



TUGAS AKHIR ME-184834

**PERANCANGAN *AHU SYSTEM* DAN *SANITARY SYSTEM* SERTA
ANALISA JENIS UDARA YANG DIHASILKAN PADA RUANG
OPERASI PADA KAPAL CATAMARAN RUMAH SAKIT APUNG (RSA)**

DENI PRASTIKO
0421174500006

Dosen Pembimbing 1
Ir. Hari Prastowo M.Sc

Dosen Pembimbing 2
Ir. Agoes Ahmad Masroeri, M. Eng, D. Eng

**DEPARTMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



FINAL PROJECT 184834

**AHU SYSTEM AND SANITARY SYSTEM DESIGN AND ANALYSIS OF
AIR TYPES PRODUCED IN OPERATING ROOMS ON FLOATING
HOSPITAL CATAMARAN SHIP**

DENI PRASTIKO
04211745000006

Supervisor 1
Ir. Hari Prastowo M.Sc

Supervisor 2
Ir. Agoes Ahmad Masroeri, M. Eng, D. Eng

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN *AHU SYSTEM* DAN *SANITARY SYSTEM* SERTA ANALISA JENIS UDARA YANG DIHASILKAN PADA RUANG OPERASI PADA KAPAL CATAMARAN RUMAH SAKIT APUNG (RSA)

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Electrical Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Deni Prastiko

NRP. 042117450000006

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi :

Ir. Hari Prastowo M.Sc
NIP 1965 1030 1991 02 1001

Ir. Agoes Ahmad Masroeri, M. Eng, D. Eng
NIP 1958 0807 1984 03 1004



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN**PERANCANGAN AHU SYSTEM DAN SANITARY SYSTEM SERTA
ANALISA JENIS UDARA YANG DIHASILKAN PADA RUANG
OPERASI PADA KAPAL CATAMARAN RUMAH SAKIT APUNG
(RSA)****SKRIPSI**

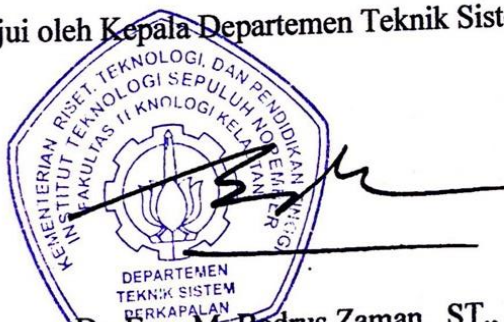
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Electrical Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Deni Prastiko
NRP. 04211745000006

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman., ST., MT
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

**PERANCANGAN AHU SYSTEM DAN SANITARY SYSTEM SERTA ANALISA
JENIS UDARA YANG DIHASILKAN PADA RUANG OPERASI PADA KAPAL
CATAMARAN RUMAH SAKIT APUNG (RSA)**

Nama : Deni Prastiko
NRP : 0421174500006
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Hari Prastowo M.Sc
Ir. Agoes Ahmad Masroeri, M. Eng, D. Eng

ABSTRAK

Bangunan rumah sakit dikapal merupakan fasilitas kesehatan yang belum banyak tersedia, namun juga membutuhkan perhatian sangat khusus dalam perencanaan, pembangunan, pengoperasian dan pemeliharannya terutama pada prasarana instalasi tata udara. Mengingat rumah sakit apung ini didesain untuk melakukan tindakan perawatan dan penanganan operasi, berkumpulnya orang sakit maupun orang sehat serta tersebarnya penyakit didalam ruangan operasi dapat menjadi tempat penularan penyakit serta memungkinkan terjadinya pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan. Dalam hal ini direncanakan system HVAC dua zona, sehingga didapatkan dua buah chiller untuk zona Ruang operasi, BHP, CSSD dan zona dua untuk ruangan crew kapal, ruang kesehatan, dan ruang navigasi dengan cooling capacity masing masing adalah 62,37 Kw dan 44,19 Kw. Selanjutnya dipilih spesifikasi AHU 1 yang sesuai dengan kebutuhan flow rate ruangan dengan spesifikasi cooling coil 70 kw , flow rate 7500 m³ / h dan AHU 2 dengan spesifikasi cooling coil 50 kw , flow rate 8000 m³ / h. Chiller didinginkan oleh air laut dengan kapasitas pompa keduanya sama yaitu 8 m³ / h. Setelah didapat detail desain ducting dan layout penempatan diffuser maka disimulasikan jenis udara yang dihasilkan. Terdapat 6 variasi simulasi yaitu dua inlet dua outlet, dua inlet empat outlet, tiga inlet dua outlet, tiga inlet empat outlet, empat inlet empat outlet dan empat inlet panjang 4 outlet.

Kata Kunci- Sistem AHU Sea Water Chiller, Rumah Sakit Apung (RSA)

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

**AHU SYSTEM AND SANITARY SYSTEM DESIGN AND ANALYSIS OF AIR TYPES
PRODUCED IN OPERATING ROOMS ON FLOATING HOSPITAL CATAMARAN
SHIP**

Name : Deni Prastiko
NRP : 04211745000006
Departement : Teknik Sistem Perkapalan
Advisor : Ir. Hari Prastowo M.Sc
Ir. Agoes Ahmad Masroeri, M. Eng, D. Eng

ABSTRACT

The floating hospital is a health facility that is not yet widely available, but also needs special attention in planning, building, planning and maintenance, according to the needs of the air installation infrastructure. Considering that this hospital is designed to carry out surgical and handling treatments, regulating sick people and healthy people as well as the spread of disease in the operating room can be a place of transmission of the disease and allows pollution of the environment and health. In this case activating the HVAC system in two zones, so that two chillers were obtained for the operation space zone, BHP, CSSD and zone two for the crew room, health room, and navigation room with capacities of 62.37 Kw each and each 44,19 Kw. Furthermore, the AHU 1 specification is selected according to the needs of the room flow rate with the specifications of cooling coil 70 kw, flow rate of 7500 m³ / hour and AHU 2 with specifications of 50 kw cooling coil, flow rate of 8000 m³ / h. Chiller is cooled by sea water with the same pumping capacity of 8 m³ / hour. After obtaining ducting design details and diffuser placement layout, the type of air produced is simulated. There are 6 variations that show the two inlet outlets, two four inlet outlets, three inlet outlets, three inlet outlets, four inlet outlets and four inlet outlets.

