

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Zulfan Luto

NIM : 2010313010

Program Studi : Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : ANALISIS *THERMAL COMFORT* PADA RUANGAN
KABIN PENUMPANG KELAS EKONOMI PADA
KAPAL FERRY KMP. JAGANTARA

Dengan ini menyatakan bahwa judul skripsi saya benar bebas dari plagiarisme, dengan skor 23%. Apabila pernyataan terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Depok, 26 Juli 2024

Yang menyatakan,

Penulis



Zulfan Luto

Pembimbing I



Dr. Ir. Fajri Ashfi Rayhan, ST. MT

Pembimbing II



Fathin Muhammad Mahdhudhu,

S.T., M.Sc.

ANALISIS THERMAL COMFORT PADA RUANGAN KABIN PENUMPANG KELAS EKONOMI PADA KAPAL FERRY KMP. JAGANTARA

by Zulfan Luto

Submission date: 25-Jul-2024 02:13PM (UTC+0700)

Submission ID: 2422180752

File name: BIN_PENUMPANG_KELAS_EKONOMI_PADA_KAPAL_FERRY_KMP._JAGANTARA.docx (2.82M)

Word count: 13134

Character count: 77618



**ANALISIS *THERMAL COMFORT* PADA RUANGAN
KABIN PENUMPANG KELAS EKONOMI PADA
KAPAL FERRY KMP. JAGANTARA**

SKRIPSI

ZULFAN LUTO

2010313010

17

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2024



**ANALISIS *THERMAL COMFORT* PADA RUANGAN
KABIN PENUMPANG KELAS EKONOMI PADA
KAPAL FERRY KMP. JAGANTARA**

**2
SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

**ZULFAN LUTO
2010313010**

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK PERKAPALAN

2024

**ANALISIS *THERMAL COMFORT* PADA RUANGAN KABIN
PENUMPANG KELAS EKONOMI PADA KAPAL FERRY
KMP. JAGANTARA**

ZULFAN LUTO

ABSTRAK

Ruang kabin penumpang merupakan aspek vital dalam kapal penumpang yang menjamin kenyamanan selama perjalanan laut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi *thermal comfort* di ruang kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA. Menggunakan CBE *Thermal Comfort Tools* dan mengacu pada standar ASHRAE-55, penelitian menunjukkan bahwa saat ini ruang kabin penumpang kapal ferry KMP. JAGANTARA belum mencapai *thermal comfort* yang diinginkan. Untuk mencapai *thermal comfort* yang optimal, dibutuhkan pendekatan khusus melalui variasi jumlah penumpang dan penyesuaian luas ruangan. Dari hasil perhitungan, menurunkan jumlah penumpang dapat mengurangi beban pendinginan dalam ruangan. Sebagai contoh, dengan 144 penumpang, beban pendinginan tetap berada di bawah nilai ideal (83405 BTU < 83836 BTU). Selain itu, penambahan luas ruangan juga memberikan dampak positif terhadap *thermal comfort*. Misalnya, ruangan dengan luas 325,93 m³ telah memenuhi kriteria *thermal comfort* (92816 BTU < 94949 BTU). Lalu dengan kondisi penerangan 1/4 dari total penerangan, didapatkan beban pendinginan ideal berada pada jumlah kapasitas penumpang sejumlah 149 orang (84775 BTU/h < 83775 BTU/h). Dengan demikian, pendekatan variasi jumlah penumpang dan luas ruangan dapat diterapkan untuk meningkatkan *thermal comfort* di ruang kabin penumpang kapal ferry KMP. JAGANTARA sesuai dengan standar ASHRAE-55. Langkah-langkah ini diharapkan memberikan rekomendasi yang bermanfaat untuk perbaikan desain dan pengelolaan ruang kabin penumpang dalam kapal penumpang lainnya.

Kata kunci: *Thermal comfort, ASHRAE-55, Beban pendinginan.*

**THERMAL COMFORT ANALYSIS IN ECONOMY CLASS
PASSENGER CABIN ON FERRY KMP. JAGANTARA**

ZULFAN LUTO

ABSTRACT

The passenger cabin is a critical component of passenger ships, ensuring comfort during sea voyages. This study aims to analyze thermal comfort conditions in the economy class passenger cabin of the ship KMP. JAGANTARA. Utilizing CBE Thermal comfort Tools and referencing the ASHRAE-55 standard, the research reveals that the current thermal comfort levels in the passenger cabin of KMP. JAGANTARA have not yet reached desired levels. Achieving optimal thermal comfort requires a tailored approach involving variations in passenger numbers and adjustments in room dimensions. Calculations indicate that reducing the number of passengers can decrease the cooling load within the cabin. For instance, with 144 passengers, the cooling load remains below the ideal threshold (83405 BTU < 83836 BTU). Additionally, increasing the room dimensions positively impacts thermal comfort. For example, a room measuring 325.93 m³ meets thermal comfort criteria (100.397 BTU < 101.965 BTU). then with lighting conditions of 1/4 of the total lighting, the ideal cooling load is found to be at a passenger capacity of 149 people (84775 BTU/h < 83775 BTU/h).

Thus, varying passenger numbers and adjusting room dimensions represent viable strategies to enhance thermal comfort in the passenger cabin of KMP. JAGANTARA in accordance with the ASHRAE-55 standard. These measures are expected to provide valuable recommendations for improving the design and management of passenger cabins in other passenger ships.

Keywords: Thermal comfort, ASHRAE-55 Standard, cooling load.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, yang telah melimpahkan hikmat dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis *Thermal comfort* pada Ruang Kabin Penumpang Kelas Ekonomi Kapal Ferry KMP. JAGANTARA". Skripsi ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Penulis juga ingin mengungkapkan rasa syukur dan terima kasih kepada:

1. Dr. Anter Venus, MA., Comm. selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
2. Dr. Muchamad Oktaviandri, ST., MT., IPM., ASEAN. Eng selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Jakarta.
3. Dr. Wiwin Sulistyawati, ST., MT. selaku Kepala Program Studi Teknik Perkapalan Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.
4. Dr. Fajri Ashfi Rayhan, ST., MT. selaku dosen pembimbing I yang telah membantu dan mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Fathin Muhammad Mahdhudhu, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing II yang telah membantu dan mengarahkan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Kedua orangtua penulis bapak Piliman Sihombing dan Ibu Nelfi Simanjuntak yang tercinta dan tersayang atas doa restu serta segala bantuan moril dan materil selama penulis menyusun skripsi.
7. Saudara dan saudari keluarga penulis atas segala bantuan moril dan materil selama penulis menyusun skripsi.
8. Dorothea Puspitaningrum yang telah menemani, membantu serta memberi semangat selama penulis menyusun skripsi.
9. Saudara dan saudari Maritim 2020 yang senantiasa dalam suka dan duka serta berbagi ilmu yang dimiliki serta memberi semangat dan dukungan selama penulis menjalani masa perkuliahan.
10. Keluarga Maritim UPNVJ yaitu abang, mba dan adik-adik yang telah memberikan dukungan penuh kepada penulis selama penulis menjalani masa

perkuliahan.

- II. Terima kasih juga kepada seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini terdapat banyak kekurangan baik dalam penyajian materi hingga sistematika penulisan, oleh sebab itu penulis sangat terbuka untuk kritik dan saran agar melengkapi kekurangan tersebut.

Akhir kata penulis mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, semoga Tuhan Tuhan Yesus Kristus selalu menyertai langkah penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat menambah wawasan berpikir serta sebagai bahan referensi dan informasi yang bermanfaat bagi pengetahuan, khususnya di bidang Teknik Perkapalan.

Depok,

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
8 DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR NOTASI	x
15 BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Hipotesis	5
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	5
1.7 Sistematika Penelitian	5
BAB II	7
2.1 Kapal ferry	7
2.2 Thermal Comfort	9
2.3 Perpindahan Kalor	12
2.4 Heating, Ventilating, and Air-Conditioning (HVAC)	15
2.5 Kapasitas sirkulasi udara	Error! Bookmark not defined.
2.6 Software yang digunakan	20
2.6.1 Onshape	23
2.6.2 CBE Thermal comfort Tools	24
BAB III	25
9 3.1 Diagram Alir Penelitian	25
BAB IV	36
21 4.1 Data Utama Kapal	Error! Bookmark not defined.
4.2 Perancangan Desain Ruang Kabin Penumpang Kelas Ekonomi Kapal ferry KMP. JAGANTARA	Error! Bookmark not defined.
4.3 Analisis Pengukuran Thermal Comfort	36

4.4 Analisis Nilai Beban pendinginan	39
4.5 Variasi Data	40
4.5.1 Variasi Kapasitas Penumpang	40
4.5.2 Variasi Luasan Dimetrik Ruangan.....	45
BAB V	52
³⁰ 5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal Ferry KMP. JAGANTARA	7
Gambar 2.2 Ruangan Kabin Penumpang Kelas Ekonomi Error! Bookmark not defined.	23
Gambar 2.3 Perpindahan Kalor	Error! Bookmark not defined. 3
Gambar 2.4 Tampilan Software <i>Onshape</i>	19
Gambar 2.5 Tampilan Software CBE Thermal comfort Tool	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3.2 Rh Meter	27
Gambar 4.1 General Arrangement KMP JAGANTARA Error! Bookmark not defined.	9
Gambar 4.2 Bentuk Dimetrik Ruangan Kabin Penumpang Kelas Ekonomi Error! Bookmark not defined.	23
Gambar 4.3 Desain Ruangan Kabin Penumpang Kelas Ekonomi Kapal KMP. JAGANTARA	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.4 Thermal Comfort 1	22 36
Gambar 4.5 Thermal Comfort 2	37
Gambar 4.6 Thermal Comfort 3	37
Gambar 4.7 Thermal Comfort 4	38
Gambar 4.8 Thermal Comfort 5	38
Gambar 4.9 Grafik Beban pendinginan	44
Gambar 4.10 Dimetrik Ruangan Kabin Penumpang Ekonomi Kapal	20 Error!
Gambar 4.11 Varian Ruang 1	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.12 Varian Ruang 2	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.13 Varian Ruang 3	34
Gambar 4.14 Grafik Beban pendinginan	52

50
DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Indeks PMV	2
Tabel 2.1 Tingkatan Kenyamanan <i>Thermal</i> Orang Indonesia	21
Tabel 4.1 Data Kapal	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2 Pengukuran Temperatur Udara	29
Tabel 4.3 Data Pembebanan Suhu dan Kelembapan	12
Tabel 4.4 Perbandingan Variasi Kapasitas Penumpang dan Nilai Beban Pendinginan	44
Tabel 4.5 Perbandingan Variasi Luasan Dimetrik Ruang dan Nilai Beban pendinginan	51

DAFTAR NOTASI

T	Temperatur	[°C]
L	Luas ruangan	[m ³]
v	Kecepatan aliran fluida	[m/s]
V_s	Kapasitas sirkulasi udara yang disuplai	[m ³ /h/p]
kv	Koefisien perpindahan panas	[W/m ³ °K]
Av	Luas area rambat panas	[m ³]
Ag	Luas area yang terkena panas	[m ³]
Simbol		
Δ	Perubahan Temperatur	[°C]
ϕ	Beban Transmisi panas	[watt]

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki lingkungan maritim yang dinamis dan juga perubahan cuaca yang cepat sehingga dapat mengakibatkan fluktuasi suhu, kelembapan, dan sirkulasi udara yang signifikan. Indonesia juga merupakan negara yang mempunyai musim tropis sehingga diperlukan perancangan sistem HVAC agar kondisi ruang akomodasi nyaman bagi awak kapal (Hasan, 2018). Hal ini juga memengaruhi keadaan lingkungan termasuk keadaan lingkungan yang ada di dalam ruangan kabin penumpang kelas ekonomi pada kapal ferry. Penggunaan kapal ferry juga merupakan salah satu moda transportasi yang cukup sering digunakan di Indonesia. Sebagai negara kepulauan, di Indonesia kapal ferry mempunyai peran sangat vital untuk melayani angkutan penumpang dan barang dengan jarak tempuh pendek (Wulandari & Agusty, 2021).

Menurut data dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Indonesia merupakan negara yang dilewati oleh garis khatulistiwa. Hampir seluruh wilayah Indonesia memiliki iklim tropis. Perairan yang hangat dan merata membentuk 81% dari wilayah Indonesia menyebabkan suhu di darat rata-rata sekitar 28° C di wilayah pesisir. (Analisis perubahan iklim di Indonesia, 2021). Dengan keadaan wilayah yang tropis, maka sangat rentan terjadi kondisi ketidaknyamanan *thermal* pada moda transportasi publik khususnya kapal penumpang.

Oleh karena itu, diperlukan analisis tentang sistem HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*), yaitu pengaturan mengenai pemanasan, ventilasi dan isolasi termal pada kapal ferry di Indonesia. Sistem pemeliharaan ruangan, diperlukan untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan yang baik sebagai strategi penting untuk mencapai kenyamanan yang sesuai dengan faktor farmakologis (Saran et al., 2020). Penggunaan teknologi terkini diperlukan untuk memastikan kondisi lingkungan yang optimal bagi kenyamanan penumpang.

Thermal comfort meliputi kepuasan pikiran yang dialami manusia terhadap kondisi temperatur di lingkungan sekitarnya. Tolak ukur *thermal comfort*

mencakup keseimbangan antara suhu udara dan suhu tubuh manusia. ⁴⁰ *Thermal comfort* memiliki tolak ukur berupa kenyamanan fisik (fisiologi) dan ⁵ perasaan dalam pikiran manusia (psikologi) yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termalnya (Purba & Pane, 2022). ⁵ Temperatur dalam ruangan yang sehat berdasarkan MENKES NO.261/MENKES/SK/II/1998 adalah temperatur ruangan yang berkisar antara 18°C-27°C. Sedangkan Kelembapan udara yang nyaman untuk tubuh berkisar 40-60% (Suyono & Prianto, 2017)

Untuk menilai kualitas lingkungan termal, pada tahun 1970 Professor Fanger dari Universitas Denmark memperkenalkan metode PMV (*Predicted Mean Voted*).

Tabel 1.1 Indeks PMV

¹⁴ PMV	THERMAL SENSATION	PPD (%)
3	HOT	100
2	WARM	75
1	SLIGHTLY WARM	25
0	NEUTRAL	5
-1	SLIGHTLY COOL	25
-2	COOL	75
-3	COLD	100

(Sumber: Lippmeier, G. 1997)

Berdasarkan data pada gambar 1.1, PMV menggunakan ⁴ indeks yang mengindikasikan sensasi dingin (*cold*) dan hangat (*warmth*) yang dirasakan oleh manusia pada skala +3 sampai -3 (Carlucci et al., 2018). Terdapat peningkatan penerimaan secara adaptif terhadap kenyamanan berdasarkan survei di lapangan. Hal ini telah membuka jalan bagi pemahaman yang lebih menyeluruh tentang ⁴⁵ *thermal comfort*. Ketentuan PMV dilakukan secara individu yang memberikan konteks yang menjadi dasar munculnya petunjuk selanjutnya (Cole et al., 2010). Bagian ini mengaji masing-masing kondisi secara bergantian. Dengan tujuan memperluas signifikansi dan menempatkannya untuk perencanaan penelitian yang lebih luas dan mendalam oleh para ahli.

Standar industri internasional menegaskan pentingnya mempertahankan ⁶⁰ *thermal comfort* yang sesuai untuk memastikan pengalaman perjalanan yang nyaman dan aman bagi para penumpang selama pelayaran di kapal, seperti organisasi IMO. *International Maritime Organization* (IMO) mempunyai

wewenang untuk mengatur aktivitas pelayaran internasional secara global dan menerapkan tindakan pencegahan untuk menghindari dampak negatif lalu lintas maritim, juga polusi suara serta kenyamanan pada kapal yang berlayar di atas laut (Rodriguez R.C, dkk. 2023). Dengan memanfaatkan teknologi terbaru dan pendekatan rekayasa yang canggih, pengembangan sistem yang dapat mengontrol dan menjaga *thermal comfort* di ruangan kabin menjadi fokus utama dalam memenuhi harapan serta kebutuhan penumpang dalam perjalanan laut mereka. Penumpang menghabiskan sebagian besar waktu berlayar mereka yang berlangsung selama sehari-hari atau berminggu-minggu di dalam kabin dengan keadaan lingkungan termal yang tentunya secara signifikan berdampak pada *thermal comfort* mereka (Liu H, dkk. 2018). Permasalahan ini mendorong para ahli untuk menciptakan sebuah solusi untuk mewujudkan lingkungan kabin yang lebih nyaman.

