi (in)

k = Koefisien konduksi panas material (Btu.in/ ft<sup>2</sup>.°F.hr)

Sebagai contoh perhitungan adalah material isolasi cellular glass, dan untuk material lain hasilnya dibuat dalam bentuk tabel proses perhitungannya sama seperti berikut ini.

$$x = 5 \text{ in}$$

$$k = 0,40 \text{ Btu.in/ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F.hr (cellular glass)}$$

$$R = \frac{5}{0,40}$$

$$= 12,5 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F.hr/Btu}$$

- Hitung nilai-U untuk cellular glass dengan persamaan sebagai berikut :

$$U = \frac{1}{R} \text{ lihat persamaan 2.1}$$

Dimana,

U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh (Btu/ ft<sup>2</sup>·°F.hr)

Jadi :

$$U = \frac{1}{12,5}$$

$$= 0,08 \text{ Btu/ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F.hr}$$

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Nilai-R Dan Nilai-U Dengan Tebal Isolasi Tetap

No	Jenis Isolasi	Nilai-k	Tebal - x	Nilai-R	Nilai-U
1	Cellular glass	0,4	5	12,50	0,08
2	Corkboard	0,3	5	16,67	0,06
3	Polystyrene (extruded)	0,2	5	25,00	0,04
4	Polystyrene (Molded board)	0,25	5	20,00	0,05
5	Polyurethane (extruded)	0,16	5	31,25	0,032
6	Polyurethane (board)	0,18	5	27,78	0,036
7	Milled paper or wood pulp	0,27	5	18,52	0,054
8	Sawdust or shavings	0,45	5	11,11	0,09
9	Mineral wool (rock, glass, slag)	0,27	5	18,52	0,054
10	Redwood bark	0,26	5	19,23	0,052
11	Wood fiber (Soft wood)	0,3	5	16,67	0,06

- Material isolasi yang dipilih adalah **polyurethane (extruded)**

#### 4.3.2 Membuat Grafik Berdasarkan Isolasi Yang Telah Dipilih (Polyurethane)

Cara membuat grafik hubungan antara nilai-U dan tebal isolasi polyurethane, harga dan tebal isolasi serta grafik nilai-U dan harga isolasi adalah sebagai berikut:

- Memvariasikan tebal isolasi yang ada dipasaran (1cm-40cm)
  - Tebal isolasi sebagai contoh diambil 1 cm (0,394 in)
- Hitung nilai tahanan material berdasarkan tebal isolasi yang telah ditentukan 1cm (0,394 in) dengan persamaan sebagai berikut ini :

$$R = \frac{x}{k} \text{ lihat persamaan 2.2}$$

$$x = 0,394 \text{ in}$$

$$k = 0,16 \text{ Btu.in/ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F.hr (cellular glass)}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{0,394}{0,16} \\ &= 2,641 \text{ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F.hr/Btu} \end{aligned}$$

- Hitung nilai-U dengan persamaan sebagai berikut :

$$U = \frac{1}{R} \text{ lihat persamaan 2.1}$$

Dimana,

U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh (Btu/ ft<sup>2</sup>·°F.hr)

Jadi :

$$\begin{aligned} U &= \frac{1}{2,641} \\ &= 0,406 \text{ Btu/ ft}^2 \cdot ^\circ\text{F.hr} \end{aligned}$$

- Untuk menghitung tebal isolasi selanjutnya dari 2 cm – 40 cm cara perhitungannya sama seperti diatas, hasilnya seperti terlihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Perhitungan Nilai-R Dan Nilai-U  
Dengan Variasi Ketebalan

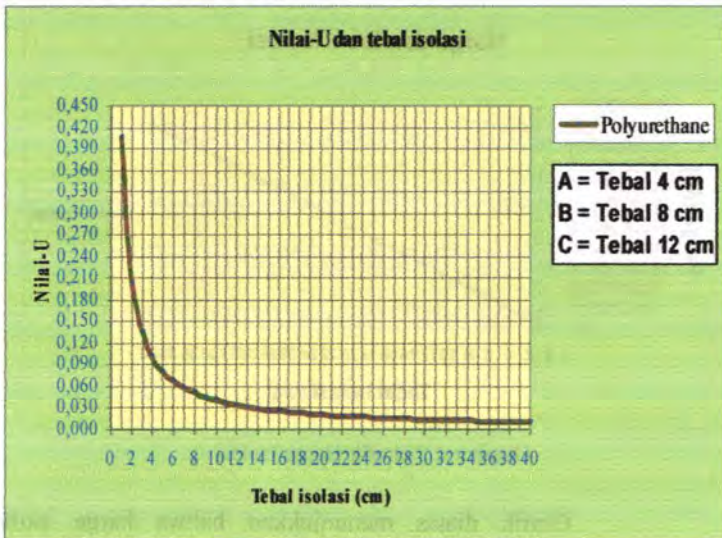
Polyurethane (extruded)						
No	Nilai-k	Tebal-x		Nilai-R	Nilai-U	Harga
	Btu.in/ ft <sup>2</sup> .°F.hr	cm	in	ft <sup>2</sup> .°F.hr/Btu	Btu/hr.Ft <sup>2</sup> .°F	per 1m <sup>2</sup>
1	0,16	1	0,394	2,461	0,406	Rp 10.000,00
2	0,16	2	0,787	4,921	0,203	Rp 20.000,00
3	0,16	3	1,181	7,382	0,135	Rp 30.000,00
4	0,16	4	1,575	9,843	0,102	Rp 40.000,00
5	0,16	5	1,969	12,303	0,081	Rp 50.000,00
6	0,16	6	2,362	14,764	0,068	Rp 60.000,00
7	0,16	7	2,756	17,224	0,058	Rp 70.000,00
8	0,16	8	3,150	19,685	0,051	Rp 80.000,00
9	0,16	9	3,543	22,146	0,045	Rp 90.000,00
10	0,16	10	3,937	24,606	0,041	Rp 100.000,00
11	0,16	11	4,331	27,067	0,037	Rp 110.000,00
12	0,16	12	4,724	29,528	0,034	Rp 120.000,00
13	0,16	13	5,118	31,988	0,031	Rp 130.000,00
14	0,16	14	5,512	34,449	0,029	Rp 140.000,00
15	0,16	15	5,906	36,909	0,027	Rp 150.000,00
16	0,16	16	6,299	39,370	0,025	Rp 160.000,00
17	0,16	17	6,693	41,831	0,024	Rp 170.000,00
18	0,16	18	7,087	44,291	0,023	Rp 180.000,00
19	0,16	19	7,480	46,752	0,021	Rp 190.000,00

Lanjutan Tabel 4.14

Polyurethane (extruded)						
No	Nilai-k	Tebal-x		Nilai-R	Nilai-U	Harga
	Btu.in/ ft <sup>2</sup> .°F.hr	cm	in	ft <sup>2</sup> .°F.hr/Btu	Btu/hr.Ft <sup>2</sup> .°F	per 1m <sup>2</sup>
20	0,16	20	7,874	49,213	0,020	Rp 200.000,00
21	0,16	21	8,268	51,673	0,019	Rp 210.000,00
22	0,16	22	8,661	54,134	0,018	Rp 220.000,00
23	0,16	23	9,055	56,594	0,018	Rp 230.000,00
24	0,16	24	9,449	59,055	0,017	Rp 240.000,00
25	0,16	25	9,843	61,516	0,016	Rp 250.000,00
26	0,16	26	10,236	63,976	0,016	Rp 260.000,00
27	0,16	27	10,630	66,437	0,015	Rp 270.000,00
28	0,16	28	11,024	68,898	0,015	Rp 280.000,00
29	0,16	29	11,417	71,358	0,014	Rp 290.000,00
30	0,16	30	11,811	73,819	0,014	Rp 300.000,00
31	0,16	31	12,205	76,280	0,013	Rp 310.000,00
32	0,16	32	12,598	78,740	0,013	Rp 320.000,00
33	0,16	33	12,992	81,201	0,012	Rp 330.000,00
34	0,16	34	13,386	83,661	0,012	Rp 340.000,00
35	0,16	35	13,780	86,122	0,012	Rp 350.000,00
36	0,16	36	14,173	88,583	0,011	Rp 360.000,00
37	0,16	37	14,567	91,043	0,011	Rp 370.000,00
38	0,16	38	14,961	93,504	0,011	Rp 380.000,00
39	0,16	39	15,354	95,965	0,010	Rp 390.000,00
40	0,16	40	15,748	98,425	0,010	Rp 400.000,00

- Harga bahan isolasi polyurethane yaitu 1,5-2,5 kali harga sterofoam dimana harga 1m<sup>2</sup> dengan tebal 1 cm, harga sterofoam Rp 5.000,00. (hasil surve lapangan)

- Dari Tabel 4.14 dibuat grafik untuk menentukan tebal isolasi.
  - Grafik nilai-U seperti berikut :



Gambar 4.6 Grafik Nilai-U

Grafik nilai-U menunjukkan bahwa semakin tebal isolasinya nilai-U semakin kecil dan menuju konstan, artinya jika kita memilih tebal isolasi yang berlebihan tidak memberikan keuntungan pada ruang muat, karena semakin tebal isolasi akan mengurangi kapasitas muatan namun disisi lain dengan tebal isolasi yang berlebihan beban pendingin menjadi kecil.

- Grafik harga isolasi

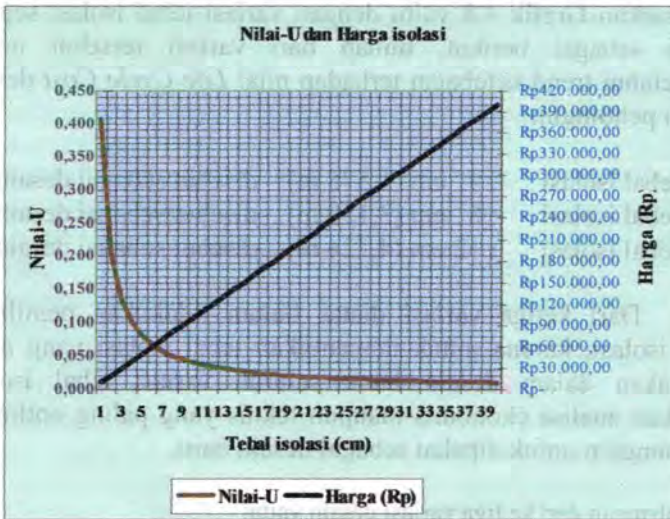


Gambar 4.7 Grafik Harga Isolasi

Grafik diatas menunjukkan bahwa harga isolasi berbanding lurus terhadap tebal isolasinya oleh karena itu perlu dipertimbangkan masalah harga tiap tebal isolasi dan untuk membatasi harga isolasi dibuat grafik hubungan harga dan nilai-U bahan tersebut, agar biaya isolasi menjadi lebih ekonomis.



- Grafik nilai-U dan Harga isolasi



Gambar 4.8 Grafik Nilai-U Dan Harga Isolasi

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa pada ketebalan tertentu antara nilai-U dan harga isolasi membentuk titik potong (titik kesetimbangan), dari titik tersebut nilai-U yang berada disebelah kiri dari titik potong nilai U-nya cenderung besar dan harga isolasinya murah sedangkan nilai-U yang berada disebelah kanan dari titik potong nilai U-nya cenderung kecil dan harga isolasinya mahal oleh karena itu sebelum memilih tebal yang isolasi yang akan digunakan, ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan baik secara teknis maupun ekonomis, secara teknis dengan isolasi yang tebal dapat mereduksi beban transmisi, sedangkan secara ekonomis dengan isolasi yang tebal harganya tidak ekonomis disisi lain kapasitas muat menjadi berkurang sehingga tidak menguntungkan.

### 4.3.3 Memvariasikan Ketebalan Isolasi

Tebal isolasi yang diambil sebagai alternatif desain baru berdasarkan Grafik 4.8 yaitu dengan variasi tebal isolasi seperti ditulis sebagai berikut, tujuan dari variasi tersebut untuk mengetahui trend ketebalan terhadap nilai *Life Cycle Cost* desain sistem pendingin.

- ✓ Tebal isolasi : 4 cm (1,575 in) disebut sebagai desain A
- ✓ Tebal isolasi : 8 cm (3,150 in) disebut sebagai desain B
- ✓ Tebal isolasi : 12 cm (4,724 in) disebut sebagai desain C

Dari ketiga variasi diatas belum dilakukan pemilihan tebal isolasi, karena untuk menentukan tebal isolasi yang akan digunakan dalam desain baru, seluruh variasi tebal isolasi diadakan analisa ekonomis maupun teknis yang paling optimum dan mungkin untuk dipakai sebagai desain baru.

Pertimbangan dari ke tiga variasi desain yaitu:

- Desain A
  - Isolasinya tipis dan harga isolasi murah
  - Nilai U-nya besar sehingga beban transmisi juga besar
- Desain B
  - Isolasinya sedang dan harga isolasinya menengah
  - Nilai U-nya menengah sehingga beban transmisi sedang
- Desain C
  - Isolasinya tebal dan harga isolasinya mahal
  - Nilai U-nya kecil sehingga beban transmisi kecil

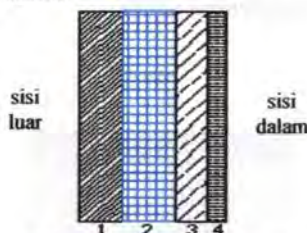
#### 4.3.4 Menghitung Koefisien Perpindahan Panas (U) Tiap-tiap Dinding Ruang Palka

Sebelum melakukan perhitungan koefisien perpindahan panas dari tiap-tiap dinding ruang palka hal yang harus diketahui dari desain lama (D) adalah :

- Susunan isolasi dindingnya bagaimana?
- Bahan isolasi yang digunakan apa ?
- Tebal tiap-tiap isolasinya berapa?
- Serta konduksi panas dari tiap-tiap isolasi.

Berikut ini susunan isolasi desain baru dimana susunannya sama dengan desain lama namun bahan dan tebal isolasinya yang dirubah. Sebagai pengganti bahan isolasi dari desain lama yaitu polyurethane dengan tebal isolasi 4cm, 8cm dan 12cm, pada desain lama bahan isolasi yang digunakan berupa sterofom dengan tebal isolasi 15 cm.

- ✓ Susunan isolasi ruang palka (desain A)
  - Dinding pembatas atau sekat pada frame 11 dan 19 susunannya sama.

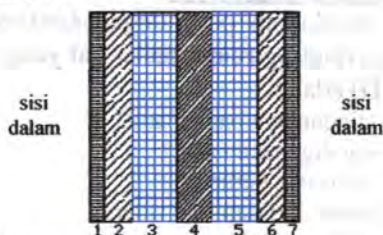


Gambar 4.9 Susunan Dinding Pembatas Frame 11 dan 19 Desain A

Keterangan :

1. Kayu	: 30 mm	: 1,181 in
2. Polyurethane	: 40 mm	: 1,575 in
3. Plywood	: 6 mm	: 0,236 in
4. Fiber glass	: 3 mm	: 0,118 in

- Dinding pembatas atau sekat antara ruang palka I dan II pada frame 15

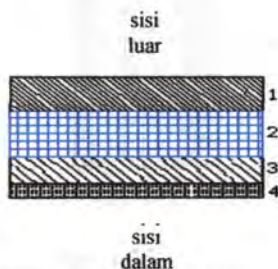


Gambar 4.10 Susunan Dinding Pembatas Frame 15 Desain A

Keterangan :

1. Fiber glass	: 3 mm	: 0,118 in
2. Plywood	: 6 mm	: 0,236 in
3. Polyurethane	: 40 mm	: 1,575 in
4. Kayu	: 30 mm	: 1,181 in
5. Polyurethane	: 40 mm	: 1,575 in
6. Plywood	: 6 mm	: 0,236 in
7. Fiber glass	: 3 mm	: 0,118 in

- Atap atau geladak ruang palka I dan II pada frame 11-15 dan 15-19 susunannya sama

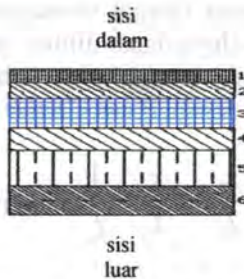


Gambar 4.11 Susunan Atap Frame 11-15 Dan 15-19 Desain A

Keterangan :

1. Kayu	: 50 mm	: 1,969 in
2. Polyurethane	: 40 mm	: 1,575 in
3. Plywood	: 6 mm	: 0,236 in
4. Fiber glass	: 3 mm	: 0,118 in

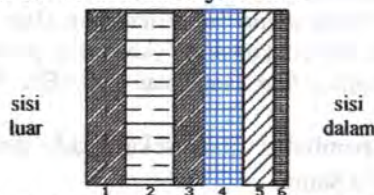
- Lantai atau floor ruang palka I dan II pada frame 11-15 dan 15-19 susunannya sama



Gambar 4.12 Susunan Lantai Frame 11-15 Dan 15-19 Desain A  
Keterangan :

1. Fiber glass	: 5 mm	: 0,197 in
2. Plywood	: 6 mm	: 0,236 in
3. Polyurethane	: 40 mm	: 1,575 in
4. Kayu (galar)	: 30 mm	: 1,181 in
5. Celah udara	: 150 mm	: 5,906 in
6. Kayu (hull)	: 50 mm	: 1,969 in

- Dinding kanan dan kiri ruang palka I dan II pada frame 11-15 dan 15-19 susunannya sama



Gambar 4.13 Susunan Dinding Kanan Dan Kiri  
Frame 11-15 Dan 15-19 Desain A

Keterangan :

1. Kayu (hull)	: 50 mm	: 1,969 in
2. Celah udara	: 150 mm	: 5,906 in
3. Kayu (galar)	: 30 mm	: 1,181 in
4. Polyurethane	: 40 mm	: 1,575 in
5. Plywood	: 6 mm	: 0,236 in
6. Fiber glass	: 3 mm	: 0,118 in

✓ Perhitungan koefisien perpindahan panas  $U$  (desain A)

Nilai- $U$  dari tiap-tiap dinding ruang palka desain A dihitung dengan persamaan dibawah ini. Untuk desain B dan C cara perhitungannya sama tinggal mengganti tebal isolasi yang telah ditentukan dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.14. Nilai- $U$  ini digunakan untuk menghitung beban transmisi. (detail perhitungan nilai- $U$  untuk desain, B dan C terlampir)

$$R_{total} = \frac{1}{U} = \frac{1}{f_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{f_o} \text{ lihat persamaan 2.3}$$

Dan

$$U = \frac{1}{R}$$

Dimana :

$R$  = Total tahanan panas dari material atau bahan ( $\text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{hr} / \text{Btu}$ )

$U$  = Koefisien perpindahan panas menyeluruh ( $\text{Btu} / \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{hr}$ )

$k$  = Koefisien perpindahan panas konduksi ( $\text{Btu} \cdot \text{in} / \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{hr}$ )

$x$  = Ketebalan isolasi (in)

$f_i$  = Koefisien konveksi (konduksi permukaan) pada sisi dinding dalam lantai atau atap. ( $\text{Btu} / \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{hr}$ )

$f_o$  = Koefisien konveksi (konduksi permukaan) pada sisi dinding luar, lantai atau atap. ( $\text{Btu} / \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{hr}$ )

- Dinding pembatas atau sekat pada frame 11 dan 19 susunannya sama.

- Udara luar (7,5 Mph)  $f_o$  : 4

1. Kayu  $x_1$  : 1,181 in  $k_1$  : 1,1

2. Polyurethane  $x_2$  : 1,575 in  $k_2$  : 0,16

3. Plywood  $x_3$  : 0,236 in  $C_3$  : 2,15

4. Fiber glass  $x_4$  : 0,118 in  $k_4$  : 0,25

- Udara dalam  $f_i$  : 1,65

$$R_{total} = \frac{1}{f_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{x_4}{k_4} + \frac{1}{f_o}$$

$$R_{total} = \frac{1}{1,65} + \frac{1,181}{1,1} + \frac{1,575}{0,16} + \frac{1}{2,15} + \frac{0,118}{0,25} + \frac{1}{4}$$

$$: 0,606 + 1,074 + 9,843 + 0,465 + 0,472 + 0,25$$

$$: 12,71 \text{ ft}^2 \cdot \text{F.hr/Btu}$$

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U : 1/12,71$$

$$: 0,079 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F.hr}$$

- Dinding pembatas atau sekat antara ruang palka I dan II pada frame 15

-	Udara dalam		$f_i$	: 1,65
1.	Fiber glass	$x_1 : 0,118 \text{ in}$	$k_1$	: 0,25
2.	Plywood	$x_2 : 0,236 \text{ in}$	$C_2$	: 2,15
3.	Polyurethane	$x_3 : 1,575 \text{ in}$	$k_3$	: 0,16
4.	Kayu	$x_4 : 1,181 \text{ in}$	$k_4$	: 1,1
5.	Polyurethane	$x_5 : 1,575 \text{ in}$	$k_5$	: 0,16
6.	Plywood	$x_6 : 0,236 \text{ in}$	$C_6$	: 2,15
7.	Fiber glass	$x_7 : 0,118 \text{ in}$	$k_7$	: 0,25
-	Udara dalam		$f_i$	: 1,65

$$R_{total} = \frac{1}{f_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{x_4}{k_4} + \frac{x_5}{k_5} + \frac{1}{C_6} + \frac{x_6}{k_7} + \frac{1}{f_i}$$

$$R_{total} = \frac{1}{1,65} + \frac{0,118}{0,25} + \frac{1}{2,15} + \frac{1,575}{0,16} + \frac{1,181}{1,1} + \frac{1,575}{0,16} + \frac{1}{2,15} + \frac{0,118}{0,25} + \frac{1}{1,65}$$

$$: 0,606 + 0,472 + 0,465 + 9,843 + 1,074 + 9,843 + 0,465 + 0,472 + 0,606$$

$$: 23,846 \text{ ft}^2 \cdot \text{F.hr/Btu}$$

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U : 1/23,846$$

$$: 0,042 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{F.hr}$$



- Atap atau geladak ruang palka I dan II pada frame 11-15 dan 15-19 susunannya sama.