Keywords-AHU System, Sea Water Chiller, Floating Hospital

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir yang berjudul *Perancangan AHU System dan Sanitary Sistem Serta Analisa Jenis Udara Yang Dihasilkan Pada Ruang Operasi Pada Kapal Catamaran Rumah Sakit Apung (RSA)* dapat diselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh Gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS dan pihak lain, baik secara individual maupun organisasional. Penulis menyadari keterbatasan penulis dalam menyusun Tugas Akhir ini, namun dengan karunia-Nya, bantuan, serta dukungan berbagai pihak maka Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Ibu Munjaroh dan Bapak Kamari yang terus memberikan dukungan dan menjadi penyemangat bagi penulis untuk melakukan aktifitas selama perkuliahan dan penulisan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Eng. Badrus Zaman, S.T., M.T. selaku kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang sudah memberikan ilmu baik materi kuliah maupun diluar perkuliahan yang dapat menjadi pembelajaran bagi penulis.
3. Bapak Ir. Hari Prastowo selaku dosen wali dan dosen pembimbing Tugas Akhir pertama yang senantiasa memberikan bimbingan pada saat proses pembelajaran, perkuliahan serta senantiasa memberikan bimbingan pada saat proses penelitian dan penyelesaian tugas akhir baik pada saat perkuliahan maupun diluar perkuliahan.
4. Bapak Ir. Agoes Ahmad Masroeri, M. Eng, D. Eng selaku dosen pembimbing kedua penulis yang turut membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian, yang juga senantiasa memberikan motivasi, arahan serta pengawasan selama penulis berada di kampus.
5. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc. selaku dosen pembimbing ketiga penulis yang turut membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian yang selalu memberi arahan serta pengawasan selama penulis berada di kampus.
6. Seluruh Dosen dan Staff Karyawan Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS yang telah memberikan ilmu dan pelayanan yang terbaik kepada penulis.
7. Seluruh kawan-kawan pejuang akhir bidang MEAS yang sudah memberikan dukungan secara mental dan fisik untuk bisa bersama-sama menguatkan penulis dalam mengerjakan tugas akhir.
8. Seluruh kawan-kawan kampus lama D3 Teknik Mesin UGM yang memberi motivasi untuk selalu belajar hal baru sehingga saya bisa lanjut dikampus ITS ini.

9. Camelita Marthabelena Sheilla Dewinta yang selalu memberi semangat dari hal kecil untuk selalu bersyukur.
10. Kepada pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari adanya keterbatasan dalam wawasan dan ilmu yang penulis miliki. Oleh karena itu, penulis mohon maaf atas kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini dan membuka diri terhadap saran dan kritik yang bersifat membangun demi perbaikan di kemudian hari.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	1
HALAMAN JUDUL.....	III
LEMBAR PENGESAHAN	V
LEMBAR PENGESAHAN	VII
ABSTRAK.....	IX
ABSTRACT.....	XI
KATA PENGANTAR	XIII
DAFTAR ISI.....	XV
DAFTAR GAMBAR	XVII
DAFTAR TABEL.....	XIX
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat.....	2
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengenalan Umum.....	5
2.2 Perancangan Kapal	5
2.3 Jenis Kapal dan Fungsinya	8
2.4 Bangunan Rumah Sakit	9
2.5 Zona Pengkodisian Udara.....	14
2.6 Simulasi Udara	20
BAB III	21
METODOLOGI PENELITIAN.....	21
3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	23
3.2 Studi Literatur.....	23
3.3 Pengumpulan Data.....	23
3.4 Perhitungan Beban Pendinginan.....	23
3.5 Perancangan Sistem.....	23
3.6 Pemilihan Spesifikasi Peralatan.....	23
3.7 Analisa Hasil Udara.....	23
BAB IV	25
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	25
4.1 <i>General Arrangement</i>	25
4.2 Data Utama Kapal	25
4.3 Menentukan Beban Pendingin.....	25
4.4 Menentukan Pemilihan <i>Chiller</i>	40
4.5 Memilih Spesifikasi AHU	43

4.6 Menentukan Kapasitas Air Laut Untuk <i>Chiller</i>	46
4.7 Memilih Pipa dan Kapasitas Pompa Air Laut Untuk <i>Chiller</i>	47
4.8 Perancangan Saluran Udara (<i>Ducting</i>)	51
4.9 Pemilihan <i>Fan Outlet</i>	52
4.10 Pemilihan <i>Ceilling Ventilator</i> dan <i>Diffuser</i>	53
4.12 Simulasi Hasil Udara	55
4.13 Detail <i>Design AHU System</i>	67
4.14 <i>Calculation Fresh Water Pump</i>	70
4.14 <i>Detail Desain Sanitary System</i>	74
BAB V.....	75
KESIMPULAN DAN SARAN	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	77
LAMPIRAN.....	79
BIODATA PENULIS	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ship Design Process	7
Gambar 2.2 Ruang Operasi	9
Gambar 2.3 <i>Transfer bed</i> ruang operasi.....	10
Gambar 2.4 Ruang Pemulihan.....	12
Gambar 2.5 Scrub Station	12
Gambar 2.6 Sloop Sink	13
Gambar 2.7 Janitor	13
Gambar 2.8 Mesin Anestesi	14
Gambar 2.9 Alat Monitor Jantung.....	14
Gambar 2.10 Ruang Crew kapal , Kesehatan dan Navigasi	15
Gambar 2.11 Skematik <i>Air Handling Unit</i>	17
Gambar 2.12 Bentuk Fisik <i>Air Handling Unit</i>	17
Gambar 2.13 Bentuk Fisik Ducting HVAC	18
Gambar 2.14 Bentuk Fisik <i>Chiller</i>	18
Gambar 2.15 Skema Ducting, Sea Water Chilled dan AHU	19
Gambar 2.16 Skema Karakteristik Udara.....	20
Gambar 3.1 Bagan Skema Pengerjaan	22
Gambar 3.2 Design 3d Ruang Operasi	24
Gambar 4.1 General Arrangement Kapal Catamaran.....	25
Gambar 4.2 Lapisan Transmisi Dinding	27
Gambar 4.3 Denah Ruang Operasi Kapal	35
Gambar 4.4 Dimensi <i>Sea Water Chiller</i> 1	41
Gambar 4.5 Dimensi <i>Sea Water Chiller</i> 2.....	42
Gambar 4.6 <i>Outlet Difuser Deck</i> 1 & 2.....	52
Gambar 4.7 <i>Outlet Diffuser</i> Ruang Operasi, CSSD, BHP	53
Gambar 4.8 <i>Diffuser</i> Ruang Deck 1 dan 2.....	53
Gambar 4.9 <i>Diffuser</i> Ruang Operasi, CSSD, BHP	54
Gambar 4.10 <i>Velocity</i> Dua <i>Inlet</i> Dua Sisi <i>Outlet</i>	55
Gambar 4.11 <i>Velocity</i> Dua <i>Inlet</i> Dua Sisi <i>Outlet</i>	55
Gambar 4.12 Temperatur Dua <i>Inlet</i> Dua Sisi <i>Outlet</i>	56
Gambar 4.13 RH Dua <i>Inlet</i> Dua Sisi <i>Outlet</i>	56
Gambar 4.14 <i>Velocity</i> Dua <i>Inlet</i> Empat Sisi <i>Outlet</i>	57
Gambar 4.15 <i>Velocity</i> Dua <i>Inlet</i> Empat Sisi <i>Outlet</i>	57
Gambar 4.16 Temperatur Dua <i>Inlet</i> Empat Sisi <i>Outlet</i>	58
Gambar 4.17 RH Dua <i>Inlet</i> Empat Sisi <i>Outlet</i>	58
Gambar 4.18 <i>Velocity</i> Tiga <i>Inlet</i> Dua Sisi <i>Outlet</i>	59
Gambar 4.19 <i>Velocity</i> Tiga <i>Inlet</i> Dua Sisi <i>Outlet</i>	59
Gambar 4.20 Temperatur Tiga <i>Inlet</i> Dua Sisi <i>Outlet</i>	60
Gambar 4.21 RH Tiga <i>Inlet</i> Dua Sisi <i>Outlet</i>	60
Gambar 4.22 <i>Velocity</i> Tiga <i>Inlet</i> Empat Sisi <i>Outlet</i>	61
Gambar 4.23 <i>Velocity</i> Tiga <i>Inlet</i> Empat Sisi <i>Outlet</i>	61
Gambar 4.24 Temperatur Tiga <i>Inlet</i> Empat Sisi <i>Outlet</i>	62