Ada beragam penelitian yang dilakukan untuk mengkaji berbagai metode analisis mengenai *thermal comfort* dengan tujuan untuk menilai apakah suatu lingkungan termal dapat dianggap nyaman untuk ditinggali, sebagaimana yang diteorikan dalam standar ASHRAE 55-2017. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers) 2017 memberikan kemampuan untuk mengidentifikasi pengukuran fisik dan melakukan verifikasi terhadap variabel-variabel termal dalam rentang kenyamanan, termasuk parameter-parameter termal dalam ruangan.

Menurut ketentuan yang diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 29/PRT/M/2006 (2006), terdapat serangkaian standar yang harus dipatuhi oleh suatu bangunan agar dapat mencapai tingkat kenyamanan yang diinginkan, seperti kenyamanan ruang gerak, kenyamanan pendengaran, kenyamanan visual, dan *thermal comfort*. Ketika membicarakan tingkat kenyamanan suatu bangunan, faktor-faktor eksternal dan internal dianggap sebagai indikator penting dalam mencapai *thermal comfort* yang optimal.

Bangunan yang dirancang dengan baik akan mampu menampung berbagai aktivitas penghuninya serta menciptakan suasana lingkungan yang kondusif dan menjalin hubungan yang harmonis dengan lingkungannya. Contoh nyata penerapan

prinsip-prinsip ini dapat ditemukan dalam berbagai jenis bangunan dan ruangan termasuk ruangan kabin penumpang kelas ekonomi pada kapal ferry.

Pada penelitian ini akan membahas tentang analisis *thermal comfort* pada kabin penumpang kelas ekonomi pada kapal ferry yang merupakan suatu proses penting dalam merancang dan memelihara kondisi lingkungan yang nyaman bagi penumpang di dalam kapal. Menjaga *thermal comfort* bagi manusia merupakan salah satu aspek kunci terkait konsep umum kenyamanan yang ditemui dalam kehidupan dan aktivitas manusia (Enescu D. 2017) Dengan meningkatnya kesadaran akan kenyamanan penumpang dan upaya untuk memenuhi standar kenyamanan, fokus pada rekayasa termal telah menjadi poin krusial dalam desain dan operasi kapal ferry penumpang.

2 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka perumusan dalam penulisan skripsi ini adalah:

1. Bagaimana desain rekayasa ruangan kabin penumpang kelas ekonomi pada kapal ferry KMP. JAGANTARA?
2. Bagaimana analisis kondisi *thermal comfort* pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA?
3. Bagaimana analisis kondisi beban pendinginan pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA?

2 1.3 Batasan Masalah

Agar analisa dalam skripsi ini dapat fokus dan tidak terlalu meluas, maka akan dibatasi permasalahannya sebagai berikut:

1. Penelitian ini tidak mempertimbangkan desain dan efisiensi permesinan kapal ferry KMP. JAGANTARA.
2. Penelitian ini hanya berfokus pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi pada kapal ferry KMP. JAGANTARA.
3. Penelitian ini tidak mempertimbangkan faktor konstruksi penguat pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA.

1.4 Hipotesis

Dengan menganalisis *thermal comfort* pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi pada kapal ferry, diharapkan dapat meningkatkan performa *thermal comfort* pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA. Sehingga hal ini dapat meningkatkan kenyamanan dan kesehatan penumpang dengan tujuan agar penumpang dapat merasakan sensasi kenyamanan dan kesehatan yang optimal.

28

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan rekayasa desain ruangan kabin penumpang kelas ekonom kapal ferry KMP. JAGANTARA.
2. Menganalisis kondisi *thermal comfort* pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA.

2

1.6 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mengembangkan ilmu pengetahuan dibidang Perkapalan dan hubungannya dengan kondisi kenyamanan dan kesehatan manusia.
2. Menjadi acuan untuk mengembangkan desain ruangan kabin penumpang kelas ekonomi yang kompatibel dengan kondisi kenyamanan dan kesehatan manusia.

2

1.7 Sistematika Penelitian

Sistem penulisan yang penulis gunakan dalam penyusunan penelitian ini adalah:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini diberikan gambaran awal mengenai apa yang akan dibahas dalam penelitian ini meliputi latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika

penulisan. Hal-hal tersebut merupakan pijakan awal dalam proses penelitian yang berlangsung

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang tinjauan pustaka atau kerangka teoritis.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang metodologi penelitian yang akan digunakan meliputi diagram alir penelitian, identifikasi dan perumusan masalah, studi literatur, dan pengumpulan data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi menjelaskan hasil dari penelitian menggunakan perhitungan dan analisis *thermal comfort* pada kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA.

BAB 5 SIMPULAN

Bab ini membahas tentang kesimpulan, saran dan rekomendasi dari hasil penelitian.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal ferry

Kapal ferry merupakan sarana angkutan penyeberangan yang dapat mengangkut penumpang, kendaraan, barang, maupun ternak dari satu daratan ke daratan yang lain. Kapal ferry mempunyai peranan penting dalam sistem pengangkutan bagi banyak kota di pesisir pantai, membuat transit langsung antar kedua tujuan dengan biaya lebih kecil dibandingkan jembatan atau terowongan. Penelitian ini berfokus pada kapal ferry KMP. JAGANTARA.



8

Gambar 2.1 Kapal ferry KMP. JAGANTARA

(Sumber: <https://www.vesselfinder.com/vessels/details/8324074>)

Gambar 2.1 adalah salah satu dokumentasi dari kapal ferry yaitu kapal ferry KMP. JAGANTARA. Pada kapal ferry KMP. JAGANTARA terdapat berbagai macam ruangan yang jenis dan fungsinya juga berbeda-beda. Namun dalam penelitian ini dikhususkan pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi. Adapun berbagai macam ruangan khusus di kapal ferry adalah sebagai berikut (Nugroho S.A, 2014).

1. Ruang Penumpang:

Beberapa kapal ferry memiliki ruangan atau kabin untuk penumpang. Berikut adalah gambar 2.2 yang merupakan ruangan kabin penumpang pada kapal ferry KMP. JAGANTARA

- Kelas ekonomi: Ruang atau kabin untuk penumpang yang sederhana dengan fasilitas dasar. Berikut adalah gambar 2.2 yang merupakan ruangan kabin penumpang pada kapal ferry KMP. JAGANTARA.



Gambar 2.2 Ruang Kabin Penumpang Kelas Ekonomi
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Pada gambar 2.2 terlihat ruangan kabin penumpang kapal ferry KMP. JAGANTARA yang memiliki kapasitas penumpang maksimal 154 orang dengan luas dimetrik ruangan 279 m³

- Kelas Bisnis atau Eksekutif (VIP): Ruang atau kabin untuk penumpang yang lebih nyaman, dengan lebih banyak ruang dan fasilitas tambahan yang lebih mewah.
2. Restoran
 - Restoran Umum: Tempat makan untuk semua penumpang dengan berbagai opsi makanan.
 - Restoran Khusus: Beberapa kapal ferry memiliki restoran khusus dengan menu yang lebih mewah atau khusus jenis masakan tertentu.
 3. Kafetaria: Tempat untuk membeli kopi, teh, makanan ringan, dan camilan.
 4. Ruang Santai (lesehan): Area untuk bersantai atau sekadar menikmati pemandangan laut selama perjalanan.

5. Ruang Konferensi atau Pertemuan: kapal ferry yang melayani perjalanan bisnis atau acara khusus dapat memiliki ruang konferensi atau pertemuan.
6. Fasilitas Kesehatan: Beberapa kapal ferry dilengkapi dengan fasilitas medis atau ruang pertolongan pertama.

2.2 Thermal Comfort

Thermal comfort adalah suatu kondisi manusia merasakan kondisi *thermal* yang tepat dengan lingkungannya (Purba & Pane, 2022). Kenyamanan dalam kaitannya dengan konstruksi bangunan dapat diartikan sebagai sebuah keadaan yang dapat memberikan perasaan nyaman dan menyenangkan bagi penghuni yang merasakannya.

Batas kenyamanan untuk kondisi khatulistiwa berkisar antara 19°C TE–26°C TE (Lippsmeier, G. 1997) dengan pembagian berikut:

- Suhu 26°C TE : Umumnya penghuni sudah mulai berkeringat.
- Suhu 26°C TE–30°C TE : Daya tahan dan kemampuan kerja penghuni mulai menurun.
- Suhu 30,5°C TE–35,5 °C TE : Kondisi lingkungan mulai sukar.
- Suhu 35°C TE–36°C TE : Kondisi lingkungan tidak memungkinkan lagi.

Kelembapan adalah suatu keadaan lingkungan udara basah yang disebabkan oleh adanya uap air (Suwarno & Ikaputra, 2020). Tingkat kejenuhan sangat dipengaruhi oleh temperatur suhu udara. Secara matematis kelembapan relatif (RH) didefinisikan sebagai presentase perbandingan antara tekanan uap air parsial dengan tekanan uap air jenuh. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan nilai tinggi rendahnya kelembapan udara di suatu tempat. Namun, penelitian ini hanya berfokus pada faktor suhu, tekanan udara, dan kelembapan udara. Beberapa faktor klimatis dan faktor fisiologis yang mempengaruhi *thermal comfort* penghuni yaitu (Karyono, TH. 2001):

1. Suhu Udara

Indonesia mempunyai iklim tropis dengan karakteristik kelembapan udara yang tinggi. Indonesia merupakan negara tropis yang dimana kelembapan udaranya dapat mencapai angka 80%, dan suhu udara relatif tinggi dapat mencapai hingga 35°C (Wulandari & Agusty, 2021). Sedangkan dalam konteks

kenyamanan *thermal*, manusia pada umumnya dapat mentoleransi pada nilai suhu dan kelembapan tertentu. Kondisi nyaman thermal di Indonesia berada pada kondisi suhu udara sekitar 18° C - 26° C (Hasan, 2018).

Oleh karena itulah suhu udara dalam konteks kenyamanan *thermal* merupakan salahsatu faktor vital, dengan kaitannya dalam penelitian ini adalah pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP.

JAGANTARA

2. Kelembapan udara

Kelembaban udara merupakan salah satu faktor penting dalam kondisi *thermal*. Yang dimaksud dengan kelembaban udara adalah kandungan uap air atau uap air yang terdapat pada udara sekitar, sedangkan kelembaban relatif udara merupakan perbandingan antara kandungan uap air yang terdapat pada udara sekitar dengan kapasitas maksimum yang dimiliki udara sekitar dapat menahan uap air (Mamesa, dkk. 2022). Di Indonesia, kelembaban akan memberikan kondisi nyaman pada 30%-50% (Purwanto L.M.F, dkk. 2023). Kelembapan yang tinggi mengakibatkan sulit terjadinya penguapan dipermukaan kulit sehingga mekanisme pelepasan panas bisa terganggu.

3. Angin

Angin adalah pergerakan udara dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah. Pembentukan arah angin terjadi karena perbedaan tekanan udara di dua tempat berbeda (Arsyad S. 1983). Aliran angin berasal dari tempat yang memiliki tekanan udara tinggi menuju ke tempat yang bertekanan udara rendah. Angin adalah udara yang bergerak dan sangat diperlukan untuk mengurangi tingkat kelembaban dalam ruangan. Udara yang tidak bergerak di dalam ruangan menimbulkan suasana kaku di dalam ruangan dan membuat orang mudah berkeringat (Istiningrum, dkk. 2017). Angin memiliki pengaruh yang sangat signifikan dalam menentukan indeks *thermal comfort*. Kecepatan udara biasanya diukur dalam satuan seperti meter per detik (m/s) atau kilometer per jam (km/jam).

4. Aktifitas Manusia

Thermal comfort dilandasi oleh tercapainya keseimbangan panas badan. Saat menilai tingkat metabolisme, penting untuk mempertimbangkan rata-rata

aktivitas manusia dimana badan akan memelihara panas badan dalam kondisi 37 °C (Mamesa, dkk. 2022).

5. Pakaian

Pelepasan panas badan ke lingkungan melalui pakaian terjadi proses evaporasi, radiasi, konduksi dan konveksi yang ditentukan oleh resistensi pakaian tersebut (Sugini, 2003). Setiap jenis pakaian memiliki angka karakteristik resistensi yang dihubungkan dengan persentase penutupan atau pelapisan pada kulit tubuh manusia terhadap lingkungan udara luar.

Temperatur dalam ruangan yang sehat berdasarkan MENKES NO.261/MENKES/SK/II/1998 adalah temperatur ruangan yang berkisar antara 18°C-28°C. Dibawah ini adalah tabel 2.1 yaitu tabel tingkatan temperatur kenyamanan orang Indonesia. Tingkatan temperatur yang nyaman untuk orang Indonesia atas tiga bagian yang dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 2.1 Tingkatan temperatur kenyamanan orang Indonesia

Kondisi	Temperatur Efektif (TE)	Kelembapan/RH (%)
Sejuk nyaman	20,5 °C TE - 22,8 °C TE	50%
Nyaman optimal	22,8 °C TE - 28,2 °C TE	70%
Hangat nyaman	25 °C TE - 28,2 °C TE	60%

(Sumber: MENKES NO.261/MENKES/SK/II/1998)

Untuk kenyamanan termal dibutuhkan:

- *Thermal balance*, yaitu nilai *heat loss* = nilai *heat gain*. Hal ini penting tapi bukan kondisi yang cukup untuk kenyamanan, misalnya berkeringat bisa membawa kepada keseimbangan termal tapi bisa jadi tidak nyaman.
- *Mean skin temperature*, harus berada pada level yang tepat untuk kenyamanan (temperatur kulit untuk kenyamanan berkurang dengan bertambahnya aktivitas).
- *Sweating*, kenyamanan adalah fungsi dari nilai sweating yang disukai, yang mana juga merupakan fungsi aktivitas dan metabolic rate.

¹ 2.3 Perpindahan Kalor

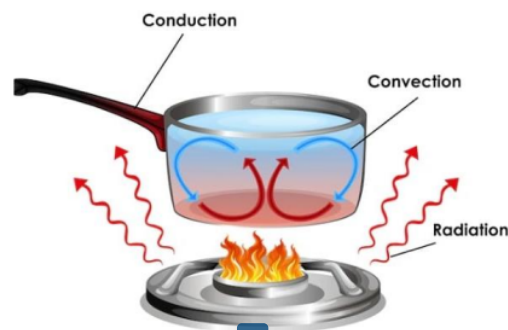
Perpindahan kalor merupakan perpindahan energi yang dialami benda maupun material dengan suhu tinggi menuju benda maupun material dengan suhu rendah, hingga mencapai kesetimbangan panas. Perpindahan kalor (heat transfer) merupakan ilmu yang dapat memberikan gambaran perpindahan energi yang terjadi disebabkan terdapat perbedaan suhu di antara benda maupun material. Jika 2 sistem yang suhunya berbeda disinggungkan maka akan terjadi perpindahan energi. Proses di mana perpindahan energi itu berlangsung disebut perpindahan panas. Perpindahan panas akan terjadi apabila ada perbedaan temperatur antara 2 bagian benda. Panas akan berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah (Rokhimi & Pujayanto, 2015). Terdapat 3 macam proses perpindahan energi kalor. Proses tersebut yakni perpindahan energi secara konduksi, konveksi serta radiasi. Konduksi yakni proses 8 perpindahan kalor dari suatu bagian benda padat atau material menuju bagian lainnya.

Perpindahan kalor pada fluida terjadi secara konveksi. Konveksi merupakan proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi, serta gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat serta cairan atau gas (Hersandi., ¹2014). Perpindahan kalor atau panas merupakan proses perpindahan energi dari satu daerah menuju daerah lainnya sebagai akibat dari perbedaan suhu. Seperti dari temperatur yang lebih tinggi ke temperatur lebih rendah. 9 Kalor dapat berpindah dengan 3 cara yaitu: konveksi, konduksi dan radiasi.

Radiasi dapat merupakan suatu proses perpindahan panas dari suatu benda ke benda lain tanpa melalui perantara atau medium. Dalam teori radiasi, gelombang elektromagnetik berperan penting dalam proses terjadinya perpindahan panas dari satu benda menuju benda lainnya. Sehingga dalam proses ini panas yang berpindah tidak membutuhkan perantara maupun medium sama sekali. Bahkan di dalam ruang hampa sekalipun, proses perpindahan panas dapat tetap berlangsung melalui radiasi gelombang elektromagnetik. Panas matahari yang sampai ke bumi merupakan salah satu contoh nyata bentuk perpindahan panas secara radiasi. Jarak antara bumi dan matahari sangatlah jauh. Terdapat ruang hampa yang memisahkan antara bumi serta matahari. Walaupun demikian, panas matahari tetap bisa dirasakan serta sampai

menuju bumi melalui pancaran radiasi. Kalor yakni suatu bentuk energi panas yang dapat berpindah dari benda yang bersuhu tinggi menuju benda yang bersuhu lebih rendah.