- Udara luar (7,5 Mph)		$f_i$	: 4
1. Kayu	$x_1: 1,969$ in	$k_1$	: 1,1
2. Polyurethane	$x_2: 1,575$ in	$k_2$	: 0,16
3. Plywood	$x_3: 0,236$ in	$C_3$	: 2,15
4. Fiber glass	$x_4: 0,118$ in	$k_4$	: 0,25
- Udara dalam		$f_i$	: 1,65

$$R_{total} = \frac{1}{f_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{x_4}{k_4} + \frac{1}{f_o}$$

$$R_{total} = \frac{1}{1,65} + \frac{1,969}{1,1} + \frac{1,575}{0,16} + \frac{1}{2,15} + \frac{0,118}{0,25} + \frac{1}{4}$$

$$: 0,606 + 1,79 + 9,843 + 0,465 + 0,472 + 0,25$$

$$: 13,426 \text{ ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{hr} / \text{Btu}$$

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U : 1/13,426$$

$$: 0,074 \text{ Btu} / \text{ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{hr}$$

- Lantai atau floor ruang palka I dan II pada frame 11-15 dan 15-19 susunannya sama

- Udara dalam		$f_i$	: 1,65
1. Fiber glass	$x_1: 0,197$ in	$k_1$	: 0,25
2. Plywood	$x_2: 0,236$ in	$C_2$	: 2,15
3. Polyurethane	$x_3: 1,575$ in	$k_3$	: 0,16
4. Kayu (galar)	$x_4: 1,181$ in	$k_4$	: 1,1
5. Celah udara	$x_5: 5,906$ in	$C_5$	: 0,378
6. Kayu (hull)	$x_6: 1,969$ in	$k_6$	: 1,1

$$R_{total} = \frac{1}{f_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{x_4}{k_4} + \frac{1}{C_5} + \frac{x_6}{k_6}$$

$$R_{total} = \frac{1}{1,65} + \frac{0,197}{0,25} + \frac{1}{2,15} + \frac{1,575}{0,16} + \frac{1,181}{1,1} + \frac{1}{0,378} + \frac{1,969}{1,1}$$

$$: 0,606 + 0,787 + 0,465 + 9,843 + 1,074 + 2,646 + 1,79$$

$$: 17,21 \text{ ft}^2 \cdot \text{F} \cdot \text{hr} / \text{Btu}$$





$$U = \frac{1}{R}$$

$$U : 1/17,21$$

$$: 0,058 \text{ Btu/ ft}^2 \cdot \text{F.hr}$$

- Dinding kanan dan kiri ruang palka I dan II pada frame 11-15 dan 15-19 susunannya sama

-	Udara luar (7,5 Mph)		$f_i$	: 4
1.	Kayu (hull) $x_1$ : 1,969 in		$k_1$	: 1,1
2.	Celah udara $x_2$ : 5,906 in		$C_2$	: 0,378
3.	Kayu (galar) $x_3$ : 1,181 in		$k_3$	: 1,1
4.	Polyurethane $x_4$ : 1,575 in		$k_4$	: 0,16
5.	Plywood $x_5$ : 0,236 in		$C_5$	: 2,15
6.	Fiber glass $x_6$ : 0,118 in		$k_6$	: 0,25
-	Udara dalam		$f_i$	: 1,65

$$R_{total} = \frac{1}{f_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{x_4}{k_4} + \frac{1}{C_5} + \frac{x_6}{k_6} + \frac{1}{f_o}$$

$$R_{total} = \frac{1}{1,65} + \frac{1,969}{1,1} + \frac{1}{0,378} + \frac{1,181}{1,1} + \frac{1,575}{0,16} + \frac{1}{2,15} + \frac{0,118}{0,25} + \frac{1}{4}$$

$$: 0,606 + 1,79 + 2,646 + 1,074 + 9,843 + 0,465 + 0,472 + 0,25$$

$$: 17,146 \text{ ft}^2 \cdot \text{F.hr/Btu}$$

$$U = \frac{1}{R}$$

$$U : 1/17,146$$

$$: 0,058 \text{ Btu/ ft}^2 \cdot \text{F.hr}$$

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Nilai-U (Desain A, B dan C)

No	Dinding Bagian	Nilai-U R.Palka I			Nilai-U R.Palka II		
		A	B	C	A	B	C
1	Sekat/Pembatas (Frame 11)	0,079	0,044	0,031	-	-	-
2	Sekat/Pembatas (Frame 15)	0,042	0,023	0,016	0,042	0,023	0,016
3	Sekat/Pembatas (Frame 19)	-	-	-	0,079	0,044	0,031
4	Atap/Geladak (Frame 11-15)	0,074	0,043	0,030	-	-	-
5	Atap/Geladak (Frame 15-19)	-	-	-	0,074	0,043	0,030
6	Lantai/Floor (Frame 11-15)	0,058	0,037	0,027	-	-	-
7	Lantai/Floor (Frame 15-19)	-	-	-	0,058	0,037	0,027
8	Kanan & Kiri (Frame 11-15)	0,058	0,037	0,027	-	-	-
9	Kanan & Kiri (Frame 15-19)	-	-	-	0,058	0,037	0,027

#### 4.3.5 Menghitung Luas Tiap-tiap Dinding Ruang Palka

Luas tiap-tiap dinding ruang palka dapat dihitung dengan menggunakan *aturan Simpson* (Simpson's 1st Rule, SHIPS AND NAVAL ARCHITECTURE, 1973), hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.16. Tiap-tiap luasan dinding tersebut digunakan untuk menghitung beban transmisi. (*detail perhitungan luas tiap dinding terlampir*)

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Luas Tiap Dinding Ruang Palka (ft<sup>2</sup>)

No	Dinding Bagian	Luas dinding R.Palka I (ft <sup>2</sup> )			Luas dinding R.Palka II (ft <sup>2</sup> )		
		A	B	C	A	B	C
1	Sekat/Pembatas (Frame 11)	102,33	100,32	98,31	-	-	-
2	Sekat/Pembatas (Frame 15)	93,06	90,99	88,92	93,06	90,99	88,92
3	Sekat/Pembatas (Frame 19)				30,73	28,95	25,78
4	Atap/Geladak (Frame 11-15)	163,65	160,55	157,45	-	-	-
5	Atap/Geladak (Frame 15-19)	-	-	-	129,10	126,00	122,90
6	Lantai/Floor (Frame 11-15)	100,36	97,26	94,16	-	-	-
7	Lantai/Floor (Frame 15-19)	-	-	-	31,84	28,87	27,06
8	Kanan & Kiri (Frame 11- 15)	76,37	72,87	70,14	-	-	-
9	Kanan & Kiri (Frame 15-19)	-	-	-	86,89	83,78	81,05

#### 4.3.6 Menghitung Volume Ruang Palka

Volume ruang palka dihitung dengan menggunakan *aturan Simpson* (Simpson's 1st Rule, SHIPS AND NAVAL ARCHITECTURE, 1973) hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.17 dan 4.18. Tujuannya untuk menentukan kapasitas muat (ikan) dan volume infiltrasi. (*detail perhitungan volume ruang palka terlampir*)

- Volume ruang palka

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Volume Ruang Palka (m<sup>3</sup>)

Ruang Palka	Volume Total (m <sup>3</sup> ) Desain			
	A	B	C	D
I	33,054	32,380	31,706	31,201
II	23,507	22,761	22,019	21,469

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Volume Ruang Palka (ft<sup>3</sup>)

Ruang Palka	Volume Total (ft <sup>3</sup> ) Desain			
	A	B	C	D
I	1167,277	1143,489	1119,701	1101,860
II	830,135	803,804	777,587	758,178

- Menentukan kapasitas muat (ikan)

Kapasitas muat ditentukan dari persentasi volume ruang palka jika diisi dengan air tawar, sebelumnya volume ruang palka pada Tabel 4.17 dikurangi dengan 25% dari volume ruang palka tersebut untuk peralatan evaporator yang berada didalam ruang palka. Jadi volume air tawarnya 75% dari volume total dan hasil perhitungannya seperti pada tabel berikut.

Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Volume Air Tawar (m<sup>3</sup>)

Ruang Palka	Volume Air Tawar (m <sup>3</sup> ) Desain			
	A	B	C	D
I	24,790	24,285	23,780	23,401
II	17,630	17,071	16,514	16,102

Dari Tabel 4.19 dihitung berat air tawar dengan persamaan  $\rho = \frac{m}{V}$ , dimana  $\rho$  : massa jenis air tawar (1000 kg/m<sup>3</sup>), m : massa air tawar (ton) dan V : volume ruang palka (m<sup>3</sup>). hasilnya sebagai berikut :

Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Berat Air Tawar

Ruang Palka	Berat air tawar (ton) Desain			
	A	B	C	D
I	24,790	24,285	23,780	23,401
II	17,630	17,071	16,514	16,102

Dimana berat ikan yang dapat dimuat didalam ruang palka diambil 75% dari berat air tawar (ton), hasil perhitungan seperti tabel berikut :

Tabel 4.21 Hasil Perhitungan Berat Ikan (ton)

Ruang Palka	Berat ikan (ton) Desain			
	A	B	C	D
I	18,6	18,2	17,8	17,6
II	13,2	12,8	12,4	12,1
Total I dan II	31,8	31,0	30,2	29,6

- Volume infiltrasi

Volume infiltrasi digunakan untuk menghitung beban infiltrasi dimana dari volume tersebut lihat Tabel atau Grafik 2.2 untuk menentukan Air changes per 24 hr. Perhitungan volume infiltrasi yaitu : 25% dari volume total ruang palka ditambah 25% dari volume air tawar (sesuaikan satuannya) dan hasil perhitungannya seperti dibawah ini.

Tabel 4.22 Hasil Perhitungan Volume Infiltrasi ( $m^3$ )

Ruang Palka	Vol. infiltrasi ( $m^3$ ) Desain			
	A	B	C	D
I	14,461	14,166	13,872	13,651
II	10,284	9,958	9,633	9,393

Atau

Tabel 4.23 Hasil Perhitungan Volume Infiltrasi ( $ft^3$ )

Ruang Palka	Vol. infiltrasi ( $ft^3$ ) Desain			
	A	B	C	D
I	510,684	500,276	489,869	482,064
II	363,184	351,664	340,194	331,703

#### **4.4 Perhitungan Beban Pendingin Desain A**

Perhitungan beban pendingin pada desain B dan C caranya sama dengan perhitungan pada desain A, untuk menghitung beban pendingin pada desain B dan C ganti nilai-U (lihat Tabel 4.15), luasan tiap-tiap dinding (lihat Tabel 4.16) dan lain sebagainya. Berikut perhitungan beban pendingin desain A.

##### **4.4.1 Perhitungan Beban Pendingin Ruang Palka I (frame11-15)**

###### **▪ Beban transmisi diruang palka I**

Beban transmisi merupakan beban pendingin yang disebabkan karena adanya perbedaan temperatur diluar dan didalam ruangan sehingga panas mengalir dari temperatur tinggi menuju ke temperatur yang lebih rendah hingga terjadi kesetimbangan panas. Beban transmisi dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini.

$$q = U * A * T_d * 24 \quad \text{lihat persamaan 2.5}$$

Dimana,

- $q_1$  = Aliran panas melalui boundary (Btu/24hr)
- $U$  = Koefisien perpindahan panas (Btu/ft<sup>2</sup>.°F.hr)
- $A$  = Luas permukaan dinding (ft<sup>2</sup>)
- $T_d$  = Perbedaan temperatur (°F)
- 24 = Periode waktu transmisi selama 24 hr

- Beban transmisi melalui dinding pembatas (frame 11)

Diketahui :

- $U$  : 0,079 Btu/ft<sup>2</sup>.°F.hr (lihat Tabel 4.15)
- $A$  : 102,33 ft<sup>2</sup> (lihat Tabel 4.16)
- $T_o$  : 95 °F (temperatur kamar mesin)
- $T_i$  : 28 °F (temperatur ruang palka)
- $T_d$  : 95-28 °F
- : 67 °F

Jadi,

$$q_1 : 0,079 \cdot 102,33 \cdot 67 \cdot 24$$

$$: 12999,185 \text{ Btu/24hr}$$

- Beban transmisi melalui dinding pembatas (frame 15)

Diketahui :

$$U : 0,042 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{hr (lihat Tabel 4.15)}$$

$$A : 93,06 \text{ ft}^2 \text{ (lihat Tabel 4.16)}$$

$$T_i : 28 \text{ °F (temperatur ruang palka)}$$

$$T_i : 28 \text{ °F (temperatur ruang palka)}$$

$$T_d : 28-28$$

$$: 0 \text{ °F}$$

Jadi,

$$q_2 : 0,042 \cdot 93,06 \cdot 0 \cdot 24$$

$$: 0 \text{ Btu/24hr}$$

- Beban transmisi melalui atap atau geladak (frame 11-15)

Diketahui :

$$U : 0,074 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{hr (lihat Tabel 4.15)}$$

$$A : 163,65 \text{ ft}^2 \text{ (lihat Tabel 4.16)}$$

$$T_o : 91,4 \text{ °F (temperatur udara luar)}$$

$$T_i : 28 \text{ °F (temperatur ruang palka)}$$

$$T_d : 91,4-28$$

$$: 63,4 \text{ °F}$$

Jadi,

$$q_3 : 0,074 \cdot 163,65 \cdot 63,4 \cdot 24$$

$$: 18426,728 \text{ Btu/24hr}$$

- Beban transmisi melalui lantai atau floor (frame 11-15)

Diketahui :

$$U : 0,058 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{hr (lihat Tabel 4.15)}$$

$$A : 100,36 \text{ ft}^2 \text{ (lihat Tabel 4.16)}$$

$$T_o : 86 \text{ °F (temperatur air laut)}$$

$$T_i : 28 \text{ °F (temperatur ruang palka)}$$

$$T_d : 86-28$$

$$: 58 \text{ °F}$$

Jadi,

$$q_4 : 0,058 \cdot 100,36 \cdot 58 \cdot 24$$

$$: 8102,665 \text{ Btu/24hr}$$

- **Beban transmisi melalui dinding kanan dan kiri (frame 11-15)**  
Luasan dinding dari tabel 4.16 dibagi 2 bagian yaitu luasan dinding yang berada diatas garis air dan luasan dinding yang berada dibawah garis air.

- Dinding bagian kanan diatas garis air (frame 11-15)

Diketahui :

$$\begin{aligned} U &: 0,058 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{hr (lihat Tabel 4.15)} \\ A &: 38,185 \text{ ft}^2 \text{ (lihat Tabel 4.16 : } 76,37 \text{ dibagi } 2) \\ T_o &: 91,4 \text{ °F (temperatur udara luar)} \\ T_i &: 28 \text{ °F (temperatur ruang palka)} \\ T_d &: 91,4-28 \\ &: 63,4 \text{ °F} \end{aligned}$$

Jadi,

$$\begin{aligned} q_5 &: 0,058 * 38,185 * 63,4 * 24 \\ &: 3369,933 \text{ Btu/24hr} \end{aligned}$$

- Dinding bagian kanan dibawah garis air

Diketahui :

$$\begin{aligned} U &: 0,058 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{hr (lihat Tabel 4.15)} \\ A &: 38,185 \text{ ft}^2 \text{ (lihat Tabel 4.16 : } 76,37 \text{ dibagi } 2) \\ T_o &: 86 \text{ °F (temperatur air laut)} \\ T_i &: 28 \text{ °F (temperatur ruang palka)} \\ T_d &: 86-28 \\ &: 58 \text{ °F} \end{aligned}$$

Jadi,

$$\begin{aligned} q_6 &: 0,058 * 38,185 * 58 * 24 \\ &: 3082,904 \text{ Btu/24hr} \end{aligned}$$

- Total beban ( $q_7$ ) :  $q_5 + q_6$   
:  $3.369,933 + 3.082,904$   
:  $6452,837 \text{ Btu/24hr}$

- Karena antara dinding bagian kanan dan kiri sama maka hasilnya dikalikan 2

$$\begin{aligned} \text{Jadi } q_8 &: 2 * 6452,837 \\ &: 12905,674 \text{ Btu/24hr} \end{aligned}$$

➤ Total beban transmisi ruang palka I

$$\begin{aligned} q_{\text{trans}} &: q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_8 \\ &: 12300,721 + 0 + 18426,728 + 8102,665 + 12905,674 \\ &: 51735,788 \text{ Btu/24hr} \end{aligned}$$

▪ **Beban penerangan atau lampu diruang palka I**

Beban penerangan atau lampu yaitu panas yang disebabkan oleh panasnya lampu yang berada didalam ruang palka pada saat lampu tersebut digunakan. Jumlah lampu didalam ruang palka I sebanyak dua dengan daya lampu @ 60 watt. Beban panas dari lampu tersebut dihitung dengan persamaan berikut.

$$q = W * 3,41 \text{ Btu} / \text{W} \text{ hr} * 24 \text{ hr} \text{ lihat persamaan 2.7}$$

Dimana,

q	=	Aliran panas lampu (Btu/24hr)
W	=	Daya lampu (watt)
3,41	=	Konversi (Btu/W.hr)
24hr	=	Periode waktu penerangan selama 24 hr

Diketahui :

W	:	2*60 watt (dari desain lama)
	:	120 watt
q	:	120*3,41*24
	:	9820,8 Btu/24hr

▪ **Beban personel atau orang diruang palka I**

Beban personal atau orang yang dimaksud disini adalah beban panas yang ditimbulkan oleh orang pada saat orang bekerja didalam ruang palka (membongkar atau mengisi ikan). Beban panas dari orang dihitung dengan persamaan berikut.

$$q = \text{faktor} * P_n * \text{hr} \text{ lihat persamaan 2.8}$$

Dimana,

q	=	Panas orang (Btu/24hr)
Faktor	=	Lihat Tabel 2.2 atau Grafik 2.1
$P_n$	=	Jumlah orang
hr	=	Lama orang didalam ruang palka (jam)



Diketahui :

Faktor	: 1313 (dari Tabel 2.2 atau Grafik 2.1)
$P_n$	: 1 (dari desain lama)
hr	: 2 (dari desain lama)
q	: $1313 * 1 * 2$
	: 2626 Btu/24hr

▪ **Beban infiltrasi diruang palka I**

Beban infiltrasi merupakan panas udara yang mengalir kedalam ruang palka yang disebabkan oleh buka tutup ruang palka maupun akibat adanya kebocoran pada dinding maupun penutup ruang palka, sehingga terjadi pertukaran panas dari udara luar dengan udara dingin yang berada didalam ruang palka. Beban infiltrasi tersebut dihitung dengan persamaan berikut.

$$q = V * \text{airchanges} * 0,075(h_o - h_i) \text{ lihat persamaan 2.9}$$

Dimana,

q	=	Panas infiltrasi (Btu/hr)
V	=	Volume udara di ruang palka (ft <sup>3</sup> )
Air changes	=	Lihat Tabel 2.3 atau Grafik 2.2
$h_o$	=	Enthalpy pada temperatur udara luar (Btu/lb) lihat Grafik 2.3
$h_i$	=	Enthalpy pada temperatur dalam (Btu/lb) lihat Grafik 2.3

Diketahui :

V	: 510,684 (dari Tabel 4.22)
air changes	: 19,7 (dari Tabel 2.3 atau Grafik 2.2)
$h_o$	: 47 (dari Grafik 2.3)
$h_i$	: 7 (dari Grafik 2.3)
q	: $510,684 * 19,7 * 0,075(47-7)$
	: 30181,424 Btu/24hr

▪ **Beban produk diruang palka I**

Beban produk yaitu panas yang berasal dari ikan ketika ikan tersebut dimasukkan ke dalam ruang palka akan melepaskan sejumlah panas untuk menjadi dingin.

Sebelum menentukan beban produk (ikan) hal yang harus diketahui adalah berapa kapasitas total muat dan berapa lama kapal dioperasikan, dimana kapal tersebut dioperasikan untuk 15 hari (sekali berlayar) dengan kapasitas total muatan (desain A) sebesar : 31,8 ton, jadi dapat diasumsikan bahwa waktu efektif untuk menangkap ikan sekitar 10-11 hari dan waktu tidak efektif 4-5 hari (2-2,5 hari untuk ke fishing ground dan 2-2,5 hari kembali dari fishing ground). Maka kapasitas muat per harinya dapat dihitung yaitu kapasitas total muatan dibagi dengan waktu efektif didapat 2,9-3,2 ton ikan per hari. (Diambil 3 ton ikan per hari diasumsikan sama untuk setiap kali penangkapan)

Jadi panas yang dilepas oleh produk hingga temperatur produk menuju beku dari temperatur awal ikan 68°F menjadi 28°F dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini.

$$q = \frac{m * c * \Delta T * 24hr}{lamawaktupendinginan(hr)} \text{ lihat persamaan (2.10}_a\text{)}$$

Dimana,

- q = Jumlah panas produk (Btu/24hr)  
 m = Massa produk (Pounds atau lb)  
 c = Panas spesifik sebelum pembekuan (Btu/lb.<sup>0</sup>F) lihat Tabel 2.4  
 $\Delta T$  = Perubahan temperatur produk awal (<sup>0</sup>F)  
 24 hr = Periode waktu pendinginan selama 24hr  
 hr = Lama waktu pendinginan

Diketahui :

- m : 6000 pounds (konversi dari 3 ton)  
 c : 0,77 (dari Tabel 2.4 ikan tuna)

$$\begin{aligned}
 T_1 &: 68^\circ\text{F} \quad (\text{temperatur awal ikan}) \text{ ILYAS} \\
 T_2 &: 28^\circ\text{F} \quad (\text{temperatur akhir ikan}) \\
 \Delta T &: 68-28 \\
 &: 40^\circ\text{F} \\
 \text{hr} &: 18 \text{ jam (disesuaikan lama operasi alat)} \\
 q &: \frac{6000 * 0,77 * 40 * 24}{18} \\
 &: 246400 \text{ Btu/24hr}
 \end{aligned}$$

▪ **Beban peralatan diruang palka I**

Beban peralatan yaitu panas yang disebabkan dari peralatan yang berada didalam ruang palka ketika peralatan tersebut dioperasikan. Peralatan yang berada didalam ruang palka berupa motor fan dari evaporator. Beban peralatan tersebut dihitung dengan persamaan berikut.

$$q = \text{faktor} * \text{hp} * \text{hr} \text{ lihat persamaan(2.11)}$$

Dimana,

$$\begin{aligned}
 q &= \text{Panas dari peralatan (Btu/24hr)} \\
 \text{faktor} &= \text{Lihat Tabel 2.5} \\
 \text{Hp} &= \text{Horse power} \\
 \text{hr} &= \text{Lama operasional alat (jam)}
 \end{aligned}$$

- Motor fan

Diketahui :

$$\begin{aligned}
 \text{faktor} &: 4250 \quad (\text{lihat Tabel 2.5}) \\
 \text{Watt} &: 70 \quad (\text{dari spesifikasi alat}) \\
 \text{Kw} &: 0,07 \\
 \text{Hp} &: 0,09 \quad (\text{kali } 1,341022 \text{ dari Kw ke Hp}) \\
 \text{hr} &: 18 \text{ jam (disesuaikan lama operasi alat)} \\
 q &: 4250 * 0,09 * 18 \\
 &: 6885 \text{ Btu/24hr}
 \end{aligned}$$

#### 4.4.2 Perhitungan Beban Pendingin Ruang Palka II (Frame 15-19)

Perhitungan beban pendingin pada ruang palka II sama dengan perhitungan pada ruang palka I

▪ **Beban transmisi diruang palka II**

Beban transmisi dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini.

$$q = U * A * T_d * 24 \quad \text{lihat persamaan 2.5}$$

Dimana,

- $q_1$  = Aliran panas melalui boundary (Btu/24hr)
- $U$  = Koefisien perpindahan panas (Btu/ft<sup>2</sup>.°F.hr)
- $A$  = Luas permukaan dinding (ft<sup>2</sup>)
- $T_d$  = Perbedaan temperatur (°F)
- 24 = Periode waktu transmisi selama 24 hr

- Beban transmisi melalui dinding pembatas (frame 19)

Diketahui :

- $U$  : 0,079 Btu/ft<sup>2</sup>.°F.hr (lihat Tabel 4.15)
- $A$  : 30,73 ft<sup>2</sup> (lihat Tabel 4.16)
- $T_o$  : 86 °F (temperatur ruang palka III)
- $T_i$  : 28 °F (temperatur ruang palka)
- $T_d$  : 86-28  
: 58 °F

Jadi,

$$q_1 : 0,079 * 30,73 * 58 * 24$$

$$: 3379,317 \text{ Btu/24hr}$$

- Beban transmisi melalui dinding pembatas (frame 15)

Diketahui :

- $U$  : 0,042 Btu/ft<sup>2</sup>.°F.hr (lihat Tabel 4.15)
- $A$  : 93,06 ft<sup>2</sup> (lihat Tabel 4.16)
- $T_i$  : 28 °F (temperatur ruang palka)
- $T_i$  : 28 °F (temperatur ruang palka)
- $T_d$  : 28-28  
: 0 °F

Jadi,

$$q_2 : 0,042 * 93,06 * 0 * 24$$

$$: 0 \text{ Btu/24hr}$$

- Beban transmisi melalui atap atau geladak (frame 15-19)

Diketahui :

$$U : 0,074 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{hr (lihat Tabel 4.15)}$$

$$A : 129,10 \text{ ft}^2 \text{ (lihat Tabel 4.16)}$$

$$T_o : 91,4 \text{ °F (temperatur udara luar)}$$

$$T_i : 28 \text{ °F (temperatur ruang palka)}$$

$$T_d : 91,4 - 28$$

$$: 63,4 \text{ °F}$$

Jadi,

$$q_3 : 0,074 * 129,10 * 63,4 * 24$$

$$: 14536,453 \text{ Btu/24hr}$$

- Beban transmisi melalui lantai atau floor (frame 15-19)

Diketahui :

$$U : 0,058 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{hr (lihat Tabel 4.15)}$$

$$A : 31,84 \text{ ft}^2 \text{ (lihat Tabel 4.16)}$$

$$T_o : 86 \text{ °F (temperatur air laut)}$$

$$T_i : 28 \text{ °F (temperatur ruang palka)}$$

$$T_d : 86 - 28$$

$$: 58 \text{ °F}$$

Jadi,

$$q_4 : 0,058 * 31,84 * 58 * 24$$

$$: 2570,634 \text{ Btu/24hr}$$

- Beban transmisi melalui dinding kanan dan kiri (frame 11-15)

Luasan dinding dari tabel 4.16 dibagi 2 bagian yaitu luasan dinding yang berada diatas garis air dan luasan dinding yang berada dibawah garis air.