Gambar 4.25 RH Tiga <i>Inlet</i> Empat <i>Outlet</i>	62
Gambar 4.26 Velocity Empat <i>Inlet</i> Empat Sisi <i>Outlet</i>	63
Gambar 4.27 Velocity Empat <i>Inlet</i> Empat Sisi <i>Outlet</i>	63
Gambar 4.28 Temperatur Empat <i>Inlet</i> Empat Sisi <i>Outlet</i>	64
Gambar 4.29 RH Empat <i>Inlet</i> , Empat Sisi <i>Outlet</i>	64
Gambar 4.30 Velocity Empat <i>Inlet</i> Panjang Empat Sisi <i>Outlet</i>	65
Gambar 4.31 Velocity Empat <i>Inlet</i> Panjang Empat Sisi <i>Outlet</i>	65
Gambar 4.32 Temperatur Empat <i>Inlet</i> Panjang, Empat Sisi <i>Outlet</i>	66
Gambar 4.33 RH Empat <i>Inlet</i> Panjang 4 <i>Outlet</i>	66
Gambar 4.34 <i>Keyplan</i> AHU Deck 1	67
Gambar 4.35 <i>Keyplan</i> AHU Deck 2.....	68
Gambar 4.36 3D <i>AHU</i> System.....	69
Gambar 4.37 <i>Design Sanitary System</i>	74

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Beban Transmisi Bahan Bangunan Kapal.....	26
Tabel 4.2 Beban Infiltrasi.....	31
Tabel 4.3 Beban Orang.....	32
Tabel 4.4 Beban Peralatan.....	34
Tabel 4.5 Ketentuan Kebutuhan ACH	36
Tabel 4.6 37°C / 70% temperatur dan RH udara luar.....	37
Tabel 4.7 24°C / 57% temperatur dan RH ruang yang disirkulasi	37
Tabel 4.8 Mixing Temperature & Relative Humidity	38
Tabel 4.9 Enthalpy Mixing Air	39
Tabel 4.10 Enthalpy output Cooling Coil.....	39
Tabel 4.11 Psikometric Chart Kondisi Udara Output Heater	40
Tabel 4.12 Kebutuhan Ruangan Deck 1 dan 2	43
Tabel 4.13 Untuk Kebutuhan Ruangan Operasi, Ruang CSSD, dan Ruang BHP.....	45
Tabel 4.14 Diameter Pipa Air Laut Untuk Chiller	48
Tabel 4.15 Minor Losses Suction.....	49
Tabel 4.16 Minor Losses Discharge.....	49
Tabel 4.17 Spesifikasi Pompa	50
Tabel 4.18 Perancangan Ducting.....	51
Tabel 4.19 Spesifikasi Outlet Diffuser	53
Tabel 4.20 Pemilihan Ceiling Ventilator dan Diffuser Ruangan Deck 1 dan 2	54
Tabel 4.21 Pemilihan Ceiling Ventilator dan Diffuser Ruang Operasi, CSSD, BHP ..	54
Tabel 4.22 Diameter Pipa Fresh Water	70
Tabel 4.23 Minor Losses Suction.....	71
Tabel 4.24 Minor Losses Discharge.....	72
Tabel 4.25 Spesifikasi Pompa	73
Tabel 4.26 Spesifikasi Pompa Fresh Water.....	73

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perubahan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia tahun 1945 Pasal 28 Bagian H, ayat (1) telah menegaskan bahwa setiap orang berhak memperoleh pelayanan kesehatan, kemudian dalam Pasal 34 ayat (3) dinyatakan negara bertanggung jawab atas penyediaan fasilitas pelayanan kesehatan dan fasilitas pelayanan umum yang layak. Rumah sakit sebagai salah satu fasilitas pelayanan kesehatan perorangan merupakan bagian dari sumber daya kesehatan yang sangat diperlukan dalam mendukung penyelenggaraan upaya kesehatan. Pada hakekatnya rumah sakit berfungsi sebagai tempat penyembuhan penyakit dan pemulihan kesehatan. Fungsi dimaksud memiliki makna tanggung jawab yang seyogyanya merupakan tanggung jawab pemerintah dalam meningkatkan taraf kesejahteraan masyarakat. Untuk optimalisasi hasil serta kontribusi positif tersebut, harus dapat diupayakan masuknya upaya kesehatan sebagai asas pokok program pembangunan nasional. Dalam Undang-Undang No. 44 Tahun 2009 tentang Rumah Sakit pasal 10 ayat (2) menyebutkan, bangunan rumah sakit sebagaimana dimaksud pada ayat (1) bahwa persyaratan minimal bangunan rumah sakit diantaranya adalah harus memiliki ruang operasi. Dalam Bagian Ketiga tentang Bangunan, pasal 9 butir (b) menyebutkan bahwa Persyaratan teknis bangunan Rumah Sakit, sesuai dengan fungsi, kenyamanan dan kemudahan dalam pemberian pelayanan serta perlindungan dan keselamatan bagi semua orang termasuk penyandang cacat, anak-anak, dan orang usia lanjut.

