

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Utama Kapal

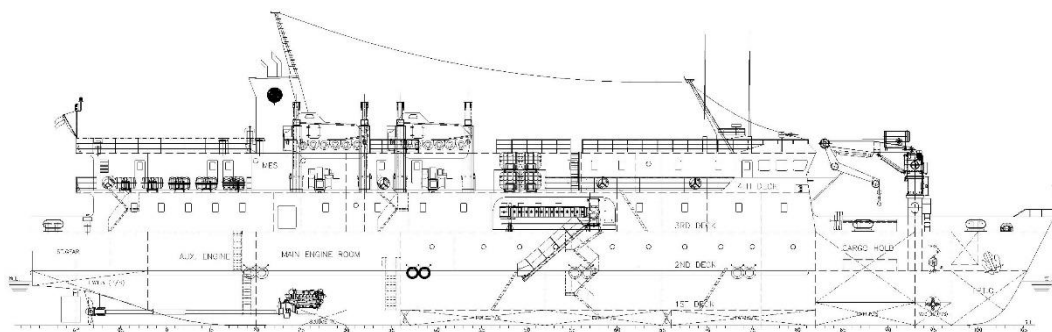
Langkah pertama dalam menetapkan sistem pengkondisian yang akan digunakan untuk mengkondisikan udara di dalam ruang penumpang, kru, dan anjungan berjenis *passanger ship*. Temperatur yang diinginkan pada ruangan pengkondisian udara yang ditentukan mengacu pada ISO 7547 2002 dengan kondisi temperatur dan kelembapan didalam ruangan pada iklim tropis ditentukan sebesar 27 °C dan 50 %. Selanjutnya diperlukan juga *General Arrangement* dari kapal tersebut.

Untuk data kapal dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6 Data Kapal

Tipe Kapal	Passanger Ship
LOA	68.50 m
LPP	63.00
Lebar (B)	14.00 m
Tinggi Geladak (H)	6.20 m
Sarat Air (T)	2.90 m
Kecepatan (Vs)	12 Kn
Daya Mesin	2 X 1400 HP

Setelah diperoleh data utama kapal maka dibutuhkan *General Arrangement* kapal tersebut gambar *General Arrangement* dapat dilihat pada gambar 4 dibawah



Gambar 4 *General Arrangement* Kapal Penumpang Sabuk Nusantara

4.2 Perhitungan Beban Pendinginan

Tahap awal pada penulisan skripsi ini dalam menentukan beban pendinginan setiap ruangan penumpang mulai dari deck 1 hingga deck 4 menggunakan software CoolPack ESS berdasarkan variable-variabel yang mempengaruhi beban pendinginan seperti ukuran ruangan, target suhu dan kelembapan yang ingin dicapai berdasarkan ISO 7547, koefisien transmisi panas, suhu diruang sebelah, luasan yang terkena panas, koefisien sumber panas, kapasitas aliran pergantian udara, jumlah penghuni, aktivitas penghuni, beban penerangan, dan beban peralatan yang memancarkan panas.

4.2.1 Beban Pendinginan Pada Ruangan Penumpang Deck 1

Sebagaimana dijelaskan. Untuk menghitung beban pendinginan dibutuhkan data-data sebagai berikut:

1. Ukuran Ruangan: $P \times L \times T = 23.68 \times 13.3 \times 2.37$
2. Suhu & Kelembapan ISO 7547: $T_{Room}: 26^{\circ}C$ RH: 50%
3. Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas dapat dilihat pada tabel 7 dibawah

Tabel 7 Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas Ruang Penumpang Deck 1

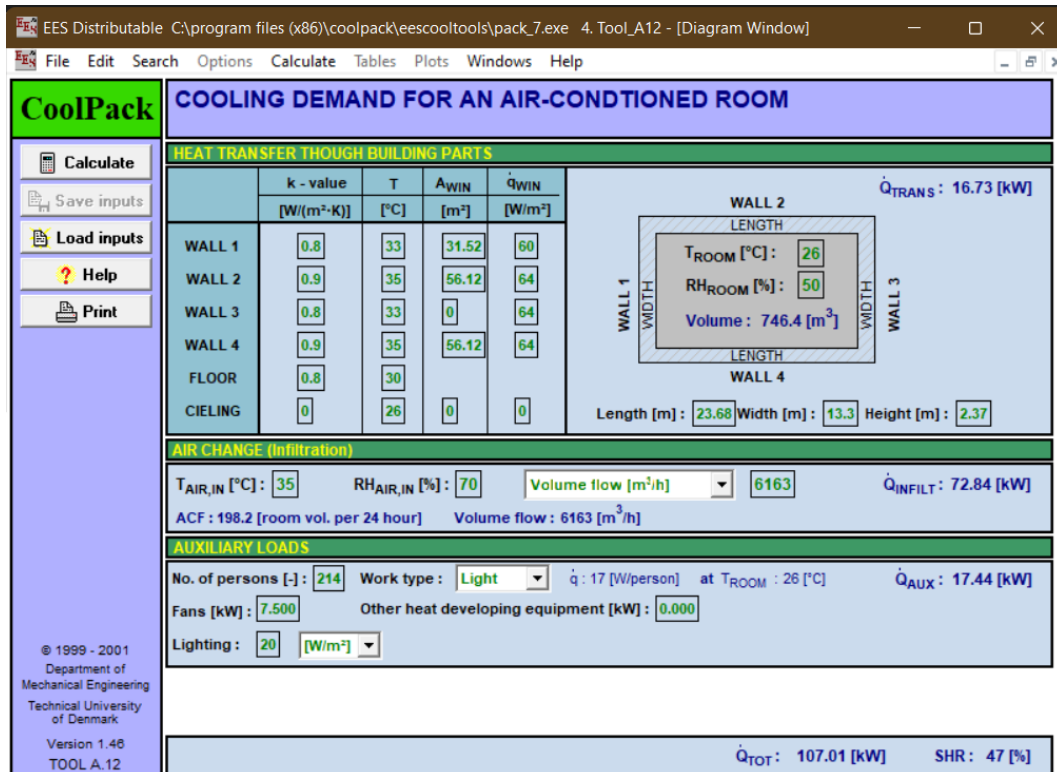
	k-value [W/(m ² .K)]	T[°C]	AWin [m ²]	qWin [W/m ²]
Wall 1	0.8	33	31.52	60
Wall 2	0.6	35	21.73	64
Wall 3	0	26	0	0
Wall 4	0.6	35	21.73	64
Floor	0.9	32	-	-
Ceiling	0	26	0	0

4. Kapasitas Aliran Pergantian Udara

Jumlah Manusia X Kebutuhan Udara Per Orang = $214 \times 28.8 \text{ m}^3/\text{h/p} = 6163.2 \text{ m}^3/\text{h/p}$

5. Beban Lain-lain

- a. Jumlah Penghuni = 214
- b. Beban Penerangan = 20 W/m^2
- c. Beban perangkat pemancar panas = 0 kW



Gambar 5 Proses kalkulasi beban pendinginan Ruang Penumpang Deck 1

Data data tersebut diatas dihitung menggunakan software CoolPack ESS didapatkan beban pendinginan pada ruangan penumpang deck 1 sebesar 107.01 kW seperti pada Gambar 3 diatas.