- Dinding bagian kanan diatas garis air (frame 15-19)

Diketahui :

$$U : 0,058 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{°F} \cdot \text{hr (lihat Tabel 4.15)}$$

$$A : 43,445 \text{ ft}^2 \text{ (lihat Tabel 4.16 : 86,89 dibagi 2)}$$

$$T_o : 91,4 \text{ °F (temperatur udara luar)}$$

$$T_i : 28 \text{ °F (temperatur ruang palka)}$$

$$T_d : 91,4-28$$

$$: 63,4 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Jadi,}$$

$$q_5 : 0,058 * 43,445 * 63,4 * 24$$

$$: 3834,143 \text{ Btu/24hr}$$

- Dinding bagian kanan dibawah garis air

Diketahui :

$$U : 0,058 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^\circ\text{F} \cdot \text{hr (lihat Tabel 4.15)}$$

$$A : 43,445 \text{ ft}^2 \text{ (lihat Tabel 4.16 : 86,89 dibagi 2)}$$

$$T_o : 86 \text{ } ^\circ\text{F (temperatur air laut)}$$

$$T_i : 28 \text{ } ^\circ\text{F (temperatur ruang palka)}$$

$$T_d : 86-28$$

$$: 58 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$\text{Jadi,}$$

$$q_6 : 0,058 * 43,445 * 58 * 24$$

$$: 3507,576 \text{ Btu/24hr}$$

- Total beban ( $q_7$ ) :  $q_5 + q_6$   
:  $3834,143 + 3507,576$   
:  $7341,719 \text{ Btu/24hr}$
- Karena antara dinding bagian kanan dan kiri sama maka hasilnya dikalikan 2  
Jadi  $q_8$  :  $2 * 7341,719$   
:  $14683,438 \text{ Btu/24hr}$

➤ Total beban transmisi ruang palka II

$$q_{\text{trans}} : q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_8$$

$$: 3379,317 + 0 + 14536,453 + 2570,634 + 14683,438$$

$$: 35169,842 \text{ Btu/24hr}$$

- **Beban penerangan atau lampu diruang palka II**

Jumlah lampu didalam ruang palka II sebanyak dua dengan daya lampu @ 60 watt. Beban panas dari lampu tersebut dihitung dengan persamaan berikut.

$$q = W * 3,41 \text{ Btu/W} \cdot \text{hr} * 24 \text{ hr} \text{ lihat persamaan 2.7}$$

Dimana,

$$q = \text{Aliran panas lampu (Btu/24hr)}$$

$$W = \text{Daya lampu (watt)}$$

- 3,41 = Konversi (Btu/W.hr)  
 24hr = Periode waktu penerangan selama 24 hr

Diketahui :

- W : 2\*60 watt (dari desain lama)  
 : 120 watt  
 q : 120\*3,41\*24  
 : 9820,8 Btu/24hr

▪ **Beban personel atau orang diruang palka II**

Beban panas dari orang dihitung dengan persamaan berikut.

$$q = faktor * P_n * hr \text{ lihat persamaan 2.8}$$

Dimana,

- q<sub>4</sub> = Panas orang (Btu/24hr)  
 Faktor = Lihat Tabel 2.2 atau Grafik 2.1  
 P<sub>n</sub> = Jumlah orang  
 hr = Lama orang didalam ruang palka (jam)

Diketahui :

- Faktor : 1313 (dari tabel 2.2 atau grafik 2.1)  
 P<sub>n</sub> : 1 (dari desain lama)  
 hr : 2 (dari desain lama)  
 q : 1313\*1\*2  
 : 2626 Btu/24hr

▪ **Beban infiltrasi diruang palka II**

Beban infiltrasi tersebut dihitung dengan persamaan berikut.

$$q = V * airchanges * 0,075(h_o - h_i) \text{ lihat persamaan 2.9}$$

Dimana,

- q = Panas infiltrasi (Btu/hr)  
 V = Volume udara di ruang palka (ft<sup>3</sup>)  
 Air changes = Lihat Tabel 2.3 atau Grafik 2.2

- $h_o$  = Enthalpy pada temperatur udara luar (Btu/lb) lihat Grafik 2.3  
 $h_i$  = Enthalpy pada temperatur dalam (Btu/lb) lihat Grafik 2.3

Diketahui :

V	: 363,184 (dari tabel 4.22)
air changes	: 24,3 (dari tabel 2.3 atau grafik 2.2)
$h_o$	: 47 (dari grafik 2.3)
$h_i$	: 7 (dari grafik 2.3)
q	: $363,184 * 24,3 * 0,075(47-7)$ : 26476,114 Btu/24hr

▪ **Beban produk diruang palka II**

Massa ikan sama dengan diruang palka I yaitu 3 ton ikan per hari. Jadi panas yang dilepas oleh produk hingga temperatur produk menuju beku dari temperatur awal ikan 68°F menjadi 28°F dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini.

$$q = \frac{m * c * \Delta T * 24hr}{lamawaktupendinginan(hr)} \text{ lihat persamaan (2.10}_a\text{)}$$

Dimana,

- $q$  = Jumlah panas produk (Btu/24hr)  
 $m$  = Massa produk (Pounds atau lb)  
 $c$  = Panas spesifik sebelum pembekuan (Btu/lb.<sup>o</sup>F) lihat Tabel 2.4  
 $\Delta T$  = Perubahan temperatur produk awal (<sup>o</sup>F)  
 24 hr = Periode waktu pendinginan selama 24hr  
 hr = Lama waktu pendinginan

Diketahui :

m	: 6000 pounds (konversi dari 3 ton)
c	: 0,77 (dari tabel 2.4 ikan tuna)
$T_1$	: 68 °F (temperatur awal ikan) ILYAS
$T_2$	: 28 °F (temperatur akhir ikan)
$\Delta T$	: 68-28 : 40 °F



$$\begin{aligned} \text{hr} & : 18 \text{ jam (disesuaikan lama operasi alat)} \\ q & : \frac{6000 * 0,77 * 40 * 24}{18} \\ & : 246400 \text{ Btu/24hr} \end{aligned}$$

▪ **Beban peralatan diruang Palka II**

Beban peralatan tersebut dihitung dengan persamaan berikut.

$$q = \text{faktor} * \text{hp} * \text{hr} \text{ lihat persamaan(2.11)}$$

Dimana,

q	=	Panas dari peralatan (Btu/24hr)
faktor	=	Lihat Tabel 2.5
Hp	=	Horse power
hr	=	Lama operasional alat (jam)

- Motor fan

Diketahui :

faktor	: 4250	(lihat Tabel 2.5)
Watt	: 70	(dari spesifikasi alat)
Kw	: 0,07	
Hp	: 0,09	(kali 1,341022 dari Kw ke Hp)
hr	: 18 jam	(disesuaikan lama operasi alat)
q	: 4250*0,09*18	
	: 6885	Btu/24hr

Hasil perhitungan beban pendingin masing-masing ruang palka diatas dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.24 Hasil Perhitungan Beban Pendingin Desain A

No	Beban	Ruang palka I	Ruang palka II	Satuan
1	Transmisi	51735,788	35169,842	Btu/24hr
2	Pencerangan/Lampu	9820,800	9820,800	Btu/24hr
3	Personel/Orang	2626,000	2626,000	Btu/24hr
4	Infiltrasi	30181,424	26476,114	Btu/24hr
5	Produk	246400,000	246400,000	Btu/24hr
6	Peralatan	6885,000	6885,000	Btu/24hr
<b>Total Beban</b>		<b>347649,012</b>	<b>327377,756</b>	<b>Btu/24hr</b>

Tabel 4.25 Hasil Perhitungan Beban Pendingin Desain B

No	Beban	Ruang palka I	Ruang palka II	Satuan
1	Transmisi	30902,102	21248,640	Btu/24hr
2	Pencerangan/Lampu	9820,800	9820,800	Btu/24hr
3	Personel/Orang	2626,000	2626,000	Btu/24hr
4	Infiltrasi	29716,421	26163,829	Btu/24hr
5	Produk	246400,000	246400,000	Btu/24hr
6	Peralatan	6885,000	6885,000	Btu/24hr
<b>Total Beban</b>		<b>326350,323</b>	<b>313144,269</b>	<b>Btu/24hr</b>

Tabel 4.26 Hasil Perhitungan Beban Pendingin Desain C

No	Beban	Ruang palka I	Ruang palka II	Satuan
1	Transmisi	21216,876	14188,171	Btu/24hr
2	Pencerangan/Lampu	9820,800	9820,800	Btu/24hr
3	Personel/Orang	2626,000	2626,000	Btu/24hr
4	Infiltrasi	29392,153	25106,329	Btu/24hr
5	Produk	246400,000	246400,000	Btu/24hr
6	Peralatan	6885,000	6885,000	Btu/24hr
<b>Total Beban</b>		<b>316340,828</b>	<b>305026,300</b>	<b>Btu/24hr</b>

Keterangan :

Detail perhitungan beban pendingin desain B dan C terlampir.

#### **4.5 Kapasitas Beban Pendingin Yang Dibutuhkan Oleh Peralatan**

Kapasitas beban peralatan dihitung dari kapasitas beban pendingin untuk menentukan spesifikasi peralatan dari tiap-tiap desain. Kapasitas beban yang dibutuhkan oleh peralatan dihitung dengan persamaan berikut.

$$q(\text{Btu/hr}) = \frac{\text{Totalcoolingload}(\text{Btu}/24\text{hr})}{\text{Desiredrunningtime}(\text{hour})} \text{ lihat persamaan (2.12)}$$

Operasional peralatan maksimum lamanya 16-18 jam. (diambil 18 jam)

##### **4.5.1 Kapasitas Beban Peralatan Desain A**

###### ▪ **Ruang palka I**

$$q : \frac{347649012}{18}$$

: 19313,834 Btu/hr (1btu/hr : 0.0002928104 kw)  
: 5,655 Kw  
: 5655 W

###### ▪ **Ruang Palka II**

$$q : \frac{327377756}{18}$$

: 18187,653 Btu/hr  
: 5,326 Kw  
: 5326 W

###### ▪ **Total beban**

: 5,655 kw + 5,326 Kw  
: 10,981 Kw  
: 10981 W

#### 4.5.2 Kapasitas Beban Peralatan Desain B

- **Ruang palka I**

$$q: \frac{326350323}{18}$$

: 18130,574 Btu/hr (1btu/hr : 0.0002928104 kw)  
 : 5,309 Kw  
 : 5309 W

- **Ruang Palka II**

$$q: \frac{313144269}{18}$$

: 17396,904 Btu/hr  
 : 5,094 Kw  
 : 5094 W

- **Total beban**

: 5,309 Kw + 5,094 Kw  
 : 10,403 Kw  
 : 10403 W

#### 4.5.3 Kapasitas Beban Peralatan Desain C

- **Ruang palka I**

$$q: \frac{316340828}{18}$$

: 17574,490 Btu/hr (1btu/hr : 0.0002928104 kw)  
 : 5,146 Kw  
 : 5146 W

- **Ruang Palka II**

$$q: \frac{305026300}{18}$$

: 16945,906 Btu/hr  
 : 4,962 Kw  
 : 4962 W

- **Total beban**

: 5,146 Kw + 4,962 Kw  
 : 10,108 Kw  
 : 10108 W

#### 4.6 Memilih Spesifikasi Peralatan Sistem Pendingin

Pemilihan peralatan sistem pendingin disesuaikan dengan kapasitas yang di butuhkan oleh peralatan. Cara pemilihan peralatan yaitu :

- Lihat kapasitas beban yang dibutuhkan oleh peralatan (hasil perhitungan diatas)
- Pilih evaporator yang sesuai dengan kapasitas beban pendinginnya, karena tiap ruang palka memiliki 1 evaporator maka pilih evaporator yang sesuai dengan kapasitas beban ruang palka.
- Dari kapasitas beban evaporator (kapasitas total beban ruang palka I dan II) pilih kompresor yang ada didata spesifikasi.
- Selanjutnya pilih kondensor yang kapasitas bebanya lebih besar dari beban kompresor tujuanya untuk menjamin bahwa kondensor tersebut mampu mengembunkan refrigeran (kapasitas beban pendingin dari kompresor dikalikan dengan faktor dari Grafik 2.15)

##### 4.6.1 Spesifikasi Peralatan Sistem Pendingin Desain Baru

Spesifikasi peralatan desain baru yang dipilih berdasarkan hasil perhitungan beban pendingin dan data spesifikasi dari bitzer dan Searle (*data spesifikasi terlampir*), diperoleh hasil seperti berikut.

Tabel 4.27 Spesifikasi Kompresor Desain Baru

No.	NAMA PERALATAN	DESAIN BARU			Satuan
	Kompresor	A	B	C	
1	Merk	Bitzer			-
2	Type	AK-2T			-
3	Kapasitas	17,5	15,7	15,7	m <sup>3</sup> /h
4	Jumlah Selinder	2			-
5	Diameter Selinder	85			mm
6	Stroke	60			mm
7	Panjang	400			mm
8	Lebar	290			mm
9	Tinggi	515			mm
10	Berat	80,5			kg

Tabel 4.28 Spesifikasi Motor Kompresor Desain Baru

No.	NAMA PERALATAN	DESAIN BARU			Satuan
	Motor Kompresor	A	B	C	
1	Merk	Bitzer			-
2	Daya	4	3		Kw
3	Putaran	1450			RPM
4	Frekuensi	50			Hz
5	Phase	3			-
6	Diameter Pulley Motor	S 210	S 190		mm

Tabel 4.29 Spesifikasi Kondensor Desain Baru

No.	NAMA PERALATAN	DESAIN BARU			Satuan
	Kondensor	A	B	C	
1	Merk	Bitzer			-
2	Type	K203H(B)/4EC-4.2	K203H(B)/4FC-3.2		-
3	Temperatur kondensor	40			°C
4	Kapasitas Beban Pendingin	14370	11640		Watt
5	Water flow	0,58			l/s
6	No. Of Water Passes	4			-
7	Panjang	863	838		mm

Tabel 4.30 Tangki Refrigeran Desain Baru

No.	NAMA TANGKI	DESAIN BARU			Satuan
	Tangki Refrigeran	A	B	C	
1	Refrigeran	R - 22			-
2	Kapasitas Tangki Refrigeran	11,8			dm <sup>3</sup>
3	Max. Refrigerant Charge	12,9			Kg

Tabel 4.31 Spesifikasi Evaporator I Desain Baru

No.	NAMA PERALATAN	DESAIN BARU			Satuan
	Evaporator I (cooler)	A	B	C	
1	Merk	Searle			-
2	Model	Ks 45 - 6	Ks 40 - 6		-
3	Temperatur Evaporator	-5			<sup>o</sup> C
4	Kapasitas Beban Pendingin	5,71	5,42		Kw
5	Kapasitas Udara	0,82	0,78		m <sup>3</sup> /s
6	Panjang	1320	1170		mm
7	Lebar	542			mm
8	Tinggi	418,8			mm
<b>Data Coil :</b>					
1	Total Luas Permukaan	25,28	21,75		m <sup>2</sup>
2	Volume	6,34	5,47		dm <sup>3</sup>
3	Refrigerant Charge	2.0	1,8		Kg
4	Connection Inlet	1/2			inch
5	Connection Outlet	7/8			inch
6	Dry Weight	68	60		Kg
<b>Spesifikasi Fan dan motor :</b>					
1	Model	Ks 45	Ks 40		-
2	Jumlah Fan	2			-
3	Diameter	310			mm
4	Ukuran Motor	70			Watt
<b>Electric Defrost :</b>					
1	Coil	1,425	1,210		Kw
2	Pan	1,425	1,210		Kw
3	Total	2,850	2,420		Kw

Tabel 4.32 Spesifikasi Evaporator II Desain Baru

No.	NAMA PERALATAN	DESAIN BARU			Satuan
	Evaporator II (cooler)	A	B	C	
1	Merk	Searle			-
2	Model	Ks 40 - 6			-
3	Temperatur Evaporator	-5			<sup>o</sup> C
4	Kapasitas Beban Pendingin	5,42	5,25		Kw
5	Kapasitas Udara	0,82			m <sup>3</sup> /s
6	Panjang	1170			mm
7	Lebar	542			mm
8	Tinggi	418,8			mm
<b>Data Coil :</b>					
1	Total Luas Permukaan	21,75			m <sup>2</sup>
2	Volume	5,47			dm <sup>3</sup>
3	Refrigerant Charge	1,8			Kg
4	Connection Inlet	1/2			inch
5	Connection Outlet	7/8			inch
6	Dry Weight	60			Kg
<b>Spesifikasi Fan dan motor :</b>					
1	Model	Ks 40			-
2	Jumlah Fan	2			-
3	Diameter	310			mm
4	Ukuran Motor	70			Watt
<b>Electric Defrost :</b>					
1	Coil	1,210			Kw
2	Pan	1,210			Kw
3	Total	2,420			Kw



Tabel 4.33 Spesifikasi Pompa Pendukung Desain Baru

No.	NAMA PERALATAN	DESAIN BARU			Satuan
	Pompa Pendukung	A	B	C	
1	Merk	LAKONI			
2	Nomor seri	EP. 004253			
3	Kapasitas Min.	10 - 80			l/menit
4	Kapasitas Max.	120			l/menit
5	Head Min.	23,5 - 15			m
6	Head Max.	25			m
7	Daya	0,17			Kw
8	Putaran	2900			RPM
9	Frekuensi	50			Hz
10	Phase	1			
11	Tegangan	220			Volt
12	Arus	2			A
13	Buatan	ITALY			

#### 4.7 Perhitungan Ekonomis Desain Baru

##### 4.7.1 Analisa Life Cycle Cost Desain

Perhitungan nilai ekonomis pada desain lama maupun desain baru didasarkan pada nilai *Life Cycle Cost* peralatan maupun isolasi ruang palka dan cara menghitungnya sama dengan desain lama (D).

Tabel 4.34 Investasi Desain Baru

No	Investasi	BIAYA DESAIN BARU		
		A	B	C
1	Evaporator 1 (Cooler)	Rp 10.051.419,38	Rp 9.540.926,97	Rp 9.540.926,97
2	Evaporator 2 (Cooler)	Rp 9.540.926,98	Rp 9.241.672,81	Rp 9.241.672,81
3	Kompresor	Rp 7.041.274,52	Rp 5.280.955,89	Rp 5.280.955,89
4	Motor kompresor	Rp 7.041.274,52	Rp 5.280.955,89	Rp 5.280.955,89
5	Kondensor	Rp 25.295.778,71	Rp 20.490.108,85	Rp 20.490.108,85
6	Pompa pendukung	Rp 950.000,00	Rp 950.000,00	Rp 950.000,00
7	Refrigeran R-22	Rp 838.500,00	Rp 838.500,00	Rp 838.500,00
8	Pipa tembaga	Rp 1.800.000,00	Rp 1.800.000,00	Rp 1.800.000,00
9	Isolasi pipa tembaga	Rp 1.080.000,00	Rp 1.080.000,00	Rp 1.080.000,00
10	Biaya instalasi peralatan	Rp 100.000,00	Rp 100.000,00	Rp 100.000,00
11	Lain-lain dan asesoris peralatan	Rp 2.500.000,00	Rp 2.500.000,00	Rp 2.500.000,00
12	Isolasi ruang palka I	Rp 8.250.000,00	Rp 16.500.000,00	Rp 24.000.000,00
13	Isolasi ruang palka II	Rp 6.000.000,00	Rp 11.500.000,00	Rp 16.500.000,00
14	Biaya instalasi ruang palka I & II	Rp 1.400.000,00	Rp 1.400.000,00	Rp 1.400.000,00
Total biaya investasi		Rp 81.889.174,11	Rp 86.503.120,41	Rp 99.003.120,41

Tabel 4.35 Biaya Operasional Desain Baru

No	Biaya Operasional	BIAYA DESAIN BARU		
		A	B	C
1	Biaya energi	Rp 187.183.872,00	Rp 142.987.680,00	Rp 142.987.680,00
2	Biaya perawatan dan perbaikan	Rp 110.882.036,20	Rp 117.129.550,20	Rp 134.055.175,20
3	Biaya penggantian	Rp 32.900.637,85	Rp 34.870.792,92	Rp 40.208.292,92
Total biaya operasional		Rp 330.966.546,05	Rp 294.988.023,12	Rp 317.251.148,12

Tabel 4.36 Nilai Salvage Value Desain Baru

No	Salvage Value	HARGA DESAIN BARU		
		A	B	C
1	Salvage value pada tahun ke 10	Rp 5.270.945,57	Rp 4.490.726,58	Rp 4.490.726,58
2	Salvage value pada tahun ke 20	Rp 2.246.632,54	Rp 1.914.080,18	Rp 1.914.080,18
Total salvage value		Rp 7.517.578,11	Rp 6.404.806,76	Rp 6.404.806,76

#### 4.7.2 Membandingkan Nilai Life Cycle Cost Desain Baru

Dari Tabel 4.32-4.34 hasil perhitungan nilai ekonomis tiap-tiap desain dengan bahan isolasi sama hanya tebal isolasi yang berbeda ada beberapa tingkat perbedaan terhadap masing-masing desain, seperti yang terdapat pada tabel berikut.

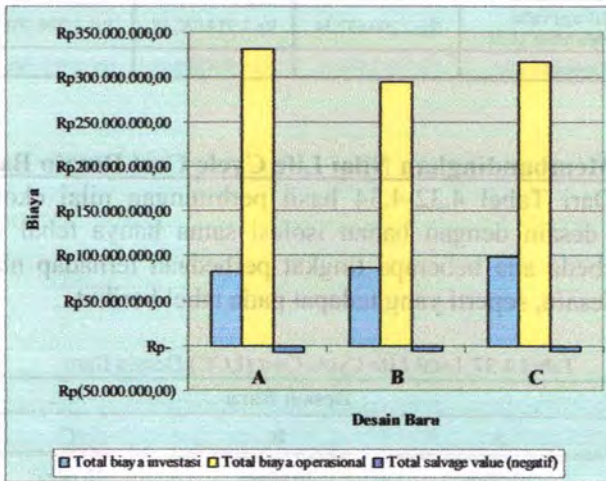
Tabel 4.37 Total Life Cycle Cost (LCC) Desain Baru

Item	Desain Baru		
	A	B	C
n	20 tahun	20 tahun	20 tahun
i	8,88%	8,88%	8,88%
I	Rp 81.889.174,11	Rp 86.503.120,41	Rp 99.003.120,41
O	Rp 330.966.546,05	Rp 294.988.023,12	Rp 317.251.148,12
S	Rp (7.517.578,11)	Rp (6.404.806,76)	Rp (6.404.806,76)
LCC	Rp 405.338.142,05	Rp 375.086.336,77	Rp 409.849.461,77

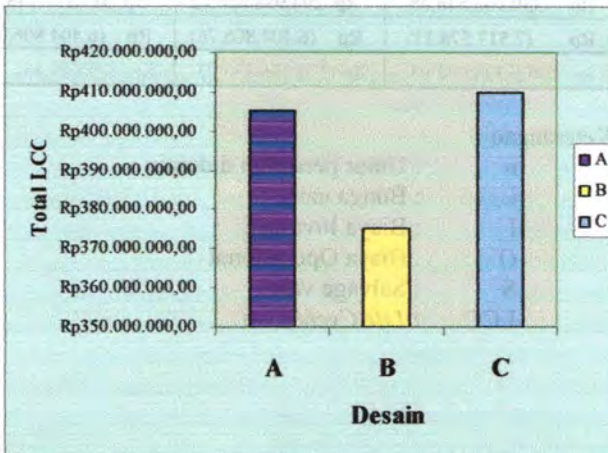
Keterangan :

- n : Umur peralatan didesain
- i : Bunga uang
- I : Biaya Investasi
- O : Biaya Operasional
- S : Salvage value
- LCC : Life Cycle Cost

Dari data Tabel 4.37 diatas dapat dibuat grafik seperti dibawah ini, sehingga dari grafik tersebut dapat dilakukan pembahasan dari tiap-tiap desain.



Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Biaya Desain Baru



Gambar 4.15 Grafik Perbandingan Total Biaya Desain Baru

**Keterangan Gambar 4.14 dan 4.15 :**

- **Desain A**
  - Total biaya investasinya paling murah jika dibandingkan dengan desain B dan C, pada desain ini harga peralatannya paling mahal karena daya yang digunakan besar namun harga isolasinya lebih murah karena tipis, lihat Tabel 4.34.
  - Total biaya operasionalnya paling mahal karena daya peralatan sistem pendinginnya besar.
  - Namun jika ditotal biaya LCC-nya desain A lebih murah dari pada desain C.
  