Sementara suhu merupakan derajat panas dinginnya suatu benda. Jadi jika semakin banyak suatu benda menyerap kalor maka suhu benda tersebut akan semakin tinggi begitu pula jika semakin banyak sesuatu benda melepaskan kalor maka suhunya akan semakin rendah (Nurhayati et al., 2021). Perpindahan panas merupakan perindahan energi dari satu daerah menuju daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut dari temperatur fluida yang lebih tinggi ke fluida lain yang memiliki temperatur lebih rendah. Perpindahan panas pada umumnya diklasifikasikan dalam 3 cara perpindahan panas yang berbeda yakni konduksi (*conduction*; juga dikenal dengan istilah hantaran), radiasi (*radiation*; juga dikenal dengan istilah pancaran), dan konveksi (*convection*; juga dikenal dengan istilah aliran) (Yunus, 2009). Berikut penggambaran sederhana dari perpindahan kalor secara konduksi, konveksi, dan radiasi.



56
Gambar 2.3 Perpindahan kalor

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/NyRnRXNCDv2gCgj69>)

Dapat dilihat pada gambar 2.3 tersebut bahwa energi sebenarnya disimpan dalam partikel partikel fluida serta diangkut sebagai akibat gerakan massa partikel-partikel tersebut. Mekanisme ini untuk operasinya tidak tergantung hanya pada beda suhu serta oleh karena itu tidak secara tepat mencukupi definisi perpindahan panas. Namun hasil bersihnya yakni angkutan energi, serta karena terjadinya dalam arah gradien suhu, maka juga dikelompokkan dalam suatu cara perpindahan panas

serta ditunjuk dengan sebutan aliran panas dengan cara konveksi (Ambarita, 2011).

Berikut merupakan tiga mekanisme dasar perpindahan panas yakni:

a. Konduksi

Konduksi merupakan perpindahan energi dari partikel yang mempunyai energi lebih tinggi menuju partikel didekatnya yang memiliki energi lebih sedikit (Rokhimi, 2015). Pada gambar 2.3 dapat dilihat bahwa perpindahan kalor secara konduksional membuat molekul-molekul yang berada di dekat sumber kalor memberikan sebagian panasnya. Molekul-molekul terdekat kembali membentur molekul-molekul terdekat lainnya serta memberikan sebagian panasnya, dan begitu seterusnya pada sepanjang bahan sehingga suhu pada gagang panci naik. Ini membuktikan pula bahwa perpindahan kalor merupakan proses berpindahnya energi dari suatu daerah menuju daerah lainnya diakibatkan dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut.

b. Konveksi

Konveksi merupakan proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi, serta gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat serta cairan atau gas (Hersandi., 2014).

Berdasarkan ilustrasi sederhana yang ada pada gambar 2.3, dapat dilihat bahwa perpindahan kalor atau panas secara konveksi merupakan proses perpindahan energi dari satu daerah menuju daerah lainnya sebagai akibat dari perbedaan suhu seperti dari temperatur yang lebih tinggi ke temperatur lebih rendah. Perpindahan panas dari material padat menuju liquid atau gas yang bergerak mengenainya, serta proses perpindahan panas ini akan melibatkan kombinasi efek konduksi dan pergerakan fluidanya (Hersandi., 2014).

c. Radiasi

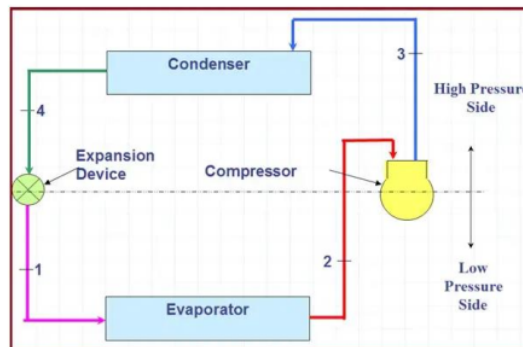
Perpindahan panas dengan cara pancaran dari material dalam ruang bebas akibat perubahan konfigurasi dari atom serta molekul dapat disebut sebagai radiasi.

Pada gambar 2.3 dapat diilustrasikan bahwa perpindahan panas secara radiasi berbeda dengan perpindahan panas secara konduksi dan konveksi. Perpindahan energi panas secara radiasi yaitu kalor berpindah melalui daerah-daerah hampa dan mekanismenya adalah sinaran atau radiasi elektromagnet (Irawati E, dkk. 2019).

2.4 Heating, Ventilating, and Air-Conditioning (HVAC)

Heating, Ventilating, and Air Conditioning (HVAC) adalah sebuah sistem yang terdiri dari berbagai komponen yang dirancang untuk mengatur kondisi udara di dalam bangunan, termasuk suhu, kelembaban, sirkulasi udara, dan kualitas udara. Salah satu fungsi utama dari sistem HVAC adalah untuk menyediakan pemanasan saat cuaca dingin dan pendinginan saat cuaca panas. Ini dilakukan dengan menggunakan perangkat seperti pemanas, pendingin udara, dan pompa panas yang mengatur suhu udara di dalam bangunan. Selain itu, sistem HVAC juga bertanggung jawab atas ventilasi udara yang bertujuan untuk memastikan sirkulasi udara yang baik di dalam ruangan dan untuk menyediakan pasokan udara segar dari luar.

Secara umum, sistem HVAC merupakan salah satu aspek terpenting dalam desain dan manajemen bangunan modern. Dengan menyediakan lingkungan yang nyaman dan sehat bagi penghuninya, sistem HVAC berperan dalam meningkatkan kualitas hidup dan produktivitas orang-orang yang tinggal atau bekerja di dalam bangunan tersebut.



Gambar 2.6 contoh sistem HVAC kompresorv uap
(Sumber: <https://images.app.goo.gl/FqmHUZDEMqoVYDAv8>)

Pada gambar 2.6 dapat dilihat salah satu contoh penggunaan HVAC yaitu sistem kompresor uap. Sistem refrigerasi kompresor uap merupakan suatu sistem yang menggunakan kompresor sebagai alat kompresi refrigeran, yang dalam keadaan bertekanan rendah akan menyerap kalor dari tempat yang didinginkan (Adam C. 2023). Kalor yang diserap kompresor akan masuk pada sisi penghisap (suction) dimana uap refrigeran tersebut ditekan didalam kompresor sehingga berubah menjadi uap bertekanan tinggi yang dikeluarkan pada sisi keluaran (discharge). Dari proses ini, kita menentukan sisi bertekanan tinggi dan sisi bertekanan rendah.

Dalam perhitungan beban berdasarkan *ASHRAE handbook*, pertimbangan pertama adalah beban panas transmisi atau rambatan yang terjadi melalui lantai, dinding, dan plafon ruangan ($Q_{transmission} = Q_{Tr}$). Beban ini dipengaruhi oleh koefisien perpindahan panas dan luas area yang terkena rambatan panas. Rumus yang digunakan untuk menghitung beban panas transmisi adalah sebagai berikut:

$$\Phi = \Delta T / 2002 * (k_v * A_v) + (k_g * A_g) * (\text{watt}) \dots \dots \dots (2.1)$$

Di mana:

- ΔT merupakan perbedaan temperatur antara udara di dalam ruangan yang dikondisikan dan temperatur udara luar ($^{\circ}C$).
- k_v adalah koefisien perpindahan panas menyeluruh dari luas A_v ($W/m^2 \cdot K$).
- A_v adalah luas area yang terkena rambatan panas (m^2).
- k_g adalah koefisien perpindahan panas menyeluruh dari luas A_g ($W/m^2 \cdot K$).
- A_g adalah luas area dari scuttles dan jendela kubik panjang.

Perhitungan ini penting untuk menentukan besarnya beban panas yang harus diatasi oleh sistem pendinginan kapal berdasarkan kondisi lingkungan eksternal dan internal yang telah ditetapkan. Dengan memperhitungkan beban panas transmisi ini, sistem HVAC dapat direncanakan dan diatur secara optimal untuk memenuhi kebutuhan pendinginan di dalam kapal.

Untuk menentukan besaran panas yang dihasilkan oleh radiasi sinar matahari, digunakan rumus berdasarkan *ASHRAE handbook* sebagai berikut:

$$\Phi_S = \sum A_v K \Delta T_r + \sum A_g G_s \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

- A_v adalah luas area yang terkena rambatan panas (m^2).

- K adalah koefisien perpindahan panas.
- ΔT_r adalah luas area yang terkena rambatan panas perbedaan temperatur permukaan yang diakibatkan oleh panas matahari, dengan nilai yang bervariasi tergantung pada kondisi permukaan, yaitu :
 - 12 K untuk permukaan vertikal yang terang,
 - 29 K untuk permukaan vertikal yang gelap,
 - 16 K untuk permukaan horizontal yang terang, dan 32 K untuk permukaan horizontal yang gelap
- A_g adalah luas area yang terkena langsung oleh cahaya matahari .

Proses perhitungan ini merupakan langkah penting dalam menentukan besaran total beban panas yang harus diatasi oleh sistem pendinginan kapal (Wulandari & Agusty, 2021). Dengan memperhitungkan kontribusi berbagai sumber panas termasuk radiasi sinar matahari dan lampu penerangan, sistem HVAC dapat dirancang dan dikonfigurasi secara optimal untuk menjaga suhu ruangan tetap nyaman dan stabil di dalam kapal.

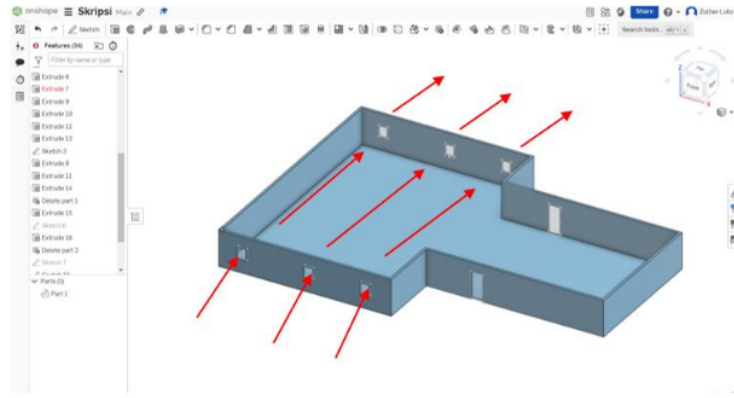
Untuk menghitung jumlah total beban panas yang dihasilkan oleh peralatan yang terpasang di dalam suatu ruangan, data spesifikasi dari produsen peralatan tersebut menjadi pedoman utama. Data ini mencakup berbagai parameter teknis seperti daya listrik, efisiensi, dan karakteristik termal peralatan. Informasi yang diperoleh dari manufaktur digunakan sebagai dasar untuk memperkirakan panas yang dihasilkan oleh masing-masing peralatan.

Sebagai contoh, dalam ruangan seperti kabin radio, data spesifikasi dari produsen akan memberikan informasi tentang jumlah daya yang dikonsumsi oleh peralatan tersebut. Data ini kemudian digunakan untuk mengestimasi jumlah panas yang dihasilkan oleh setiap peralatan. Misalnya, jika spesifikasi menyatakan bahwa peralatan tersebut menghasilkan panas sebesar 2.5 watt, maka nilai ini akan digunakan sebagai referensi dalam perhitungan beban panas total di kabin radio.

2.5 Kapasitas sirkulasi udara

Kapasitas sirkulasi udara yang beredar dalam suatu sistem tergantung pada jumlah udara yang disirkulasikan kembali setelah diproses, yang kemudian dikurangi oleh volume udara segar yang disuplai ke dalam sistem. Volume udara

segar ini harus memenuhi persyaratan minimum, yang umumnya ditetapkan tidak kurang dari 40% dari total volume udara yang dibutuhkan untuk memastikan kondisi udara yang optimal dalam proses pengkondisian udara.



Gambar 2.7 arah aliran udara ruangan

(sumber : <https://www.onshape.com/en>)

Dapat dilihat pada gambar 2.7, merupakan gambaran dari arah aliran udara dari ruangan kabin penumpang kapal ferry KMP. JAGANTARA. Aliran udara mengalir tempat bertemperatur panas ke tempat yang memiliki temperatur yang lebih lebih. Pada ruangan tersebut kondisi tempat aliran udara masuk berada pada temperatur 29,7^o C sedangkan kondisi tempat aliran udara keluar berada pada temperatur 29,5^o C.

Kapasitas sirkulasi udara, yang merupakan jumlah total udara yang sirkulasi kembali dan udara segar yang diperlukan untuk disuplai ke dalam suatu ruangan agar mencapai suhu yang sesuai dengan kebutuhan pendinginan ruangan tersebut (Hasan, 2018), dapat dihitung menggunakan rumus berdasarkan ASHRAE handbook berikut ini:

$$Vs = QT\rho.Cp.\Delta T \text{ (m}^3/\text{h/p)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana ;

- Vs = Kapasitas sirkulasi udara yang disuplai (m³/h/p),
- QT = Total panas yang diderita ruang (watt),
- ρ = Density udara
- Cp = Panas spesifik udara (1.025 kJ/Kg °C),

- Δt = Perbedaan temperatur udara dingin yang masuk ruangan dengan temperatur kriteria nyaman dan sehat bagi manusia.

Dengan menggunakan rumus ini, kita dapat menghitung jumlah udara yang diperlukan untuk kondisi ruangan yang optimal dan nyaman bagi penghuninya. Perhatikan bahwa pemahaman akan kebutuhan kesehatan manusia merupakan faktor penting dalam perancangan sistem pengkondisian udara ini.

Massa jenis udara merupakan hal penting dalam ukuran dari kepadatan udara, yang merupakan jumlah massa udara per unit volume. Massa jenis udara bergantung pada tekanan, suhu, dan kelembaban udara di lingkungan tersebut.

Secara umum, massa jenis udara pada kondisi standar tekanan 1 atm. Untuk menghitung massa jenis udara pada kondisi tertentu (misalnya, pada suhu dan tekanan yang berbeda), kita bisa menggunakan persamaan gas ideal:

$$\rho = P \times M/R \times T$$

Di mana:

- ρ adalah massa jenis udara (kg/m^3),
- P adalah tekanan udara (Pa),
- M adalah massa molar udara (kg/mol), dengan nilai standar ($0,0029 \text{ kg/mol}$)
- R adalah konstanta gas universal ($8.314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$),
- T adalah suhu udara (K).

Pada penerapannya di ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA, maka dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Konversi Suhu ke Kelvin:

Suhu 30°C perlu dikonversi ke Kelvin (K). $T=30^\circ\text{C}+273.15= 303.15\text{K}$

Nilai Konstanta dan Massa Molar:

- Massa molar udara (M) standar ruangan adalah 0.0029 kg/mol .
- Konstanta gas universal (R) adalah $8.314 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)}$.

Tekanan Udara:

- Tekanan atmosfer standar adalah sekitar 101325 Pa (1 atm).

Perhitungan Massa Jenis Udara:

$$\rho = P \times M/R \times T$$

$$\rho = 101325 \times 0.0029/8.314 \times 303.15$$

$$\rho = 0,107 \text{ kg/m}^3$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka massa jenis udara pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA adalah sebesar $0,107 \text{ kg/m}^3$.

Sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) dirancang untuk mengatur suhu dan kelembapan di dalam ruangan. Kelembapan yang tinggi bisa membuat sistem HVAC bekerja lebih keras untuk menghilangkan kelembapan, sehingga mempengaruhi konsumsi energi.

2.6 Energi, Daya dan Beban Pendinginan

Dalam konteks untuk mencapai thermal comfort dalam ruangan, hubungan antara energi dan daya menjadi sangat penting. dalam perhitungan beban pendinginan yang optimal.

Energi dan daya dalam thermal comfort memegang peranan penting dalam analisis beban pendinginan ruangan yang diukur dalam jumlah total energi yang dibutuhkan untuk menghilangkan panas dari dalam ruangan untuk mencapai kondisi nyaman *thermal*.

Tabel 2.2 Data Beban Pendinginan

Data	Nilai	Satuan
Kapasitas Penumpang Ruangan	154	Orang
Beban Sensible per orang	70	W
Luas Ruangan Kubik	279	m^3
Beban Penerangan Kubik	2,3	W/ m^3
Beban peralatan kubik	5	W/ m^3
Beban Latent Perorang	60	W
Beban Latent Ventilasi (Kapasitas sirkulasi udara)	1848	$\text{m}^3/\text{h/p}$
Beban Latent per Kapasitas sirkulasi udara	0,68	W
Temperatur sekitar ruangan	32	$^{\circ}\text{C}$
Massa Jenis Udara	0,107	kg/ m^3
Kebutuhan Udara per orang	12	m^3

(Sumber: Data lapangan dan data standar ASHRAE *handbook Cooling Load Calculation*)

Tabel 2.2 merupakan data yang diperlukan dalam konteks penelitian ini agar perhitungan beban pendinginan ruangan dapat dilakukan. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai beban pendinginan Faktor-faktor tersebut adalah :

1. Beban *Sensible*

Beban *sensible* merupakan daya yang dihapus di dalam ruangan tanpa mengubah kelembaban udara untuk mencapai tingkat *thermal comfort* yang optimal. Beban *sensible* berasal dari panas yang dihasilkan oleh peralatan, penerangan, dan orang.