4.2.2 Beban Pendinginan Pada Ruangan Penumpang Deck 2

Sebagaimana dijelaskan. Untuk menghitung beban pendinginan dibutuhkan data-data sebagai berikut:

1. Volume Ruangan: $P \times L \times T = 20.08 \times 13.4 \times 2.37$
2. Suhu & Kelembapan ISO 7547: T_{Room}: 26°C RH: 50%
3. Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas dapat dilihat pada tabel 8 dibawah

Tabel 8 Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas Ruang Penumpang Deck 2

	k-value [W/(m²·K)]	T [°C]	A _{Win} [m²]	q _{Win} [W/m²]
Wall 1	0.8	30	0	0
Wall 2	0.9	35	52.61	64
Wall 3	0.8	30	0	0
Wall 4	0.9	35	52.61	64
Floor	0	26	-	-

Ceiling	0	30	0	0
---------	---	----	---	---

4. Kapasitas Aliran Pergantian Udara

Jumlah Manusia X Kebutuhan Udara Per Orang = 152 X 28.8 m³/h/p = 4377.6 m³/h/p

5. Beban Lain-lain

- Jumlah Penghuni= 152
- Beban Penerangan= 20 W/m²
- Beban perangkat elektronik= 0 kW

CoolPack COOLING DEMAND FOR AN AIR-CONDITIONED ROOM

HEAT TRANSFER THROUGH BUILDING PARTS

	k - value [W/(m ² -K)]	T [°C]	A _{WIN} [m ²]	q _{WIN} [W/m ²]
WALL 1	0.8	30	0	0
WALL 2	0.9	35	52.61	64
WALL 3	0.8	30	0	0
WALL 4	0.9	35	52.61	64
FLOOR	0	26		
CEILING	0	30	0	0

WALL 2 Q_{TRANS}: 7.81 [kW]

Room parameters: T_{ROOM} [°C]: 26, RH_{ROOM} [%]: 50, Volume: 705 [m³]

Room dimensions: Length [m]: 20.08, Width [m]: 13.4, Height [m]: 2.62

AIR CHANGE (infiltration)

T_{AIR,IN} [°C]: 35, RH_{AIR,IN} [%]: 70, Volume flow [m³/h]: 4378, Q_{INFILT}: 51.74 [kW]

ACF: 149 [room vol. per 24 hour], Volume flow: 4378 [m³/h]

AUXILIARY LOADS

No. of persons [-]: 152, Work type: Light, q: 17 [W/person] at T_{ROOM}: 26 [°C], Q_{AUX}: 15.47 [kW]

Fans [kW]: 7.500, Other heat developing equipment [kW]: 0.000

Lighting: 20 [W/m²]

© 1999 - 2001 Department of Mechanical Engineering Technical University of Denmark Version 1.46 TOOL A.12

Q_{TOT}: 75.02 [kW] SHR: 46 [%]

Gambar 6 Proses kalkulasi beban pendinginan Ruang Penumpang Deck 2

Data data tersebut diatas dihitung menggunakan software CoolPack ESS didapatkan beban pendinginan pada ruangan penumpang deck 2 sebesar 75.01 kW seperti pada Gambar 4 diatas.

4.2.3 Beban Pendinginan Pada Ruangan Penumpang Ekonomi Deck 3

Sebagaimana dijelaskan. Untuk menghitung beban pendinginan dibutuhkan data-data sebagai berikut:

1. Volume Ruangan: $P \times L \times T = 13.65 \times 13.5 \times 2.62$
2. Suhu & Kelembapan ISO 7547: $T_{Room}: 27^{\circ}\text{C}$ RH : 50%
3. Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas dapat dilihat pada tabel 9 dibawah

Tabel 9 Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas Ruangan Penumpang Ekonomi Deck 3

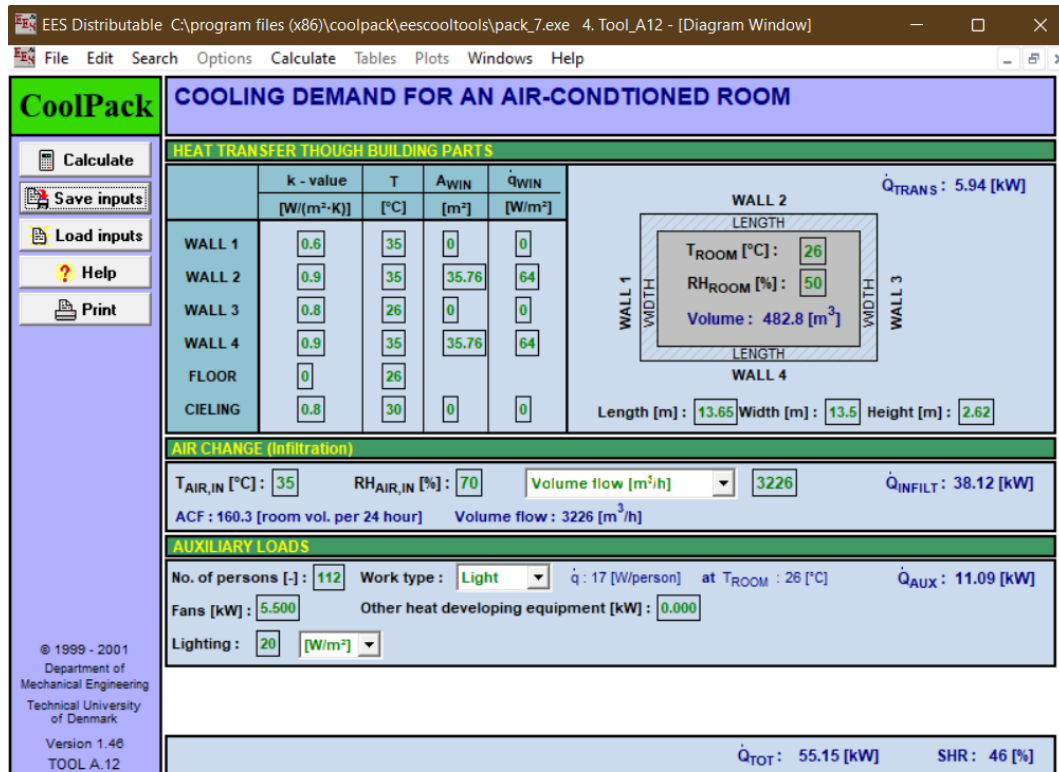
	k-value [W/(m ² .K)]	T [°C]	AWin [m ²]	qWin [W/m ²]
Wall 1	0.6	35	0	0
Wall 2	0.9	35	35.76	64
Wall 3	0.8	26	0	0
Wall 4	0.9	35	35.76	64
Floor	0	26	0	0
Ceiling	0.8	30	0	0

4. Kapasitas Aliran Pergantian Udara

Jumlah Manusia X Kebutuhan Udara Per Orang = $112 \times 28.8 \text{ m}^3/\text{h/p} = 3225.6 \text{ m}^3/\text{h/p}$

5. Beban Lain-lain

- a. Jumlah Penghuni= 112
- b. Beban Penerangan= 20 W/m^2
- c. Beban perangkat elektronik= 0 kW



Gambar 7 Proses kalkulasi beban pendinginan Ruang Penumpang Ekonomi Deck 3

Data data tersebut diatas dihitung menggunakan software CoolPack ESS didapatkan beban pendinginan pada ruangan penumpang ekonomi deck 3 sebesar 55.15 kW seperti pada Gambar 5 diatas.

4.2.4 Beban Pendinginan Pada Ruang Penumpang class 2 Deck 3

Sebagaimana dijelaskan. Untuk menghitung beban pendinginan dibutuhkan data-data sebagai berikut:

1. Volume Ruangan : $P \times L \times T = 7.05 \times 4.33 \times 2.62$
2. Suhu & Kelembapan ISO 7547: T_{Room} : 26°C RH : 50%
3. Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas dapat dilihat pada tabel 10 dibawah

Tabel 10 Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas Ruang Penumpang class 2 Deck 3

	k-value [W/(m²·K)]	T [°C]	A _{Win} [m²]	q _{Win} [W/m²]
Wall 1	0	26	0	0
Wall 2	0.9	35	11.34	64
Wall 3	0.8	26	0	0
Wall 4	0.8	30	11.34	64

Floor	0.8	26	0	0
Ceiling	0.8	30	0	0

4. Kapasitas Aliran Pergantian Udara

Jumlah Manusia X Kebutuhan Udara Per Orang = 12 X 28.8 m³/h/p = 345.6 m³/h/p

5. Beban Lain-lain

a. Jumlah Penghuni = 12

b. Beban Penerangan = 20 W/m²

c. Beban perangkat elektronik = 0 kW

CoolPack COOLING DEMAND FOR AN AIR-CONDITIONED ROOM

	k - value [W/(m ² -K)]	T [°C]	A _{WIN} [m ²]	Q _{WIN} [W/m ²]
WALL 1	0	26	0	0
WALL 2	0.9	35	11.34	64
WALL 3	0.8	26	0	0
WALL 4	0.8	30	11.34	64
FLOOR	0.8	26	0	0
CIELING	0.8	30	0	0