- **Desain B**
  - Total biaya investasinya menengah atau berada diantara desain A dan C, pada desain ini harga peralatannya lebih murah dari pada desain A namun harga isolasinya agak mahal karena isolasinya agak tebal, lihat Tabel 4.34.
  - Total biaya operasionalnya paling murah karena antara biaya untuk operasional peralatan dan biaya untuk penggantian isolasi menengah atau sedang.
  - Dan total biaya LCC-nya bahwa desain B yang paling murah dari semua desain baru.
  
- **Desain C**
  - Total biaya investasinya paling mahal jika dibandingkan dengan desain A dan B, pada desain ini harga peralatannya sama dengan desain B namun harga isolasinya paling mahal karena tebal isolasinya juga paling tebal, lihat Tabel 4.34.
  - Total biaya operasionalnya agak rendah atau berada diantara desain A dan B walaupun daya peralatannya sama dengan desain B.
  - Namun biaya LCC-nya desain C paling mahal dari semua desain baru.
  
- Jadi dari ke tiga desain baru yang dipilih adalah desain B karena nilai LCC-nya paling kecil atau murah.

#### 4.7.3 Membandingkan Nilai Life Cycle Cost Desain Baru Dengan Desain Lama

Setelah dilakukan pemilihan terhadap desain baru maka dapat dibandingkan dengan desain lama, yang dijadikan parameter perbandingan disini adalah masalah umur desain selama 20 tahun, dan nilai life cycle cost-nya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.38 Total Life Cycle Cost (LCC) Desain Lama Dan Baru

No	Item	Desain Baru	Desain Lama
1	Lama peralatan dioperasikan	20 tahun	20 tahun
2	Tarif bunga	8,88%	8,88%
3	Total biaya investasi	Rp 86.503.120,41	Rp 87.894.134,65
4	Total biaya operasional	Rp 294.988.023,12	Rp 406.636.652,50
5	Total salvage value (negatif)	Rp (6.404.806,76)	Rp (7.558.315,40)
Life Cycle Cost		Rp 375.086.336,77	Rp 486.972.471,75

Dari tabel diatas nilai *life cycle cost* antara desain lama dengan desain baru terlihat bahwa *nilai life cycle cost* desain baru masih paling kecil atau murah. Jadi keuntungan yang diperoleh dari desain baru jika dijadikan sebagai alternatif desain adalah sebagai berikut :

1. Isolasinya lebih tipis sehingga berpotensi meningkatkan payload kapal.
2. Penggunaan daya peralatan sistem pendingin lebih kecil sehingga biaya operasionalnya murah.
3. Dapat mengurangi penggunaan daya genset.
4. Nilai *life cycle cost nya* lebih murah dan uang yang dapat disimpan (untung) sebesar 22,98 % dari desain lama.



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



**BAB V**  
**KESIMPULAN DAN SARAN**



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari tiga alternatif desain baru (A, B dan C) dengan bahan isolasi sama (polyurethane) dan ketebalan yang berbeda diperoleh hasil sebagai berikut :

1. Pada desain A dengan tebal isolasi 4 cm diperoleh hasil Life Cycle Cost sebesar **Rp 405.338.142,05**
2. Pada desain B dengan tebal isolasi 8 cm diperoleh hasil Life Cycle Cost sebesar **Rp 375.086.336,77**
3. Pada desain C dengan tebal isolasi 12 cm diperoleh hasil Life Cycle Cost sebesar **Rp 409.849.461,77**

Sedangkan pada desain lama (D) bahan isolasi yang digunakan berupa *sterofoam* dengan tebal isolasi 15 cm mempunyai nilai *Life Cycle Cost* sebesar **Rp 486.972.471,75**

Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa dari tiga alternatif desain baru yang paling optimal berdasarkan nilai *Life Cycle Cost-nya* adalah desain B dengan keuntungan sebesar **22,98 %** dari desain lama.

#### **5.2 Saran**

Dari hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, penulis menyarankan agar diadakan peninjauan kembali terhadap bahan dan tebal isolasi yang telah digunakan pada desain saat ini, karena dengan mengganti bahan isolasi yang mempunyai nilai-U kecil dapat mengurangi beban pendinginan sehingga daya yang dibutuhkan untuk peralatan sistem pendingin kecil, dengan mengurangi tebal isolasi berpotensi meningkatkan payload kapal sehingga secara ekonomis lebih menguntungkan.





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

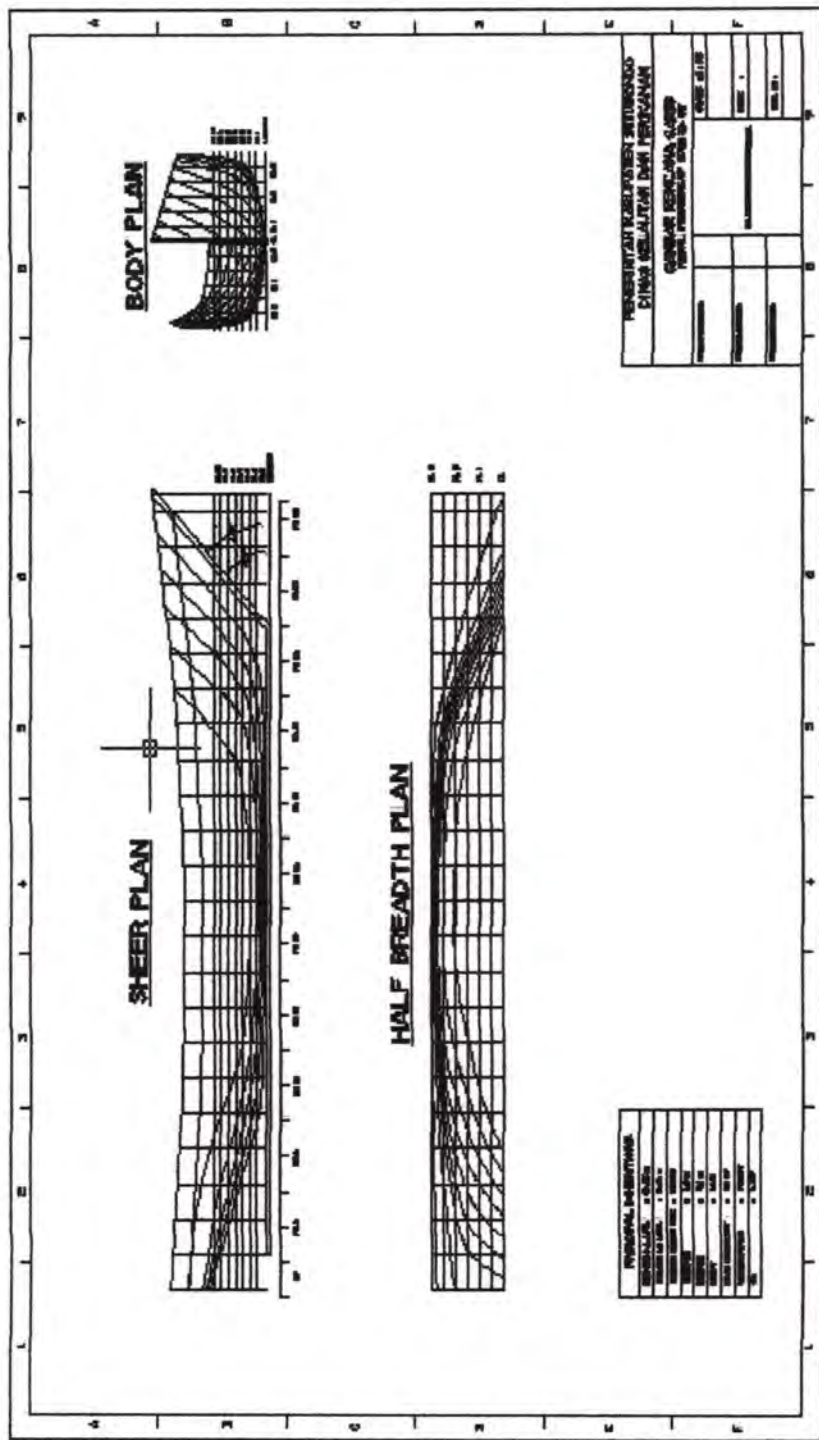
- Arora CP. 2001. **Refrigeration and Air Conditioning**, Mc Graw Hill International Edition Series, Second Edition.
- C William, Dalmar. 1987. **Refrigeration and Air Conditioning Technology**.
- Dossat Roy J, Wiley John dan Son Inc. 1981. **Principles of Refrigeration**.
- Hart H Gordon, P.E., dan Fulton Pat., Cox Gerald. 2007. **Ship Configurations and Insulation Design / Application**, <[http://www.sname.org/section/san\\_diego/PCI%20Paper1.htm](http://www.sname.org/section/san_diego/PCI%20Paper1.htm)>.
- International standard., ISO .,7547. 1985. **Air-conditioning and Ventilation of accommodation spaces on board ships- Design condition and basis of calculations**, First edition.
- Jordan Ricard C. 1956. **Refrigeration and Air Conditioning**, Prentice – hall Inc.
- Manczyk Henry, CPE. CEM. 2003. **Life Cycle Cost Analysis**, Selection of heating Equipment.
- Morgan Michael, PMP. 1999. **Life Cycle Cost Analysis Handbook**., Juneau., Alaska.
- Stoeker Wilbert F. 1998. **Industrial Refrigeration Handbook**, Mc Graw Hill.
- Stoeker Wilbert F, (1994) **Refrigerasi dan Pengkondisian Udara**, Penerbit Air Langga.
- Wiley John. 1994. **Simplified Design of HVAC Systems**.



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**LAMPIRAN 1**  
**GAMBAR KAPAL DAN FOTO**





Gambar 1. Rencana Garis





Gambar 3. Kapal Tampak Samping



Gambar 4. Peralatan Pendingin



Gambar 5. Jaring Ikan



Gambar 6. Refrigeran R-22

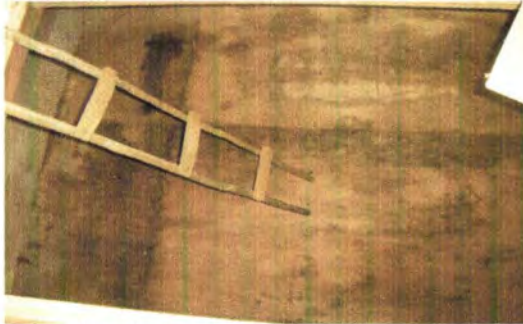


Gambar 7. Ruang Palka Sebelum Diisolasi



Gambar 8. Matte





Gambar 9. Ruang Palka Setelah Diisolasi



Gambar 10. Evaporator



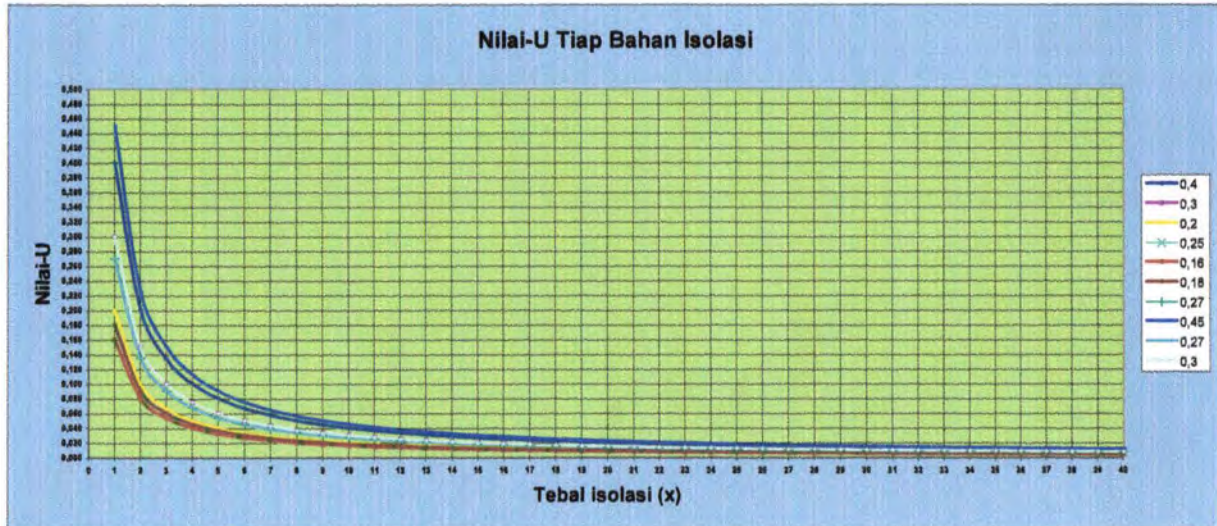
**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

## LAMPIRAN 2 TABEL PERHITUNGAN NILAI-U DAN GRAFIK NILAI-U

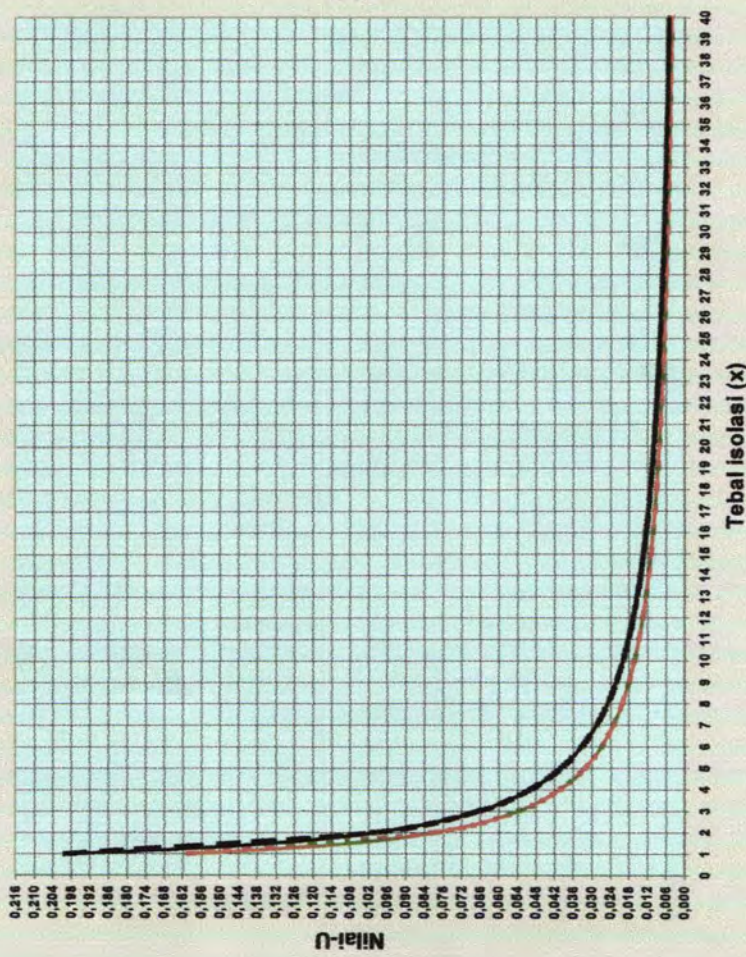
Bahan Isotasi	Nilai-R											Nilai-U										
	C	G	Cb	Pe	Pm	Pac	Pub	Mp	Saw	min.	W.f	C	G	Cb	Pe	Pm	Pac	Pub	Mp	Saw	min.	W.f
Nilai-k	0,4	0,3	0,2	0,25	0,16	0,18	0,27	0,45	0,37	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2	0,25	0,16	0,18	0,27	0,45	0,37	0,3	0,4
Tebal (cm)	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
1	2.500	3.333	5.000	4.000	6.250	5.556	3.704	2.222	3.704	3.333	0.400	0.300	0.200	0.250	0.160	0.180	0.270	0.450	0.370	0.300	0.400	
2	5.000	6.667	10.000	8.000	12.500	11.111	7.407	4.444	7.407	6.667	0.200	0.150	0.100	0.125	0.080	0.090	0.135	0.225	0.135	0.150	0.150	
3	7.500	10.000	15.000	12.000	18.750	16.667	11.111	6.667	11.111	10.000	0.133	0.100	0.067	0.083	0.053	0.060	0.090	0.150	0.090	0.100	0.100	
4	10.000	13.333	20.000	16.000	25.000	22.222	14.815	8.889	14.815	13.333	0.100	0.075	0.050	0.063	0.040	0.045	0.068	0.113	0.068	0.075	0.075	
5	12.500	16.667	25.000	20.000	31.250	27.778	18.519	11.111	18.519	16.667	0.080	0.060	0.040	0.050	0.032	0.036	0.054	0.090	0.054	0.060	0.060	
6	15.000	20.000	30.000	24.000	37.500	33.333	22.222	13.333	22.222	20.000	0.067	0.050	0.030	0.041	0.027	0.030	0.045	0.075	0.045	0.050	0.050	
7	17.500	23.333	35.000	28.000	43.750	38.889	25.926	15.556	25.926	23.333	0.057	0.043	0.029	0.036	0.023	0.026	0.039	0.064	0.039	0.043	0.043	
8	20.000	26.667	40.000	32.000	50.000	44.444	29.630	17.778	29.630	26.667	0.050	0.038	0.025	0.031	0.020	0.023	0.034	0.056	0.034	0.038	0.038	
9	22.500	30.000	45.000	36.000	56.250	50.000	33.333	20.000	33.333	30.000	0.044	0.033	0.022	0.028	0.018	0.020	0.030	0.050	0.030	0.033	0.033	
10	25.000	33.333	50.000	40.000	62.500	55.556	37.037	22.222	37.037	33.333	0.040	0.030	0.020	0.025	0.016	0.018	0.027	0.045	0.027	0.030	0.030	
11	27.500	36.667	55.000	44.000	68.750	61.111	40.741	24.444	40.741	36.667	0.036	0.027	0.018	0.023	0.015	0.016	0.025	0.041	0.025	0.027	0.027	
12	30.000	40.000	60.000	48.000	75.000	66.667	44.444	26.667	44.444	40.000	0.033	0.025	0.017	0.021	0.013	0.015	0.023	0.038	0.023	0.025	0.025	
13	32.500	43.333	65.000	52.000	81.250	72.222	48.148	28.889	48.148	43.333	0.031	0.023	0.015	0.019	0.012	0.014	0.021	0.035	0.021	0.023	0.023	
14	35.000	46.667	70.000	56.000	87.500	77.778	51.852	31.111	51.852	46.667	0.029	0.021	0.014	0.018	0.011	0.013	0.019	0.032	0.019	0.021	0.021	
15	37.500	50.000	75.000	60.000	93.750	83.333	55.556	33.333	55.556	50.000	0.027	0.020	0.013	0.017	0.011	0.012	0.018	0.030	0.018	0.020	0.020	
16	40.000	53.333	80.000	64.000	100.000	88.889	59.259	35.556	59.259	53.333	0.025	0.019	0.013	0.016	0.010	0.011	0.017	0.028	0.017	0.019	0.019	
17	42.500	56.667	85.000	68.000	106.250	94.444	62.963	37.778	62.963	56.667	0.024	0.018	0.012	0.015	0.009	0.011	0.016	0.026	0.016	0.018	0.018	
18	45.000	60.000	90.000	72.000	112.500	100.000	66.667	40.000	66.667	60.000	0.022	0.017	0.011	0.014	0.009	0.010	0.015	0.025	0.015	0.017	0.017	
19	47.500	63.333	95.000	76.000	118.750	105.556	70.370	42.222	70.370	63.333	0.021	0.016	0.011	0.013	0.008	0.009	0.014	0.024	0.014	0.016	0.016	
20	50.000	66.667	100.000	80.000	125.000	111.111	74.074	44.444	74.074	66.667	0.020	0.015	0.010	0.013	0.008	0.009	0.014	0.023	0.014	0.015	0.015	
21	52.500	70.000	105.000	84.000	131.250	116.667	77.778	46.667	77.778	70.000	0.019	0.014	0.010	0.012	0.008	0.009	0.013	0.021	0.013	0.014	0.014	
22	55.000	73.333	110.000	88.000	137.500	122.222	81.481	48.889	81.481	73.333	0.018	0.014	0.009	0.011	0.007	0.008	0.012	0.020	0.012	0.014	0.014	
23	57.500	76.667	115.000	92.000	143.750	127.778	85.185	51.111	85.185	76.667	0.017	0.013	0.009	0.011	0.007	0.008	0.012	0.020	0.012	0.013	0.013	
24	60.000	80.000	120.000	96.000	150.000	133.333	88.889	53.333	88.889	80.000	0.017	0.013	0.008	0.010	0.007	0.008	0.011	0.019	0.011	0.013	0.013	
25	62.500	83.333	125.000	100.000	156.250	138.889	92.593	55.556	92.593	83.333	0.016	0.012	0.008	0.010	0.006	0.007	0.011	0.018	0.011	0.012	0.012	
26	65.000	86.667	130.000	104.000	162.500	144.444	96.296	57.778	96.296	86.667	0.015	0.012	0.008	0.010	0.006	0.007	0.010	0.017	0.010	0.012	0.012	
27	67.500	90.000	135.000	108.000	168.750	150.000	100.000	60.000	100.000	90.000	0.015	0.011	0.007	0.009	0.006	0.007	0.010	0.017	0.010	0.011	0.011	
28	70.000	93.333	140.000	112.000	175.000	155.556	103.704	62.222	103.704	93.333	0.014	0.011	0.007	0.009	0.006	0.006	0.010	0.016	0.010	0.011	0.011	
29	72.500	96.667	145.000	116.000	181.250	161.111	107.407	64.444	107.407	96.667	0.014	0.010	0.007	0.009	0.006	0.006	0.009	0.016	0.009	0.010	0.010	
30	75.000	100.000	150.000	120.000	187.500	166.667	111.111	66.667	111.111	100.000	0.013	0.010	0.007	0.008	0.005	0.006	0.009	0.015	0.009	0.010	0.010	
31	77.500	103.333	155.000	124.000	193.750	172.222	114.815	68.889	114.815	103.333	0.013	0.010	0.006	0.008	0.005	0.006	0.009	0.015	0.009	0.010	0.010	
32	80.000	106.667	160.000	128.000	200.000	177.778	118.519	71.111	118.519	106.667	0.013	0.009	0.006	0.008	0.005	0.006	0.008	0.014	0.008	0.009	0.009	
33	82.500	110.000	165.000	132.000	206.250	183.333	122.222	73.333	122.222	110.000	0.012	0.009	0.006	0.008	0.005	0.005	0.008	0.014	0.008	0.009	0.009	
34	85.000	113.333	170.000	136.000	212.500	188.889	125.926	75.556	125.926	113.333	0.012	0.009	0.006	0.007	0.005	0.005	0.008	0.013	0.008	0.009	0.009	
35	87.500	116.667	175.000	140.000	218.750	194.444	129.630	77.778	129.630	116.667	0.011	0.009	0.006	0.007	0.005	0.005	0.008	0.013	0.008	0.009	0.009	
36	90.000	120.000	180.000	144.000	225.000	200.000	133.333	80.000	133.333	120.000	0.011	0.008	0.006	0.007	0.004	0.005	0.008	0.013	0.008	0.008	0.008	
37	92.500	123.333	185.000	148.000	231.250	205.556	137.037	82.222	137.037	123.333	0.011	0.008	0.005	0.007	0.004	0.005	0.007	0.012	0.007	0.008	0.008	
38	95.000	126.667	190.000	152.000	237.500	211.111	140.741	84.444	140.741	126.667	0.011	0.008	0.005	0.007	0.004	0.005	0.007	0.012	0.007	0.008	0.008	
39	97.500	130.000	195.000	156.000	243.750	216.667	144.444	86.667	144.444	130.000	0.010	0.008	0.005	0.006	0.004	0.005	0.007	0.012	0.007	0.008	0.008	
40	100.000	133.333	200.000	160.000	250.000	222.222	148.148	88.889	148.148	133.333	0.010	0.008	0.005	0.006	0.004	0.005	0.007	0.011	0.007	0.008	0.008	