Bangunan rumah sakit dikawal merupakan fasilitas kesehatan yang belum banyak ada, namun juga membutuhkan perhatian sangat khusus dalam perencanaan, pembangunan, pengoperasian dan pemeliharannya terutama pada prasarana instalasi tata udara. Bangunan rumah sakit mempunyai kekhususan yang sangat berbeda dan tidak ditemui di bangunan umum lainnya. Rumah sakit adalah tempat dimana orang sakit (dengan bermacam-macam penyakit) didiagnosa, diterapi, dirawat, dan dilakukan tindakan medik. Tindakan medik ini dimulai dari pemeriksaan biasa, pemeriksaan laboratorium, pemeriksaan dengan sinar radioaktif, pemeriksaandengan ultrasonic, tindakan pembedahan ringan, tindakan pembedahan berat dan sebagainya. Mengingat rumah sakit bisa dikatakan sebagai pusat sumber dari berbagai jenis mikroorganisme yang bisa menimbulkan banyak masalah kesehatan baik kepada petugas, perawat, dokter serta pasiennya yang berada di rumah sakit tersebut, maka pengaturan temperatur dan kelembaban udara dalam ruangan secara keseluruhan perlu mendapatkan perhatian khusus.

Kemajuan terus menerus dalam bidang kedokteran dan teknologi membutuhkan evaluasi ulang kebutuhan pengkondisian udara (air conditioning) pada fasilitas medik rumah sakit. Bukti medis menunjukkan bahwa pengkondisian udara yang tepat sangat membantu dalam pencegahan dan pengobatan berbagai penyakit. Biaya yang relatif tinggi dari instalasi pengkondisian udara menuntut perancangan dan pengoperasian yang efisien untuk menjamin manajemen energi yang ekonomis

Yang ditekankan disini adalah ruang operasi/bedah dimana ruangan ini membutuhkan isolasi serta pengaturan sistem tata udara yang sesuai dengan aturan masing masing ruangan meliputi parameter temperature, kelembapan udara relative, kebersihan dengan cara mengatur filtrasi dan ventilasi, tekanan ruang yang positif atau negative dan distribusi udara ruangan. Merujuk ke “*Pedoman Teknis Prasarana Sistem Tata Udara pada Bangunan Rumah Sakit*” akan didapatkan banyak ruangan rumah sakit yang menuntut persyaratan tinggi dalam pengkondisian udaranya. Dimana ruang operasi minimal Pertukaran Udara adalah : 15/jam, resirkulasi udara dalam ruangan tidak diperbolehkan, suhu dijaga antara : 19 – 24 °C kelembapan relatif : 50 – 60 %, dan tekanan terhadap ruang bersebelahan yaitu harus positif. Sama halnya jika didesain rumah sakit dikapal maka parameter parameter tersebut juga diperlukan dikapal.

Mengingat rumah sakit apung ini didesain untuk melakukan tindakan perawatan dan penanganan operasi, berkumpulnya orang sakit maupun orang sehat dapat menjadi tempat penularan penyakit serta memungkinkan terjadinya pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan. Maka diperlukan desain sistem ventilasi dan sanitasi yang cocok untuk kapal rumah sakit apung ini.

1.2 Perumusan Masalah

- 1) Bagaimana membuat rancangan *ventilation system*, dan *sanitary system* pada kapal rumah sakit apung sesuai standar keselamatan, kesehatan, kenyamanan dan kemudahan bagi pasien dan crew tim kesehatan ?
- 2) Bagaimana detail desain rancangan dan analisa dari konsep *ventilation system*, dan *sanitary system* kapal rumah sakit apung ?

1.3 Batasan Masalah

- 1) Tidak membahas selain *ventilation system* dan *sanitary system*.
- 2) Tugas akhir ini tidak melakukan analisa udara terhadap saluran ducting, namun hanya analisa terhadap udara keluar dari diffuser
- 3) Pada perancangan ini tidak melakukan perhitungan karakteristik kapal dibawah air, stabilitas olah gerak kapal, pemilihan motor induk, auxiliary dan propeller.

1.4 Tujuan Penelitian

- 1) Merancang dan menganalisa *ventilation system*, dan *sanitary system* pada kapal rumah sakit apung (RSA) sehingga bangunan ruang operasi yang akan dibuat memenuhi standar keselamatan, kesehatan, kenyamanan dan kemudahan bagi pasien, crew kesehatan dan crew kapal.
- 2) Membuat detail desain rancangan dan analisa konsep *ventilation system*, dan *sanitary system* kapal rumah sakit apung (RSA).

1.5 Manfaat

Manfaat penyusunan Tugas Akhir ini adalah :

- 1) Salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Srata 1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan – FTK ITS.

- 2) Sebagai dasar rujukan direalisasinya kapal rumah sakit terapung kerjasama ITS-UNAIR.
- 3) Sebagai bahan acuan pustaka karya-karya tulis atau skripsi selanjutnya yang memiliki relasi langsung atau tidak langsung dengan topic yang dibahas.
- 4) Sebagai bahan referensi dalam pengembangan pendidikan dan wawasan maritim bagi Pembaca.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengenalan Umum

Bangunan rumah sakit merupakan fasilitas kesehatan yang membutuhkan perhatian sangat khusus dalam perencanaan, pembangunan, pengoperasian dan pemeliharaannya terutama pada prasarana instalasi tata udara. HVAC berfungsi menjaga kondisi udara sekitar untuk melindungi alat-alat, dan kenyamanan personal dengan cara mengatur ventilasi dan pengkondisian udara lingkungan melalui pengendalian suhu, kelembaban, arah pergerakan udara termasuk pengendalian partikel dan pembuangan kontaminan yang ada di udara. AHU terdiri dari beberapa mesin/alat yang masing-masing memiliki fungsi yang berbeda, yang terintegrasi sedemikian rupa sehingga membentuk suatu sistem tata udara yang dapat mengontrol temperatur, kelembaban udara relatif, kebersihan dengan cara filtrasi udara ventilasinya, tekanan ruangan yang positif dan negatif, distribusi udara didalam ruangan tingkat kebersihan, serta jumlah pergantian udara di ruang produksi sesuai dengan persyaratan ruangan yang telah ditentukan.

Sanitasi menurut kamus bahasa Indonesia diartikan sebagai 'pemelihara kesehatan'. Menurut WHO, sanitasi lingkungan (*environmental sanitation*) adalah upaya pengendalian semua faktor lingkungan fisik manusia yang mungkin menimbulkan atau dapat menimbulkan hal-hal yang merugikan bagi perkembangan fisik, kesehatan dan daya tahan hidup manusia. Sanitasi Rumah Sakit adalah upaya pengawasan berbagai faktor lingkungan fisik, kimiawi, dan biologik di rumah sakit yang menimbulkan atau mungkin dapat mengakibatkan pengaruh buruk terhadap kesehatan petugas, penderita, pengunjung maupun bagi masyarakat di sekitar rumah sakit.