WALL 2 Q_{TRANS} : 1.76 [kW]

T_{ROOM} [°C] : 26
RH_{ROOM} [%] : 50
Volume : 79.98 [m³]

Length [m] : 7.05 Width [m] : 4.33 Height [m] : 2.62

AIR CHANGE (Infiltration)

T_{AIR,IN} [°C] : 35 RH_{AIR,IN} [%] : 70 Volume flow [m³/h] : 345.6 Q_{INFILT} : 4.08 [kW]

ACF : 103.7 [room vol. per 24 hour] Volume flow : 345.6 [m³/h]

AUXILIARY LOADS

No. of persons [-] : 12 Work type : Light q : 17 [W/person] at T_{ROOM} : 26 [°C] Q_{AUX} : 6.31 [kW]

Fans [kW] : 5.500 Other heat developing equipment [kW] : 0.000

Lighting : 20 [W/m²]

Q_{TOT} : 12.16 [kW] SHR : 74 [%]

Gambar 8 Proses kalkulasi beban pendinginan Ruang Penumpang Class 2 Deck 3

Data data tersebut diatas dihitung menggunakan software CoolPack ESS didapatkan beban pendinginan pada ruangan penumpang kelas 2 deck 3 sebesar 12.16 kW, dikarenakan ruangan kelas 2 ada 2 disisi kanan dan kiri serta ukuran dan kapasitasnya sama maka total pendinginan tersebut dikalikan dua. Maka beban pendinginannya sebesar 24.32 kW seperti pada Gambar 6 diatas.

4.2.5 Beban Pendinginan Pada Ruangan Penumpang Klass 1 dan Perwira dan Ruang Tamu Deck 3

Sebagaimana dijelaskan. Untuk menghitung beban pendinginan dibutuhkan data-data sebagai berikut:

1. Volume Ruangan: $P \times L \times T = 12.1 \times 4.18 \times 2.62$
2. Suhu & Kelembapan ISO 7547: $T_{Room} : 26^{\circ}C$ RH : 50%
3. Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas yang dapat dilihat pada tabel 11

Tabel 11 Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas Ruangan Penumpang Klass 1 dan Perwira dan Ruang Tamu Deck 3

	k-value [W/(m ² .K)]	T [°C]	AWin [m ²]	qWin [W/m ²]
Wall 1	0.8	30	0	60
Wall 2	0.9	35	31.7	64
Wall 3	0.8	26	0	0
Wall 4	0.8	30	31.7	64
Floor	0	32	0	0
Ceiling	0	26	0	0

4. Kapasitas Aliran Pergantian Udara

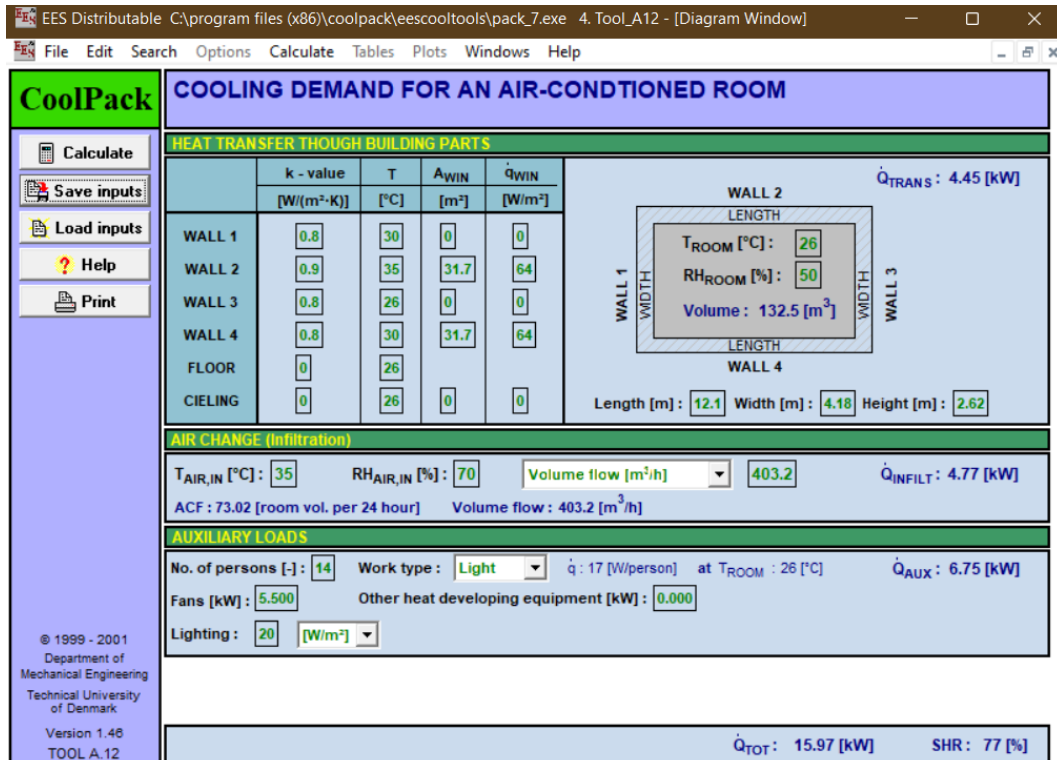
Jumlah Manusia X Kebutuhan Udara Per Orang = $14 \times 28.8 \text{ m}^3/\text{h/p} = 403.2 \text{ m}^3/\text{h/p}$

5. Beban Lain-lain

a. Jumlah Penghuni = 12 ditambah penghuni ruang tamu diasumsikan 2 orang jadi total 14

b. Beban Penerangan = 20 W/m^2

c. Beban perangkat elektronik = 0 kW



Gambar 9 Proses kalkulasi beban pendinginan Ruang Penumpang Kelas 1 dan Perwira Deck 3

Data data tersebut diatas dihitung menggunakan software CoolPack ESS didapatkan beban pendinginan pada ruangan penumpang kelas 1 dan perwira dan ruang tamu deck 3 sebesar 15.97 kW, dikarenakan ruangan tersebut ada 2 yang terletak disisi kanan dan kiri kapal serta ukuran dan kapasitasnya sama maka total pendinginan tersebut dikalikan dua. Maka total beban pendinginannya sebesar 31.94 kW seperti pada Gambar 7 diatas.

4.2.6 Beban Pendinginan Pada Ruang Crew, Captain, Chief Engineer Deck 4

Sebagaimana dijelaskan. Untuk menghitung beban pendinginan dibutuhkan data-data sebagai berikut:

1. Volume Ruangan: $P \times L \times T = 8.19 \times 4.44 \times 2.62$
2. Suhu & Kelembapan ISO 7547: $T_{Room} : 27^{\circ}\text{C}$ RH : 50%
3. Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas pada tabel 12 dibawah

Tabel 12 Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas Ruang Crew, Captain, Chief Engineer Deck 4

	k-value [W/(m ² .K)]	T [°C]	AWin [m ²]	qWin [W/m ²]
Wall 1	0.8	30	0	60
Wall 2	0.9	35	21.46	64
Wall 3	0	26	0	0
Wall 4	0.8	30	21.46	64
Floor	0	26	0	0
Ceiling	0.6	35	0	64