Cellular glass	0,4	(Btu in/hr.ft2.oF)
Corkboard	0,3	(Btu in/hr.ft2.oF)
Polystyrene (extruded)	0,2	(Btu in/hr.ft2.oF)
Polystyrene (Molded board)	0,25	(Btu in/hr.ft2.oF)
Polyurethane (extruded)	0,16	(Btu in/hr.ft2.oF)
Polyurethane (board)	0,18	(Btu in/hr.ft2.oF)
Milled paper or wood pulp	0,27	(Btu in/hr.ft2.oF)
Sawdust or shavings	0,45	(Btu in/hr.ft2.oF)
Mineral wool (rock, glass, slag)	0,27	(Btu in/hr.ft2.oF)
Redwood bark	0,26	(Btu in/hr.ft2.oF)
Wood fiber (Soft wood)	0,3	(Btu in/hr.ft2.oF)
Styrofoam	0,033	(W/m K)
1 (W/m K) 1	6	(Btu in/hr.ft2.oF)
Jadi 0.0033 W/mK	0,198	(Btu in/hr.ft2.oF)

The Engineering ToolBox  
 CP ARORA hal 982



# Nilai-U Tiap Bahan Isolasi





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**LAMPIRAN 3**  
**TABEL PERHITUNGAN VOLUME RUANG PALKA**

Menghitung Volume Ruang Palka

VOLUME RUANG PALKI I (TANPA ISOLASI)

WL	Frame 11-15											X	FS	X*FS
	11		12		13		14		15					
	L	I	L	4	L	2	L	4	L	I				
1	1,66	1,66	1,68	6,72	1,58	3,16	1,47	5,88	1,24	1,24	18,66	1	18,66	
2	2,03	2,03	2,04	8,16	1,95	3,90	1,85	7,40	1,68	1,68	23,17	4	92,68	
3	2,21	2,21	2,22	8,88	2,13	4,26	2,03	8,12	1,90	1,90	25,37	2	50,74	
4	2,28	2,28	2,29	9,16	2,20	4,40	2,12	8,48	2,00	2,00	26,32	4	105,28	
5	2,32	2,32	2,32	9,28	2,24	4,48	2,16	8,64	2,05	2,05	26,77	2	53,54	
6	2,35	2,35	2,34	9,36	2,28	4,56	2,20	8,80	2,08	2,08	27,15	4	108,60	
7	2,37	2,37	2,37	9,48	2,30	4,60	2,22	8,88	2,12	2,12	27,45	2	54,90	
8	2,38	2,38	2,38	9,52	2,32	4,64	2,25	9,00	2,15	2,15	27,69	4	110,76	
9	2,39	2,39	2,39	9,56	2,34	4,68	2,27	9,08	2,18	2,18	27,89	2	55,78	
10	2,40	2,40	2,39	9,56	2,35	4,70	2,30	9,20	2,21	2,21	28,07	4	112,28	
11	2,40	2,40	2,39	9,56	2,37	4,74	2,33	9,32	2,25	2,25	28,27	2	56,54	
12	2,40	2,40	2,39	9,56	2,39	4,78	2,35	9,40	2,29	2,29	28,43	4	113,72	
13	-	-	-	-	-	-	-	-	2,32	2,32	2,32	1	2,32	
											$\Sigma X*FS$		935,8	

P = Jarak antar frame = 0,9 m

T = Jarak antar WL = 0,2 m

Jadi Volume Ruang Palki I =  $2*(P/3)*(T/3)*\Sigma X*FS$

$$= 37,432 \text{ m}^3 = 1321,899 \text{ Ft}^3$$

VOLUME RUANG PALKI II (TANPA ISOLASI)

WL	Frame 15-19										X	FS	X*FS
	15		16		17		18		19				
	L	I	L	4	L	2	L	4	L	I			
1	1,24	1,24	0,98	3,92	0,66	1,32	0,32	1,28	-	-	7,76	1	7,76
2	1,68	1,68	1,38	5,52	0,97	1,94	0,52	2,08	0,08	0,08	11,30	4	45,20
3	1,90	1,90	1,64	6,56	1,20	2,40	0,70	2,80	0,20	0,20	13,86	2	27,72
4	2,00	2,00	1,78	7,12	1,35	2,70	0,84	3,36	0,34	0,34	15,52	4	62,08
5	2,05	2,05	1,86	7,44	1,47	2,94	0,98	3,92	0,47	0,47	16,82	2	33,64
6	2,08	2,08	1,91	7,64	1,56	3,12	1,10	4,40	0,60	0,60	17,84	4	71,36
7	2,12	2,12	1,95	7,80	1,62	3,24	1,19	4,76	0,71	0,71	18,63	2	37,26
8	2,15	2,15	2,00	8,00	1,68	3,36	1,26	5,04	0,80	0,80	19,35	4	77,40
9	2,18	2,18	2,04	8,16	1,73	3,46	1,33	5,32	0,88	0,88	20,00	2	40,00
10	2,21	2,21	2,09	8,36	1,79	3,58	1,39	5,56	0,95	0,95	20,66	4	82,64
11	2,25	2,25	2,13	8,52	1,84	3,68	1,46	5,84	1,03	1,03	21,32	2	42,64
12	2,29	2,29	2,18	8,72	1,90	3,80	1,52	6,08	1,10	1,10	21,99	4	87,96
13	2,32	2,32	2,22	8,88	1,95	3,90	1,58	6,32	1,17	1,17	22,59	2	45,18
14	-	-	-	-	2,00	4,00	1,65	6,60	1,25	1,25	11,85	4	47,40
15	-	-	-	-	-	-	-	-	1,31	1,31	1,31	1	1,31
											$\Sigma X*FS$		709,55

P = Jarak antar frame = 0,9 m

T = Jarak antar WL = 0,2 m

Jadi Volume Ruang Palki II =  $2*(P/3)*(T/3)*\Sigma X*FS$

$$= 28,382 \text{ m}^3 = 1002,301 \text{ Ft}^3$$

VOLUME RUANG PALKAN I (DENGAN ISOLASI)											40	08/01	
WL	Frame 11-15										X	FS	X*FS
	11		12		13		14		15				
	L	I	L	4	L	2	L	4	L	I			
1	1,40	1,40	1,42	5,68	1,32	2,64	1,21	4,84	0,98	0,98	15,54	1	15,54
2	1,77	1,77	1,78	7,12	1,69	3,38	1,59	6,36	1,42	1,42	20,05	4	80,20
3	1,95	1,95	1,96	7,84	1,87	3,74	1,77	7,08	1,64	1,64	22,25	2	44,50
4	2,02	2,02	2,03	8,12	1,94	3,88	1,86	7,44	1,74	1,74	23,20	4	92,80
5	2,06	2,06	2,06	8,24	1,98	3,96	1,90	7,60	1,79	1,79	23,65	2	47,30
6	2,09	2,09	2,08	8,32	2,02	4,04	1,94	7,76	1,82	1,82	24,03	4	96,12
7	2,11	2,11	2,11	8,44	2,04	4,08	1,96	7,84	1,86	1,86	24,33	2	48,66
8	2,12	2,12	2,12	8,48	2,06	4,12	1,99	7,96	1,89	1,89	24,57	4	98,28
9	2,13	2,13	2,13	8,52	2,08	4,16	2,01	8,04	1,92	1,92	24,77	2	49,54
10	2,14	2,14	2,13	8,52	2,09	4,18	2,04	8,16	1,95	1,95	24,95	4	99,80
11	2,14	2,14	2,13	8,52	2,11	4,22	2,07	8,28	1,99	1,99	25,15	2	50,30
12	2,14	2,14	2,13	8,52	2,13	4,26	2,09	8,36	2,03	2,03	25,31	4	101,24
13	-	-	-	-	-	-	-	-	2,06	2,06	2,06	1	2,06
											$\sum X*FS$		<b>826,34</b>

P = Jarak antar frame = 0,9 m

T = Jarak antar WL = 0,2 m

Jadi Volume Ruang Palka I =  $2*(P/3)*(T/3)*\sum X*FS$

$$= 33,054 \text{ m}^3 = 1167,277 \text{ Ft}^3$$

VOLUME RUANG PALKAN II (DENGAN ISOLASI)											40	08/01	
WL	Frame 15-19										X	FS	X*FS
	15		16		17		18		19				
	L	I	L	4	L	2	L	4	L	I			
1	0,98	0,98	0,72	2,88	0,40	0,80	0,06	0,24	-	-	4,90	1	4,90
2	1,42	1,42	1,12	4,48	0,71	1,42	0,26	1,04	-	-	8,36	4	33,44
3	1,64	1,64	1,38	5,52	0,94	1,88	0,44	1,76	-	-	10,80	2	21,60
4	1,74	1,74	1,52	6,08	1,09	2,18	0,58	2,32	0,08	0,08	12,40	4	49,60
5	1,79	1,79	1,60	6,40	1,21	2,42	0,72	2,88	0,21	0,21	13,70	2	27,40
6	1,82	1,82	1,65	6,60	1,30	2,60	0,84	3,36	0,34	0,34	14,72	4	58,88
7	1,86	1,86	1,69	6,76	1,36	2,72	0,93	3,72	0,45	0,45	15,51	2	31,02
8	1,89	1,89	1,74	6,96	1,42	2,84	1,00	4,00	0,54	0,54	16,23	4	64,92
9	1,92	1,92	1,78	7,12	1,47	2,94	1,07	4,28	0,62	0,62	16,88	2	33,76
10	1,95	1,95	1,83	7,32	1,53	3,06	1,13	4,52	0,69	0,69	17,54	4	70,16
11	1,99	1,99	1,87	7,48	1,58	3,16	1,20	4,80	0,77	0,77	18,20	2	36,40
12	2,03	2,03	1,92	7,68	1,64	3,28	1,26	5,04	0,84	0,84	18,87	4	75,48
13	2,06	2,06	1,96	7,84	1,69	3,38	1,32	5,28	0,91	0,91	19,47	2	38,94
14	-	-	-	-	1,74	3,48	1,39	5,56	0,99	0,99	10,03	4	40,12
15	-	-	-	-	-	-	-	-	1,05	1,05	1,05	1	1,05
											$\sum X*FS$		<b>587,67</b>

P = Jarak antar frame = 0,9 m

T = Jarak antar WL = 0,2 m

Jadi Volume Ruang Palka II =  $2*(P/3)*(T/3)*\sum X*FS$

$$= 23,507 \text{ m}^3 = 830,135 \text{ Ft}^3$$



VOLUME RUANG PALKAI (DENGAN ISOLASI)													30	mm
WL	Frame 11-15											X	FS	X*FS
	11		12		13		14		15					
	L	I	L	4	L	2	L	4	L	I				
1	1,36	1,36	1,38	5,52	1,28	2,56	1,17	4,68	0,94	0,94	15,06	1	15,06	
2	1,73	1,73	1,74	6,96	1,65	3,30	1,55	6,20	1,38	1,38	19,57	4	78,28	
3	1,91	1,91	1,92	7,68	1,83	3,66	1,73	6,92	1,60	1,60	21,77	2	43,54	
4	1,98	1,98	1,99	7,96	1,90	3,80	1,82	7,28	1,70	1,70	22,72	4	90,88	
5	2,02	2,02	2,02	8,08	1,94	3,88	1,86	7,44	1,75	1,75	23,17	2	46,34	
6	2,05	2,05	2,04	8,16	1,98	3,96	1,90	7,60	1,78	1,78	23,55	4	94,20	
7	2,07	2,07	2,07	8,28	2,00	4,00	1,92	7,68	1,82	1,82	23,85	2	47,70	
8	2,08	2,08	2,08	8,32	2,02	4,04	1,95	7,80	1,85	1,85	24,09	4	96,36	
9	2,09	2,09	2,09	8,36	2,04	4,08	1,97	7,88	1,88	1,88	24,29	2	48,58	
10	2,10	2,10	2,09	8,36	2,05	4,10	2,00	8,00	1,91	1,91	24,47	4	97,88	
11	2,10	2,10	2,09	8,36	2,07	4,14	2,03	8,12	1,95	1,95	24,67	2	49,34	
12	2,10	2,10	2,09	8,36	2,09	4,18	2,05	8,20	1,99	1,99	24,83	4	99,32	
13	-	-	-	-	-	-	-	-	2,02	2,02	2,02	1	2,02	
													$\Sigma X*FS$	809,5

P = Jarak antar frame = 0,9 m

T = Jarak antar WL = 0,2 m

Jadi Volume Ruang Palka I =  $2*(P/3)*(T/3)*\Sigma X*FS$

$$= \boxed{32,380} \text{ m}^3 = \boxed{1143,489} \text{ Ft}^3$$

VOLUME RUANG PALKAI II (DENGAN ISOLASI)													80	mm
WL	Frame 15-19											X	FS	X*FS
	15		16		17		18		19					
	L	I	L	4	L	2	L	4	L	I				
1	0,94	0,94	0,68	2,72	0,36	0,72	0,02	0,08	-	-	4,46	1	4,46	
2	1,38	1,38	1,08	4,32	0,67	1,34	0,22	0,88	-	-	7,92	4	31,68	
3	1,60	1,60	1,34	5,36	0,90	1,80	0,40	1,60	-	-	10,36	2	20,72	
4	1,70	1,70	1,48	5,92	1,05	2,10	0,54	2,16	0,04	0,04	11,92	4	47,68	
5	1,75	1,75	1,56	6,24	1,17	2,34	0,68	2,72	0,17	0,17	13,22	2	26,44	
6	1,78	1,78	1,61	6,44	1,26	2,52	0,80	3,20	0,30	0,30	14,24	4	56,96	
7	1,82	1,82	1,65	6,60	1,32	2,64	0,89	3,56	0,41	0,41	15,03	2	30,06	
8	1,85	1,85	1,70	6,80	1,38	2,76	0,96	3,84	0,50	0,50	15,75	4	63,00	
9	1,88	1,88	1,74	6,96	1,43	2,86	1,03	4,12	0,58	0,58	16,40	2	32,80	
10	1,91	1,91	1,79	7,16	1,49	2,98	1,09	4,36	0,65	0,65	17,06	4	68,24	
11	1,95	1,95	1,83	7,32	1,54	3,08	1,16	4,64	0,73	0,73	17,72	2	35,44	
12	1,99	1,99	1,88	7,52	1,60	3,20	1,22	4,88	0,80	0,80	18,39	4	73,56	
13	2,02	2,02	1,92	7,68	1,65	3,30	1,28	5,12	0,87	0,87	18,99	2	37,98	
14	-	-	-	-	1,70	3,40	1,35	5,40	0,95	0,95	9,75	4	39,00	
15	-	-	-	-	-	-	-	-	1,01	1,01	1,01	1	1,01	
													$\Sigma X*FS$	569,03

P = Jarak antar frame = 0,9 m

T = Jarak antar WL = 0,2 m

Jadi Volume Ruang Palka II =  $2*(P/3)*(T/3)*\Sigma X*FS$

$$= \boxed{22,761} \text{ m}^3 = \boxed{903,804} \text{ Ft}^3$$

VOLUME RUANG PALKA I (DENGAN ISOLASI)												= 120 mm		
WL	Frame 11-15											X	FS	X*FS
	11		12		13		14		15					
	L	I	L	4	L	2	L	4	L	I				
1	1,32	1,32	1,34	5,36	1,24	2,48	1,13	4,52	0,90	0,90	14,38	1	14,38	
2	1,69	1,69	1,70	6,80	1,61	3,22	1,51	6,04	1,34	1,34	19,09	4	76,36	
3	1,87	1,87	1,88	7,52	1,79	3,58	1,69	6,76	1,56	1,56	21,29	2	42,58	
4	1,94	1,94	1,95	7,80	1,86	3,72	1,78	7,12	1,66	1,66	22,24	4	88,96	
5	1,98	1,98	1,98	7,92	1,90	3,80	1,82	7,28	1,71	1,71	22,69	2	45,38	
6	2,01	2,01	2,00	8,00	1,94	3,88	1,86	7,44	1,74	1,74	23,07	4	92,28	
7	2,03	2,03	2,03	8,12	1,96	3,92	1,88	7,52	1,78	1,78	23,37	2	46,74	
8	2,04	2,04	2,04	8,16	1,98	3,96	1,91	7,64	1,81	1,81	23,61	4	94,44	
9	2,05	2,05	2,05	8,20	2,00	4,00	1,93	7,72	1,84	1,84	23,81	2	47,62	
10	2,06	2,06	2,05	8,20	2,01	4,02	1,96	7,84	1,87	1,87	23,99	4	95,96	
11	2,06	2,06	2,05	8,20	2,03	4,06	1,99	7,96	1,91	1,91	24,19	2	48,38	
12	2,06	2,06	2,05	8,20	2,05	4,10	2,01	8,04	1,95	1,95	24,35	4	97,40	
13	-	-	-	-	-	-	-	-	1,98	1,98	1,98	1	1,98	
												$\Sigma X*FS$	<b>792,66</b>	

P = Jarak antar frame = 0,9 m

T = Jarak antar WL = 0,2 m

Jadi Volume Ruang Palka I =  $2*(P/3)*(T/3)*\Sigma X*FS$

$$= \boxed{31,706} \text{ m}^3 = \boxed{1119,701} \text{ Ft}^3$$

VOLUME RUANG PALKA II (DENGAN ISOLASI)												= 120 mm		
WL	Frame 15-19											X	FS	X*FS
	15		16		17		18		19					
	L	I	L	4	L	2	L	4	L	I				
1	0,90	0,90	0,64	2,56	0,32	0,64	-	-	-	-	4,10	1	4,10	
2	1,34	1,34	1,04	4,16	0,63	1,26	0,18	0,72	-	-	7,48	4	29,92	
3	1,56	1,56	1,30	5,20	0,86	1,72	0,36	1,44	-	-	9,92	2	19,84	
4	1,66	1,66	1,44	5,76	1,01	2,02	0,50	2,00	0,00	0,00	11,44	4	45,76	
5	1,71	1,71	1,52	6,08	1,13	2,26	0,64	2,56	0,13	0,13	12,74	2	25,48	
6	1,74	1,74	1,57	6,28	1,22	2,44	0,76	3,04	0,26	0,26	13,76	4	55,04	
7	1,78	1,78	1,61	6,44	1,28	2,56	0,85	3,40	0,37	0,37	14,55	2	29,10	
8	1,81	1,81	1,66	6,64	1,34	2,68	0,92	3,68	0,46	0,46	15,27	4	61,08	
9	1,84	1,84	1,70	6,80	1,39	2,78	0,99	3,96	0,54	0,54	15,92	2	31,84	
10	1,87	1,87	1,75	7,00	1,45	2,90	1,05	4,20	0,61	0,61	16,58	4	66,32	
11	1,91	1,91	1,79	7,16	1,50	3,00	1,12	4,48	0,69	0,69	17,24	2	34,48	
12	1,95	1,95	1,84	7,36	1,56	3,12	1,18	4,72	0,76	0,76	17,91	4	71,64	
13	1,98	1,98	1,88	7,52	1,61	3,22	1,24	4,96	0,83	0,83	18,51	2	37,02	
14	-	-	-	-	1,66	3,32	1,31	5,24	0,91	0,91	9,47	4	37,88	
15	-	-	-	-	-	-	-	-	0,97	0,97	0,97	1	0,97	
												$\Sigma X*FS$	<b>550,47</b>	

P = Jarak antar frame = 0,9 m

T = Jarak antar WL = 0,2 m

Jadi Volume Ruang Palka II =  $2*(P/3)*(T/3)*\Sigma X*FS$

$$= \boxed{22,019} \text{ m}^3 = \boxed{777,587} \text{ Ft}^3$$

VOLUME RUANG PALKAL (DENGAN ISOLASI)											= 150 mm		
WL	Frame 11-15										X	FS	X*FS
	11		12		13		14		15				
	L	I	L	4	L	2	L	4	L	I			
1	1,29	1,29	1,31	5,24	1,21	2,42	1,10	4,40	0,87	0,87	14,22	1	14,22
2	1,66	1,66	1,67	6,68	1,58	3,16	1,48	5,92	1,31	1,31	18,73	4	74,92
3	1,84	1,84	1,85	7,40	1,76	3,52	1,66	6,64	1,53	1,53	20,93	2	41,86
4	1,91	1,91	1,92	7,68	1,83	3,66	1,75	7,00	1,63	1,63	21,88	4	87,52
5	1,95	1,95	1,95	7,80	1,87	3,74	1,79	7,16	1,68	1,68	22,33	2	44,66
6	1,98	1,98	1,97	7,88	1,91	3,82	1,83	7,32	1,71	1,71	22,71	4	90,84
7	2,00	2,00	2,00	8,00	1,93	3,86	1,85	7,40	1,75	1,75	23,01	2	46,02
8	2,01	2,01	2,01	8,04	1,95	3,90	1,88	7,52	1,78	1,78	23,25	4	93,00
9	2,02	2,02	2,02	8,08	1,97	3,94	1,90	7,60	1,81	1,81	23,45	2	46,90
10	2,03	2,03	2,02	8,08	1,98	3,96	1,93	7,72	1,84	1,84	23,63	4	94,52
11	2,03	2,03	2,02	8,08	2,00	4,00	1,96	7,84	1,88	1,88	23,83	2	47,66
12	2,03	2,03	2,02	8,08	2,02	4,04	1,98	7,92	1,92	1,92	23,99	4	95,96
13	-	-	-	-	-	-	-	-	1,95	1,95	1,95	1	1,95
											$\Sigma X*FS$		<b>780,03</b>

P = Jarak antar frame = 0,9 m

T = Jarak antar WL = 0,2 m

Jadi Volume Ruang Palka I =  $2*(P/3)*(T/3)*\Sigma X*FS$

$$= \boxed{31,201} \text{ m}^3 = \boxed{1101,860} \text{ FT}^3$$

VOLUME RUANG PALKAL II (DENGAN ISOLASI)											= 150 mm		
WL	Frame 15-19										X	FS	X*FS
	15		16		17		18		19				
	L	I	L	4	L	2	L	4	L	I			
1	0,87	0,87	0,61	2,44	0,29	0,58	-	-	-	-	3,89	1	3,89
2	1,31	1,31	1,01	4,04	0,60	1,20	0,15	0,60	-	-	7,15	4	28,60
3	1,53	1,53	1,27	5,08	0,83	1,66	0,33	1,32	-	-	9,59	2	19,18
4	1,63	1,63	1,41	5,64	0,98	1,96	0,47	1,88	-	-	11,11	4	44,44
5	1,68	1,68	1,49	5,96	1,10	2,20	0,61	2,44	0,10	0,10	12,38	2	24,76
6	1,71	1,71	1,54	6,16	1,19	2,38	0,73	2,92	0,23	0,23	13,40	4	53,60
7	1,75	1,75	1,58	6,32	1,25	2,50	0,82	3,28	0,34	0,34	14,19	2	28,38
8	1,78	1,78	1,63	6,52	1,31	2,62	0,89	3,56	0,43	0,43	14,91	4	59,64
9	1,81	1,81	1,67	6,68	1,36	2,72	0,96	3,84	0,51	0,51	15,56	2	31,12
10	1,84	1,84	1,72	6,88	1,42	2,84	1,02	4,08	0,58	0,58	16,22	4	64,88
11	1,88	1,88	1,76	7,04	1,47	2,94	1,09	4,36	0,66	0,66	16,88	2	33,76
12	1,92	1,92	1,81	7,24	1,53	3,06	1,15	4,60	0,73	0,73	17,55	4	70,20
13	1,95	1,95	1,85	7,40	1,58	3,16	1,21	4,84	0,80	0,80	18,15	2	36,30
14	-	-	-	-	1,63	3,26	1,28	5,12	0,88	0,88	9,26	4	37,04
15	-	-	-	-	-	-	-	-	0,94	0,94	0,94	1	0,94
											$\Sigma X*FS$		<b>536,73</b>

P = Jarak antar frame = 0,9 m

T = Jarak antar WL = 0,2 m

Jadi Volume Ruang Palka II =  $2*(P/3)*(T/3)*\Sigma X*FS$

$$= \boxed{21,469} \text{ m}^3 = \boxed{758,178} \text{ FT}^3$$



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**LAMPIRAN 4**  
**TABEL PERHITUNGAN LUAS**  
**TIAP DINDING RUANG PALKA**

### Menghitung Luas Tiap-Tiap Dinding

Dinding Belakang R. Palka I (Frame 11)