- a. Beban *sensible* dari Orang
 - Beban panas *sensible* per orang (aktivitas ringan): 70 W.
 - Total beban *sensible* dari orang: 70 W × jumlah penumpang
- b. Beban *sensible* dari Penerangan :
 - Beban penerangan per meter kubik:
(jumlah lampu led x (lamp power consumption))/279 m³
(32 x 20 watt)/279 = 2,3 W/ m³
 - Total beban penerangan: 2,3 W/ m³ × luas ruangan
- c. Beban *sensible* dari Peralatan :
 - Beban peralatan per meter kubik :
(jumlah televisi led x (tools power consumption))
(5 x 165 watt)/279 = 3 W/ m³
 - Total beban peralatan: 3 W/ m³ × luas ruangan
- d. Perubahan suhu (ΔT)
 - Selisih antara kondisi suhu tertinggi dan suhu terendah padaruangan.
- e. Total beban *sensible*

Beban *sensible* orang + Beban *sensible* penerangan + Beban *sensible* peralatan

2. Perhitungan Beban *Latent*

Beban *latent* merupakan daya yang dihapus di dalam ruangan tanpa mengubah kelembaban udara untuk mencapai tingkat *thermal comfort* yang optimal. Beban *latent* berasal dari kelembapan yang dihasilkan oleh orang dan sirkulasi udara.

- a. Beban *latent* dari Orang:
 - Beban *latent* per orang: 60 W
 - $Q \text{ latent} = V \times \rho \times w$
- Di mana:

- V adalah aliran udara (m/s)
- ρ adalah massa jenis udara (kg/m^3)
- w adalah kelembapan spesifik (%)

$$Q_{\text{latent}} = V \times \rho \times w = 0,1 \times 0,107 \times 67 = 0,71 \text{ kJ/h}$$

- Jumlah penumpang/ $Q_{\text{latent}} = 154/0,71 = 216 \text{ kJ/h} = 60 \text{ W}$
- Total beban *latent* dari orang: $60 \text{ W} \times \text{jumlah penumpang}$

b. Beban *latent* dari Sirkulasi Udara:

- Beban *latent* sirkulasi udara per meter kubik: jumlah penumpang x kebutuhan udara per orang per meter kubik ($12 \text{ m}^3/\text{h/p}$) = $1848 \text{ m}^3/\text{h/p}$
- Beban *latent* per Kapasitas sirkulasi udara: $0,68 \text{ W}$
- Total beban *latent* sirkulasi udara: Kapasitas sirkulasi udara x Kapasitas sirkulasi udara

c. **Total Beban *Latent***

- Beban *latent* orang + Beban *latent* sirkulasi udara

3. **Beban pendinginan Total :**

- Total Beban *Sensible* + Total Beban *Latent*.

Perhitungan beban pendinginan penting dalam merancang sistem pendingin yang efektif karena membantu menentukan kapasitas daya yang diperlukan untuk menghilangkan panas yang berkontribusi langsung terhadap perubahan suhu udara dan kelembapan dalam ruangan.

Dalam menentukan kapasitas daya beban pendinginan, digunakan BTU/h sebagai satuan. Satu BTU adalah jumlah energi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu pound air sebesar satu derajat Fahrenheit pada tekanan konstan. Karena BTU adalah satuan energi, BTU/h digunakan untuk mengukur laju penggunaan energi per jam. Namun pada aplikasi perangkat *air conditioner*, untuk mengukur daya mekanik digunakan satuan PK (Paardekracht). Oleh karena itu diperlukan konversi daya yang melibatkan satuan BTU/h ke satuan PK. Pada standarisasi ASHRAE, Konversi standar yang berlaku adalah:

$$1 \text{ PK} = 12,000 \text{ BTU/h}$$

Penggunaan kapasitas AC pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi pada kapal *ferry* KMP. JAGANTARA diasumsikan menggunakan kapasitas 1 PK untuk memaksimalkan efisiensi energi dan kebutuhan beban pendinginan. Berdasarkan beban pendinginan yang dibutuhkan maka spesifikasi AC yang dipilih dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Data Pembebanan Suhu dan Kelembapan

Spesifikasi Air Handling Unit (AHU)		Satuan
Merk	JL MARINE	unit
Tipe	JL MARINE JHP-06	unit
Aliran Udara	6000	m ³ /h
Aliran Air	12.1	m ³ /h
Kapasitas Pendinginan	70	kW
Panjang	2300	mm
Tinggi	1080	mm
Lebar	1250	mm
t Kondisi Nominal Ruangan	25° / 50%	° C
t Air masuk/keluar	7° / 12°	° C

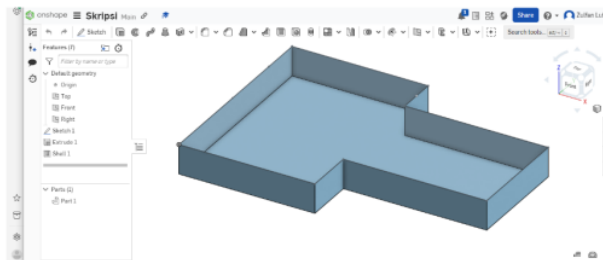
(Sumber: Data lapangan dan data standar ASHRAE *handbook Cooling Load Calculation*)

52 2.7 Software yang digunakan

2.7.1 Onshape

Onshape adalah platform desain CAD (*Computer-Aided Design*) revolusioner yang berbasis *cloud*, mengubah cara kita berpikir tentang pembuatan desain 3D. Dibandingkan dengan perangkat lunak CAD konvensional, *Onshape* menawarkan aksesibilitas tanpa batas dan kemampuan kolaborasi tanpa henti.

Onshape dapat diakses melalui *browser web* mana pun. Selain itu, *Onshape* menawarkan seperangkat alat CAD yang kuat dan intuitif. Dari pemodelan dasar hingga pemotongan kompleks, *Onshape* menyediakan alat yang diperlukan untuk mengubah konsep menjadi desain yang akurat dan berfungsi. Riwayat revisi otomatis memungkinkan pengguna untuk meninjau dan kembali ke versi-desain sebelumnya, mendukung proses pengembangan desain yang iteratif dan mengurangi risiko kesalahan. Tampilan *onshape* dapat dilihat pada gambar 2.4 dibawah ini.

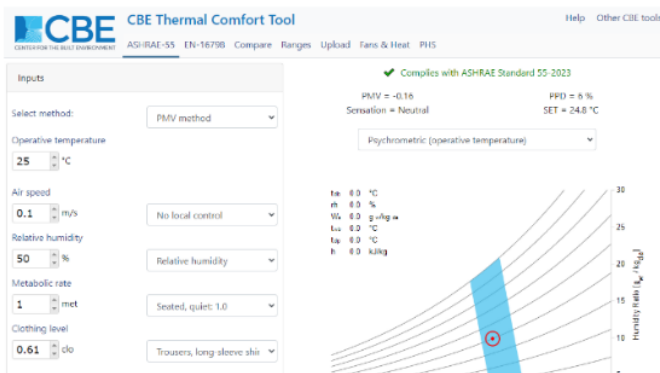


Gambar 2.4 Tampilan pada Software Onshape

(Sumber: <https://www.onshape.com/en/>)

2.7.2 CBE Thermal comfort Tools

CBE *Comfort Tool* Dikembangkan oleh *Center for the Built Environment (CBE)* di Universitas *California, Berkeley*, perangkat lunak ini telah menjadi *standar de facto* dalam penilaian *thermal comfort* di bangunan komersial dan perumahan. Tampilan *CBE Thermal Comfort Tools* dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Tampilan Software CBE Thermal comfort Tool

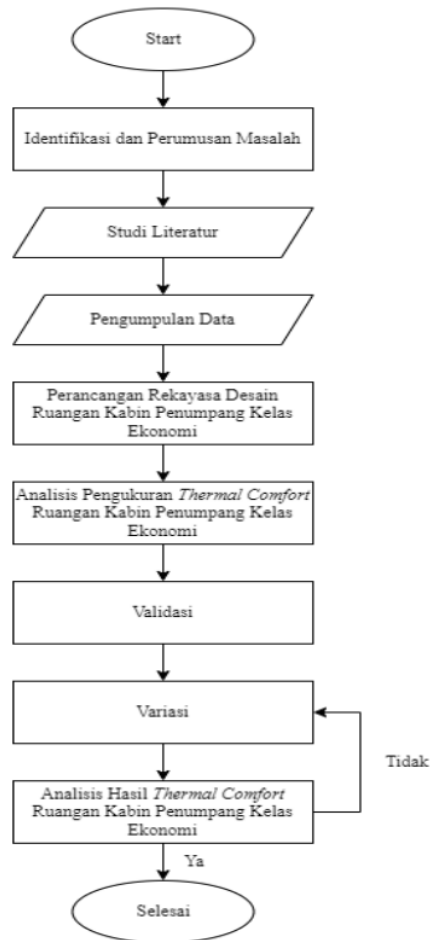
(Sumber: <https://comfort.cbe.berkeley.edu/>)

3 BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Untuk alur pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pada gambar diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

(Sumber: Penulis)

Berdasarkan gambar 3.1 yaitu diagram alir penelitian menjelaskan tentang tahap-tahap penelitian yang berfungsi untuk memudahkan penulis dalam proses penelitian. Diagram alir penelitian dibuat secara sistematis dari perencanaan hingga

analisis hasil. Adapun penjelasan ⁵⁵ diagram alir penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. ³ Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahap ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, hipotesis dan manfaat penelitian dalam menyelesaikan penelitian ini.

b. Studi Literatur

⁵¹ Pada tahap ini menjelaskan tentang proses pengumpulan teori-teori dari buku, jurnal ataupun *website* yang berkaitan dengan topik penelitian.

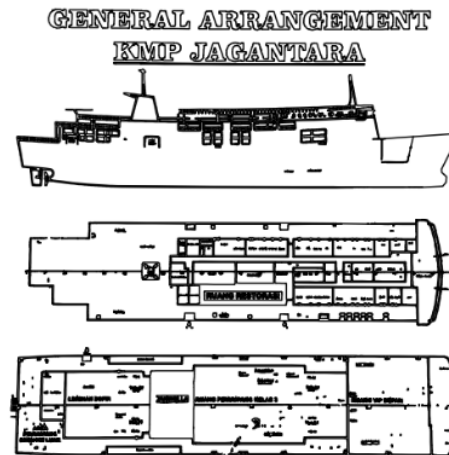
c. ²⁵ Pengumpulan Data

² Pada tahap ini menjelaskan tentang bagaimana penulis mengumpulkan data yang diperlukan untuk mendukung proses penelitian. Tahapan awal dalam melakukan analisis *thermal comfort* pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi pada kapal ferry KMP. JAGANTARA adalah mengetahui data utama kapal yang berasal dari data sebenarnya. ² Temperatur yang diinginkan pada ruangan pengkondisian udara yang ditentukan mengacu pada ASHRAE Standard 55-2010 dengan kondisi temperatur dan kelembapan didalam ruangan pada iklim tropis ditentukan sebesar 27 °C dan 50 %. Selanjutnya diperlukan juga *General Arrangement* dari kapal tersebut. *General Arrangement* pada kapal ferry KMP. JAGANTARA dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Kapal

Tipe Kapal	<i>Passanger Ship</i>
LOA	126,21
LPP	119,49
Lebar (B)	20
Tinggi Geladak (H)	8,22
Sarat Air (T)	5,38

(sumber : Rancangan umum kapal ferry KMP. JAGANTARA)



Gambar 3.2 *General Arrangement* KMP Jagantara

(sumber : Rancangan umum kapal ferry KMP. JAGANTARA)

Pada gambar 3.2, dapat dilihat bahwa posisi ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal KMP. JAGANTARA dikelilingi oleh musholla yang ada di belakang ruangan, dan ruang lesehan di kanan kiri dan depan ruangan.

Penulis dapat mencari data dari pengambilan data sampel lapangan, yaitu data suhu dan kelembapan ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry. Dengan 5 titik ukur masing masing di setiap sudut ruangan dan bagian tengah ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry. Pengumpulan data dilakukan menggunakan alat sensor berupa *Rh meter* yang dapat dilihat pada gambar 3.2.



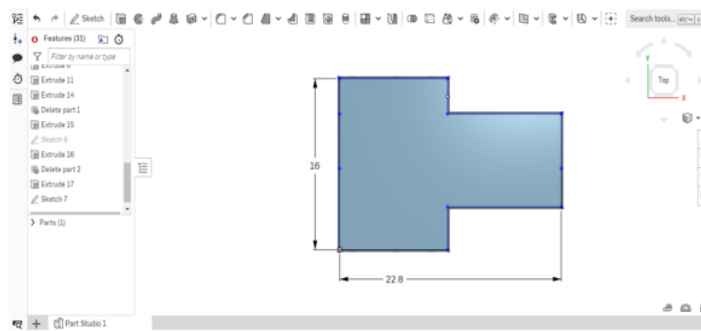
Gambar 3.2 *Rh Meter*

(Sumber: <https://images.app.goo.gl/zYKrhYvsAFgZEjgC7>)

d. Perancangan rekayasa desain ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry

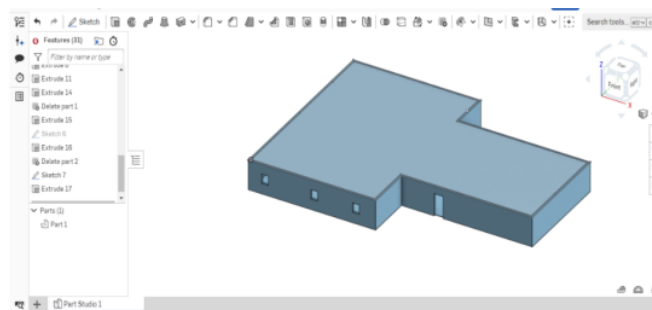
Perancangan rekayasa desain ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry dibuat berdasarkan data Rancangan Umum (RU) kapal ferry menggunakan *software* Onshape dan dirancang sedemikian rupa menyerupai desain sebenarnya kapal ferry untuk keperluan validasi data.

Berdasarkan pengamatan dan pengukuran yang telah dilakukan maka didapatkan bentuk dan luasan dari ruangan kabin penumpang kelas ekonomi sebagai berikut.



Gambar 3.3 Bentuk Dimetrik Ruangan Kabin Penumpang Kelas Ekonomi
(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

Dengan ukuran dari bentuk pada gambar 4.2, maka didapatkan luasan dari ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA.



Gambar 3.4 Desain Ruangan Kabin Penumpang Kelas Ekonomi Kapal
ferry KMP. JAGANTARA
(Sumber: Pengolahan Data, 2024)





Setelah bentuk dimetrik dari ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA diketahui, maka dapat dilakukan perancangan bentuk trimetrik seperti yang ada pada gambar 4.3. Berdasarkan pengamatan dan pengukuran yang telah dilakukan diketahui bahwa tinggi dari ruangan tersebut adalah 2,4 m maka dalam bentuk trimetrik luasan ruangan sejumlah 279 m³.


a. Analisis pengukuran *thermal comfort* ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry

Untuk menganalisis *thermal comfort* ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry, diperlukan sampel data suhu dan kelembapan ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry.

Pengukuran temperatur udara dilakukan di 5 titik berbeda di dalam ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA selama satu hari.

Tabel 3.1 Pengukuran Temperatur Udara

Lokasi	Suhu	Kelembapan	Dokumentasi
Titik 1	31	69,9	
Titik 2	30,4	68,4	
Titik 3	29,6	64,3	
Titik 4	29,7	65,4	

Titik 5	29,5	67,4	
Rata-rata	30,04	67,08	

(Sumber: Pengumpulan Data, 2024)

Setelah data lapangan didapatkan, maka data yang ada akan dibandingkan dengan data standar *Thermal comfort* (ASHRAE-55).

e. Validasi

Validasi data dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. Validasi dilakukan untuk mencari nilai pembebanan suhu yang ideal pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP, JAGANTARA.

f. Variasi

Variasi *thermal comfort* pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA adalah sebagai berikut:

- **Variasi kapasitas manusia**

Variabel kapasitas manusia dengan melakukan analisa dan simulasi varian jumlah kapasitas penumpang ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA.