4. Kapasitas Aliran Pergantian Udara

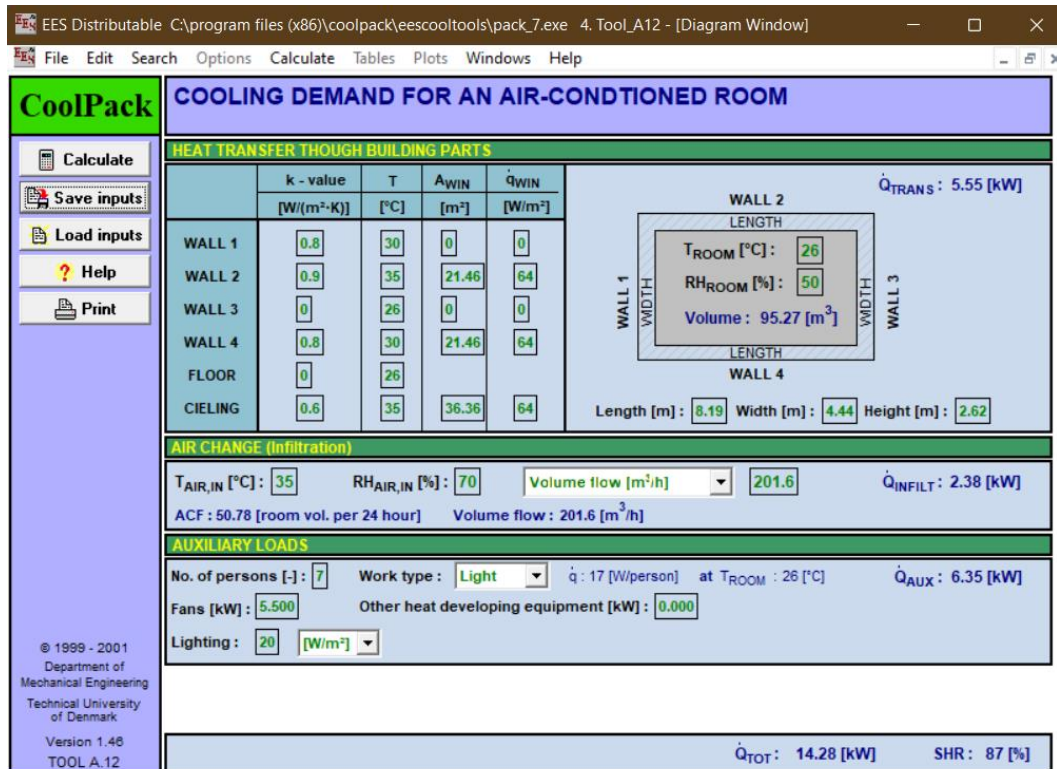
Jumlah Manusia X Kebutuhan Udara Per Orang = $7 \times 28.8 \text{ m}^3/\text{h/p} = 201.6 \text{ m}^3/\text{h/p}$

5. Beban Lain-lain

a. Jumlah Penghuni = 7

b. Beban Penerangan = 20 W/m^2

c. Beban perangkat elektronik = 0 kW



Gambar 10 Proses kalkulasi beban pendinginan Ruang Crew, Captain, Chief Engineer Deck 4

Data data tersebut diatas dihitung menggunakan software CoolPack ESS didapatkan beban pendinginan pada ruang crew, captain, chief engineer Deck 4 sebesar 14.28 kW, dikarenakan ruangan tersebut ada 2 yang terletak disisi kanan dan kiri kapal serta ukuran dan kapasitasnya sama maka total pendinginan tersebut dikalikan dua. Maka total beban pendinginannya sebesar 28.56 kW seperti pada Gambar 8 diatas.

4.2.7 Beban Pendinginan Pada Ruang Radio Deck 4

Sebagaimana dijelaskan. Untuk menghitung beban pendinginan dibutuhkan data-data sebagai berikut:

1. Volume Ruangan: $P \times L \times T = 1.55 \times 4.44 \times 2.62$
2. Suhu & Kelembapan ISO 7547: $T_{Room} : 27^{\circ}\text{C}$ RH : 50%
3. Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas dapat dilihat pada tabel 13 dibawah

Tabel 13 Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas Ruang Radio Deck 4

	k-value [W/(m ² .K)]	T [°C]	AWin [m ²]	qWin [W/m ²]
Wall 1	0	26	0	0
Wall 2	0.9	35	4.061	64
Wall 3	0	26	0	0
Wall 4	0.8	30	4.061	64
Floor	0	26	0	0
Ceiling	0.6	35	36.36	64

4. Kapasitas Aliran Pergantian Udara

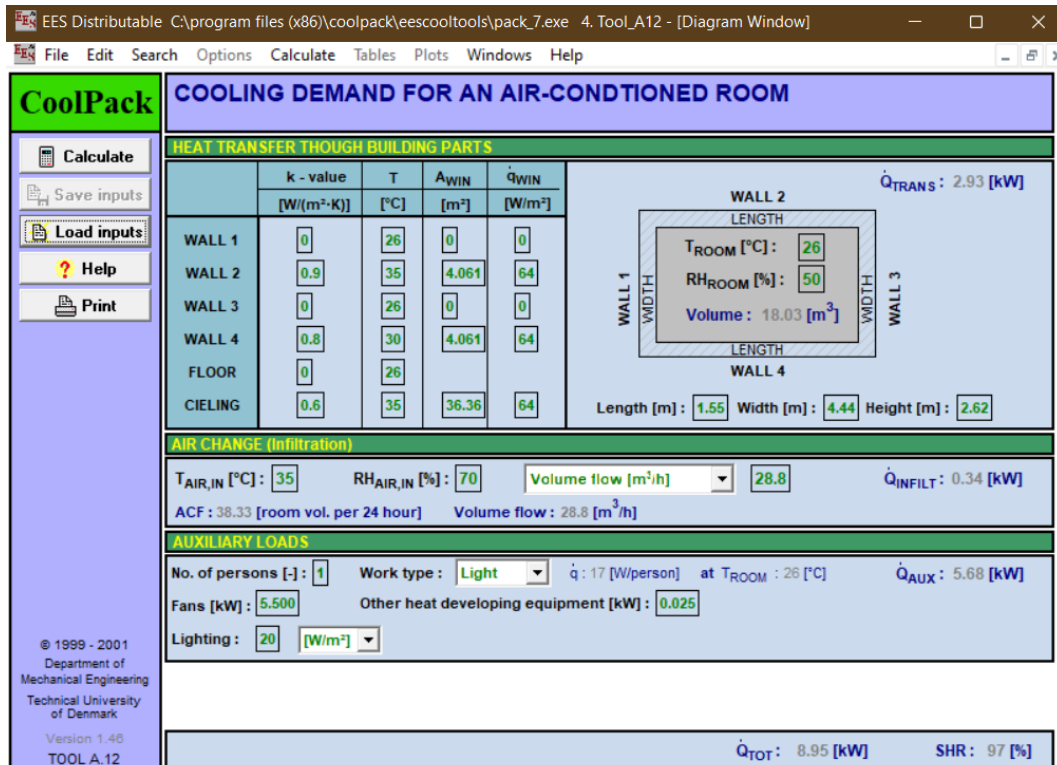
Jumlah Manusia X Kebutuhan Udara Per Orang = $1 \times 28.8 \text{ m}^3/\text{h/p} = 28.8 \text{ m}^3/\text{h/p}$

5. Beban Lain-lain

a. Jumlah Penghuni = 1

b. Beban Penerangan = 20 W/m^2

c. Beban perangkat elektronik = 0.025 kW maksimum watt radio VHF



Gambar 11 Proses kalkulasi beban pendinginan Ruang Radio Deck 4

Data data tersebut diatas dihitung menggunakan software CoolPack ESS didapatkan beban pendinginan pada ruang radio sebesar 8.95 kW seperti pada Gambar 9 diatas.