2.2 Perancangan Kapal

2.2.1 Pengertian Perancangan Kapal

Kapal yaitu bangunan terapung yang dapat pengangkut penumpang dan barang di perairan laut dan memiliki sifat bergerak dan berpindah. Merancang (Desain) merupakan proses kreatif berulang dalam menyajikan tujuan yang dikehendaki.² Perancangan merupakan perencanaan dalam pembuatan sebuah objek, sistem, komponen atau struktur, dalam hal ini dapat berupa proposal, gambar, model, maupun deskripsi. Perancangan lahir sebagai jawaban atas sebuah masalah dengan metode-metode yang dianggap komprehensif, baik itu riset, pemikiran maupun memodifikasi desain yang sudah ada sebelumnya. Jadi dapat dikatakan, perancangan

kapal merupakan sebuah konsep kreatifitas dalam perencanaan pembuatan kapal. Seorang perancang kapal disebut juga Naval Architect . Sayangnya, Jumlah Naval Architect sekarang sudah semakin berkurang dikarenakan minat lulusan teknik perkapalan lebih banyak yang berminat ke arah pekerja galangan, pekerja perusahaan pelayaran (*shipping*), dan pekerja di biro klasifikasi.³

2.2.2 Tujuan Perancangan Kapal

Tujuan Perancangan Kapal Menurut Lavanha (1996), Tujuan utama dari perancangan kapal ialah untuk memuaskan pemilik kapal (Design for satisfication). Pemuasan ini dapat dipecah lagi menjadi 5 aspek, yaitu:

- a. *Design for Use*
Hasil rancangan mudah untuk digunakan oleh pengguna.
- b. *Design for Production*
Hasil rancangan memungkinkan dan mudah untuk dibangun
- c. *Design for Availability*
Hasil rancangan memikirkan ketersediaan material dan suku cadang.
- d. *Design for Support*
Hasil Rancangan memiliki nilai untuk mendukung keadaan di masyarakat.
- e. *Design for Modernization*
Hasil rancangan memiliki inovasi baru dalam perkembangan jenis rancangan.

2.2.3 Aspek-Aspek Perancangan Kapal

Aspek-Aspek Perancangan Kapal Dalam teori desain dikenal prinsip form follow function, yaitu bentuk desain mengikuti fungsi. Selain memenuhi fungsi, ada empat aspek desain dalam perancangan kapal yang harus dipenuhi jika suatu produk desain ingin dianggap berhasil, yaitu :

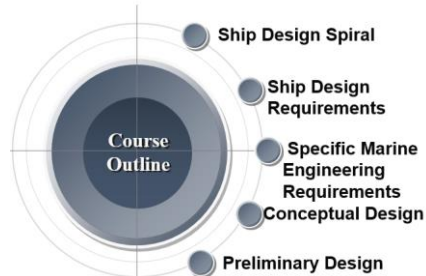
- a. Aspek keamanan (*Safety*)
- b. Aspek Kenyamanan (*Ergonomic*)
- c. Aspek Keindahan (Estetika)
- d. Aspek Filosofi

Menurut Sachari (2002), Kedua aspek yang pertama sudah diatur dalam hukum dan peraturan kemaritiman, yaitu *Safety Life At Sea* (SOLAS) dan peraturan-peraturan biro klasifikasi. Sedangkan di Indonesia, dua aspek lainnya, yaitu aspek estetika dan filosofi, sudah mulai dilupakan. Hal ini yang seringkali menuai kritik, padahal Indonesia merupakan Negara yang memiliki nilai kebudayaan dan seni yang kuat di masa lalu.

2.2.4 Tahap Perancangan Kapal

Sebagian besar kebutuhan Perancangan kapal adalah saling terkait satu sama lain dan tidak dapat dianalisa tanpa mempertimbangkan yang lainnya. Prosedure yang digunakan oleh marine engineers dan naval architects untuk mengubah persyaratan-persyaratan perancangan kapal kedalam kriteria-kriteria khusus perancangan kapal salah satunya dengan menggunakan metode perancangan spiral. Ditulis Oleh Masroeri, Ahmad “Teknik Perancangan Kamar Mesin, berdasarkan

metode traditional untuk menggambarkan prosedur perancangan kapal yang menggambarkan proses yang berulang dari aktifitas teknik dan perancangan melalui tahapan seperti spiral dalam memecahkan masalah”. Untuk lebih jelasnya mengenai tahapan metode perancangan spiral design dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Ship Design Process

Perancangan kapal dengan metode spiral design dibagi menjadi :

a. *Conceptual Design*

Didalam conceptual design stage, dibutuhkan pengembangan sebuah susunan tentang konfigurasi perancangan alternatif yang meliputi bermacam-macam kombinasi Dari jumlah dan ukuran kapal, kecepatan kapal, bentuk badan kapal, konsep tentang permesinan dan penggerak kapal. Hasil dari design konsep biasanya meliputi jumlah dan besar kapal (hull size), kecepatan, kebutuhan tenaga penggerak, gambar rencana umum, estimasi kebutuhan ABK, dll.

b. *Preliminary Design*

Pada preliminary design stage ini dikembangkan hasil dari tahap conceptual dengan menetapkan alternatif kombinasi yang jelas, sehingga pada akhirnya didapatkan gambaran utama kapal dan kecepatan servicenya, begitu juga daya motor yang diperlukan, demikian pula dengan daftar sementara peralatan permesinan. Selama Preliminary design, perancangan kapal dikembangkan untuk mendapatkan tingkatan tertentu untuk menjamin secara teknis bahwa semua persyaratan perancangan kapal dapat terpenuhi.

c. *Contract Design*

Tujuan dari contract design stage adalah untuk mengembangkan perancangan kapal dalam bentuk yang lebih mendetail yang memungkinkan pembangun kapal memahami kapal yang akan dibuat dan mengestimasi secara akurat seluruh biaya pembuatan kapal. Dalam detailnya contract guidance drawing dibuat untuk menggambarkan secara tepat perancangan yang diinginkan. Contract design biasanya menghasilkan satu set spesifikasi dan gambar, serta daftar peralatan permesinan.

d. *Detail Design*

Dalam stage ini gambar kerja dan kebutuhan data lainnya untuk membuat kapal dikembangkan. Final design stage, dan seluruh keputusan perancangan seperti seleksi tipe permesinan, dll. Telah dibuat dan

dikonfirmasikan dengan baik. Seluruh sistem yang dibutuhkan kapal, mesin utama dan mesin bantu telah dibuat secara terperinci, demikian pula pabrik pembuat yang diinginkan.

Setiap stage perancangan yang akan digambarkan merupakan sekumpulan aktifitas teknik yang terpisah dari kelompok aktifitas teknik yang lain dan dengan membuktikan stage yang terdahulu. Stage perancang terpisah satu sama lain karena tidak ada jaminan bahwa kondisi perancangan dapat dikembangkan yang akan memenuhi semua kebutuhan untuk setiap stage.

2.3 Jenis Kapal dan Fungsinya

2.3.1 Kapal Penumpang

Kapal Penumpang merupakan kapal yang beroperasi untuk mengangkut penumpang manusia. Tidak seperti kapal kargo, Kontainer, atau Tanker yang membawa muatan, harga yang dibayar dalam kapal penumpang ialah space dan fasilitas yang dinikmati oleh penumpang.