Berdasarkan nilai pembebanan suhu dan kelembapan ideal untuk mencapai *thermal comfort* yang absolut, maka dibutuhkan variasi berupa pengurangan jumlah kuantitas manusia (kapasitas penumpang) pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA. Variasi jumlah populasi manusia akan dilakukan pengurangan sejumlah 5 orang dan 10 orang. Pemilihan variasi penumpang dengan kelipatan 5 dilakukan agar rentang hasil perbandingan setiap variasi dapat terlihat secara signifikan.

a. Pengurangan kapasitas penumpang menjadi 149 orang.

Ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA memiliki kapasitas sejumlah 154 orang. Jika dilakukan pengurangan jumlah populasi manusia, maka kapasitas ruangan tersebut menjadi 149 orang. Setelah jumlah kapasitas ruangan

diketahui, maka dapat dilakukan analisis beban pendinginan pada ruangan jumlah kapasitas 149 orang.

- b. Pengurangan kapasitas penumpang menjadi 144 orang.

Ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA memiliki kapasitas sejumlah 144 orang. Jika dilakukan pengurangan jumlah populasi manusia, maka kapasitas ruangan tersebut menjadi 144 orang. Setelah jumlah kapasitas ruangan diketahui, maka dapat dilakukan analisis beban pendinginan ideal pada ruangan dengan jumlah kapasitas 144 orang.

- **Variasi luasan ruangan**

Setelah dilakukannya analisis beban pendinginan ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA, dapat diketahui bahwa dengan luasan 279 m^3 , *thermal comfort* berupa nilai beban pendinginan ruangan tersebut belum mencapai nilai ideal. Untuk mencapai *thermal comfort* secara optimal maka dilakukan beberapa variasi. Dalam usaha untuk mencapai *thermal comfort* secara optimal dan ideal, variasi selanjutnya yang dilakukan adalah dengan melakukan variasi luasan ruangan.

Menguraikan variasi luasan ruangan dan pengaruhnya terhadap *thermal comfort* di ruang kabin penumpang kelas ekonomi pada kapal ferry KMP. JAGANTARA adalah untuk mengidentifikasi pola-pola umum dan perbedaan varian luasan yang signifikan dalam persepsi *thermal comfort*, serta memberikan rekomendasi untuk meningkatkan kenyamanan bagi seluruh penumpang.



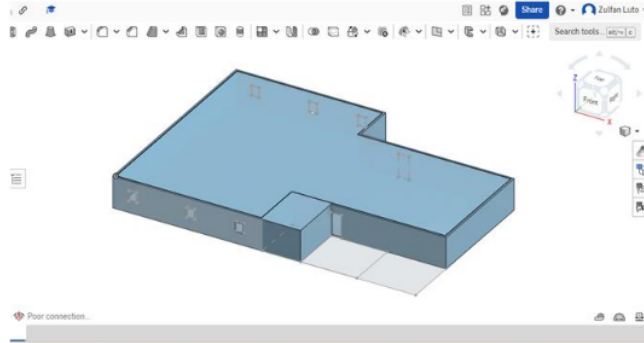
Gambar 3.4 Dimetrik Ruangn Kabin Penumpang Ekonomi Kapal

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

Gambar 4.10 merupakan bentuk dimetrik dari ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA. Dengan luasan riil yang ada, *thermal comfort* berupa nilai beban pendinginan ideal belum dapat tercapai. Dalam rangka untuk mencapai hal tersebut maka dilakukan variasi luasan ruangan. Pada gambar dapat dilihat bahwa terdapat ruang lesehan yang pada penelitian ini akan dikurangi luasannya. Hal ini dilakukan sebagai tambahan variasi luasan ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA. Pada penelitian ini, varian luasan ruangan adalah varian ruangan 1, varian ruangan 2 dan varian ruangan 3.

a. Varian ruangan 1

Ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA memiliki luasan ruangan $a \text{ m}^3$. Pada varian ruangan 1, dilakukan penambahan luas ruangan sejumlah 11.73 m^3 . Maka nilai luasan varian ruangan 1 adalah sejumlah 290.73 m^3 .



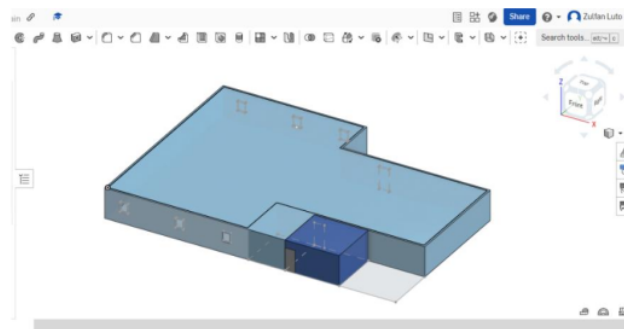
Gambar 3.5 Varian Ruang 1

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

Gambar 4.11 merupakan gambaran variasi ruangan 1. Dilakukan penambahan luas ruangan sejumlah $11,73 \text{ m}^3$ pada ruangan yang bersebelahan yaitu ruangan lesehan. Setelah diketahui jumlah penambahan luasan ruangan, maka dapat dilakukan perhitungan beban pendinginan ideal varian ruangan tersebut.

b. Varian ruangan 2

Ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA memiliki luasan ruangan $296,16 \text{ m}^3$. Pada varian ruangan 2, dilakukan penambahan luas ruangan sejumlah $17,19 \text{ m}^3$. Maka nilai luasan varian ruangan 2 adalah sejumlah $296,19 \text{ m}^3$. Berikut adalah gambaran varian ruangan 2.



Gambar 3.6 Varian Ruang 2

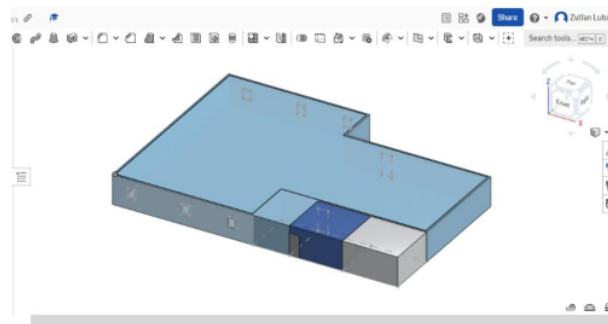
(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

Gambar 4.12 merupakan gambaran variasi ruangan 2. Dilakukan penambahan luas ruangan sejumlah $17,19 \text{ m}^3$ pada ruangan

yang bersebelahan yaitu ruangan lesehan. Setelah diketahui jumlah penambahan luasan ruangan, maka dapat dilakukan perhitungan beban pendinginan ideal varian ruangan tersebut.

c. Varian ruangan 3

Ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA memiliki luasan ruangan 279 m^3 . Pada varian ruangan 3, dilakukan penambahan luas ruangan sejumlah $18,01 \text{ m}^3$. Maka nilai luasan varian ruangan 3 adalah sejumlah $325,93 \text{ m}^3$. Berikut adalah gambaran varian ruangan 3.



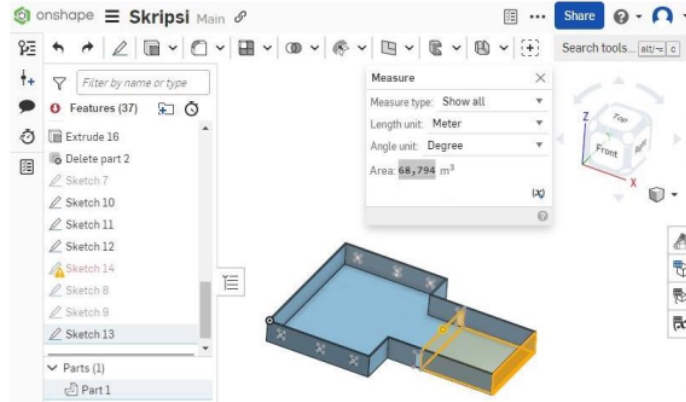
Gambar 3.7 Varian Ruangan 3

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

Gambar 4.13 merupakan gambaran variasi ruangan 2. Dilakukan penambahan luas ruangan sejumlah $18,01 \text{ m}^3$ pada ruangan yang bersebelahan yaitu ruangan lesehan. Setelah diketahui jumlah penambahan luasan ruangan, maka dapat dilakukan perhitungan beban pendinginan ideal varian ruangan tersebut.

- **Variasi Penerangan ruangan**

Pada variasi sebelumnya data diambil pada saat semua penerangan dihidupkan. Sehingga apabila Pada siang hari, dengan bantuan cahaya matahari perubahan kondisi penerangan memberikan perubahan terhadap kondisi beban pendinginan. Meskipun kapal beroperasi pada siang hari, kapal juga tetap membutuhkan penerangan untuk memenuhi kenyamanan, kebutuhan visibilitas dan konsistensi operasional. Diasumsikan pada siang hari Penerangan yang hidup adalah $\frac{1}{4}$ dari 32 lampu.



Gambar 3.8 Varian Ruangan 3

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

Pemilihan $\frac{1}{4}$ dari total daya penerangan karena 68,794 m³ area pada ruangan tidak langsung dilalui paparan cahaya matahari sehingga di lokasi tersebut tetap membutuhkan penerangan yang optimal. Pada variasi ini, akan dianalisis faktor yang mempengaruhi beban pendinginan pada siang hari, khususnya pada faktor beban penerangan pada jumlah kapasitas penumpang.

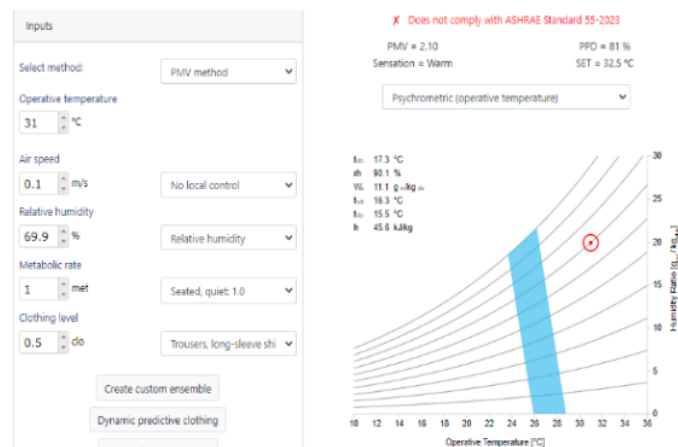
- g. Analisis hasil *thermal comfort* ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry

Analisis hasil beban pendinginan sebagai salah satu faktor *thermal comfort* pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry dilakukan untuk mengetahui apakah dengan adanya variasi jumlah kapasitas penumpang dan variasi luasan dimetrik ruangan dapat mempengaruhi kondisi suhu dan kelembapan udara ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Pengukuran *Thermal Comfort* Ruang Kabin Penumpang Kelas Ekonomi Kapal ferry KMP. JAGANTARA

Setelah data nilai suhu dan kelembapan didapatkan yaitu pada tabel 4.2, maka data tersebut dapat diolah untuk mendapatkan gambaran *thermal comfort* pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi pada kapal ferry KMP. JAGANTARA. Data tersebut diolah menggunakan *software* CBE *Thermal comfort* Tools dengan standar ASRAE 55 sehingga didapatkan gambaran *thermal comfort* seperti.

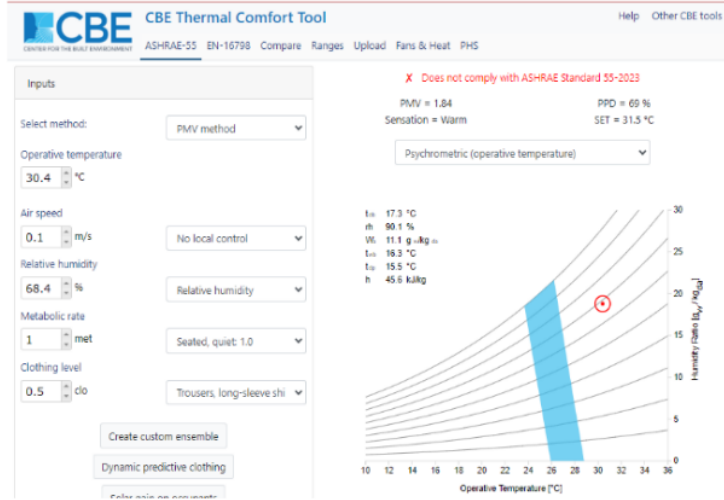


Gambar 4.1 *Thermal Comfort* 1

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

4

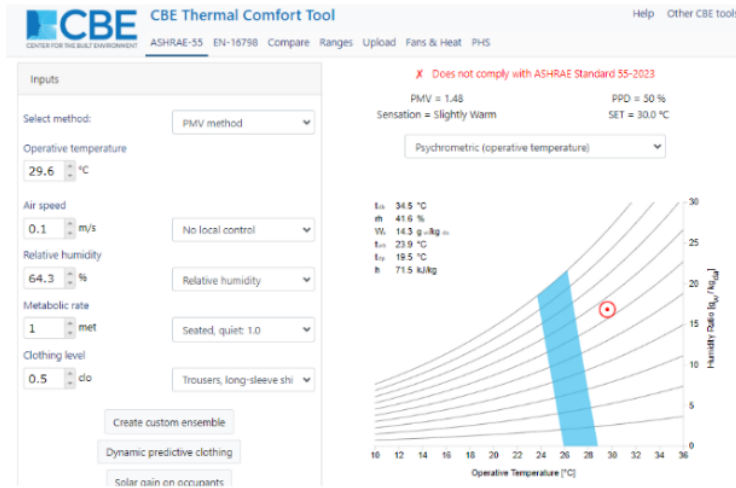
Pada gambar 4.4 Dapat dilihat bahwa pada kondisi suhu 31°C dan dengan RH senilai 69.9%, ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA Belum memenuhi standar nyaman *thermal* berdasarkan parameter *ASHRAE-55*.



Gambar 4.2 Thermal Comfort 2

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

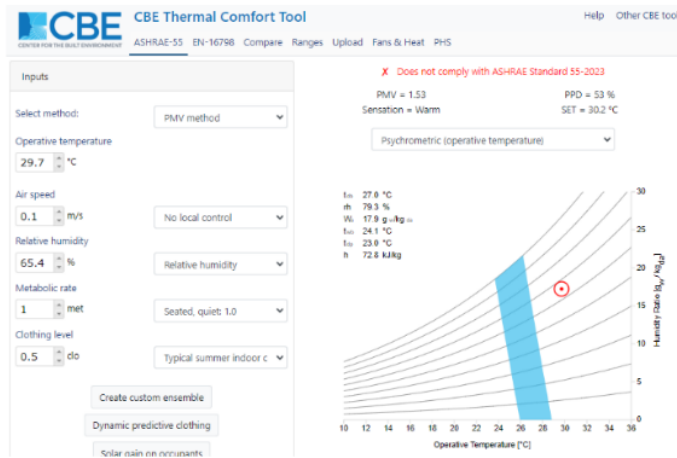
26
 Pada gambar 4.5 Dapat dilihat bahwa pada kondisi suhu 30.4°C dan dengan RH senilai 68.4%, ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA Belum memenuhi standar nyaman *thermal* berdasarkan parameter *ASHRAE-55*.



Gambar 4.3 Thermal Comfort 3

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

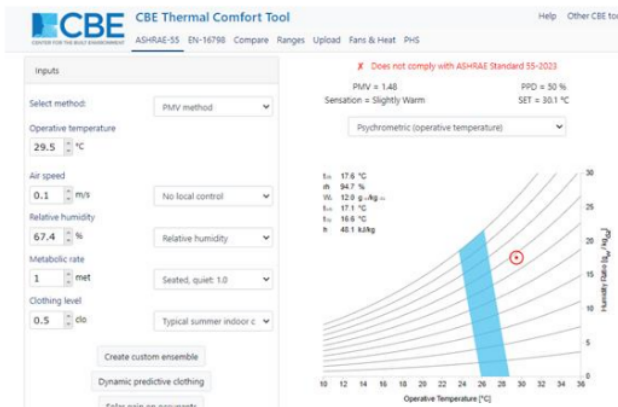
3 Pada gambar 4.6 dapat dilihat dengan jelas bahwa pada kondisi suhu 29.6°C dan dengan RH senilai 64.3%, ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA Belum memenuhi standar nyaman *thermal* berdasarkan parameter ASHRAE-55.



Gambar 4.4 Thermal Comfort 4

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

Berdasarkan gambar 4.7 terlihat bahwa pada kondisi suhu 29.7° C dan dengan RH senilai 65.4%, ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA Belum memenuhi standar nyaman *thermal* berdasarkan parameter ASHRAE-55.