4.2.8 Beban Pendinginan Pada Ruang Chart Deck 4

Sebagaimana dijelaskan. Untuk menghitung beban pendinginan dibutuhkan data-data sebagai berikut:

1. Volume Ruangan: $P \times L \times T = 1.55 \times 3.44 \times 2.62$
2. Suhu & Kelembapan ISO 7547: T_{Room} : 27°C RH : 50%
3. Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas dapat dilihat pada tabel 14 dibawah

Tabel 14 Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas Ruang Chart Deck 4

	k-value [W/(m ² ·K)]	T [°C]	A _{Win} [m ²]	q _{Win} [W/m ²]
Wall 1	0	26	0	0
Wall 2	0.8	30	4.061	64
Wall 3	0	26	0	0
Wall 4	0.9	35	4.061	64
Floor	0	26	0	0

Ceiling	0.6	35	36.36	64
---------	-----	----	-------	----

4. Kapasitas Aliran Pergantian Udara

Jumlah Manusia X Kebutuhan Udara Per Orang = 1 X 28.8 m³/h/p = 28.8 m³/h/p

5. Beban Lain-lain

a. Jumlah Penghuni = 1

b. Beban Penerangan = 20 W/m²

c. Beban perangkat elektronik = 0 kW

CoolPack COOLING DEMAND FOR AN AIR-CONDITIONED ROOM

HEAT TRANSFER THROUGH BUILDING PARTS

	k - value [W/(m ² ·K)]	T [°C]	A _{WIN} [m ²]	q _{WIN} [W/m ²]
WALL 1	0	26	0	0
WALL 2	0.8	30	4.061	64
WALL 3	0	26	0	0
WALL 4	0.9	35	4.061	64
FLOOR	0	26		
CEILING	0.6	35	36.36	64

Room parameters: T_{ROOM} [°C]: 26, RH_{ROOM} [%]: 50, Volume: 13.97 [m³].
 Room dimensions: Length [m]: 1.55, Width [m]: 3.44, Height [m]: 2.62.
 Q_{TRANS}: 2.92 [kW]

AIR CHANGE (Infiltration)

T_{AIR,IN} [°C]: 35, RH_{AIR,IN} [%]: 70, Volume flow [m³/h]: 28.8, Q_{INFILT}: 0.34 [kW].
 ACF: 49.48 [room vol. per 24 hour], Volume flow: 28.8 [m³/h]

AUXILIARY LOADS

No. of persons [-]: 1, Work type: Light, q: 17 [W/person] at T_{ROOM}: 26 [°C], Q_{AUX}: 5.62 [kW].
 Fans [kW]: 5.500, Other heat developing equipment [kW]: 0.000.
 Lighting: 20 [W/m²]

© 1999 - 2001 Department of Mechanical Engineering, Technical University of Denmark, Version 1.48, TOOL A.12. Q_{TOT}: 8.89 [kW], SHR: 97 [%]

Gambar 12 Proses kalkulasi beban pendinginan Ruang Chart Deck 4

Data data tersebut diatas dihitung menggunakan software CoolPack ESS didapatkan beban pendinginan pada ruang chart deck 4 sebesar 8.89 kW seperti pada Gambar 10 diatas.

4.2.9 Beban Pendinginan Pada Ruang Wheel House atau Anjungan Deck 4

Sebagaimana dijelaskan. Untuk menghitung beban pendinginan dibutuhkan data-data sebagai berikut:

1. Volume Ruangan: P X L X T = 3.85 X 11.7 X 2.62
2. Suhu & Kelembapan ISO 7547: T_{Room} : 26°C RH : 50%
3. Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas dapat dilihat pada tabel 15 dibawah

Tabel 15 Koefisien Transmisi Panas, Suhu Diruang Sebelah, Luasan Yang Terkena Panas, Koefisien Sumber Panas Ruang Wheel House atau Anjungan Deck 4

	k-value [W/(m ² .K)]	T [°C]	AWin [m ²]	qWin [W/m ²]
Wall 1	0	26	0	0
Wall 2	0.9	35	10.09	64
Wall 3	6.5	35	0	64
Wall 4	0.9	35	10.09	64
Floor	0.9	26	0	0
Ceiling	0.6	35	36.36	64

4. Kapasitas Aliran Pergantian Udara

Jumlah Manusia X Kebutuhan Udara Per Orang = 3 X 28.8 m³/h/p = 86.4 m³/h/p

5. Beban Lain-lain

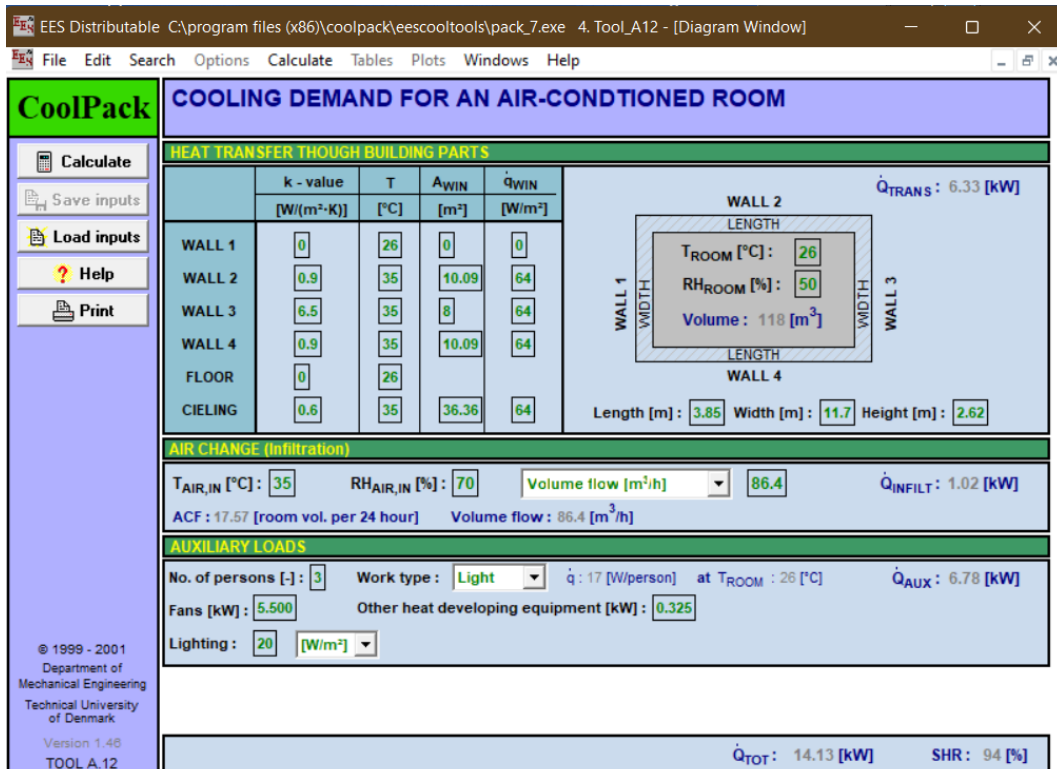
a. Jumlah Penghuni: 3

b. Beban Penerangan: 20 W/m²

c. Beban perangkat elektronik yang ada didalam wheel house:

1. Gyro Compass
2. Radar
3. Magnetic Compass
4. Autopilot
5. Automatic Radar Plotting Aid
6. Automatic Tracking Aid
7. Speed and Distance Log Device
8. Echo Sounder
9. Electronic Chart Display Information System
10. Automatic Identification System
11. GPS Receiver
12. Sound Reception System
13. Transmitting Heading Device

Diasumsikan rata-rata watt peralatan tersebut 25 watt maka dikalikan 13 perangkat menghasilkan beban peralatan yang memancarkan panas sebesar 325 W atau 0.325 kW

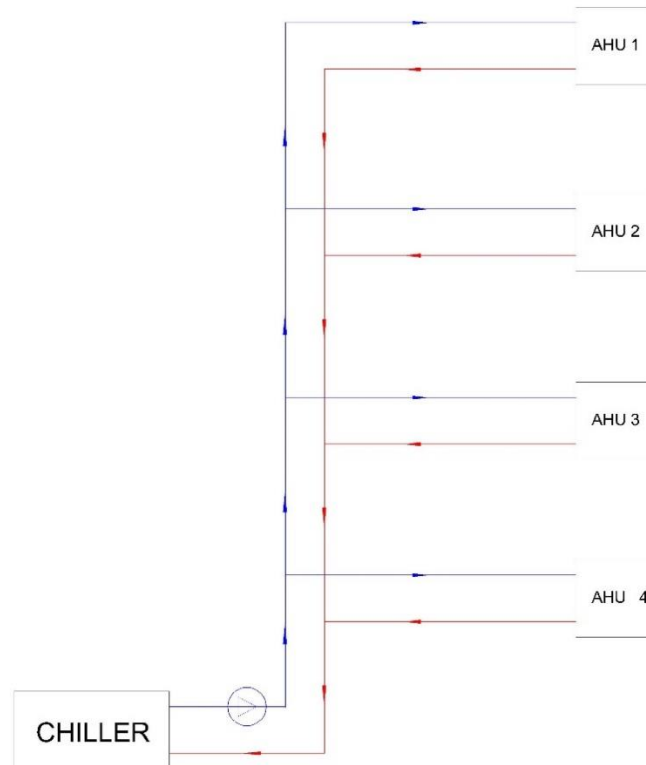


Gambar 13 Proses kalkulasi beban pendinginan Wheel House Deck 4

Data data tersebut diatas dihitung menggunakan software CoolPack ESS didapatkan beban pendinginan pada ruang radio sebesar 14.13 kW seperti pada Gambar 11 diatas.