NO	Jarak Setengan Lebar (X)									
	Tebal isolasi 40 mm			Tebal isolasi 80 mm			Tebal isolasi 120 mm			
	X	FS	X*FS	X	FS	X*FS	X	FS	X*FS	
1	1,40	1	1,4	1,36	1	1,36	1,32	1	1,32	
2	1,77	4	7,08	1,73	4	6,92	1,69	4	6,76	
3	1,95	2	3,9	1,91	2	3,82	1,87	2	3,74	
4	2,02	4	8,08	1,98	4	7,92	1,94	4	7,76	
5	2,06	2	4,12	2,02	2	4,04	1,98	2	3,96	
6	2,09	4	8,36	2,05	4	8,2	2,01	4	8,04	
7	2,11	2	4,22	2,07	2	4,14	2,03	2	4,06	
8	2,12	4	8,48	2,08	4	8,32	2,04	4	8,16	
9	2,13	2	4,26	2,09	2	4,18	2,05	2	4,1	
10	2,14	4	8,56	2,1	4	8,4	2,06	4	8,24	
11	2,14	2	4,28	2,1	2	4,2	2,06	2	4,12	
12	2,14	4	8,56	2,1	4	8,4	2,06	4	8,24	
13	-	1	-	-	1	-	-	1	-	
$\Sigma X*FS$			71,3				69,9			
LUAS			9,51				9,32			

Atap R. Palka I (Frame 11-15)

NO	Jarak Setengan Lebar (X)									
	Tebal isolasi 40 mm			Tebal isolasi 80 mm			Tebal isolasi 120 mm			
	X	FS	X*FS	X	FS	X*FS	X	FS	X*FS	
1	2,14	1	2,14	2,10	1	2,1	2,06	1	2,06	
2	2,13	4	8,52	2,09	4	8,36	2,05	4	8,2	
3	2,13	2	4,26	2,09	2	4,18	2,05	2	4,1	
4	2,09	4	8,36	2,05	4	8,2	2,01	4	8,04	
5	2,06	1	2,06	2,02	1	2,02	1,98	1	1,98	
$\Sigma X*FS$			25,34				24,86			
LUAS			15,20				14,92			

Lantai R. Palka I (Frame 11-19)

NO	Jarak Setengan Lebar (X)									
	Tebal isolasi 40 mm			Tebal isolasi 80 mm			Tebal isolasi 120 mm			
	X	FS	X*FS	X	FS	X*FS	X	FS	X*FS	
1	1,4	1	1,4	1,36	1	1,36	1,32	1	1,32	
2	1,42	4	5,68	1,38	4	5,52	1,34	4	5,36	
3	1,32	2	2,64	1,28	2	2,56	1,24	2	2,48	
4	1,21	4	4,84	1,17	4	4,68	1,13	4	4,52	
5	0,98	1	0,98	0,94	1	0,94	0,9	1	0,9	
$\Sigma X*FS$			15,54				15,06			
LUAS			9,32				9,04			

Dinding Kanan & Kiri R. Palka I (Frame 11-15)

NO	Tebal isolasi 40 mm			Tebal isolasi 80 mm			Tebal isolasi 120 mm		
	p	t	Luas	p	t	Luas	p	t	Luas
1	3,62	1,96	7,10	3,62	1,87	6,77	3,62	1,8	6,52

Selat R.Palka I &amp; II (Frame 15)

NO	Jarak Setengan Lebar (X)								
	Tebal isolasi 40 mm			Tebal isolasi 80 mm			Tebal isolasi 120 mm		
	X	FS	X*FS	X	FS	X*FS	X	FS	X*FS
1	0,98	1	0,98	0,94	1	0,94	0,90	1	0,9
2	1,42	4	5,68	1,38	4	5,52	1,34	4	5,36
3	1,64	2	3,28	1,6	2	3,2	1,56	2	3,12
4	1,74	4	6,96	1,7	4	6,8	1,66	4	6,64
5	1,79	2	3,58	1,75	2	3,5	1,71	2	3,42
6	1,82	4	7,28	1,78	4	7,12	1,74	4	6,96
7	1,86	2	3,72	1,82	2	3,64	1,78	2	3,56
8	1,89	4	7,56	1,85	4	7,4	1,81	4	7,24
9	1,92	2	3,84	1,88	2	3,76	1,84	2	3,68
10	1,95	4	7,8	1,91	4	7,64	1,87	4	7,48
11	1,99	2	3,98	1,95	2	3,9	1,91	2	3,82
12	2,03	4	8,12	1,99	4	7,96	1,95	4	7,8
13	2,06	1	2,06	2,02	1	2,02	1,98	1	1,98
	$\Sigma X*FS$		<b>64,84</b>			<b>63,4</b>			<b>61,96</b>
	LUAS		<b>8,65</b>			<b>8,45</b>			<b>8,26</b>

Dinding Depan R.Palka II (Frame 19)

NO	Jarak Setengan Lebar (X)								
	Tebal isolasi 40 mm			Tebal isolasi 80 mm			Tebal isolasi 120 mm		
	X	FS	X*FS	X	FS	X*FS	X	FS	X*FS
1	0,21	1	0,21	0,17	1	0,17	0,13	1	0,13
2	0,34	4	1,36	0,30	4	1,2	0,26	4	1,04
3	0,45	2	0,9	0,41	2	0,82	0,37	2	0,74
4	0,54	4	2,16	0,50	4	2	0,46	4	1,84
5	0,62	2	1,24	0,58	2	1,16	0,54	2	1,08
6	0,69	4	2,76	0,65	4	2,6	0,61	4	2,44
7	0,77	2	1,54	0,73	2	1,46	0,69	2	1,38
8	0,84	4	3,36	0,80	4	3,2	0,76	4	3,04
9	0,91	2	1,82	0,87	2	1,74	0,83	2	1,66
10	0,99	4	3,96	0,95	4	3,8	0,91	4	3,64
11	1,05	2	2,1	1,01	2	2,02	0,97	1	0,97
	$\Sigma X*FS$		<b>21,41</b>			<b>20,17</b>			<b>17,96</b>
	LUAS		<b>2,85</b>			<b>2,69</b>			<b>2,39</b>

Atap R.Palka II (Frame 15-19)

NO	Jarak Setengan Lebar (X)								
	Tebal isolasi 40 mm			Tebal isolasi 80 mm			Tebal isolasi 120 mm		
	X	FS	X*FS	X	FS	X*FS	X	FS	X*FS
1	2,06	1	2,06	2,02	1	2,02	1,98	1	1,98
2	1,96	4	7,84	1,92	4	7,68	1,88	4	7,52
3	1,74	2	3,48	1,7	2	3,4	1,66	2	3,32
4	1,39	4	5,56	1,35	4	5,4	1,31	4	5,24
5	1,05	1	1,05	1,01	1	1,01	0,97	1	0,97
	$\Sigma X*FS$		<b>19,99</b>			<b>19,51</b>			<b>19,03</b>
	LUAS		<b>11,99</b>			<b>11,71</b>			<b>11,42</b>

Lantai R. Palko II (Frame 15-19)

Lantai R. Palko II (Frame 15-19)										
Jarak Setangan Lebar (X)										
NO	Tebal isolasi 40 mm			Tebal isolasi 80 mm			Tebal isolasi 120 mm			
	X	FS	X*FS	X	FS	X*FS	X	FS	X*FS	
1	0,98	1	0,98	0,94	1	0,94	0,9	1	0,9	
2	0,72	4	2,88	0,68	4	2,72	0,64	4	2,56	
3	0,4	2	0,8	0,36	2	0,72	0,32	2	0,64	
4	0,06	4	0,24	0,02	4	0,08	0,02	4	0,08	
5	0,03	1	0,03	0,01	1	0,01	0,01	1	0,01	
Σ X*FS			4,93				4,47			
LUAS			2,96				2,68			

Dinding Kanan &amp; Kiri R. Palko II (Frame 15-19)

Dinding Kanan & Kiri R. Palko II (Frame 15-19)									
NO	Tebal isolasi 40 mm			Tebal isolasi 80 mm			Tebal isolasi 120 mm		
	p	t	Luas	p	t	Luas	p	t	Luas
1	3,62	2,23	8,07	3,62	2,15	7,78	3,62	2,08	7,53



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**LAMPIRAN 5**  
**DATA SPESIFIKASI EVAPORATOR**



# Specification KS

## Selection Data

Model	Capacity KW 8k DT1 (standard condition SC2)				Air Volume (m <sup>3</sup> /s)	COIL DATA						
	R404A	R507A	R134a	R407C		Total Surface area	Int volume	approx ref charge	Connections		approx dry weight kg	
						m <sup>2</sup> /s	m <sup>3</sup>	kg	INLET	OUTLET		
4mm	KS10-4	1.67	1.61	1.52	2.26	0.28	9.96	1.44	0.5	1/2"	1/2"	34
	KS15-4	2.04	1.97	1.86	2.75	0.28	9.96	1.92	0.6	1/2"	1/2"	36
	KS20-4	2.66	2.58	2.42	3.59	0.40	11.20	2.11	0.7	1/2"	5/8"	37
	KS25-4	3.44	3.33	3.13	4.64	0.38	20.54	3.74	1.2	1/2"	5/8"	45
	KS35-4	5.16	5.00	4.70	6.97	0.78	21.16	5.65	1.2	1/2"	7/8"	56
	KS40-4	6.04	5.65	5.50	8.16	0.70	31.74	5.47	1.8	1/2"	7/8"	61
	KS45-4	6.56	6.36	5.97	8.86	0.74	37.34	6.34	2.0	1/2"	7/8"	69
	KS55-4	8.95	8.39	7.87	11.68	1.24	37.34	6.14	2.0	1/2"	7/8"	83
6mm	KS70-4	9.90	9.60	9.01	13.37	1.11	56.02	9.22	3.0	5/8"	1 1/8"	96
	KS10-6	1.36	1.30	1.25	1.82	0.30	6.82	1.44	0.5	1/2"	1/2"	34
	KS15-6	1.71	1.65	1.56	2.31	0.30	6.82	1.92	0.6	1/2"	1/2"	34
	KS20-6	2.19	2.12	1.99	2.96	0.42	7.68	2.11	0.7	1/2"	5/8"	36
	KS25-6	3.05	2.98	2.80	4.16	0.42	14.07	3.74	1.2	1/2"	5/8"	44
	KS35-6	4.38	4.24	3.96	5.91	0.84	14.50	3.65	1.2	1/2"	7/8"	55
	KS40-6	5.42	5.25	4.93	7.32	0.78	21.75	5.47	1.8	1/2"	7/8"	60
	KS45-6	5.89	5.71	5.36	7.95	0.82	25.58	6.34	2.0	1/2"	7/8"	68
8mm	KS55-6	7.14	6.95	6.50	9.64	1.32	25.58	6.14	2.0	1/2"	7/8"	82
	KS70-6	8.75	8.48	7.96	11.81	1.23	38.38	9.22	3.0	1/2"	1 1/8"	93
	KS10-8	1.20	1.16	1.09	1.62	0.31	5.25	1.44	0.5	1/2"	1/2"	34
	KS15-8	1.58	1.51	1.42	2.11	0.31	5.25	1.92	0.6	1/2"	1/2"	34
	KS20-8	1.98	1.92	1.80	2.67	0.44	5.90	2.11	0.7	1/2"	5/8"	36
	KS25-8	2.86	2.77	2.60	3.86	0.44	10.82	3.74	1.2	1/2"	5/8"	44
	KS35-8	3.91	3.79	3.56	5.28	0.88	11.15	3.65	1.2	1/2"	7/8"	55
	KS40-8	4.95	4.80	4.50	6.66	0.82	16.73	5.47	1.8	1/2"	7/8"	60
KS45-8	5.42	5.25	4.93	7.32	0.86	19.68	6.34	2.0	1/2"	7/8"	68	
	KS55-8	6.48	6.28	5.89	8.72	1.38	19.68	6.14	2.0	1/2"	7/8"	82
	KS70-8	8.13	7.88	7.40	10.98	1.30	29.52	9.22	3.0	1/2"	1 1/8"	93

Model	Fan and motor specifications										Electric Data							
	No of Fans	Diameter		Air Throw			Noise Level	Motor speed	230V-1ph-50Hz			230V-1ph (400-3ph)			400V-3ph			
		Inch Nominal	mm	rpm	4mm	8mm			dB(A)	W	FLC Amps Per Fan	SC Amps Per fan	Standard			Balanced 3 phase		
													Coil kW	Plan kW	Total W	Coil kW	Plan kW	Total W
G10	1	12	305	1400	10	12	53	70	106	0.81	1.26	0.575	0.575	1.150	-	-	-	
G15	1	12	305	1400	10	12	53	70	106	0.81	1.83	0.575	0.575	1.150	-	-	-	
G20	1	12	310	1400	15	16	53	70	180	0.81	1.85	0.650	0.650	1.300	-	-	-	
G25	1	12	310	1400	14	16	53	70	166	0.81	1.85	0.790	0.790	1.580	-	-	-	
G35	2	12	310	1400	15	16	56	70	320	0.81	1.85	1.210	1.210	2.420	1.210	2.420	3.630	
G40	2	12	310	1400	13	15	56	70	320	0.81	1.85	1.210	1.210	2.420	1.210	2.420	3.630	
G45	3	12	310	1400	14	16	56	70	320	0.81	1.85	1.425	1.425	2.850	1.425	2.850	4.275	
G55	3	12	310	1400	15	17	58	70	490	0.81	1.85	2.135	2.135	4.270	2.135	4.270	6.405	
G70	3	12	310	1400	14	16	58	70	480	0.81	1.85	2.135	2.135	4.270	2.135	4.270	6.405	

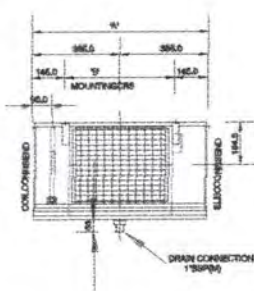


# Dimensions KS

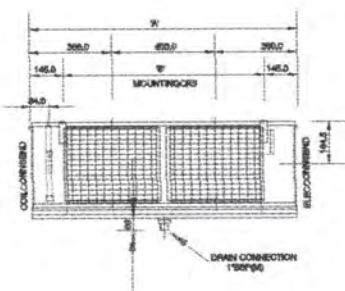
KS10  
KS15



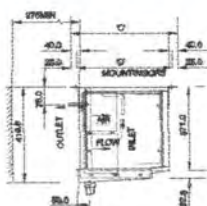
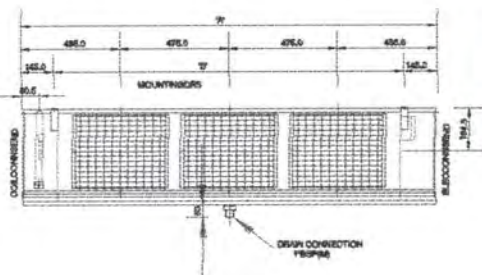
KS20  
KS25



KS35  
KS40  
KS45



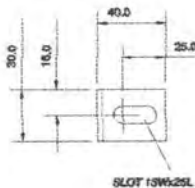
KS55  
KS70



KS10  
KS15  
KS20(6,8FPI)



SUPPORT BRACKET DETAIL



MODEL	A	B	C	D
KS10	720	430	467	417
KS15	720	430	467	417
KS20	770	480	467	417
KS25	870	580	542	492
KS35	1170	880	467	417
KS40	1170	880	542	492
KS45	1320	1030	542	492
KS55	1820	1530	467	417
KS70	1820	1530	542	492

(All dimensions in mm)



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

## LAMPIRAN 6 DATA SPESIFIKASI KOMPRESOR

# R22 (R502, R12, R717 / NH<sub>3</sub>)<sup>1</sup>

## Refrigerating capacity in Watt

based on a 25°C suction gas temperature, without liquid subcooling, motor speed = 1450 min<sup>-1</sup>

Compressor type	Motor power P (kW)	Displacement m <sup>3</sup> /h	Necessary driving motor			Cond. temp.			Evaporating temperature °C			Medium range (°C)			Low temperature refrigeration range (°C)						
			kW	M	L	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C		
AK-2T	S 190	15.7	4	3	4	1820	1740	1580	1260	1680	870	790	560	420	320	230	160				
			4	4	3	56	1690	1520	1360	1160	860	750	630	420	300	200	160				
	S 210	17.5	4	4	4	2220	1870	1710	1420	1170	930	790	680	470	340	250	170				
			5.5	4	3	50	1830	1670	1520	1260	1030	840	690	520	390	290	200				
	S 230	19.8	k <sup>2</sup>	5.5	4	3	46	2340	2060	1830	1560	1290	1050	860	680	510	390	280	190		
5.5				5.5	4	50	2010	1840	1680	1390	1140	920	770	670	480	350	250				
S 250	21.5	k <sup>2</sup>	5.5	5.5	4	40	2480	2260	2040	1710	1440	1150	960	730	560	420	310	210			
			5.5	5.5	4	50	2200	2050	1840	1520	1250	1010	820	610	460	330	240				
AK-2N	S 190	22.5	5.5	5.5	4	46	2540	2320	2130	1790	1480	1210	980	760	620	470	350	250			
			7.5	5.5	4	50	2290	2100	1920	1610	1300	1090	880	690	540	410	280				
	S 210	25.0	7.5	5.5	4	46	2760	2560	2350	1970	1620	1350	1120	880	740	570	430	310			
			7.5	7.5	5.5	50	2510	2310	2120	1770	1460	1190	960	760	610	450	320				
	S 230	28.0	k <sup>2</sup>	7.5	7.5	5.5	46	3080	2830	2600	2170	1790	1470	1190	950	750	590	430	310		
7.5				7.5	5.5	50	2770	2550	2330	1950	1640	1360	1140	900	700	550	400				
S 250	31.0	k <sup>2</sup>	7.5	7.5	5.5	40	3370	3060	2830	2370	1980	1640	1340	1040	820	630	470	330			
			11	7.5	5.5	50	3030	2750	2500	2130	1760	1440	1160	920	720	540	400				
AK-4T	S 190	31.8	7.5	7.5	5.5	40	3770	3470	3230	2690	2140	1740	1430	1140	890	670	490	320			
			11	7.5	5.5	50	3430	3070	2790	2310	1890	1520	1220	950	750	570	420				
	S 210	35.1	7.5	7.5	5.5	40	4090	3790	3490	2870	2320	1910	1540	1210	940	710	510	350			
			11	7.5	5.5	50	3690	3360	3060	2530	2080	1680	1340	1040	830	620	450				
	S 230	39.3	k <sup>2</sup>	11	7.5	5.5	40	4550	4100	3730	3140	2590	2100	1690	1340	1040	800	570	390		
11				7.5	5.5	50	4040	3650	3350	2750	2260	1850	1470	1140	890	670	490				
AK-4P	S 190	37.8	11	7.5	40	4270	3920	3600	3090	2490	2040	1640	1300	1040	800	590	420	310			
			11	7.5	5.5	50	3880	3540	3250	2740	2240	1830	1450	1140	890	670	500				
	S 210	42.0	11	7.5	40	4720	4310	3960	3390	2740	2250	1820	1460	1160	910	680	490	340			
			15	7.5	5.5	40	4290	3940	3590	2970	2450	2010	1600	1290	1030	780	570	420			
	S 230	47.1	k <sup>2</sup>	15	7.5	5.5	40	5180	4750	4390	3640	3090	2490	2090	1690	1340	1040	790	570	420	
15				7.5	5.5	50	4670	4290	3930	3280	2710	2220	1790	1420	1120	870	660				
AK-4N	S 190	40.1	11	7.5	40	5040	4610	4280	3580	2970	2440	1980	1540	1240	970	740	530				
			15	7.5	5.5	50	4590	4210	3840	3220	2670	2180	1760	1400	1090	820	590				
	S 210	50.1	15	7.5	40	5070	4640	4310	3600	3000	2470	2000	1570	1240	970	740	530				
			15	7.5	5.5	50	4540	4160	3790	3170	2620	2130	1710	1400	1090	820	590				
	S 230	56.1	k <sup>2</sup>	15	7.5	40	5170	4740	4410	3700	3090	2560	2090	1660	1330	1060	810	570			
15				7.5	5.5	50	4650	4270	3900	3280	2730	2240	1820	1450	1140	890	660				
AK-4H	S 230	73.8	k <sup>2</sup>	18.5	15	15	48	8450	7750	7100	5910	4890	3960	3210	2580	1970	1490	1090	740		
				22	18.5	15	50	7500	7010	6410	5330	4360	3560	2890	2320	1720	1260	900			
AK-4G	S 230	84.5	k <sup>2</sup>	22	18.5	15	40	9700	8950	8170	6800	5620	4560	3760	3040	2450	1850	1370	970		
				22	18.5	50	8840	8100	7400	6150	5060	4150	3350	2680	2080	1510	1090				
AK-6H	S 230	110.5	k <sup>2</sup>	30	22	18.5	40	12690	11640	10650	8860	7330	5960	4820	3820	2970	2240	1640	1120		
				30	30	22	50	11490	10380	9630	8000	6590	5240	4270	3390	2570	1920	1390			
AK-6G	S 230	128.8	k <sup>2</sup>	36	30	22	40	14600	13490	12260	10240	8430	6990	5690	4450	3490	2690	1970	1390		
				37	36	30	50	13260	12150	11100	9230	7590	6180	4950	3950	3040	2270	1640			
AK-6F	S 230	151.6	k <sup>2</sup>	37	37	30	40	17290	15870	14540	12140	10020	8240	6670	5340	4170	3070	2300	1690		
				43	37	30	50	15710	14430	13190	11000	9180	7420	5990	4750	3590	2610	1900			

<sup>1</sup> Additional cooling or heating capacity gas temperature (see application links)

<sup>2</sup> Additional cooling + suction gas temp. = max. 20 °K

<sup>3</sup> Direct drive with 1450 rpm (50/60 Hz)

Conversion factors:  
Tons = Watt / 3516.6

1 Watt = 0.86 kcal/h  
1 kcal/h = 1.163 Watt

1 Watt = 3.41 Btu/h  
1 Btu/h = 0.293 Watt

1 kW = 1.36 PS  
1 PS = 0.736 kW

<sup>4</sup> Performance data on other gases on request



leistung in Watt  
gen auf 20°C Sauggastemperatur,  
Flüssigkeits-Unterkühlung,  
drehzahl = 1450 min<sup>-1</sup>

Cooling capacity in Watt  
based on a 20°C suction gas temper-  
ature, without liquid subcooling,  
motor speed = 1450 rpm

Puissance frigorifique en Watt  
se référant à une température de gaz aspiré  
de 20°C, sans sous-refroidissement de  
liquide, moteur = 1450 min<sup>-1</sup>