Gambar 4.5 Thermal Comfort 5

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

3 Pada gambar 4.8 dapat dilihat dengan jelas bahwa pada kondisi suhu 29.5° C dan dengan RH senilai 67.4%, ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA Belum memenuhi standar nyaman *thermal* berdasarkan parameter *ASHRAE-55*.

4.2 Analisis Nilai Beban pendinginan Ruang Kabin Penumpang Kelas Ekonomi Kapal ferry KMP. JAGANTARA

Dalam penulisan skripsi ini untuk menentukan nilai daya pembebanan suhu ruangan dilakukan berdasarkan acuan *ASHRAE hand book*.

Untuk mengetahui apakah beban pendinginan ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA telah memenuhi nilai maka harus dilakukan analisa beban pendinginan ideal sesuai data yang telah ada seperti ⁶¹ tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data nilai beban pendinginan

Data nilai beban pendinginan	Nilai	Satuan
Kapasitas Penumpang	154	Orang
BTU per orang (Aktivitas Intensitas Rendah)	200	BTU/h
Luas Ruang	3003.13	ft ³
BTU per kaki kubik	2	BTU/h
Beban peralatan (Ruang Intensitas Rendah)	1000	BTU/h

(Sumber: *ASHRAE handbook Cooling Load Calculation*)

- Perhitungan Beban Ruang
 1. Luas Ruang (dalam ft³) = 3,003.128 ft³
 2. ΔTemperatur Ruang = 86 F – 77 F = 9 F
 3. BTU per kaki kubik = 2
 4. BTU Ruang : 3003 x 2 x 9 = 54056 BTU
- Perhitungan Beban Penumpang
 1. Jumlah Penumpang = 154 Orang
 2. BTU Penumpang = 30,800 BTU/h
- Beban Peralatan :
 1. Beban peralatan : 1000 BTU/h

- **Total Beban pendinginan Ideal :**

$$54056\text{BTU} + 30,800 \text{ BTU/h} + 1000 \text{ BTU/h} = \mathbf{85856 \text{ BTU/h}}$$

Setelah data dan perhitungan telah didapatkan, maka diketahui bahwa nilai daya beban pendinginan ruangan telah melewati nilai daya beban ideal. Maka dapat disimpulkan bahwa nilai beban pendinginan ruangan kabin penumpang kapal ferry KMP. JAGANTARA tidak optimal.

4.3 Variasi Data

Variasi data mencakup beberapa parameter penting yang mempengaruhi *thermal comfort* seperti berikut.

4.3.1 Variasi Kapasitas Penumpang

a. Variasi kapasitas penumpang 149 Orang

Beban pendinginan menurut ASHRAE handbook

- Perhitungan Beban *Sensible*

Beban *sensible* berasal dari panas yang dihasilkan oleh peralatan, penerangan, dan orang.

Beban *Sensible* dari Orang

1. Beban panas *sensible* per orang (aktivitas ringan): 70 W.
2. Total beban *sensible* dari orang: $70 \text{ W} \times 149 = 10430 \text{ W}$.

Beban *Sensible* dari Penerangan

1. Beban penerangan per meter kubik : $2,3 \text{ W/ m}^3$
2. Luas ruangan dalam meter kubik: 279 m^3
3. Total beban penerangan: $2,3 \text{ W/ m}^3 \times 279 \text{ m}^3 = 641,7 \text{ W}$

Beban *Sensible* dari Peralatan

1. Beban peralatan : 3 W/ m^3
2. Total beban peralatan: $3 \text{ W/ m}^3 \times 279 \text{ m}^3 = 837 \text{ W/ m}^3$

$$\Delta\text{Temperatur} = 89,6 \text{ F} - 86 \text{ F} = 3,6 \text{ F}$$

Total Beban *Sensible*

$$10430 \text{ W} + (641,7 \text{ W} + 837 \text{ W}) \times 3,6 \text{ F} = 15753 \text{ W} \approx \mathbf{15,7 \text{ kW}}$$

- Perhitungan Beban *Latent*

Beban *latent* berasal dari kelembapan yang dihasilkan oleh orang dan sirkulasi udara.

Beban *Latent* dari Orang:

1. Beban *Latent* per orang: 58,1 W.
2. Total beban *Latent* dari orang: $58,1 \text{ W} \times 149 = 8661 \approx 8,66 \text{ kW}$.

Beban *Latent* dari Sirkulasi Udara

1. Beban *latent* sirkulasi udara (Kapasitas sirkulasi udara) per meter kubik: $1788 \text{ m}^3/\text{h/p}$
2. Beban *latent* per Kapasitas Sirkulasi udara: 0,53 W
3. Total beban *latent* sirkulasi udara: $0,68 \text{ W} \times 1788 \text{ m}^3/\text{h/p} = 951 \text{ W} \approx 0,95 \text{ kW}$

Total Beban *Latent*

$$8,66 \text{ kW} + 0,95 \text{ kW} = \mathbf{9,61 \text{ kW}}$$

- Beban pendinginan Total : Total Beban *Sensible* + Total Beban *Latent*
 $= 15,7 \text{ kW} + 9,61 \text{ kW}$
 $= \mathbf{25,36 \text{ kW}}$

Menurut ASHRAE *handbook*, diketahui bahwa konversi kapasitas pendingin ke BTU adalah:

$$\begin{aligned} \text{BTU/h} &= \text{kW} \times 3,412 \\ &= 25,36 \times 3,412 \\ &= 86550 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui apakah beban pendinginan ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA telah memenuhi nilai maka harus dilakukan analisa beban pendinginan ideal sesuai data yang telah ada.

Beban pendinginan Ideal dalam BTU menurut ASHRAE *handbook*:

- Perhitungan Beban Ruangan
 1. Luas Ruangan (dalam ft^3) = $3,003.128 \text{ ft}^3$
 2. Δ Temperatur Ruangan = $86 \text{ F} - 77 \text{ F} = 9 \text{ F}$
 3. BTU per kaki kubik = 2
 4. BTU Ruangan : $3003 \times 2 \times 9 = 54056 \text{ BTU}$
- Perhitungan Beban Penumpang
 1. Jumlah Penumpang = 149 Orang
 2. BTU Penumpang = 29800 BTU/h

- Beban Peralatan :
 1. Beban peralatan : 1000 BTU/h

- **Total Beban pendinginan Ideal :**

$$54056 \text{ BTU/h} + 29800 \text{ BTU/h} + 1000 \text{ BTU/h} = \mathbf{85856 \text{ BTU/h}}$$

Setelah data dan perhitungan telah didapatkan, maka diketahui bahwa nilai daya beban pendinginan ruangan telah melewati nilai beban ideal. Maka dapat disimpulkan bahwa beban pendinginan ruangan kabin penumpang kapal ferry KMP. JAGANTARA tidak optimal.

4. Pengurangan kapasitas penumpang menjadi 144 orang.

Beban pendinginan menurut ASHRAE handbook

- Perhitungan Beban *Sensible*

Beban *sensible* berasal dari panas yang dihasilkan oleh peralatan, penerangan, dan orang.

Beban *Sensible* dari Orang

1. Beban panas *sensible* per orang (aktivitas ringan): 70 W.
2. Total beban *sensible* dari orang: $70 \text{ W} \times 144 = 10080 \text{ W}$.

Beban *Sensible* dari Penerangan

1. Beban penerangan per meter kubik : $2,3 \text{ W/m}^3$
2. Luas ruangan dalam meter kubik: 279 m^3
3. Total beban penerangan: $2,3 \text{ W/m}^3 \times 279 \text{ m}^3 = 641,7 \text{ W}$

Beban *Sensible* dari Peralatan

1. Beban peralatan : 3 W/m^3
2. Total beban peralatan: $3 \text{ W/m}^3 \times 279 \text{ m}^3 = 837 \text{ W/m}^3$
3. $\Delta \text{Temperatur} = 89,6 \text{ F} - 86 \text{ F} = 3,6 \text{ F}$

Total Beban *Sensible*

$$10080 \text{ W} + (641,7 \text{ W} + 837 \text{ W}) \times 3,6 \text{ F} = 15403 \text{ W} \approx \mathbf{15,4 \text{ kW}}$$

- Perhitungan Beban *Latent*

Beban *latent* berasal dari kelembapan yang dihasilkan oleh orang dan sirkulasi udara.

Beban *Latent* dari Orang:

1. Beban *Latent* per orang: 56,1 W.
2. Total beban *Latent* dari orang: $56,1 \text{ W} \times 144 = 8089 \approx 8,08 \text{ kW}$.

Beban *Latent* dari Sirkulasi Udara

1. Beban *latent* sirkulasi udara (Kapasitas Sirkulasi udara) per meter kubik: $1728 \text{ m}^3/\text{h/p}$
2. Beban *latent* per Kapasitas Sirkulasi udara: $0,55 \text{ W}$
3. Total beban *latent* sirkulasi udara: $0,55 \text{ W} \times 1728 \text{ m}^3/\text{h/p} = 951 \text{ W} \approx 0,95 \text{ kW}$

Total Beban *Latent*

$$8,08 \text{ kW} + 0,95 \text{ kW} = \mathbf{9,04 \text{ kW}}$$

- Beban pendinginan Total : Total Beban *Sensible* + Total Beban *Latent*
 $= 15,4 \text{ kW} + 9,04 \text{ kW}$
 $= \mathbf{24,44 \text{ kW}}$

Menurut ASHRAE *handbook*, diketahui bahwa konversi kapasitas pendingin ke BTU adalah:

$$\begin{aligned} \text{BTU/h} &= \text{kW} \times 3,412 \\ &= 24,4 \times 3,412 \\ &= 83405 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui apakah beban pendinginan ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP.JAGANTARA telah memenuhi nilai maka harus dilakukan analisa beban pendinginan ideal sesuai data yang telah ada.

Beban pendinginan Ideal dalam BTU menurut ASHRAE *handbook*:

- Perhitungan Beban Ruangan
 1. Luas Ruangan (dalam ft^3) = 3003 ft^3
 2. Δ Temperatur Ruangan = $86 \text{ F} - 77 \text{ F} = 9 \text{ F}$
 3. BTU per kaki kubik = 2
 4. BTU Ruangan : $3003 \times 2 \times 9 = 54056 \text{ BTU}$
- Perhitungan Beban Penumpang
 1. Jumlah Penumpang = 144 Orang
 2. BTU Penumpang = 28800 BTU/h
- Beban Peralatan :
 1. Beban peralatan : 1000 BTU/h
- **Total Beban pendinginan Ideal :**

$$54056 \text{ BTU/h} + 28800 \text{ BTU/h} + 1000 \text{ BTU/h} = \mathbf{83856 \text{ BTU/h}}$$

Setelah data dan perhitungan telah didapatkan, maka diketahui bahwa nilai daya beban pendinginan ruangan tidak melewati nilai beban ideal. Maka dapat disimpulkan bahwa beban pendinginan ruangan kabin penumpang kapal ferry KMP. JAGANTARA telah optimal.

Dari perhitungan diatas juga dapat diketahui bahwa semakin sedikit sedikit jumlah kuantitas manusia (kapasitas penumpang) maka daya beban pendinginan dalam suatu ruangan dapat berkurang sesuai dengan jumlah kuantitas yang dikurangi. Gambaran mengenai perbandingan antara kapasitas penumpang dan nilai beban pendinginan dapat dilihat pada tabel 4.5 dan gambar 4.9.

Tabel 4.5 Perbandingan kapasitas penumpang dengan nilai beban pendinginan

Variasi Kapasitas Penumpang	Beban pendinginan Total	Beban pendinginan Ideal
154	89760 BTU/h	85856.3058 BTU/h
149	86550 BTU/h	84856.3058 BTU/h
144	83405 BTU/h	83856.3058 BTU/h

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)



Gambar 4.6 Grafik Beban pendinginan

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

Dapat dilihat pada tabel 4.5, saat beban pendinginan pada jumlah kapasitas penumpang 154 orang belum dapat memenuhi beban pendinginan ruangan yang optimal karena daya beban pendinginan yang sebenarnya masih melewati daya beban pendinginan ideal. Hingga saat variasi kapasitas penumpang di angka 144 orang, daya beban pendinginan baru dapat optimal karena tidak melewati beban pendinginan ideal. Pada beban pendinginan yang sudah optimal, dapat menggunakan *Air Conditioner* (AC) dengan kapasitas daya 1 PK (Paardekracht) dengan jumlah 7 buah AC karena dalam parameter *ASHRAE* konversi AC dengan kapasitas daya 1 PK ke dalam BTU adalah sejumlah 12.000 BTU.

4.3.2 Variasi Luasan Ruangan

Beban pendinginan menurut ASHRAE handbook:

- Perhitungan Beban *Sensible*

Beban *sensible* berasal dari panas yang dihasilkan oleh peralatan, penerangan, dan orang.

Beban *Sensible* dari Orang

1. Beban panas *sensible* per orang (aktivitas ringan): 70 W.
2. Total beban *sensible* dari orang: $70 \text{ W} \times 154 = 10780 \text{ W}$.

Beban *Sensible* dari Penerangan

1. Beban penerangan per meter kubik : $2,3 \text{ W/m}^3$
2. Luas ruangan dalam meter kubik: $290,73 \text{ m}^3$
3. Total beban penerangan: $2,3 \text{ W/m}^3 \times 290,73 \text{ m}^3 = 668,68 \text{ W}$

Beban *Sensible* dari Peralatan

1. Beban peralatan : 3 W/m^3
2. Total beban peralatan: $3 \text{ W/m}^3 \times 290,73 \text{ m}^3 = 872 \text{ W/m}^3$
3. Δ Temperatur = $89,6 \text{ F} - 86 \text{ F} = 3,6 \text{ F}$

Total Beban *Sensible*

$$10780 \text{ W} + (668,68 \text{ W} + 872 \text{ W}) \times 3,6 \text{ F} = 16327 \text{ W} \approx \mathbf{16,3 \text{ kW}}$$

- Perhitungan Beban *Latent*

Beban *latent* berasal dari kelembapan yang dihasilkan oleh orang dan sirkulasi udara.

Beban *Latent* dari Orang:

1. Beban *Latent* per orang: 60 W.
2. Total beban *Latent* dari orang: $60 \text{ W} \times 154 = 9252 \approx 9,25 \text{ kW}$.

Beban *Latent* dari Sirkulasi Udara

1. Beban *latent* sirkulasi udara (Kapasitas sirkulasi udara) per meter kubik: $1848 \text{ m}^3/\text{h/p}$
2. Beban *latent* per Kapasitas Sirkulasi udara: 0,51 W
3. Total beban *latent* sirkulasi udara: $0,51 \text{ W} \times 1848 \text{ m}^3/\text{h/p} = 951 \text{ W} \approx 0,95 \text{ kW}$

Total Beban *Latent*

$$9,25 \text{ kW} + 0,95 \text{ kW} = \mathbf{10,20 \text{ kW}}$$

- Beban pendinginan Total : Total Beban *Sensible* + Total Beban *Latent*
 $= 16,3 \text{ kW} + 10,20 \text{ kW}$
 $= \mathbf{26,53 \text{ kW}}$

Menurut ASHRAE *handbook*, diketahui bahwa konversi kapasitas pendingin ke BTU adalah:

$$\begin{aligned} \text{BTU/h} &= \text{kW} \times 3,412 \\ &= 26,53 \times 3,412 \\ &= 90524 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui apakah beban pendinginan ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA telah memenuhi nilai maka harus dilakukan analisa beban pendinginan ideal sesuai data yang telah ada.

Beban pendinginan Ideal dalam BTU menurut ASHRAE *handbook*:

- Perhitungan Beban Ruangan
 1. Luas Ruangan (dalam ft^3) = 3129 ft^3
 2. Δ Temperatur Ruangan = $86 \text{ F} - 77 \text{ F} = 9 \text{ F}$
 3. BTU per kaki kubik = 2
 4. BTU Ruangan : $3129 \times 2 \times 9 = 56329 \text{ BTU}$
- Perhitungan Beban Penumpang
 1. Jumlah Penumpang = 154 Orang
 2. BTU Penumpang = 30800 BTU/h

- Beban Peralatan :
 1. Beban peralatan : 1000 BTU/h

- **Total Beban pendinginan Ideal :**

$$56329 \text{ BTU/h} + 30800 \text{ BTU/h} + 1000 \text{ BTU/h} = \mathbf{88129 \text{ BTU/h}}$$

Setelah data dan perhitungan telah didapatkan, maka diketahui bahwa nilai Beban pendinginan ruangan pada varian luas ruangan 1 (90524 BTU/h) melewati nilai beban ideal (88129 BTU/h). Maka dapat disimpulkan bahwa varian luas ruangan 290,73 m³ belum memenuhi *thermal comfort* berupa beban pendinginan Ideal ruangan kabin penumpang kapal ferry KMP. JAGANTARA.

d. Varian ruangan 2

Beban pendinginan menurut ASHRAE handbook:

- Perhitungan Beban *Sensible*

Beban *sensible* berasal dari panas yang dihasilkan oleh peralatan, penerangan, dan orang.