4.3 Skema Water Chilled System

Pada perencanaan sistem pengkondisian ini menggunakan sistem pendinginan jenis *central air conditioning* dengan *water chilled system* yang di ilustrasikan dalam skematik diagram, berikut gambar skematik dapat dilihat pada gambar 12



Gambar 14 Diagram Skematik Water Chilled System

Proses pengkondisian udara oleh *water chilled system* sistem yang mana ruangan akan didinginkan oleh satu mesin pendingin, yang disebut *chiller*. *Chiller* akan mendinginkan air yang kemudian akan dialirkan menuju AHU melalui pipa yang dibantu oleh sebuah pompa. Kemudian pada AHU udara didinginkan air yang mengalami pendinginan pada evaporator dialirkan menuju koil pendingin yang selanjutnya udara yang sudah dikondisikan tersebut didistribusikan ke ruangan membutuhkan. Terdapat beberapa pertimbangan yaitu:

- Getaran dan suara mesin pendingin tidak mempengaruhi kenyamanan penghuni ruangan
- Pemeliharaan mesin dan perbaikan akan lebih mudah dan efisien
- Semua pendinginan ruangan dilayani oleh satu sistem saja
- Temperatur udara dapat diatur secara terpusat

4.4 Perencanaan AHU

Sistem HVAC yang dirancang yaitu dengan menggunakan Chilled Water System, dimana dalam menggunakan komponen Chilled Water System, juga diperlukan Komponen Air Handling Unit. Yang berfungsi untuk mengatur seberapa besar jumlah suplai udara ke ruangan dan *temperature* disetiap ruangan yang dikondisikan.

Jumlah besaran suplai aliran udara segar pada sebuah ruangan, telah diatur oleh ISO 7547 bahwa tidak boleh kurang dari 0.008 m³/s per orang atau sama dengan 28.8 m³/h per orang. Setelah diketahui besar jumlah suplai aliran udara segar, maka akan didapat besar kapasitas aliran udara yang dire-sirkulasikan kedalam ruangan kembali seperti yang dapat dilihat pada tabel 16

Tabel 16 Kapasitas Pendinginan

DECK	JUMLAH KEBUTUHAN UDARA (m ³ /h)	BEBAN PENDINGINAN (kW)
Ruang Penumpang Deck 1	6163.2	107.01 kW
Ruang Penumpang Deck 2	4377.6	72.02 kW
Ruang Penumpang, Crew, Perwira, Ruang Tamu Deck 3	4723.2	111.41 kW
Ruang Radio, Chart, Wheel House Deck 4	345.6	60.53 kW

4.5 Pemilihan Spesifikasi Air Handling Unit

Setelah mendapatkan jumlah besaran kapasitas udara dan beban pendinginan total setiap deck, selanjutnya melakukan pemilihan spesifikasi Air Handling Unit yang sesuai dengan kebutuhan seperti pada tabel 17 dan dengan keluaran temperatur adalah 23°C

Tabel 17 Kapasitas Pendinginan dan Kebutuhan Pendinginan per Deck

AHU	DECK	PERHITUNGAN	KAPASITAS AHU	SPEKIFIKASI TIPE AHU
1	Ruang Penumpang Deck 1	6163.2 m ³ /h	10000 m ³ /h	JL MARINE JHP-10
		107.01 kW	112 kW	
2	Ruang Penumpang Deck 2	4377.6 m ³ /h	8000 m ³ /h	JL MARINE JHP-08
		72.02 kW	90 kW	
3	Ruang Penumpang, Crew, Perwira, Ruang Tamu Deck 3	4723.2 m ³ /h	10000 m ³ /h	JL MARINE JHP-10
		111.41 kW	112 kW	
4	Ruang Radio, Chart, Wheel House Deck 4	345.6 m ³ /h	6000 m ³ /h	JL MARINE JHP-06
		60.53 kW	70 kW	

Berdasarkan beban pendinginan yang dibutuhkan per AHU maka spesifikasi AHU yang dipilih dapat dilihat pada tabel 18

Tabel 18 Spesifikasi AHU yang dipilih

Merk	JL MARINE		
	JL MARINE JHP-06	JL MARINE JHP-08	JL MARINE JHP-10
Aliran Udara	6000 m ³ /h	8000 m ³ /h	10000 m ³ /h
Aliran Air	12.1 m ³ /h	15.5 m ³ /h	19.3 m ³ /h
Kapasitas Pendinginan	70 kW	90 kW	112 kW
Panjang	2300 mm	2800 mm	3000 mm
Tinggi	1080 mm	1350 mm	1320 mm
Lebar	1250 mm	1400 mm	1500 mm
temperatur kondisi nominal ruangan	23°/50%		
temperatur air masuk/keluar	7°/12°		

Didapatkan AHU dengan temperatur udara keluaran 23°C dengan temperatur air masuk 7°C dan temperatur air keluar 12°C. Sehingga kemudian dapat ditentukan flow rate air yang dibutuhkan sesuai kapasitas pendinginan untuk setiap suhu yang diinginkan.

4.6 Pemilihan Chiller

Chiller merupakan bagian utama dalam water chilled system. Dengan memanfaatkan proses kompresi uap dengan menggunakan fluida refrigerant. Kalor yang dibawa oleh air akan mengevaporasi refrigerant pada evaporator dengan cara perpindahan panas. Pemilihan chiller bergantung dari total beban kapasitas semua AHU yang dapat dilihat pada tabel 19 dibawah

Tabel 19 Beban Kapasitas per AHU dan Totalnya

AHU	Deck	Tipe AHU	Kapasitas AHU
1	Ruang Penumpang Deck 1	JL MARINE JHP-10	112 kW
2	Ruang Penumpang Deck 2	JL MARINE JHP-08	90 kW
3	Ruang Penumpang, Crew, Perwira, Ruang Tamu Deck 3	JL MARINE JHP-10	112 kW
4	Ruang Radio, Chart, Wheel House Deck 4	JL MARINE JHP-06	70 kW
Total Beban Pendinginan AHU			384 kW

Setelah mendapatkan total beban kapasitas total AHU maka dilakukan pemilihan spesifikasi chiller yang dibutuhkan, spesifikasi chiller yang dipilih data dilihat pada tabel 20 dibawah

Tabel 20 Spesifikasi Chiller yang dipilih

Merk	Carrier	
Tipe	AquaForce® 30KA0500A	
Kapasitas Pendinginan	500 kW	
Compressor Power Input	151.7 kW	
Minimum Capacity	15%	
Refrigerant R134a	Circuit A	Circuit B
	85	80
Condenser Air Flow	30063 l/s = 108226.8 m ³ /h	
Evaporator Water Flow	23.83 l/s = 85.788 m ³ /h	
Maximum Operation Power	198 kW	
Panjang	4801 mm	
Lebar	2253 mm	
Tinggi	2379 mm	

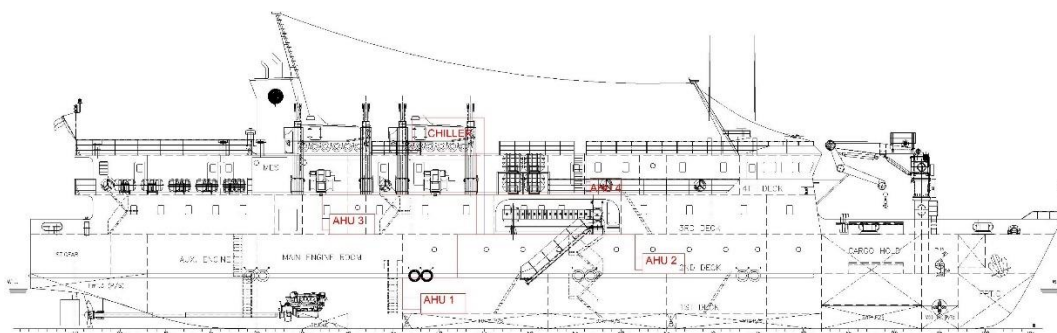
Berat	4510 kg
-------	---------

4.7 Pemilihan Chilled Head Water Pump CHWP

Untuk mengalirkan air dari chiller ke masing-masing AHU disetiap deck diperlukan pompa yang sesuai agar suplai aliran air ke AHU dan aliran balik ke chiller tetap terpenuhi maka diperlukan pemilihan pompa yang tepat.