Awalnya kapal penumpang dibuat untuk mengangkut pasukan dalam penjelajahan laut. Kapal penumpang pertama kali diperkenalkan pada 1818. Kapal penumpang jenis lama disebut “ocean liner”. RMS Titanic merupakan kapal ocean liner yang paling terkenal. Saat itu kapal penumpang masih menggunakan turbin uap. Sekarang, kapal penumpang mengalami kemajuan yang pesat. Kapal penumpang dibagi menjadi 2 jenis yaitu Ferri dan Pesiar (Cruise).

2.3.1.1 Kapal Catamaran

Catamaran berasal dari bahasa India Tamil “Kattumaram” yang bermaksud multi lambung yang berarti kapal yang mempunyai dua lambung. Jenis catamaran bisa digunakan untuk fast ferry ataupun Nyiroro.

Catamaran sudah dikenal oleh orang-orang polinesia sejak pada jaman dahulu kala. Ke stabilannya yang sangat tangguh membuat para designer dan pembangun kapal banyak yang melirik untuk membuat jenis kapal ini. Sampai saat ini jenis kapal ini banyak digunakan untuk kapal-kapal penumpang, perahu-perahu layar, bahkan beberapa perahu-perahu nelayan. Keuntungan lain catamaran selain stabil adalah kapal jenis ini memiliki badan yang sangat lebar karena jembatan (*Bridge*) antara satu lambung dengan lambung yang lainnya digunakan sebagai tempat muatan. Pada kapal Roro, muatan mobil dan penumpang akan lebih banyak dibanding dengan kapal berjenis lain dengan kapasitas yang sama.

2.3.1.2 Kapal Ferri

Kapal Ferri biasanya dioperasikan sebagai kapal penyebrangan. Ferri mempunyai peranan penting dalam sistem pengangkutan bagi banyak kota pesisir pantai, membuat transit langsung antar kedua tujuan dengan biaya lebih kecil dibandingkan jembatan atau terowong di Venesia, kadang kala kapal Ferri dikenali sebagai bis air atau taksi air.

Di Indonesia, perusahaan yang mengoperasikan kapal jenis ini ialah PT. PELNI, PT. ASDP, dan perusahaan pelayaran penyebrangan lainnya. Kapal

jenis Ferri melayani lintasan tetap dan terjadwal seperti lintas Merak-Bakauheni, lintas Ketapang-Gilimanuk, dan lainnya.

2.3.1.3 Kapal Pesiar(*Cruise*)

Kapal Cruise atau kapal pesiar merupakan jenis kapal mewah dari kapal penumpang. Tidak seperti kapal ferri, kapal pesiar dilengkapi fasilitas fasilitas yang memanjakan penumpangnya. Tujuan dari penumpang menaiki kapal pesiar adalah untuk menikmati waktu dan fasilitas yang di habiskan di atas kapal. Kapal pesiar tidak selalu merupakan *Ocean Liner* (Antar Benua), kapal cruise dengan dimensi yang lebih kecil dan sarat yang lebih rendah dapat digunakan sebagai kapal cruise trayek pendek (cruise ferry) atau juga lintas sungai (*cruise river*).

2.3.2. Kapal Barang (Cargo)

Kapal barang atau kapal kargo didefinisikan sebagai segala jenis kapal yang membawa barang-barang dan muatan dari suatu pelabuhan ke pelabuhan lainnya. Ribuan kapal jenis ini menyusuri lautan dan samudra dunia setiap tahunnya memuat barang-barang perdagangan internasional. Kapal kargo pada umumnya didesain khusus untuk fungsinya masing-masing, dilengkapi dengan crane dan mekanisme lainnya untuk bongkar muat, serta dibuat dalam beberapa ukuran.

2.4 Bangunan Rumah Sakit

2.4.1. Ruangan di Rumah Sakit

Gabungan/kumpulan dari ruang-ruang/kamar-kamar di unit rumah sakit yang saling berhubungan dan terkait satu sama lain dalam rangka pencapaian tujuan pelayanan kesehatan.

2.4.1 Ruangan Operasi Rumah Sakit

Berdasarkan “Pedoman Teknis Ruang Operasi bahwa Ruang Operasi Rumah Sakit adalah suatu unit khusus di rumah sakit yang berfungsi sebagai tempat untuk melakukan tindakan pembedahan secara elektif maupun akut, yang membutuhkan kondisi steril dan kondisi khusus lainnya”. Gambar 2.2 merupakan contoh ruang operasi pada suatu rumah sakit.



Gambar 2.2 Ruang Operasi

2.4.3 Ruang Pendaftaran

Ruang ini digunakan untuk menyelenggarakan kegiatan administrasi, khususnya pelayanan bedah. Ruang ini berada pada bagian depan Ruang Operasi Rumah Sakit dengan dilengkapi loket, meja kerja, lemari berkas/arsip, telepon/interkom. Pasien bedah dan Pengantar (Keluarga atau Perawat) datang ke ruang pendaftaran. Pengantar (Keluarga atau Perawat), melakukan pendaftaran di Loket pendaftaran, petugas pendaftaran Ruang Operasi Rumah Sakit melakukan pendataan pasien bedah dan penandatanganan surat pernyataan dari keluarga pasien bedah, selanjutnya pengantar menunggu di ruang tunggu. Kegiatan administrasi meliputi :

- Pendataan pasien bedah.
- Penandatanganan surat pernyataan dari keluarga pasien bedah.
- Rincian biaya pembedahan.

2.4.3 Ruang Tunggu Pengantar

Ruang di mana keluarga atau pengantar pasien menunggu. Di ruang ini perlu disediakan tempat duduk dengan jumlah yang sesuai aktivitas pelayanan bedah. Bila memungkinkan, sebaiknya disediakan pesawat televisi dan ruangan yang dilengkapi sistem pengkondisian udara.

2.4.5 Ruang Transfer Room

Berdasarkan “Pedoman Teknis Ruang Operasi bahwa Ruang transfer room adalah ruangan untuk pasien bedah yang telah selesai maka akan dibaringkan di *stretcher* khusus ruang operasi. Untuk pasien bedah yang datang menggunakan *stretcher* dari ruang lain, pasien tersebut dipindahkan ke *stretcher* khusus Ruang Operasi Rumah Sakit. Untuk memudahkan transfer pasien digunakan transfer bed” seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Transfer bed ruang operasi.

2.4.6 Ruang Tunggu Pasien

Ruang tunggu pasien dimaksudkan untuk tempat menunggu pasien sebelum dilakukan pekerjaan persiapan (preparation) oleh petugas Ruang Operasi Rumah Sakit dan menunggu sebelum masuk ke kompleks ruang operasi. Apabila luasan area Ruang Operasi Rumah Sakit tidak memungkinkan, kegiatan pada ruangan ini dapat di laksanakan di Ruang Transfer.