Typ	Motor- scheibe Ø	Hub- Volumen l	Erforderlicher Antriebsmotor		Verf. Temp. °C	Kälteleistung Cooling capacity Puissance frigorifique											
			Necessary driving motor	Cond. temp. °C		N						T					
						Verdampfungstemperatur °C		Evaporating temperature °C		Température d'évaporation °C							
			N	T	°C	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45			
pressor	Motor pulley Ø	Displace- ment	N	T	°C	840	530	430	340	260	205	150	110	75 *			
						575	465	380	295	225	175	130 *	85 *	60 *			
						520	425	340	265	205 *	155 *	110 *	75 *				
pressueur	Poulie du moteur Ø mm	Volume balayé m <sup>3</sup> /h	N	T	°C	825	690	550	440	340	265	200	140	90 *			
						745	605	490	385	290	225	160 *	110 *	75 *			
						675	545	440	340	260 *	200 *	145 *	100 *				
70	0,96	0,25	0,18	30	30	1010	835	680	540	420	325	245	175	115 *			
						910	740	590	470	355	270	200 *	140 *	85 *			
						670	540	425	325 *	245 *	180 *	120 *					
90	1,24	0,37	0,25	30	40	990	800	640	495	385	285	205	135 *				
						740	600	470	355	270	200 *	140 *	85 *				
						670	540	425	325 *	245 *	180 *	120 *					
110	1,52	0,37	0,37	30	40	1130	935	755	605	470	365	270	190	130 *			
						1020	825	670	530	400	310	230 *	155 *	100 *			
						925	750	605	475	360 *	270 *	200 *	140 *				
90	2,20	0,55	0,37	30	40	1470	1210	980	785	605	470	350	250	170 *			
						1320	1070	860	680	520	395	290 *	200 *	130 *			
						1200	970	780	615	465 *	355 *	260 *	180 *				
110	2,70	0,55	0,55	30	40	1800	1480	1200	960	745	575	430	310 *	210 *			
						1310	1060	835	635	490	355 *	245 *	155 *				
						960	755	575 *	440 *	320 *	220 *						
120	2,92	0,55	0,55	30	40	1610	1300	1040	800	630	465	330	220 *				
						1150	905	709	530	385 *	265 *	175 *					
						815	620 *	475 *	350 *	240 *							
90	2,26	0,55	0,55	30	40	1510	1240	1010	800	620	480	360	255	175 *			
						1360	1100	885	700	530	405	295 *	205 *	135 *			
						1230	1000	800	635	480 *	365 *	265 *	185 *				
110	2,78	0,75	0,55	30	40	1860	1530	1240	990	770	590	440	320	215 *			
						1670	1360	1090	860	655	500	365 *	255 *	160 *			
						1510	1230	990	780	590 *	455 *	330 *	225 *				
130	3,28	0,75	0,55	30	40	2190	1800	1470	1170	900	705	520	375	250 *			
						1970	1600	1290	1020	770	590	430 *	295 *	190 *			
						1790	1450	1170	920	705 *	535 *	390 *	270 *				
150	3,80	1,1	0,75	30	40	2540	2090	1700	1360	1050	815	605	435	290 *			
						2280	1850	1490	1180	895	685	500 *	350 *	225 *			
						1690	1350	1060	815 *	615 *	450 *	315 *					
180	4,52	1,1	0,75	30	40	2480	2020	1610	1240	970	720	520	350 *				
						1770	1400	1060	820	590 *	410 *	265 *					
						1260	965 *	740 *	540 *	370 *							
90	4,70	1,1	1,1	30	30	3210	2630	2140	1710	1320	1030	770	550	370 *			
						2870	2340	1890	1490	1140	880	640 *	450 *	290 *			
						2610	2120	1700	1340	1040 *	790 *	580 *	405 *				
110	5,79	1,5	1,1	30	40	3950	3250	2630	2110	1630	1270	955	680	460 *			
						3540	2880	2330	1830	1400	1080	790 *	550 *	360 *			
						3200	2610	2100	1660	1270 *	970 *	715 *	500 *				
130	6,83	2,2	1,5	30	40	4660	3830	3110	2480	1920	1490	1120	800	540 *			
						4180	3410	2750	2160	1660	1270	930 *	650 *	425 *			
						3790	3080	2480	1950	1510 *	1150 *	840 *	585 *				
150	7,90	2,2	1,5	30	40	5400	4430	3590	2870	2220	1730	1300	930	620 *			
						3940	3180	2500	1910	1480	1080 *	750 *	490 *				
						2870	2260	1740 *	1330 *	975 *	680 *						
180	9,42	2,2	1,5	30	40	4290	3430	2850	2060	1550	1110	745 *					
						2980	2290	1760	1290 *	985 *	695 *	495 *					
						2700	2080 *	1590 *	1160 *	815 *							

Normal-  
kühl-Bereich

N: Medium temperature refrigeration range  
T: Low temperature refrigeration range

N: Réfrigération à moyenne températures  
T: Réfrigération à basses températures

**Kälteleistung in Watt**

 bezogen auf 20°C Sauggastemperatur,  
 ohne Flüssigkeits-Unterkühlung,  
 Motordrehzahl = 1450 min<sup>-1</sup>
**Cooling capacity in Watt**

 based on a 20°C suction gas temper-  
 ature, without liquid subcooling,  
 motor speed = 1450 rpm

**Puissance frigorifique en Watt**

 se référant à une température de gaz aspiré  
 de 20°C, sans sous-refroidissement de  
 liquide, moteur = 1450 min<sup>-1</sup>

Verdichter Typ	Motor- scheibe Ø	Hub- Volumen ø	Erforderlicher Antriebsmotor		Vert. Temp. °C	Kälteleistung Cooling capacity Puissance frigorifique									
			Necessary driving motor kW	T		N			T			T			
						Verdampfungstemperatur °C			Evaporating temperature °C			Température d'évaporation °C			
Compressor type	Motor pulley ø	Displace- ment m³/min	N	T	°C	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	
Compressur type	Paulette du moteur ø mm	Voluma balayé m³/min	N	T	°C	[Watt]									
<b>IV</b>															
	110	8,34	2,2	1,5	30	5680	4670	3790	3030	2350	1830	1370	980	660 *	
			2,2	1,5	40	5100	4160	3360	2640	2020	1560	1130 *	790 *	520 *	
			3	2,2	50	4580	3760	3030	2380	1840 *	1400 *	1030 *	720 *		
	130	9,85	3	2,2	1,5	30	6720	5520	4480	3580	2770	2160	1620	1160	780 *
				3	2,2	40	6020	4910	3970	3120	2390	1840	1340 *	935 *	610 *
				3	2,2	50	5450	4440	3580	2810	2170 *	1660 *	1220 *	850 *	
	150	11,34	3	2,2	30	7750	6350	5160	4120	3190	2480	1870	1330	895 *	
				3	2,2	40	6930	5660	4570	3590	2750	2120	1550 *	1080 *	705 *
				3	2,2	50	6310	5110	4120	3250	2500 *	1910 *	1400 *	975 *	
	180	13,33	3	2,2	30	7470	6070	5000	4840	3750	2920	2200	1560	1050 *	
				3	2,2	40	6650	5450	4480	4220	3230	2490	1810 *	1270 *	830 *
				3	2,2	50	6030	4830	3870	3820	2940 *	2250 *	1650 *	1150 *	
200	14,92	3	3	30	8110	6710	5520	4420	3490	2780	2170	1630	1190 *		
			3	3	40	7290	6090	5000	4720	3620	2790	2040 *	1420 *	930 *	
			3	3	50	6670	5470	4480	4270	3290 *	2510 *	1840 *	1290 *		
<b>V</b>															
	110	14,38	4	3	30	10050	8230	6710	5360	4160	3240	2440	1740	1180 *	
			4	3	40	9010	7350	5940	4670	3590	2770	2030 *	1420 *	950 *	
			4	3	50	8130	6610	5360	4200	3260 *	2490 *	1840 *	1280 *		
	130	16,95	4	3	30	11850	9700	7910	6320	4900	3820	2880	2050	1390 *	
				4	3	40	10620	8660	7000	5510	4230	3260	2390 *	1670 *	1120 *
				4	3	50	9580	7790	6320	4950	3840 *	2940 *	2170 *	1510 *	
	150	19,40	5,5	4	30	13570	1110	9050	7230	5610	4370	3290	2360	1590 *	
				4	40	12150	9920	8010	6300	4840	3730	2730 *	1910 *	1280 *	
				4	50	10970	8910	7220	5660	4400 *	3370 *	2480 *	1730 *		
	180	23,10	5,5	4	30	13210	10770	8610	6810	5680	4200	3920	2800	1900 *	
				4	40	11790	9540	7510	5710	4440	3260 *	2280 *	1520 *		
				4	50	10610	8540	6750	5240 *	4010 *	2950 *	2060 *			
200	25,96	5,5	4	30	14850	12110	9680	7490	5840	4410	3140	2130 *			
			4	40	13210	10710	8450	6480	4990	3650 *	2560 *	1710 *			
			4	50	12030	9710	7590	5900 *	4510 *	3320 *	2310 *				
220	28,61	5,5	5,5	30	15340	12340	9810	7610	5960	4480	3160	2150 *			
			5,5	40	13700	11040	8910	7140	5500	4030 *	2630 *	1880 *			
			5,5	50	12520	10040	8110	6510 *	4970 *	3660 *	2540 *				
<b>VIW</b>															
	110	27,66	7,5	5,5	30	19320	15830	12970	10320	7990	6230	4700	3350	2270 *	
			7,5	5,5	40	17330	14140	11430	9000	6900	5320	3900 *	2730 *	1820 *	
			7,5	5,5	50	15640	12710	10310	8070	6260 *	4800 *	3530 *	2460 *		
	130	31,93	11	7,5	5,5	30	22300	18270	14900	11910	9220	7190	5420	3870	2620 *
				7,5	5,5	40	20000	16320	13190	10390	7970	6140	4500 *	3150	2100 *
				7,5	5,5	50	18050	14670	11900	9320	7250 *	5540 *	4080 *	2840 *	
	150	37,00	11	7,5	30	25900	21150	17260	13790	10690	8330	6280	4460	3040 *	
				7,5	40	23200	18910	15280	12030	9230	7120	5210 *	3650 *	2440 *	
				7,5	50	16990	13780	10800	8390 *	6420 *	4730 *	3400 *			
	180	44,00	11	7,5	30	25200	20500	16410	12710	9910	7470	5348	3610 *		
				7,5	40	22100	18170	14310	10890	8470	6200 *	4340 *	2900 *		
				7,5	50	20240	16580	12840	9980 *	7630 *	5630 *	3920 *			
<b>VIIW</b>															
	130	42,00	11	7,5	30	29350	24000	19600	15650	12130	9460	7130	5090	3440 *	
			11	7,5	40	26300	21450	17340	13650	10480	8080	5920 *	4140 *	2760 *	
			11	7,5	50	23700	19290	15640	12280	9530 *	7290 *	5370 *	3740 *		
	150	48,40	11	7,5	30	34800	27700	22600	18040	13980	10900	8220	5870	3970 *	
				11	40	30300	24700	19990	15740	12080	9320	6830 *	4770 *	3190 *	
				11	50	22250	18030	14130	10980 *	8400 *	6190 *	4310 *			
	180	58,00	15	11	30	33200	27050	21600	16760	13068	9850	7040	4760 *		
				11	40	29950	23950	18860	14480	11170	8180 *	5720 *	3820 *		
				11	50	27690	22150	17690	13150 *	10060 *	7420 *	5160 *			

 Zusatzkühlung oder eingeschränkte  
 Sauggastemperatur (siehe Einsatzgrenzen)

 Additional cooling or limited suction gas  
 temperature (see application limits)

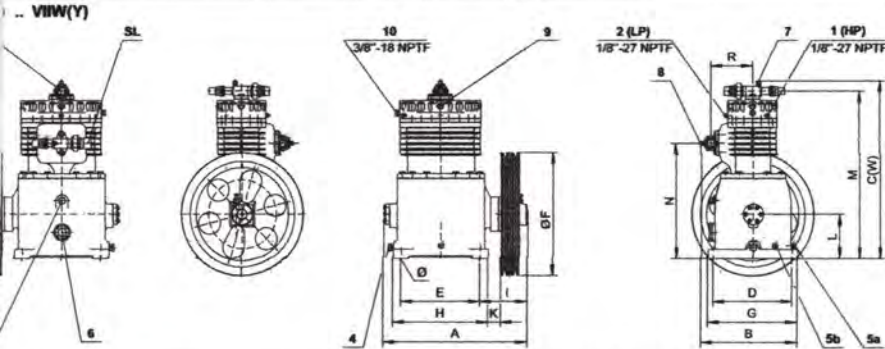
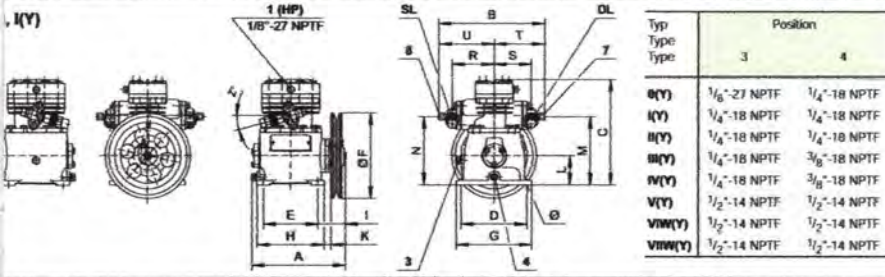
 Refroidissement additionnel ou température de  
 gaz aspiré réduite (voir limites d'application)

 \* Zusatzkühlung + max. Sauggasüberhitzung  
 ( $\Delta t_{\text{th}} = 20 \text{ K}$ )

 \* Additional cooling & suction superheat  
 (max 20 K)

 \* Refroidissement supplémentaire + surchauffe  
 à l'aspiration (max. 20 K)

Filter ressor ressour	Abmessungen in mm Dimensions in mm Dimensions en mm																			
	A	B	C	C(W)	D	E	aF	G	H	I	K	L	M	N	R	S	T	U	ø	Z*
		196	204	189	-	130	100	180	150	122	65	24	52	123	123	74	74	102	102	9
	198	224	223	-	140	115	180	160	142	59	14	62	147	147	89	79	107	117	9	15
	249	197	306	-	136	122	260	160	151	86	34	64	278	168	89	-	-	-	9	-
	249	219	341	346	176	130	260	200	164	85	30	78	313	195	90	-	-	-	9	-
	315	273	414	419	220	165	380	250	205	109	14	92	384	254	114	-	-	-	11	-
	403	305	515	517	250	210	450	290	255	143	35	112	481	313	123	-	-	-	13	-
V)	530	355	-	649	290	290	450	330	349	175	47	162	612	421	153	-	-	-	15	-
VY)	603	419	-	714	330	320	500	380	370	211	50	180	677	464	182	-	-	-	15	-



- |  |   |   |
|--|---|---|
| <p>Hochdruck-Anschluss (HP)<br/>Niederdruck-Anschluss (LP) (II(Y) .. V(Y))*<br/>Ölnefüllstopfen / Ölrückführung<br/>(von Ölabscheider)<br/>Ölabslass<br/>Ölumpfehrung (III(Y), IV(Y), VIW(Y), VIIW(Y))*<br/>Ölumpfehrung V(Y)*<br/>Schwings, alternativ Öl- und Gasausgleich<br/>(Parallelbetrieb)<br/>Manometer-Anschluss (HP)<br/>Manometer-Anschluss (LP)<br/>Kühlwasser-Anschluss IIVW(Y) .. VIW(Y)<br/>Druckentlastungs-Ventil VIIW(Y)*</p> | <p>1 High pressure connection (HP)<br/>2 Low pressure connection (LP) (II(Y) .. V(Y))*<br/>3 Oil fill plug / oil return (from oil separator)<br/>4 Oil drain<br/>5a Crankcase heater (III(Y), IV(Y), VIW(Y), VIIW(Y))*<br/>5b Crankcase heater V(Y)*<br/>6 Sight glass, alternative connection for oil and gas equalization (parallel operation)<br/>7 Pressure gauge connection (HP)<br/>8 Pressure gauge connection (LP)<br/>9 Cooling water connection IIVW(Y) .. VIW(Y)<br/>10 Pressure relief valve VIIW(Y)*</p> | <p>1 Raccord de haute pression (HP)<br/>2 Raccord de basse pression (LP) (II(Y) .. V(Y))*<br/>3 Bouchon pour le remplissage d'huile / retour d'huile (de séparateur d'huile)<br/>4 Vidange d'huile<br/>5a Résistance de carter (III(Y), IV(Y), VIW(Y), VIIW(Y))*<br/>5b Résistance de carter V(Y)*<br/>6 Voyant, alternatif raccord pour égalisation d'huile et de gaz (fonctionnement en parallèle)<br/>7 Raccord du manomètre (HP)<br/>8 Raccord du manomètre (LP)<br/>9 Raccord pour l'eau de refroidissement IIVW(Y) .. VIW(Y)<br/>10 Soupape de surpression VIIW(Y)*<br/>* sur demande</p> |
|--|---|---|

auf Wunsch

\* upon request

**Technische Daten**
**Technical data**
**Caractéristiques techniques**

Verdichter Typ	Motorflansschleibe	Verdichterdrehzahl bei Motordrehzahl 1450 min <sup>-1</sup>	Hubvolumen	Zahl	Zylinder Bohrung	Hub	Ölfüllung	Gewicht	Kältemittel Anzahl x Profil nach DIN 2215	SL Saugleitung mm Zoll	Anschlüsse DL Druckleitung mm Zoll	Kühlwasser Zoll
Compressor type	Motor pulley	Compressor speed with motor speed 1450 min <sup>-1</sup>	Displacement	Number	Cylinder Bore	Stroke	Oil charge	Weight	V-belts Number x Profile according to DIN 2215	SL Suction line mm inch	Connections DL Discharge line mm inch	Cooling water inch
Compresseur type	Poulie du moteur	Vitesse du compresseur à la vitesse du moteur de 1450 min <sup>-1</sup>	Volume balayé	Nombre	Cylindres Alésage	Course	Charge d'huile	Poids	Courroies Nombre x Profil selon DIN 2215	SL Conduite d'aspiration mm pouce	Raccords DL Conduite de refoulement mm pouce	Eau de refroidissement pouce
	ø mm	min <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> /h		ø mm	mm	dm <sup>3</sup>	kg <sup>Ⓓ</sup>		mm pouce	mm pouce	pouce
<b>0(Y)</b>	70 90 110 130	565 735 900 1060	0,96 1,24 1,52 1,80	2	30	20	0,35	10,5	1 x 13	10 L 3/8"	10 L 3/8"	-
<b>I(Y)</b>	70 90 110 120	565 735 900 975	1,70 2,20 2,70 2,92	2	35	26	0,4	13,5	1 x 13	12 L 1/2"	10 L 3/8"	-
<b>II(Y)</b>	90 110 130 150 180	500 615 725 840 1000	2,26 2,78 3,28 3,90 4,52	2	40	30	0,65	18	1 x 13	12 L 1/2"	12 L 1/2"	-
<b>III(Y)</b>	90 110 130 150 180	500 615 725 840 1000	4,70 5,79 6,83 7,90 9,42	2	50	40	0,9	22	1 x 13 (1 x 17) <sup>Ⓓ</sup>	16 L 5/8"	12 L 1/2"	G <sup>3/8</sup>
<b>IV(Y)</b>	110 130 150 180 200	425 495 570 670 750	8,45 9,85 11,34 13,33 14,92	2	65	50	1,5	45,5	2 x 17	22 L 7/8"	18 L 3/4"	G <sup>3/8</sup>
<b>V(Y)</b>	110 130 150 200 220	355 415 475 625 700	14,50 16,95 19,40 25,96 28,61	2	85	60	2,5	80,5	2 x 17	28 L 1 1/8"	22 L 7/8"	G <sup>1/2</sup>
<b>VIII(Y)</b>	110 130 150 180	355 410 475 565	27,66 31,93 37,00 44,00	2	105	75	5	156	3 x 17	35 L 1 3/8"	28 L 1 1/8"	G <sup>1/2</sup>
<b>VIII(Y)</b>	130 150 180	365 420 505	42,00 48,40 58,00 <sup>Ⓓ</sup>	2	120	85	6	223	4 x 17	42 L 1 5/8"	35 L 1 3/8"	G <sup>3/4</sup>

L = Lötanschluss

L = brazed connection

L = Raccord à braser

Verdichter Typ	Minimal-Drehzahl min <sup>-1</sup>	Maximal-Drehzahl min <sup>-1</sup>
Compressor type	Min. compressor speed rpm	Max. compressor speed rpm
Compresseur type	Min. Vitesse du compresseur min <sup>-1</sup>	Max. Vitesse du compresseur min <sup>-1</sup>
<b>0(Y)</b>	545	1060
<b>I(Y)</b>	465	975
<b>II(Y)</b>	485	1000
<b>III(Y)</b>	430	1000
<b>IV(Y)</b>	370	750
<b>V(Y)</b>	310	700
<b>VIII(Y)</b>	310	565
<b>VIII(Y)</b>	365	505

① mit wassergekühltem Zylinderkopf erhöht sich das Gewicht bei Typ IIW(Y) um 0,6 kg, bei Typ IWW(Y) um 0,8 kg und bei Typ V(Y) um 0,9 kg

① with water-cooled cylinder head increased weight: type IIW(Y) by 0,6 kg, type IWW(Y) by 0,8 kg and type V(Y) by 0,9 kg

① avec culasse à eau le poids s'augmente: type IIW(Y) de 0,6 kg, type IWW(Y) de 0,8 kg et type V(Y) de 0,9 kg

 ② Bei einem Hubvolumen > 50 m<sup>3</sup>/h ist ein Druckentlastungsventil erforderlich (gemäß VBG 20)

 ② With a displacement > 50 m<sup>3</sup>/h a pressure relief valve is necessary (according to VBG 20)

 ② Pour un volume balayé > 50 m<sup>3</sup>/h une soupape de surpression est nécessaire (conformément à VBG 20)

③ auf Wunsch

③ upon request

③ sur demande





**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

## **LAMPIRAN 7** **DATA SPESIFIKASI KONDENSOR**

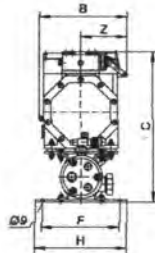
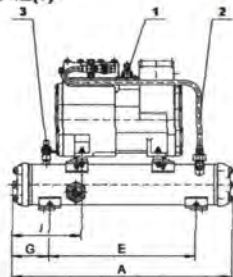
leistung  
igen auf 20°C Sauggas-tempera-  
n 5 K Flüssigkeits-Unterkühlung

Cooling capacity  
relating to 20°C suction gas tempera-  
ture, with 5 K liquid subcooling

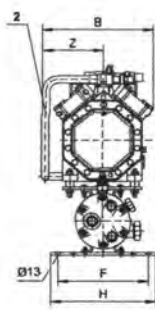
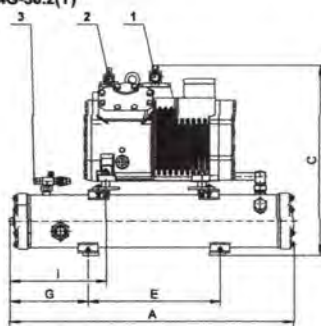
Puissance frigorifique  
se référant à une température de gaz aspiré  
de 20°C. avec 5 K sous-refroidissement de  
liquide

Lössungszatz Condensing type	Verfl. Temp °C	Kälteleistung Cooling capacity Puissance frigorifique												
		Verdampfungs-temperatur °C					Evaporating temperature °C				Température d'évaporation °C			
		12,5	10	7,5	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
3H(B)2KC-85.2	40	5050	4600	4180	3790	3080	2460	1920	1460	1310	990	725	505	330
3H(B)2JC-47.2	40	6190	5660	5160	4700	3870	3140	2510	1970	1710	1300	950	670	440
3H(B)2HC-1.2	40						4050	3270	2600	2250	1720	1280	910	610
3H(B)2HC-2.2	40	7830	7170	6560	5990	4960	4060	3280	2600	2020	1530	1110	790	520
3H(B)2GC-2.2	40	9140	8380	7670	7010	5810	4770	3870	3090	2690	2080	1570	1140	790
3H(B)2FC-2.2	40						5790	4710	3780	3290	2560	1950	1440	1020
3H(B)2YC-3.2	40	11040	10130	9280	8480	7050	5800	4720	3780	2970	2280	1700	1240	840
3H(B)2EC-2.2	40						6910	5580	4430	3950	3070	2330	1710	1180
3H(B)2EC-3.2	40	13340	12220	11180	10200	8440	6910	5580	4440	3450	2600	1880	1380	940
3H(B)2DC-2.2	40						8270	6680	5300	4530	3500	2640	1940	1380
3H(B)2DC-3.2	40	16010	14660	13410	12240	10120	8280	6690	5310	4120	3110	2240	1640	1140
3H(B)2CC-3.2	40						10260	8310	6620	5800	4320	3250	2370	1660
3H(B)2CC-4.2	40	19700	18060	16530	15100	12510	10270	8320	6630	5180	3940	2890	2100	1500
3H(B)4FC-3.2	40						11640	9370	7410	6240	4820	3640	2660	1850
3H(B)4FC-5.2	40	22650	20750	18960	17290	14280	11660	9390	7420	5730	4290	3060	2200	1600
3H(B)4EC-4.2	40						14370	11600	9210	7830	6080	4610	3390	2380
3H(B)4EC-6.2	40	27800	25450	23300	21250	17580	14380	11620	9220	7160	5400	3910	2800	2000
3H(B)4DC-5.2	40						17470	14110	11200	9160	7130	5410	3960	2740
3H(B)4DC-7.2	40	33750	30900	28250	25800	21350	17470	14110	11210	8710	6570	4760	3400	2500
3H(B)4CC-4.2	40						21050	17030	13580	10610	8070	5910	4300	3100
3H(B)4CC-6.2	40	40400	37000	33900	30950	25650	21050	17040	13590	10620	8080	5920	4300	3100
3H(B)4TCS-8.2	40						28100	22950	18510	14680	11410	8500	6140	4160
3H(B)4TCS-12.2	40	52800	48450	44400	40600	33800	27800	22650	18210	14370	11080	8280	6000	4300
3H(B)4PCS-18.2	40						32650	26650	21450	17000	13180	9850	7100	4800
3H(B)4PCS-15.2	40	63300	58000	53100	48600	40350	33150	26950	21600	18970	13020	9670	7000	5000
3H(B)4NCS-12.2	40						38050	31100	25050	19890	15460	11450	8260	5600
3H(B)4NCS-20.2	40	73400	67300	61600	56300	46750	38400	31200	25000	19620	15040	11150	8000	5800
3H(B)4J-13.2	40						42300	34400	27550	21700	16710	12370	8760	5750
3H(B)4J-22.2	40	81300	74500	68200	62400	51800	42600	34800	27750	21850	16850	12800	9200	6600
3H(B)4H-15.2	40						48600	39500	31700	24950	19180	14340	10160	6670
3H(B)4H-25.2	40	93200	85500	78300	71600	59500	48950	39800	31900	25150	19370	14460	10400	7500
3H(B)4G-20.2	40						55700	45350	36400	28750	22300	16660	11840	7800
3H(B)4G-30.2	40	107000	98200	89900	82100	68200	56100	45650	36650	29000	22450	16930	12200	8800
3H(B)4J-22.2	40						63500	51600	41350	32550	25100	18570	13150	8640
3H(B)4J-33.2	40	122000	111800	102400	93600	77700	63800	52000	41650	32800	25300	18910	13600	9800
3H(B)4H-25.2	40						73000	58300	47550	37450	28800	21550	15260	10020
53H(B)4H-35.2	40	139900	128400	117600	107500	89300	73500	59800	47950	37750	29100	21700	15700	11000
3H(B)4G-30.2	40						83600	68000	54600	43150	33400	25000	17770	11700
53T(B)4G-48.2	40	160600	147300	134800	123200	102300	84200	68500	55000	43500	33700	25400	18400	13000
53H(B)4F-48.2	40						98500	80600	64900	51500	40100	30200	21700	14480
53T(B)4F-58.2	40	188800	173200	158700	145100	120700	99500	81200	65400	52000	40500	30800	22200	15400