Dalam memilih pompa yang tepat diperlukan data panjang pipa *supply* dari chiller ke AHU dan *return* ke chiller, serta berapa besar kapasitas aliran air yang dibutuhkan oleh semua AHU.

Penentuan Panjang pipa didapat dari perencanaan peletakkan unit AHU pada setiap deck, maka didapat Panjang pipa yang dibutuhkan untuk mengalirkan *chilled water* dari *chiller* ke AHU, perencanaan peletakkan AHU dan Panjang pipa berdasarkan *General Arrangement* yang didapat berdasarkan gambar



Gambar 15 Perencanaan Letak AHU dan Pipa *Supply Return Chilled Water*

Ukuran panjang pipa *supply* dan *return chilled water* berdasarkan perencanaan diatas dapat dilihat pada tabel 21 dibawah

Tabel 21 Panjang pipa *supply* dan *return* dan kapasitas aliran air AHU

AHU	Panjang Pipa			Kapasitas Aliran Air
	Supply	Return	Total	
1	16.13 m	14.32 m	30.45 m	19.3 m ³ /h
2	17,41 m	18.73 m	36.14 m	15.5 m ³ /h
3	15.53 m	15.82 m	31.35 m	19.3 m ³ /h
4	10.63 m	10.50 m	21.13 m	12.1 m ³ /h
Total				66.2 m ³ /h = 291.47 GPM

Berdasarkan tabel diatas maka diambil jarak total terjauh dari *chiller* ke AHU sebesar 36.14 m di konversi kedalam *feet* menjadi 118.57 ft, setelah mendapat Panjang total pipa terjauh maka selanjutnya mencari nilai dari friksi dari pipa tersebut berdasarkan panjang pipa yang dapat dilihat pada tabel 22 dibawah

Tabel 22 Menghitung besaran friction loss

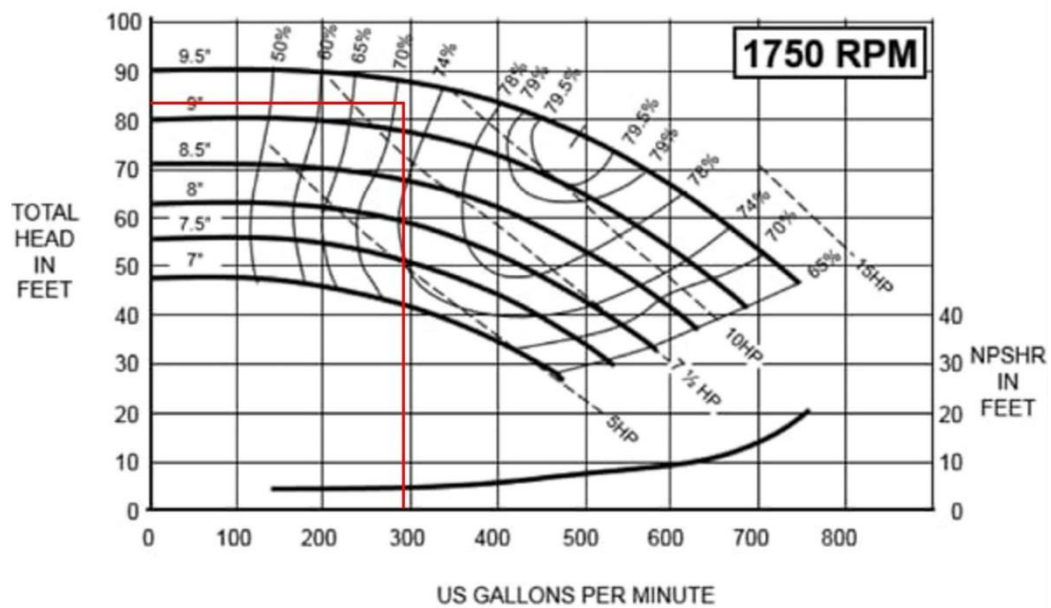
Project : Skripsi Beta
 Subject : Calculation of Head Chilled Water Pump (CHWP)
 Date :
 Revision :

No.	Description	Qty	Length (ft)	Equal Pipe Length (ft)	Friction ft WG per 100 ft	Sub Total (ft)	Remark
A. PIPA							
1	Panjang Pipa (Supply-Return)						
	- Horizontal Level 7	-		-	0.03	0	
	- Vertical dari Level 7 s/d Level 9M	-	118.57	-	0.03	3.5571	
	- Horizontal pada Level 9M	-		-	0.03	0	
	- Horizontal Lantai Roof	-		-	0.03	0	
2	Fitting / Elbow (diambil 40% dari panjang pipa)	-	47.428	-	0.03	1.42	
3	Header , dia. 350 mm / 14"	-	2	-	0.015	0.03	
B. CHILLER							
1	Condenser Chiller	-	-	-	-	30.00	
2	Gate valve dia 150 mm / 6"	2	-	15	0.03	0.45	
3	Motorized Valve dia. 150 mm / 6"	1	-	120	0.03	3.6	
4	Balancing Valve dia. 150 mm / 6"	1	-	120	0.03	3.6	
5	Flexible join dia. 150 mm / 6"	2	-	64	0.03	1.92	
C. POMPA CHILLED WATER							
1	Gate valve dia 150 mm / 6"	2	-	15	0.03	0.45	
2	Strainer dia. 150 mm / 6"	1	-	90	0.03	2.7	
3	Check valve dia. 150 mm / 6"	1	-	60	0.03	1.80	
4	Flexible join dia. 150 mm / 6"	2	-	64	0.03	1.92	
D. AHU / FCU							
1	Coil AHU – Precool PAU-H-RF-1 (unit AHU/FCU yang paling jauh)	1	-	-	-	20	
2	Strainer dia 80 mm / 3"	1	-	35	0.03	1.05	
3	Gate valve dia 80 mm / 3"	2	-	7	0.03	0.21	
4	Control valve dia 65 mm / 2.5"	1	-	60	0.03	1.8	
5	Balancing valve dia 80 mm / 3"	1	-	30	0.03	0.9	
Sub Total						75.40994	
Safety factor 10%						7.540994	
Total Friction Loss						= 82.95	ft
						= 25.29	m
Di bulatkan						= 26.00	m

Berdasarkan table perhitungan diatas didapatkan bahwa total friksi dari Panjang pipa 118.57 ft sebesar 82.95ft.