2.4.7 Ruang Persiapan Pasien

Ruang yang digunakan untuk mempersiapkan pasien bedah sebelum memasuki ruang operasi. Diruang ini, petugas Ruang Operasi Rumah Sakit membersihkan tubuh pasien bedah, dan mencukur bagian tubuh yang perlu dicukur. Petugas

Ruang Operasi Rumah Sakit mengganti pakaian pasien bedah dengan pakaian khusus pasien bedah. Selanjutnya pasien bedah dibawa ke ruang induksi atau langsung ke ruang operasi.

2.4.8 Ruang Induksi

Di ruang induksi, petugas Ruang Operasi Rumah Sakit mengukur tekanan darah pasien bedah, memasang infus, memberikan kesempatan pada pasien untuk beristirahat/ menenangkan diri, dan memberikan penjelasan pada pasien bedah mengenai tindakan yang akan dilaksanakan. Anestesi dapat dilakukan pada ruangan ini. Apabila luasan area Ruang Operasi Rumah Sakit tidak memungkinkan, kegiatan anestesi dapat dilaksanakan di kamar bedah.

2.4.9 Ruang Penyiapan Peralatan / Instrument Bedah

Peralatan/Instrumen dan bahan-bahan yang akan digunakan untuk pembedahan dipersiapkan pada ruang ini.

2.4.10. Kamar Bedah

Kamar bedah digunakan sebagai ruang untuk melakukan tindakan operasi dan atau pembedahan. Luas ruangan harus cukup untuk memungkinkan petugas bergerak sekeliling peralatan bedah. Kamar bedah harus dirancang dengan faktor keselamatan yang tinggi. Di kamar bedah, pasien dipindahkan dari stretcher khusus Ruang Operasi ke meja operasi/bedah. Di kamar ini pasien bedah dilakukan pembiusan (anestesi). Setelah pasien bedah tidak sadar, selanjutnya proses bedah dimulai oleh Dokter Ahli Bedah dibantu petugas medik lainnya.

2.4.11. Kamar Pemulihan (Recovery)

Berdasarkan “Pedoman Teknis Ruang Operasi bahwa ruang pemulihan ditempatkan berdekatan dengan kamar bedah dan diawasi oleh perawat”. Pasien bedah yang ditempatkan di ruang pemulihan secara terus menerus dipantau karena pasien masih dalam kondisi pembiusan normal atau ringan. Daerah ini memerlukan perawatan berkualitas tinggi yang dapat secara cepat menilai pasien tentang status : jantung, pernapasan dan fisiologis, dan bila diperlukan melakukan tindakan dengan memberikan pertolongan yang tepat. Setiap tempat tidur pasien pasca bedah dilengkapi dengan minimum satu outlet Oksigen, suction, udara tekan medis, peralatan monitor dan 6 (enam) kotak kontak listrik,

Kereta darurat (*emergency cart*) secara terpusat disediakan dan dilengkapi dengan defibrillator, saluran napas (*airway*), obat-obatan darurat, dan persediaan lainnya. Di beberapa rumah sakit, ruang pemulihan sering juga dinamakan ruang PACU (Post Anaesthetic Care Unit). Komunikasi ruang pemulihan atau ruang PACU langsung ke ruang dokter bedah dan perawat bedah dengan perangkat. Gambar 2.4 merupakan foto ruangan ruang pemulihan disuatu rumah sakit.



Gambar 2.4 Ruang Pemulihan

2.4.12 Ruang Ganti Pakaian (Loker)

Loker atau ruang ganti pakaian, digunakan untuk Dokter dan petugas medik mengganti pakaian sebelum masuk ke lingkungan ruang operasi. Pada loker ini disediakan lemari pakaian/loker dengan kunci yang dipegang oleh masing-masing petugas dan disediakan juga lemari/tempat menyimpan pakaian ganti dokter dan perawat yang sudah

2.4.13. Ruang Dokter

Pada ruang ini terdapat 2 bagian yaitu ruang kerja, ruang istirahat/kamar jaga. Pada ruang kerja harus dilengkapi dengan Pada ruang kerja harus dilengkapi dengan beberapa peralatan dan furnitur. Sedangkan pada ruang istirahat diperlukan sofa. Ruang Dokter perlu dilengkapi dengan bak cuci tangan (wastafel) dan toilet.

2.4.14 Scrub Station

Berdasarkan “Pedoman Teknis Ruang Operasi bahwa *Scrub station* atau *scrub up*, adalah bak cuci tangan bagi Dokter ahli bedah dan petugas medik yang akan mengikuti langsung pembedahan di dalam ruang operasi. Bagi petugas medik yang tidak terlibat tidak perlu mencuci tangannya di *scrub station*”. *Scrub station* sebaiknya berada disamping atau di depan ruang operasi. Gambar 2.5 merupakan foto dan penjelasan mengenai bagian *scrub station*.



Gambar 2.5 Scrub Station

2.4.15 Ruang Utilitas Kotor (Spoel Hoek, Disposal)

Fasilitas untuk membuang kotoran bekas pelayanan pasien khususnya yang berupa cairan menggunakan *Service Sink* (Gambar 2.6)



Gambar 2.6 Sloop Sink

(Sumber : Handbook Kementerian Kesehatan “Pedoman Teknis Ruang Operasi)

Peralatan/Instrumen/Material kotor dikeluarkan dari ruang operasi ke ruang kotor (*disposal, spoel Hoek*). Barang-barang kotor ini selanjutnya dikirim ke ruang Laundri dan CSSD (*Central Sterilized Support Departement*). untuk dibersihkan dan disterilkan. Ruang Laundri dan CSSD berada diluar Ruang Operasi Rumah Sakit.

2.4.16 Ruang Penyimpanan Peralatan Kebersihan

Berdasarkan “Pedoman Teknis Ruang Operasi bahwa Peralatan Kebersihan adalah ruang untuk menyimpan peralatan kebersihan dan ruang tempat menempatkan barang-barang kotor di dalam kontainer tertutup yang berasal dari ruang-ruang di dalam bangunan (sarana) Ruang Operasi Rumah Sakit untuk selanjutnya dibuang ke tempat pembuangan di luar bangunan Ruang Operasi Rumah Sakit yang disebut janitor seperti terlihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Janitor

(Sumber : Handbook Kementerian Kesehatan “Pedoman Teknis Ruang Operasi)

2.4.17 Mesin Anestesi

Berdasarkan “Pedoman Teknis Ruang Operasi bahwa mesin anestesi adalah peralatan medik yang berfungsi untuk pembiusan pada pasien yang dilakukan oleh dokter spesialis anestesi sebelum dilakukan pembedahan oleh dokter spesialis

bedah”. Lokasi peralatan anestesi ini ada di kamar bedah. Untuk mengoperasikan mesin anestesi ini diperlukan gas oksigen (O₂), gas nitrous oksida (N₂O), dan zat anestesi. Disamping gas dan zat tersebut di atas, idealnya juga dilengkapi dengan vakum medik, udara tekan dan sistem buangan gas anestesi. Gambar 2.8 merupakan foto salah satu jenis mesin anestesi.