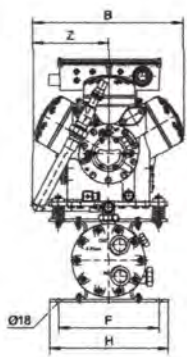
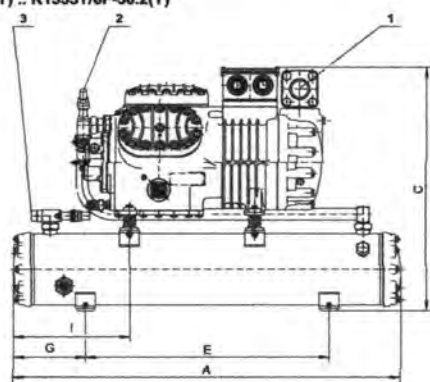
H/2KC-05.2(Y) .. K203H/2CC-4.2(Y)



3H/4FC-3.2(Y) .. K813H/4G-30.2(Y)



3H/6J-22.2(Y) .. K1353T/6F-50.2(Y)



K1353T Kältemittel-Austritt unten

With K1353T refrigerant outlet below

Pour K1353T sortie de fluide frigorigène en dessous

**Anschluss-Positionen**

- 1 Saugventil
- 2 Druckleitung
- 3 Kältemittel-Austritt

**Connection positions**

- 1 Suction valve
- 2 Discharge line
- 3 Refrigerant outlet

**Position des raccords**

- 1 Vanne d'aspiration
- 2 Conduite de refoulement
- 3 Sortie de fluide frigorigène

**Abmessungen**
**Dimensions**
**Dimensions**

Vorflüßigungsatz Typ Condensing unit Typ Groupe de condensation Type	Abmessungen in mm									
	Dimensions in mm									
	Dimensions en mm									
	A	B	C	E	F	Ø	G	H	I	Z
K073H/2KC-05.2(Y)	602	251	413	400	212	9	102	250	190	126
K073H/2JC-07.2(Y)	602	251	413	400	212	9	102	250	190	126
K073H/2HC-1.2(Y)	602	251	413	400	212	9	102	250	190	126
K073H/2HC-2.2(Y)	602	251	413	400	212	9	102	250	190	126
K073H/2GC-2.2(Y)	602	251	413	400	212	9	102	250	190	126
K073H/2FC-2.2(Y)	602	251	413	400	212	9	102	250	190	126
K123H/2FC-3.2(Y)	852	320	435	400	275	9	227	320	348	112
K123H/2EC-2.2(Y)	852	323	463	400	275	9	227	320	341	163
K123H/2EC-3.2(Y)	852	323	463	400	275	9	227	320	341	163
K123H/2DC-2.2(Y)	852	323	463	400	275	9	227	320	341	163
K123H/2DC-3.2(Y)	852	323	463	400	275	9	227	320	341	163
K123H/2CC-3.2(Y)	852	323	463	400	275	9	227	320	341	163
K203H/2CC-4.2(Y)	863	323	528	400	275	13	238	320	308	163
K203H/4FC-3.2(Y)	863	345	573	400	275	13	238	320	293	185
K203H/4FC-5.2(Y)	863	345	573	400	275	13	238	320	293	185
K203H/4EC-4.2(Y)	863	345	573	400	275	13	238	320	293	185
K203H/4EC-6.2(Y)	863	345	573	400	275	13	238	320	293	185
K203H/4DC-5.2(Y)	863	345	573	400	275	13	238	320	293	185
K203H/4DC-7.2(Y)	863	345	573	400	275	13	238	320	293	185
K203H/4CC-6.2(Y)	863	345	573	400	275	13	238	320	293	185
K373H/4CC-8.2(Y)	1113	345	573	740	275	13	193	320	382	185
K203H/4TCS-6.2(Y)	863	363	626	400	275	13	238	320	256	204
K373H/4TCS-12.2(Y)	1113	363	626	740	275	13	193	320	382	204
K373H/4PCS-10.2(Y)	1113	363	626	740	275	13	193	320	382	204
K573H/4PCS-15.2(Y)	1176	383	672	740	305	18	218	360	360	204
K373H/4NCS-12.2(Y)	1113	363	626	740	275	13	193	320	382	204
K573H/4NCS-20.2(Y)	1176	383	672	740	305	18	218	360	360	204
K573H/4J-13.2(Y)	1176	439	743	740	305	18	218	360	353	230
K573H/4J-22.2(Y)	1176	439	743	740	305	18	218	360	353	230
K573H/4H-15.2(Y)	1176	439	743	740	305	18	218	360	353	230
K813H/4H-25.2(Y)	1176	439	743	740	305	18	218	360	353	230
K573H/4G-20.2(Y)	1176	439	743	740	305	18	218	360	353	230
K813H/4G-30.2(Y)	1176	439	743	740	305	18	218	360	353	230
K573H/6J-22.2(Y)	1176	458	736	740	305	18	218	360	353	231
K813H/6J-33.2(Y)	1176	458	736	740	305	18	218	360	353	231
K813H/6H-25.2(Y)	1176	458	736	740	305	18	218	360	353	231
K1053H/6H-35.2(Y)	1634	517	735	900	305	18	367	360	551	291
K813H/6G-30.2(Y)	1176	458	736	740	305	18	218	360	353	231
K1353T/6G-40.2(Y)	1634	517	797	900	305	18	367	360	551	291
K1053H/6F-40.2(Y)	1634	517	735	900	305	18	367	360	551	291
K1353T/6F-50.2(Y)	1634	517	797	900	305	18	367	360	551	291

Seewasser beständige Ausführung:  
Maße der Befestigungs-Winkel und  
Kältemittel-Ausritt siehe Prospekt DP-200.

Seawater resistant design:  
Dimensions of the fastening brackets and  
refrigerant outlet see brochure DP-200.

Version marine:  
Dimensions de étriers de fixation et sortie de  
fluide frigorigène voir prospectus DP-200.



nische Daten

Technical data

Caractéristiques techniques

Zugungsatz Compressor unit Type de compression	Vordichter Fördervolu- men bei 1450 min <sup>-1</sup> Compressor displacement at 1450 min <sup>-1</sup> Compressou volume balayé à 1450 min <sup>-1</sup>	Fassungs- volumen Charge totale	Maximale Kälte- mittelefüllung <sup>①</sup> Maximum refrigerant charge <sup>①</sup> Charge maximum de fluide frigorigène <sup>①</sup>				Anschlüsse Saugleitung Zoll Refrigerant culet Zoll		Anschlussgewinde / Flansch Kühlmittel-Eintritt Zoll Kühlmittel-Austritt Zoll				Gewicht Weight Poids	
			R134a R404A R22 R507A		Suction Line inch	Refrigerant culet inch	Connection thread / Flange Coolant inlet inch Coolant outlet inch		Raccord fileté / Bride Entrée de fluide caloporteur pouce Sortie de fluide caloporteur pouce					
			kg	kg	kg	kg	mm	Reccords Sortie de fluide frigorigène pouce	4 pass 2 pass		4 pass 2 pass			
			m <sup>3</sup> /kg <sup>②</sup>	dm <sup>3</sup>	kg	kg	kg	mm	a	a	4 pass 2 pass	4 pass 2 pass		kg
4H(B)ZKC-45.2(Y)	4,06	3,4	3,8	3,3	3,7	16	5/8"	10	3/8"	G1/2	2 x G1/2	G1/2	G3/4	56 (57)
4H(B)ZJC-47.2(Y)	5,21	3,4	3,8	3,3	3,7	16	5/8"	10	3/8"	G1/2	2 x G1/2	G1/2	G3/4	56 (57)
4H(B)ZHC-1.2(Y)	6,51	3,4	3,8	3,3	3,7	16	5/8"	10	3/8"	G1/2	2 x G1/2	G1/2	G3/4	57 (58)
4H(B)ZHC-2.2(Y)	8,51	3,4	3,8	3,3	3,7	16	5/8"	10	3/8"	G1/2	2 x G1/2	G1/2	G3/4	58 (59)
4H(B)ZGC-1.2(Y)	7,58	3,4	3,8	3,3	3,7	16	5/8"	10	3/8"	G1/2	2 x G1/2	G1/2	G3/4	58 (59)
4H(B)ZFC-2.2(Y)	9,54	3,4	3,8	3,3	3,7	16	5/8"	10	3/8"	G1/2	2 x G1/2	G1/2	G3/4	58 (59)
4H(B)ZFC-3.2(Y)	9,54	5,1	5,6	4,9	5,6	16	5/8"	12	1/2"	G1/2	2 x G1/2	G1/2	G3/4	83 (84)
4H(B)ZEC-2.2(Y)	11,4	5,1	5,6	4,9	5,6	22	7/8"	12	1/2"	G1/2	2 x G1/2	G1/2	G3/4	84 (85)
4H(B)ZEC-3.2(Y)	11,4	5,1	5,6	4,9	5,6	22	7/8"	12	1/2"	G1/2	2 x G1/2	G1/2	G3/4	87 (88)
4H(B)ZDC-2.2(Y)	13,4	5,1	5,6	4,9	5,6	22	7/8"	12	1/2"	G1/2	2 x G1/2	G1/2	G3/4	84 (85)
4H(B)ZDC-3.2(Y)	13,4	5,1	5,6	4,9	5,6	22	7/8"	12	1/2"	G1/2	2 x G1/2	G1/2	G3/4	87 (88)
4H(B)ZCC-3.2(Y)	16,2	5,1	5,6	4,9	5,6	22	7/8"	12	1/2"	G1/2	2 x G1/2	G1/2	G3/4	86 (87)
4H(B)ZCC-4.2(Y)	16,2	11,8	13,0	11,3	12,9	22	7/8"	16	5/8"	G3/4	2 x G3/4	G3/4	G1	97 (98)
4H(B)MFC-3.2(Y)	18,1	11,8	13,0	11,3	12,9	22	7/8"	16	5/8"	G3/4	2 x G3/4	G3/4	G1	109 (111)
4H(B)MFC-5.2(Y)	18,1	11,8	13,0	11,3	12,9	22	7/8"	16	5/8"	G3/4	2 x G3/4	G3/4	G1	113 (115)
4H(B)MEC-4.2(Y)	22,7	11,8	13,0	11,3	12,9	28	1 1/8"	16	5/8"	G3/4	2 x G3/4	G3/4	G1	111 (113)
4H(B)MEC-6.2(Y)	22,7	11,8	13,0	11,3	12,9	28	1 1/8"	16	5/8"	G3/4	2 x G3/4	G3/4	G1	113 (115)
4H(B)MDC-5.2(Y)	26,8	11,8	13,0	11,3	12,9	28	1 1/8"	16	5/8"	G3/4	2 x G3/4	G3/4	G1	113 (115)
4H(B)MDC-7.2(Y)	26,8	11,3	12,5	10,9	12,3	28	1 1/8"	22	7/8"	G3/4	2 x 3/4	G3/4	G1	117 (119)
4H(B)MCC-6.2(Y)	32,5	11,8	13,0	11,3	12,9	28	1 1/8"	16	5/8"	G3/4	2 x G3/4	G3/4	G1	118 (120)
4H(B)MCC-8.2(Y)	32,5	14,5	16,0	13,9	15,8	28	1 1/8"	22	7/8"	G3/4	2 x G3/4	G3/4	G1	128 (130)
4H(B)MTC-8.2(Y)	41,3	11,3	12,5	10,9	12,3	35	1 3/8"	22	7/8"	G3/4	2 x G3/4	G3/4	G1	162 (164)
4H(B)MTC-12.2(Y)	41,3	14,5	16,0	13,9	15,8	35	1 3/8"	22	7/8"	G3/4	2 x G3/4	G3/4	G1	178 (180)
4H(B)MPC-10.2(Y)	48,5	14,5	16,0	13,9	15,8	35	1 3/8"	22	7/8"	G3/4	2 x G3/4	G3/4	G1	176 (178)
4H(B)MPC-15.2(Y)	48,5	29,4	32,4	28,3	32,0	42	1 3/8"	28	1 1/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	210 (212)
4H(B)MPC-18.2(Y)	56,2	14,5	16,0	13,9	15,8	35	1 3/8"	22	7/8"	G3/4	2 x G3/4	G3/4	G1	178 (180)
4H(B)MPC-28.2(Y)	56,2	29,4	32,4	28,3	32,0	42	1 3/8"	28	1 1/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	213 (215)
4H(B)MJ-13.2(Y)	63,5	29,4	32,4	28,3	32,0	42	1 3/8"	28	1 1/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	242 (244)
4H(B)MJ-32.2(Y)	63,5	29,4	32,4	28,3	32,0	42	1 3/8"	28	1 1/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	253 (255)
4H(B)MH-15.2(Y)	73,7	29,4	32,4	28,3	32,0	42	1 3/8"	28	1 1/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	246 (248)
4H(B)MH-25.2(Y)	73,7	27,7	30,6	26,6	30,2	54	2 1/8"	28	1 1/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	270 (272)
4H(B)MG-28.2(Y)	86,4	29,4	32,4	28,3	32,0	54	2 1/8"	28	1 1/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	255 (257)
4H(B)MG-30.2(Y)	86,4	27,7	30,6	26,6	30,2	54	2 1/8"	28	1 1/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	273 (275)
4H(B)ML-32.2(Y)	95,3	29,4	32,4	28,3	32,0	54	2 1/8"	28	1 1/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	276 (278)
4H(B)ML-33.2(Y)	95,3	27,7	30,6	26,6	30,2	54	2 1/8"	28	1 1/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	298 (300)
4H(B)MH-25.2(Y)	110,5	27,7	30,6	26,6	30,2	54	2 1/8"	28	1 1/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	291 (293)
4H(B)MH-35.2(Y)	110,5	40,0	44,1	38,4	43,6	54	2 1/8"	35	1 3/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	324 (329)
4H(B)MG-30.2(Y)	126,8	27,7	30,6	26,6	30,2	54	2 1/8"	28	1 1/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	295 (297)
4H(B)MG-48.2(Y)	126,8	37,0	40,8	35,6	40,3	54	2 1/8"	35	1 3/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	343 (344)
4H(B)MF-48.2(Y)	151,6	40,0	44,1	38,4	43,6	54	2 1/8"	35	1 3/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	328 (333)
4H(B)MF-50.2(Y)	151,6	37,0	40,8	35,6	40,3	54	2 1/8"	35	1 3/8"	G1 1/4	G2	G1 1/4	G2	346 (347)



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

## LAMPIRAN 8 DAFTAR HARGA KOMPRESOR

**Kompresor Merk Bitzer**

No	Daya (Hp)	Daya (kw)	Harga Total (\$)	Harga 1 Hp (\$)	Harga 1 Hp (Rp)	Harga 1 Kw (Rp)
1	10	7,390	\$ 2.313,50	\$ 231,35	Rp 2.082.150,00	Rp 2.817.523,68
2	15	11,085	\$ 2.404,50	\$ 160,30	Rp 1.442.700,00	Rp 1.952.232,75
3	20	14,780	\$ 2.980,25	\$ 149,01	Rp 1.341.112,50	Rp 1.814.766,58
4	25	18,475	\$ 3.290,00	\$ 131,60	Rp 1.184.400,00	Rp 1.602.706,36
5	30	22,170	\$ 3.696,00	\$ 123,20	Rp 1.108.800,00	Rp 1.500.405,95
6	35	25,865	\$ 4.609,50	\$ 131,70	Rp 1.185.300,00	Rp 1.603.924,22
7	40	29,560	\$ 4.828,25	\$ 120,71	Rp 1.086.356,25	Rp 1.470.035,52
8	50	36,950	\$ 5.423,25	\$ 108,47	Rp 976.185,00	Rp 1.320.953,99
Harga rata-rata 1 Hp atau 1 Kw				\$ 144,54	Rp 1.300.875,47	Rp 1.760.318,63



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

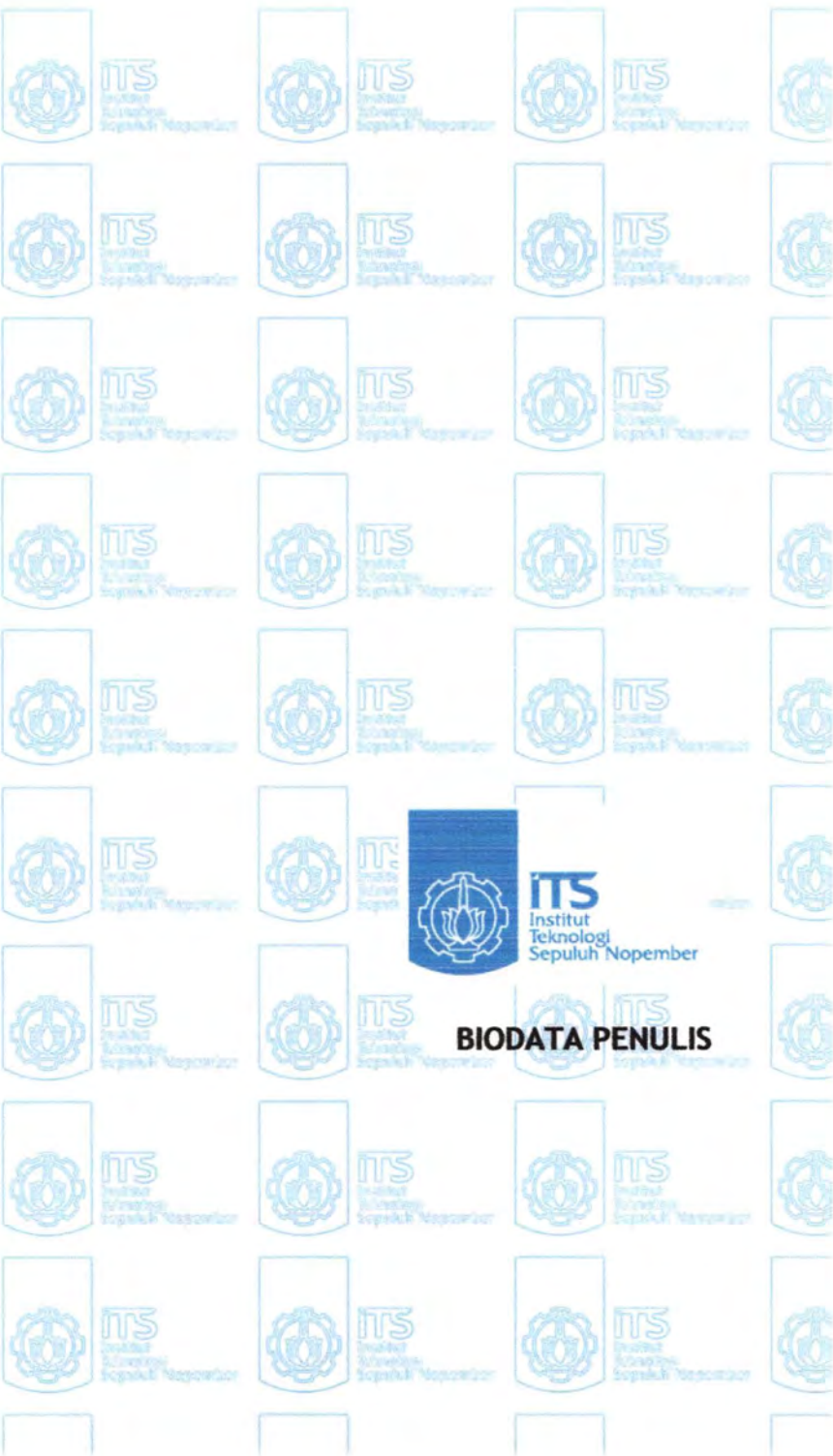
## LAMPIRAN 9 INFLASI



### LAPORAN INFLASI

Berdasarkan Perhitungan Tahunan

No	Bulan	Tahun	Tingkat Inflasi
1	Mei	2007	6,10%
2	April	2007	6,29%
3	Maret	2007	6,52%
4	Februari	2007	6,30%
5	Januari	2007	6,26%
6	Desember	2006	6,60%
7	November	2006	5,27%
8	Oktober	2006	6,29%
9	September	2006	14,55%
10	Agustus	2006	14,90%
11	Juli	2006	15,15%
12	Juni	2006	15,53%
13	Mei	2006	15,60%
14	April	2006	15,40%
15	Maret	2006	15,74%
16	Februari	2006	17,92%
17	Januari	2006	17,03%
18	Desember	2005	17,11%
19	November	2005	18,38%
20	Oktober	2005	17,89%
21	September	2005	9,06%
22	Agustus	2005	8,33%
23	Juli	2005	7,84%
24	Juni	2005	7,42%
25	Mei	2005	7,40%
26	April	2005	8,12%
27	Maret	2005	8,81%
28	Februari	2005	7,15%
29	Januari	2005	7,32%
30	Desember	2004	6,40%
31	November	2004	6,18%
32	Oktober	2004	6,22%
33	September	2004	6,27%
34	Agustus	2004	6,67%
35	Juli	2004	7,20%
36	Juni	2004	6,83%
37	Mei	2004	6,47%
38	April	2004	5,92%
39	Maret	2004	5,11%
40	Februari	2004	4,60%
41	Januari	2004	4,82%
42	Desember	2003	5,16%
43	November	2003	5,53%
44	Oktober	2003	6,48%
45	September	2003	6,33%
46	Agustus	2003	6,51%
47	Juli	2003	6,27%
48	Juni	2003	6,98%
49	Mei	2003	7,15%
50	April	2003	7,62%
51	Maret	2003	7,17%
52	Februari	2003	7,60%
53	Januari	2003	8,68%
			8,88%



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**BIODATA PENULIS**

## Biodata Penulis



Penulis dilahirkan di Ngawi pada tanggal 5 April 1983, merupakan anak ke 3 dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Anggerpermegi, SLTPN 10 Kartini, dan SMUN 2 Merauke. Setelah lulus dari SMUN, penulis diutus atas kerjasama antara Pemerintah Daerah Merauke (PEMDA-Merauke) dengan ITS dan diterima di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS tahun 2002 serta terdaftar dengan NRP 4202 109 711. Selain

kuliah penulis juga aktif sebagai member dan grader sistem pneumatis dan pipa udara di Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS. Selain itu penulis aktif di organisasi ekstra kampus Ikatan Mahasiswa Merauke-ITS (*IMMITS*)