Maka dapat dimasukkan dalam grafik berikut untuk mencari spesifikasi pompa yang dapat dilihat pada Gambar 14

Typical Single Stage Pump Curve



Gambar 16 Pemilihan Spesifikasi Power Pompa

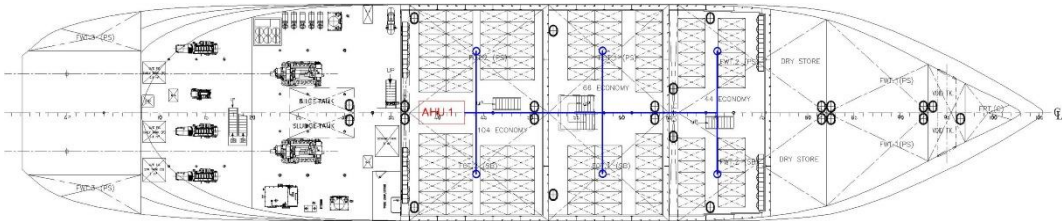
Dengan total aliran supply AHU sebesar 291.47 GPM dan friction loss 82.95 ft maka ditarik garis lurus hingga saling berpotongan mendapatkan nilai pompa sebesar 11 hp atau sama dengan 8.2 kW, maka spesifikasi pompa yang dipilih dapat dilihat pada tabel 23

Tabel 23 Spesifikasi Pompa yang Dipilih

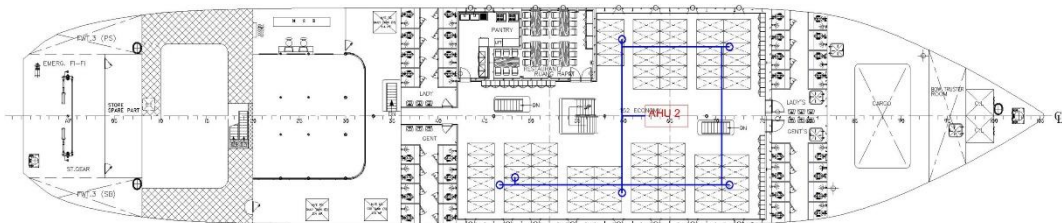
MERK	GRUNDFOS									
Type Pompa	SP 60-5									
Type Motor	MS 6000									
Power Motor	9.2 kW									
Ukuran (mm)	Rp 3 Connection				Rp 4 Connection				B	D
	A	C	E*	E**	A	C	E*	E**		
	1436	832	147	150	1442	838	149	152	604	138
Berat (kg)	60									

4.8 Perkiraan Skema Ducting Udara Terkondisi Dari AHU

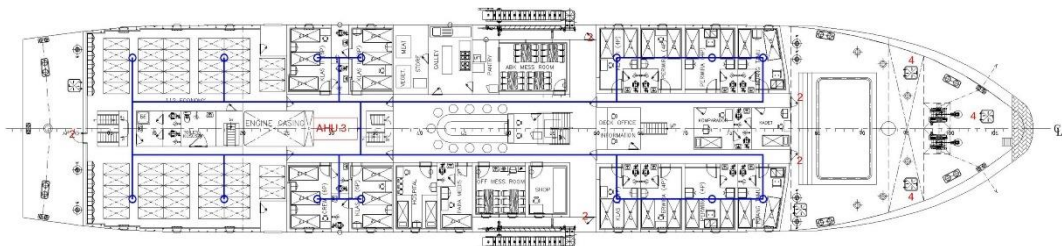
Tahap terakhir adalah penentuan dan perhitungan letak ducting untuk mengalirkan udara yang sudah di kondisikan ke setiap titik yang di perlukan agar pengkondisian udara dapat disalurkan merata ke setiap sudut ruangan, Dikarenakan pada penulisan skripsi ini penulis tidak menghitung keperluan ducting sehingga penulis hanya memperkirakan dan mengasumsikan letak dan skema ducting yang direncanakan. Adapun titik dan skema perkiraan ducting per deck dapat dilihat pada gambar dibawah



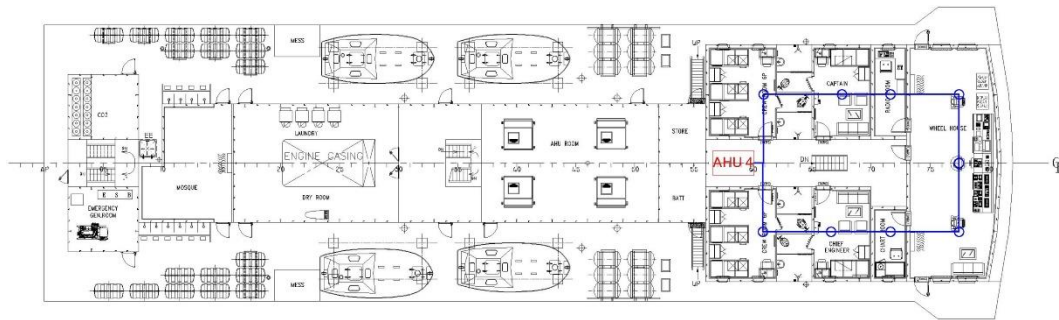
Gambar 17 Perkiraan Letak *Ducting* AHU 1 Pada Deck 1



Gambar 18 Perkiraan Letak *Ducting* AHU 2 Pada Deck 2



Gambar 19 Perkiraan Letak *Ducting* AHU 3 Pada Deck 3



Gambar 20 Perkiraan Letak *Ducting* AHU 4 Pada Deck 4

4.9 Simulasi

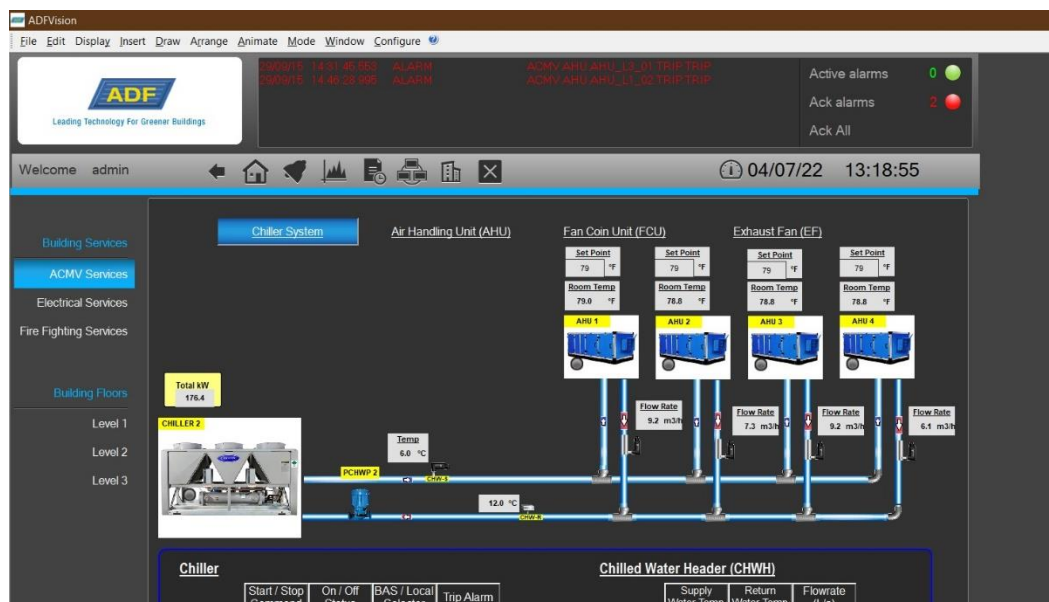
Pada penulisan skripsi ini penulis menggunakan bantuan BAS system dari brand ADF untuk membuat sistem pengkondisian udara yang sudah direncanakan dapat berjalan. System BAS dari brand ADF ini digunakan untuk mengontrol peralatan pada sistem pengondisian udara tersebut berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Untuk dapat menggunakan system tersebut maka diharuskan memasukkan parameter-parameter yang sudah di rencanakan, seperti spesifikasi AHU dan *Chiller* yang sudah didapatkan, jumlah aliran *water chilled* dari *chiller* ke AHU, serta panjang pipa *water chilled*.

Semua variable dan parameter tersebut dimasukkan kedalam sistem BAS ADF tersebut maka dapat dilakukan simulasi apakah peralatan dan dipilih dapat bekerja memenuhi kebutuhan untuk pengkondisian udara masing-masing ruangan.

Pada ADF BAS System dapat dilihat dan termonitor berapa besar suhu ruangan, suhu *set point* ruangan, debit aliran *chilled water* serta berapa besar kW yang dihasilkan oleh *chiller*.

Hasil Simulasi terhadap model sistem pendingin yang dibuat dapat dilihat pada gambar



Gambar 21 Hasil Simulasi Sistem Yang Dimodelkan