Beban *Sensible* dari Orang

1. Beban panas *sensible* per orang (aktivitas ringan): 70 W.
2. Total beban *sensible* dari orang: 70 W × 154 = 10780 W.

Beban *Sensible* dari Penerangan

1. Beban penerangan per meter kubik : 2,3 W/ m³
2. Luas ruangan dalam meter kubik: 296,16 m³
3. Total beban penerangan: 2,3 W/m³ × 296,16 m³ = 681,17 W

Beban *Sensible* dari Peralatan

1. Beban peralatan : 3 W/ m³
2. Total beban peralatan: 3 W/m³ × 296,16 m³ = 888 W/ m³

$$\Delta \text{Temperatur} = 89,6 \text{ F} - 86 \text{ F} = 3,6 \text{ F}$$

Total Beban *Sensible*

$$10780 \text{ W} + (681,17 \text{ W} + 888 \text{ W}) \times 3,6 \text{ F} = 16431 \text{ W} \approx \mathbf{16,4 \text{ kW}}$$

- Perhitungan Beban *Latent*

Beban *latent* berasal dari kelembapan yang dihasilkan oleh orang dan sirkulasi udara.

Beban *Latent* dari Orang:

1. Beban *Latent* per orang: 60 W.
2. Total beban *Latent* dari orang: $60 \text{ W} \times 154 = 9252 \approx 9,25 \text{ kW}$.

Beban *Latent* dari Sirkulasi Udara

1. Beban *latent* sirkulasi udara (Kapasitas Sirkulasi udara) per meter kubik: $1848 \text{ m}^3/\text{h}/\text{p}$
2. Beban *latent* per Kapasitas Sirkulasi udara: 0,51 W
3. Total beban *latent* sirkulasi udara: $0,51 \text{ W} \times 1848 \text{ m}^3/\text{h}/\text{p} = 951 \text{ W} \approx 0,95 \text{ kW}$

Total Beban *Latent*

$$9,25 \text{ kW} + 0,95 \text{ kW} = \mathbf{10,20 \text{ kW}}$$

- Beban pendinginan Total : Total Beban *Sensible* + Total Beban *Latent*
 $= 16,4 \text{ kW} + 10,20 \text{ kW}$
 $= \mathbf{26,6 \text{ kW}}$

Menurut ASHRAE *handbook*, diketahui bahwa konversi kapasitas pendingin ke BTU adalah:

$$\begin{aligned} \text{BTU/h} &= \text{kW} \times 3,412 \\ &= 26,6 \times 3,412 \\ &= 90878 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui apakah beban pendinginan ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA telah memenuhi nilai maka harus dilakukan analisa beban pendinginan ideal sesuai data yang telah ada.

Beban pendinginan Ideal dalam BTU menurut ASHRAE *handbook*:

- Perhitungan Beban Ruangan
 1. Luas Ruangan (dalam ft³) = 3187 ft³
 2. Δ Temperatur Ruangan = 86 F – 77 F = 9 F
 3. BTU per kaki kubik = 2
 4. BTU Ruangan : $3187 \times 2 \times 9 = 57381 \text{ BTU}$
- Perhitungan Beban Penumpang
 1. Jumlah Penumpang = 154 Orang
 2. BTU Penumpang = 30800 BTU/h
- Beban Peralatan :

1. Beban peralatan : 1000 BTU/h

- **Total Beban pendinginan Ideal :**

$$57381 \text{ BTU/h} + 30800 \text{ BTU/h} + 1000 \text{ BTU/h} = \mathbf{89181 \text{ BTU/h}}$$

Setelah data dan perhitungan telah didapatkan, maka diketahui bahwa nilai Beban pendinginan ruangan pada varian luas ruangan 2 (90878 BTU/h) melewati nilai beban ideal (89181 BTU/h). Maka dapat disimpulkan bahwa varian luas ruangan 296,19 m³ belum memenuhi *thermal comfort* berupa beban pendinginan Ideal ruangan kabin penumpang kapal ferry KMP. JAGANTARA.

Beban pendinginan menurut ASHRAE handbook:

- Perhitungan Beban *Sensible*

Beban *sensible* berasal dari panas yang dihasilkan oleh peralatan, penerangan, dan orang.

Beban *Sensible* dari Orang

1. Beban panas *sensible* per orang (aktivitas ringan): 70 W.
2. Total beban *sensible* dari orang: $70 \text{ W} \times 154 = 10780 \text{ W}$.

Beban *Sensible* dari Penerangan

1. Beban penerangan per meter kubik : $2,3 \text{ W/m}^3$
2. Luas ruangan dalam meter kubik: $325,93 \text{ m}^3$
3. Total beban penerangan: $2,3 \text{ W/m}^3 \times 325,93 \text{ m}^3 = 749,64 \text{ W}$

Beban *Sensible* dari Peralatan

1. Beban peralatan : 3 W/m^3
2. Total beban peralatan: $3 \text{ W/m}^3 \times 325,93 \text{ m}^3 = 977,79 \text{ W}$
3. $\Delta \text{Temperatur} = 89,6 \text{ F} - 86 \text{ F} = 3,6 \text{ F}$

Total Beban *Sensible*

$$10780 \text{ W} + (749,64 \text{ W} + 977,79 \text{ W}) \times 3,6 \text{ F} = 16999 \text{ W} \approx \mathbf{16,9 \text{ kW}}$$

- Perhitungan Beban *Latent*

Beban *latent* berasal dari kelembapan yang dihasilkan oleh orang dan sirkulasi udara.

Beban *Latent* dari Orang:

1. Beban *Latent* per orang: 60 W.
2. Total beban *Latent* dari orang: $60 \text{ W} \times 154 = 9252 \approx 9,25 \text{ kW}$.

Beban *Latent* dari Sirkulasi Udara

1. Beban *latent* sirkulasi udara (Kapasitas Sirkulasi udara) per meter kubik: $1848 \text{ m}^3/\text{h}/\text{p}$
2. Beban *latent* per Kapasitas Sirkulasi udara: $0,51 \text{ W}$
3. Total beban *latent* sirkulasi udara: $0,51 \text{ W} \times 1848 \text{ m}^3/\text{h}/\text{p} = 951 \text{ W} \approx 0,95 \text{ kW}$

Total Beban *Latent*

$$9,25 \text{ kW} + 0,95 \text{ kW} = \mathbf{10,20 \text{ kW}}$$

- Beban pendinginan Total : Total Beban *Sensible* + Total Beban *Latent*
 $= 16,9 \text{ kW} + 10,20 \text{ kW}$
 $= \mathbf{27,2 \text{ kW}}$

Menurut ASHRAE *handbook*, diketahui bahwa konversi kapasitas pendingin ke BTU adalah:

$$\begin{aligned} \text{BTU/h} &= \text{kW} \times 3,412 \\ &= 27,2 \times 3,412 \\ &= 92816 \text{ BTU/h} \end{aligned}$$

Untuk mengetahui apakah beban pendinginan ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP.JAGANTARA telah memenuhi nilai maka harus dilakukan analisa beban pendinginan ideal sesuai data yang telah ada.

Beban pendinginan Ideal dalam BTU menurut ASHRAE *handbook*:

- Perhitungan Beban Ruangan
 1. Luas Ruangan (dalam ft³) = 3508 ft^3
 2. Δ Temperatur Ruangan = $86 \text{ F} - 77 \text{ F} = 9 \text{ F}$
 3. BTU per kaki kubik = 2
 4. BTU Ruangan : $3187 \times 2 \times 9 = 63149 \text{ BTU}$
- Perhitungan Beban Penumpang
 1. Jumlah Penumpang = 154 Orang
 2. BTU Penumpang = 30800 BTU/h
- Beban Peralatan :
 1. Beban peralatan : 1000 BTU/h
- **Total Beban pendinginan Ideal :**

$$63149 \text{ BTU/h} + 30800 \text{ BTU/h} + 1000 \text{ BTU/h} = \mathbf{94949 \text{ BTU/h}}$$

Setelah data dan perhitungan telah didapatkan, maka diketahui bahwa nilai Beban pendinginan ruangan pada varian luas ruangan 3 (92816 BTU/h) tidak melewati nilai beban ideal (94949 BTU/h). Maka dapat disimpulkan bahwa varian luas ruangan 325,93 m³ telah memenuhi *thermal comfort* berupa beban pendinginan Ideal ruangan kabin penumpang kapal ferry KMP. JAGANTARA.

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa semakin luas ruangan dengan faktor pendukung yang stagnan, maka beban pendinginan dalam suatu ruangan dapat berkurang sesuai dengan jumlah kuantitas luasan ruangan yang ditambahkan. Gambaran mengenai perbandingan antara kapasitas penumpang dan nilai beban pendinginan dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut.

Tabel 4.6 Perbandingan variasi luasan ruangan dengan nilai beban pendinginan

Variasi Luasan Ruang	Beban pendinginan Total	Beban pendinginan Ideal
279,25	89760 BTU/h	85856 BTU/h
290,73	90524 BTU/h	88129 BTU/h
296,19	90878 BTU/h	89186 BTU/h
325,93	92816 BTU/h	94949 BTU/h

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)



Gambar 4.14 Grafik Beban pendinginan

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

7 Dapat dilihat pada tabel 4.6 dan gambar 4.14, saat beban pendinginan pada variasi luasan ruangan di angka 279,25 m³ hingga di angka 296,93 m³ belum dapat memenuhi beban pendinginan ruangan yang optimal karena daya beban pendinginan yang sebenarnya masih melewati daya beban pendinginan ideal. Hingga saat variasi luasan ruangan di angka 325,93 m³, daya beban pendinginan baru dapat optimal karena tidak melewati beban pendinginan ideal. Pada beban pendinginan yang sudah optimal, dapat menggunakan *Air Conditioner* (AC) dengan kapasitas daya 1 PK (Paardekracht) dengan jumlah 8 buah AC karena dalam parameter *ASHRAE* konversi AC dengan kapasitas daya 1 PK ke dalam BTU adalah sejumlah 12.000 BTU.

4.3.3 Variasi Kondisi Penerangan

Berikut adalah analisis perhitungan beban pendinginan ketika siang hari menurut parameter *ASHRAE* :

a. Kapasitas Penumpang 154 orang

- Perhitungan Beban *Sensible*

Beban *sensible* berasal dari panas yang dihasilkan oleh peralatan, penerangan, dan orang.

Beban *Sensible* dari Orang

1. Beban panas *sensible* per orang (aktivitas ringan): 70 W.

2. Total beban *sensible* dari orang: $70 \text{ W} \times 154 = 10,780 \text{ W}$.
3. Beban *Sensible* dari Penerangan
4. Beban penerangan per meter kubik : $0,57 \text{ W/ m}^3$
5. Luas ruangan dalam meter kubik: 279 m^3
6. Total beban penerangan: $0,57 \text{ W/m}^3 \times 279 \text{ m}^3 = 160,425 \text{ W}$

Beban *Sensible* dari Peralatan

1. Beban peralatan : 3 W/ m^3
2. Total beban peralatan: $3 \text{ W/ m}^3 \times 297 \text{ m}^3 = 891 \text{ W/ m}^3$
3. $\Delta \text{Temperatur} = 89,6 \text{ F} - 86 \text{ F} = 3,6 \text{ F}$

Total Beban *Sensible*

$$10,780 \text{ W} + (160,425 \text{ W} + 891 \text{ W}) \times 3,6 \text{ F} = 14370 \text{ W} \approx \mathbf{14,37 \text{ kW}}$$

- **Perhitungan Beban *Latent***

Beban *latent* berasal dari kelembapan yang dihasilkan oleh orang dan sirkulasi udara.

Beban *Latent* dari Orang:

1. Beban *Latent* per orang: 60 W .
2. Total beban *Latent* dari orang: $60 \text{ W} \times 154 = 9240 \approx 9,24 \text{ kW}$.

Beban *Latent* dari Sirkulasi Udara

1. Beban *latent* sirkulasi udara (Kapasitas Sirkulasi udara) per meter kubik: $1848 \text{ m}^3/\text{h/p}$
2. Beban *latent* per Kapasitas Sirkulasi udara: $0,51 \text{ W}$
3. Total beban *latent* sirkulasi udara: $0,51 \text{ W} \times 1848 \text{ m}^3/\text{h/p} = 1251 \text{ W} \approx 1,25 \text{ kW}$

Total Beban *Latent*

$$9,24 \text{ kW} + 1,25 \text{ kW} = \mathbf{10,49 \text{ kW}}$$

- **Beban pendinginan Total : Total Beban *Sensible* + Total Beban *Latent***
 $= 14,37 \text{ kW} + 10,49 \text{ kW}$
 $= \mathbf{24,86 \text{ kW}}$

Menurut ASHRAE *handbook*, diketahui bahwa konversi kapasitas pendingin ke BTU adalah:

$$\begin{aligned} \text{BTU/h} &= \text{kW} \times 3,412 \\ &= 24,86 \times 3,412 \end{aligned}$$

$$= 84,847 \text{ BTU/h}$$

Untuk mengetahui apakah beban pendinginan ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA telah memenuhi nilai maka harus dilakukan analisa beban pendinginan ideal sesuai data yang telah ada.

Beban pendinginan Ideal dalam BTU menurut ASHRAE *handbook*:

- Perhitungan Beban Ruangan
 1. Luas Ruangan (dalam ft^3) = $3,003.128 \text{ ft}^3$
 2. Δ Temperatur Ruangan = $86 \text{ F} - 77 \text{ F} = 9 \text{ F}$
 3. BTU per kaki kubik = $1,96 \text{ BTU/h}$
 4. BTU Ruangan : $3003 \times 1,96 \times 9 = 52975 \text{ BTU/h}$
- Perhitungan Beban Penumpang
 1. Jumlah Penumpang = 154 Orang
 2. BTU Penumpang = $30,800 \text{ BTU/h}$
- Beban Peralatan :
 1. Beban peralatan : 1000 BTU/h
- **Total Beban pendinginan Ideal :**
 $52975 \text{ BTU/h} + 30,800 \text{ BTU/h} + 1000 \text{ BTU/h} = \mathbf{84775 \text{ BTU/h}}$

Setelah data dan perhitungan telah didapatkan, maka diketahui bahwa nilai daya beban pendinginan ruangan telah melewati nilai beban ideal. Maka dapat disimpulkan bahwa beban pendinginan ruangan kabin penumpang kapal ferry KMP. JAGANTARA tidak optimal.

b. Kapasitas Penumpang 149 orang

- Perhitungan Beban *Sensible*

Beban *sensible* berasal dari panas yang dihasilkan oleh peralatan, penerangan, dan orang.

Beban *Sensible* dari Orang

1. Beban panas *sensible* per orang (aktivitas ringan): 70 W .
2. Total beban *sensible* dari orang: $70 \text{ W} \times 149 = 10,430 \text{ W}$.

Beban *Sensible* dari Penerangan

1. Beban penerangan per meter kubik : $0,57 \text{ W/ m}^3$
2. Luas ruangan dalam meter kubik: 279 m^3

3. Total beban penerangan: $0,57 \text{ W/m}^3 \times 279 \text{ m}^3 = 160,425 \text{ W}$

Beban *Sensible* dari Peralatan

1. Beban peralatan : 3 W/ m^3

2. Total beban peralatan: $3 \text{ W/ m}^3 \times 297 \text{ m}^3 = 837 \text{ W/ m}^3$

Δ Temperatur = $89,6 \text{ F} - 86 \text{ F} = 9 \text{ F}$

Total Beban *Sensible*

$10,430 \text{ W} + (160,425 \text{ W} + 837 \text{ W}) \times 9 \text{ F} = 14020 \text{ W} \approx \mathbf{14,02 \text{ kW}}$

- Perhitungan Beban *Latent*

Beban *latent* berasal dari kelembapan yang dihasilkan oleh orang dan sirkulasi udara.

Beban *Latent* dari Orang:

1. Beban *Latent* per orang: 60 W .

2. Total beban *Latent* dari orang: $60 \text{ W} \times 149 = 8940 \approx 8,94 \text{ kW}$.

Beban *Latent* dari Sirkulasi Udara

1. Beban *latent* sirkulasi udara (KAPASITAS SIRKULASI

UDARA) per meter kubik: $1788 \text{ m}^3/\text{h/p}$

2. Beban *latent* per KAPASITAS SIRKULASI UDARA: $0,53 \text{ W}$

3. Total beban *latent* sirkulasi udara: $0,53 \text{ W} \times 1788 \text{ m}^3/\text{h/p} = 951 \text{ W} \approx 0,95 \text{ kW}$

Total Beban *Latent*

$9,24 \text{ kW} + 0,95 \text{ kW} = \mathbf{9,89 \text{ kW}}$

- Beban pendinginan Total : Total Beban *Sensible* + Total Beban *Latent*

$= 14,02 \text{ kW} + 9,89 \text{ kW}$

$= \mathbf{23,91 \text{ kW}}$

Menurut ASHRAE *handbook*, diketahui bahwa konversi kapasitas pendingin ke BTU adalah:

$\text{BTU/h} = \text{kW} \times 3,412$

$= 23,91 \times 3,412$

$= 81,588 \text{ BTU/h}$

Untuk mengetahui apakah beban pendinginan ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA telah

memenuhi nilai maka harus dilakukan analisa beban pendinginan ideal sesuai data yang telah ada.

Beban pendinginan Ideal dalam BTU menurut ASHRAE *handbook*:

- Perhitungan Beban Ruangan
 1. Luas Ruangan (dalam ft³) = 3,003.128 ft³
 2. ΔTemperatur Ruangan = 86 F – 77 F = 9 F
 3. BTU per kaki kubik = 1,96 BTU/h
 4. BTU Ruangan : 3003 x 1,96 x 9 = 52975 BTU/h
- Perhitungan Beban Penumpang
 1. Jumlah Penumpang = 149 Orang
 2. BTU Penumpang = 29,800 BTU/h
- Beban Peralatan :
 1. Beban peralatan : 1000 BTU/h
- **Total Beban pendinginan Ideal :**
 52975 BTU/h + 29,800 BTU/h + 1000 BTU/h = **83775 BTU/h**

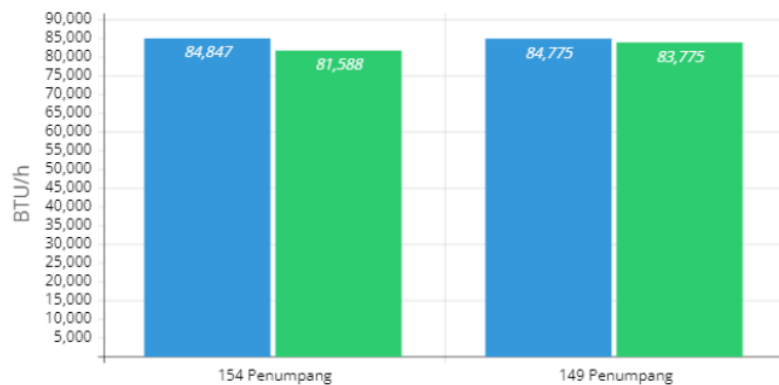
Setelah data dan perhitungan telah didapatkan, maka diketahui bahwa nilai daya beban pendinginan ruangan tidak melewati nilai beban ideal. Maka dapat disimpulkan bahwa beban pendinginan ruangan kabin penumpang saat siang hari pada kapal ferry KMP. JAGANTARA telah optimal.

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa semakin luas ruangan dengan faktor pendukung yang stagnan, maka beban pendinginan dalam suatu ruangan dapat berkurang sesuai dengan jumlah kuantitas luasan ruangan yang ditambahkan. Gambaran mengenai perbandingan antara kapasitas penumpang dan nilai beban pendinginan dapat dilihat pada tabel 4.7 dan gambar 4.15

Tabel 4.7 Perbandingan hasil variasi kapasitas penumpang dan variasi nilai beban penerangan

Variasi Kapasitas Penumpang	Beban pendinginan Total	Beban pendinginan Ideal
154	84847 BTU/h	81588 BTU/h
149	84775 BTU/h	83775 BTU/h

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)



■ Nilai Daya Beban Pendinginan Sebenarnya ■ Nilai Daya Beban Pendinginan Ideal

Gambar 4.15 Grafik perbandingan hasil variasi kapasitas penumpang dengan variasi nilai beban Penerangan

(Sumber: Pengolahan Data, 2024)

7 Dapat dilihat pada tabel 4.7 dan gambar 4.15, saat beban penerangan pada kondisi siang hari pada jumlah kapasitas penumpang 154 orang belum dapat memenuhi beban pendinginan ruangan yang optimal karena daya beban pendinginan yang sebenarnya masih melewati daya beban pendinginan ideal. Hingga saat variasi kapasitas penumpang di angka 149 orang, daya beban pendinginan baru dapat optimal karena tidak melewati beban pendinginan ideal. Pada beban pendinginan yang sudah optimal, dapat menggunakan *Air Conditioner* (AC) dengan kapasitas daya 1 PK (Paardekracht) dengan jumlah 7 buah AC karena dalam parameter *ASHRAE* konversi AC dengan kapasitas daya 1 PK ke dalam BTU adalah sejumlah 12.000 BTU.

BAB V

SIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Pengukuran *thermal comfort* pada ruangan kabin penumpang kapal ferry KMP. JAGANTARA untuk menganalisis keadaan *thermal* sebagai salah satu cara untuk mencapai keadaan nyaman *thermal* yang ideal bagi penumpang dari ruangan kabin penumpang kapal ferry KMP. JAGANTARA.

Ruangan kabin penumpang adalah salah satu ruangan vital dari kapal penumpang yang digunakan untuk mengangkut muatan manusia. Berdasarkan data lapangan dan analisis keadaan *thermal* menggunakan *software CBE Thermal comfort Tools* dan dengan parameter standar *ASHRAE-55*, diketahui bahwa ruangan kabin penumpang kapal ferry KMP. JAGANTARA tidak memenuhi standar keadaan nyaman *thermal* sehingga dibutuhkan beberapa metode khusus berupa variasi jumlah penumpang dan variasi luas ruangan.

Berdasarkan perhitungan dan perbandingan beban pendinginan yang menggunakan standar *ASHRAE-55*, dapat diketahui bahwa semakin sedikit jumlah kuantitas manusia (kapasitas penumpang) pada ruangan tersebut maka beban pendinginan dalam ruangan tersebut dapat berkurang. Sehingga dalam jumlah penumpang yang sudah diperhitungkan, ruangan tersebut dapat mencapai keadaan nyaman *thermal*. Terbukti dari perhitungan beban pendinginan yang telah dilakukan, jumlah penumpang di angka 144 orang beban pendinginan ruangan tersebut tidak melewati batas nilai beban pendinginan ideal ($83405 \text{ BTU} < 83836 \text{ BTU}$). Selanjutnya, telah dilakukan variasi lain berupa variasi luas ruangan yang dimana ruangan tersebut ditambahkan luasannya. Berdasarkan perhitungan dan perbandingan beban pendinginan yang menggunakan standar *ASHRAE-55*, dapat diketahui bahwa semakin luas ukuran ruangan yang dihuni oleh penumpang, maka beban pendinginan dalam ruangan tersebut dapat berkurang. Sehingga dalam ukuran luas ruangan yang telah diperhitungkan yaitu berada di ukuran $325,93 \text{ m}^3$, ruangan tersebut dapat mencapai keadaan nyaman *thermal* karena tidak melewati batas beban pendinginan ideal ($92816 \text{ BTU} < 94949 \text{ BTU}$). Lalu juga telah dilakukan variasi lain berupa variasi jumlah kapasitas penumpang pada nilai daya

beban penerangan pada siang hari. Berdasarkan perhitungan dan perbandingan beban pendinginan yang menggunakan standar *ASHRAE-55*, dapat diketahui bahwa semakin luas ukuran ruangan yang dihuni oleh penumpang, maka beban pendinginan dalam ruangan tersebut dapat berkurang. Sehingga dalam jumlah kapasitas penumpang yang telah diperhitungkan yaitu berada di angka, ruangan tersebut dapat mencapai keadaan nyaman *thermal* karena tidak melewati batas beban pendinginan ideal ($84775 \text{ BTU/h} < 83775 \text{ BTU/h}$). Sehingga dapat disimpulkan bahwa, penelitian yang sudah dilakukan telah memenuhi hipotesis yang telah disusun sebelumnya.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan maka diperlukan beberapa saran agar penelitian dapat dimaksimalkan, antara lain:

1. Melakukan analisis *HVAC* secara menyeluruh pada ruangan kabin penumpang kelas ekonomi kapal ferry KMP. JAGANTARA.
2. Melakukan analisis faktor konstruksi penguat dan nilai ekonomis operasional pada kapal ferry KMP. JAGANTARA.
3. Melakukan analisis nilai ekonomis pada operasional kapal ferry KMP. JAGANTARA.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, T., Kumar, P. and Mottet, L., 2021. Natural ventilation in warm climates: The challenges of thermal comfort, heatwave resilience and indoor air quality. *Renewable and sustainable energy reviews*, 138, p.110669.
- Carlucci, S., Bai, L., De Dear, R., & Yang, L. (2018). Review of adaptive thermal comfort models in built environmental regulatory documents. *Building and Environment*, 137, 73–89.
- Cole, R. J., Brown, Z., & McKay, S. (2010). Building human agency: A timely manifesto. *Building Research and Information*, 38(3), 339–350.
- Enescu, D., 2017. A review of thermal comfort models and indicators for indoor environments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, pp.1353-1379.
- Hasan, A. D. (2018). *Perencanaan Sistem Pengkondisian Udara (hvac) pada Ruang Akomodasi Kapal Tanker Mengguakan Refrigeran R 407 c* [Skripsi Sarjana]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Krarti, M. (2018). Optimal design and retrofit of energy efficient buildings, communities, and urban centers. Butterworth-Heinemann.
- Lippsmeier, G. (1997). *Tropical Building* (terjemahan).
- Liu, H., Lian, Z., Gong, Z., Wang, Y. and Yu, G., 2018. Thermal comfort, vibration, and noise in Chinese ship cabin environment in winter time. *Building and Environment*, 135, pp.104-111.
- Murad, J., 2021, August. Harnessing the Power of the Cloud-Computational Fluid Dynamics With SimScale. In *Fluids Engineering Division Summer Meeting* (Vol. 85284, p. V001T02A049). American Society of Mechanical Engineers.
- Purba, S. P. C., & Pane, I. F. (2022). Analisa Faktor Kenyamanan Penumpang Terhadap Kondisi Thermal pada Terminal Penumpang Ferry Internasional Batam Center Point Sesuai Pendekatan Arsitektur Bioklimatik. *In Talenta Conference Series : Energy and Engineering (EE)* , 5(1), 166–172.
- Rodríguez, R.C., Jiménez, J., Arce, K.A. and Thompson, K.R., 2023. An analysis of policy options available to the international maritime organization to protect the Costa Rica thermal dome: Building the case for a particularly sensitive sea area. *Marine Policy*, 148, p.105375.

- Saran, S., Gurjar, M., Baronia, A., Sivapurapu, V., Ghosh, P. S., Raju, G. M., & Maurya, I. (2020). Heating, ventilation and air conditioning (HVAC) in intensive care unit. *Critical Care*, 24(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13054-020-02907-5>
- Suwarno, N., & Ikaputra. (2020). ARSITEKTUR BIOKLIMATIK Usaha Arsitek Membantu Keseimbangan Alam dengan Unsur Buatan. *Jurnal Arsitektur Komposisi*, 13(2), 87–93.
- Suyono, B., & Prianto, E. (2017). KAJIAN SENSASI KENYAMANAN TERMAL DAN KONSUMSI ENERGI DI TAMAN SRIGUNTING KOTA LAMA SEMARANG. *Modul*, 17(2), 17–25. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/modulkajiansensasikenyamanantermaldankonsumsienergi>
- Wulandari, A. I., & Agusty, C. L. (2021). ANALISIS TEGANGAN REGANGAN PADA PELAT DECK DAN BOTTOM KAPAL FERRY RO-RO MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT METHOD Stress Stain Analysis on Deck and Bottom Plate of Ferry Ro-Ro Ship with Finite Element Method. *Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 15(1), 45–52.
- Goo.gl*. Available at: <https://images.app.goo.gl/NyRnRXNCDv2gCgj69> (Accessed: July 18, 2024).
- Bmkg.go.id*. Available at: <https://iklim.bmkg.go.id/bmkgadmin/storage/brosur/LEAFLETINDO> (Accessed: July 18, 2024).
- Ashrae.org*. Available at: <https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Bookstore/preview-load-calculations.pdf> (Accessed: July 18, 2024).
- Onshape.com*. Available at: <https://www.onshape.com/en/> (Accessed: July 18, 2024).
- Vesselfinder.com*. Available at: <https://www.vesselfinder.com/vessels/details/8324074> (Accessed: July 18, 2024).

Toolsfortransformation.net. Available at: <https://toolsfortransformation.net/wp-content/uploads/2017/05/Kep-Men-Kes-No.261-thn-1998-ttg-Kesehatan-Lingkungan-Kerja.pdf> (Accessed: July 18, 2024).

ANALISIS THERMAL COMFORT PADA RUANGAN KABIN PENUMPANG KELAS EKONOMI PADA KAPAL FERRY KMP. JAGANTARA

ORIGINALITY REPORT

23%

SIMILARITY INDEX

23%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

10%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositori.uin-alauddin.ac.id Internet Source	5%
2	repositori.upnvj.ac.id Internet Source	4%
3	repositori.its.ac.id Internet Source	1%
4	docplayer.info Internet Source	1%
5	talentaconfseries.usu.ac.id Internet Source	1%
6	www.neliti.com Internet Source	1%
7	dspace.uii.ac.id Internet Source	1%
8	repositori.unhas.ac.id Internet Source	1%

repositori.ub.ac.id

9	Internet Source	1 %
10	repository.pnb.ac.id Internet Source	<1 %
11	journal.unika.ac.id Internet Source	<1 %
12	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %
13	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
14	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
15	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	<1 %
16	repository.radenintan.ac.id Internet Source	<1 %
17	Submitted to UPN Veteran Jakarta Student Paper	<1 %
18	eprints.unm.ac.id Internet Source	<1 %
19	jim.unsyiah.ac.id Internet Source	<1 %
20	repo.unikadelasalle.ac.id Internet Source	<1 %

21	repository.trisakti.ac.id Internet Source	<1 %
22	repository.binadarma.ac.id Internet Source	<1 %
23	repository.upi.edu Internet Source	<1 %
24	id.wikipedia.org Internet Source	<1 %
25	123dok.com Internet Source	<1 %
26	id.123dok.com Internet Source	<1 %
27	repository.untag-sby.ac.id Internet Source	<1 %
28	repository.upiyptk.ac.id Internet Source	<1 %
29	artikelpendidikan.id Internet Source	<1 %
30	digilib.itskesicme.ac.id Internet Source	<1 %
31	ind.labservicetech.com Internet Source	<1 %
32	edoc.pub Internet Source	<1 %

33 es.scribd.com Internet Source <1 %

34 pure.tue.nl Internet Source <1 %

35 repository.unej.ac.id Internet Source <1 %

36 Ahmad Nadhil Edar, Arinda Wahyuni.
"Pengaruh Suhu dan Kelembaban Terhadap Rasio Kelembaban dan Entalpi (Studi Kasus: Gedung UNIFA Makassar)", LOSARI : Jurnal Arsitektur Kota dan Pemukiman, 2021
Publication <1 %

37 Submitted to Universitas Pamulang Student Paper <1 %

38 vdocuments.pub Internet Source <1 %

39 repository.uinjkt.ac.id Internet Source <1 %

40 Submitted to Universitas Pancasila Student Paper <1 %

41 dokumen.tips Internet Source <1 %

42 eprints.undip.ac.id Internet Source <1 %

palangkaraya.go.id

43

Internet Source

<1 %

44

repositori.usu.ac.id:8080

Internet Source

<1 %

45

www.steorn.com

Internet Source

<1 %

46

www.unwahas.ac.id

Internet Source

<1 %

47

issuu.com

Internet Source

<1 %

48

journal.uniku.ac.id

Internet Source

<1 %

49

media.neliti.com

Internet Source

<1 %

50

repo.poltekkestasikmalaya.ac.id

Internet Source

<1 %

51

repo.uinsatu.ac.id

Internet Source

<1 %

52

repository.amikom.ac.id

Internet Source

<1 %

53

repository.uin-suska.ac.id

Internet Source

<1 %

54

situs-indah.blogspot.com

Internet Source

<1 %

55	www.scribd.com Internet Source	<1 %
56	anyflip.com Internet Source	<1 %
57	id.scribd.com Internet Source	<1 %
58	journals.plos.org Internet Source	<1 %
59	jurnal.itpln.ac.id Internet Source	<1 %
60	newsroom.airasia.com Internet Source	<1 %
61	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
62	www.transkerja.com Internet Source	<1 %
63	doku.pub Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude bibliography On

Exclude matches Off

Handwritten signature