Gambar 2.8 Mesin Anestesi

2.4.18 Alat Monitor

Berdasarkan “Pedoman Teknis Ruang Operasi bahwa alat monitor yang umum terdapat di ruang operasi berfungsi untuk merekam aktivitas listrik jantung”. Selain itu alat ini juga dilengkapi dengan perlengkapan untuk memonitor parameter-parameter tubuh lainnya. Gambar 2.9 merupakan foto salah satu jenis alat monitor pada ruang operasi.



Gambar 2.9 Alat Monitor Jantung

2.5 Zona Pengkodisian Udara

Dalam merencanakan sistem pengkodisian udara maka perlu dibahas mengenai ruangan yang ruangan yang digunakan untuk pengkodisian udara. Pada kapal jenis Catamaran ini yang pada gambar 2.10 terdapat beberapa ruangan yang digunakan sebagai ruangan kesehatan, ruangan crew termasuk kamar operasi secara garis besar dijabarkan sebagai berikut :

a. Ruang Akomodasi Crew Kapal dan Crew Kesehatan

Yaitu kamar jru / awak kapal, ABK, crew kesehatan maupun personal yang ada didalam kapal. Didalam ruangan ini digunakan sebagai tempat istirahat

kelembaban relatif,. Dalam sistem pendingin dikenal dua macam panas atau kalor yaitu panas *sensible* (panas yang menyebabkan perubahan temperatur tanpa perubahan fase). Setiap sumber panas yang dapat menaikkan suhu ruangan ditandai dengan naiknya temperatur bola kering (T_{db}) akan menambah beban panas *sensible*.

Panas laten yaitu : panas yang menyebabkan perubahan fase tanpa menyebabkan perubahan temperatur misalnya : kalor penguapan. Setiap sumber panas yang dapat menambah beban laten. Udara yang dimasukkan kedalam ruangan harus mempunyai kelembaban rendah agar dapat menyerap uap air (panas laten) dan temperatur yang rendah agar dapat menyerap panas dari berbagai sumber panas dalam ruangan (panas *sensible*), agar kondisi ruangan yang diinginkan dapat dipercepat.

Beban ini dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Penambahan beban *sensible*

- Penambahan panas sensible akibat perbedaan temperatur udara dalam dan luar.
- Transmisi panas melalui bahan bangunan, melewati atap, dinding, kaca,
- Partisi, langit-langit dan lantai
- Radiasi sinar matahari
- Panas dari penerangan atau lampu-lampu
- Pancaran panas dari penghuni ruangan
- Panas dari peralatan tambahan dari ruangan

2. Penambahan panas laten

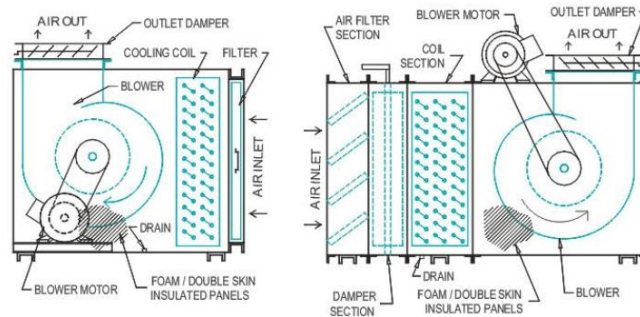
- Panas dari penghuni ruangan
- Panas dari peralatan ruangan

3. Ventilasi dan infiltrasi

- Penambahan panas sensible akibat perbedaan temperatur udara dalam dan luar. Panas dari peralatan ruangan
- Penambahan panas laten akibat kelembaban udara dalam dan luar.

2.5.2 Sistem Air Handling Unit (AHU)

Berdasarkan “Pedoman Teknis Tata Udara RS 2012 AHU merupakan alat yang digunakan untuk mengkondisikan dan mensirkulasikan udara, pada sistem pemanasan, ventilasi dan pengkondisian udara (*Heating, Ventilating, Air Conditioning* = HVAC). Di dalam AHU ini terjadi proses pengkondisian udara seperti suhu, kelembaban dan kebersihan udara. Di AHU terdapat Cooling Coil, Filter dan Blower (fan).



Gambar 2.11 Skematik Air Handling Unit



Gambar 2.12 Bentuk Fisik Air Handling Unit

2.5.3 Sistem Distribusi Udara (Ducting)

Berdasarkan “Pedoman Teknis Tata Udara RS 2012 ducting adalah komponen yang digunakan untuk mendistribusikan udara ke ruangan- ruangan kapal dengan memperhitungkan kebutuhan tipa *flow rate* setiap ruangan. Jenis material ducting beraneka ragam disesuaikan dengan udara yang akan disalurkan”. Penggunaan material yang digunakan akan mempengaruhi suhu udara disepanjang perjalanan menuju titik akhir keluarnya udara.

Terdapat berbagai macam ducting berdasarkan fungsinya yaitu, fungsi sebagai supply udara dingin ke ruang yang dikondisikan (*supply air*), ducting yang berfungsi sebagai *supply* dari udara luar (*fresh air*) dan ada pula ducting yang berfungsi untuk membuang udara dari dalam ke luar ruangan (Outlet air) secara fisik bentuk ducting supply air ini berinsulasi karena untuk mempertahankan udara yang didistribusikan tidak terbuang, sedangkan untuk ducting fresh air dan Outlet air tidak menggunakan insulasi, lapisan dari insulasi ini antara lain : *Glasswool*, *Aluminium Foil*, *Spindlepin/pengikat/tali/flinkote*. Sedangkan untuk lapisan ducting yang dipasang didekat unit AC Indoor (untuk sistem AC Split) atau Unit AHU (Untuk sistem central) menggunakan *Glasswool* dan *glasscloth*, untuk meredam bunyi bising dari unit. Material yang digunakan untuk ducting itu sendiri bermacam-macam, ada yang terbuat dari Material PVC, mild steel, BJLS (bajalapis seng), PU (Polyurethane).



Gambar 2.13 Bentuk Fisik Ducting HVAC

2.5.4 Sea Water Chiller

“Chiller adalah alat perpindahan panas yang menggunakan sistem pendingin untuk menghilangkan panas dari beban proses dan mengalihkan atau melepaskan panas ke lingkungan sesuai dengan *HVAC Design for Healthcare Facilities Handbook*” . Chiller juga dapat dikategorikan sebagai mesin pendingin pilihan untuk mengkondisikan fasilitas industri dan fasilitas umum. Chiller pada memiliki komponen utama meliputi kompresor, evaporator, kondensor dan expansion valve. Pada dasarnya pendingin mengumpulkan panas, dan kemudian menggunakan penukar panas evaporator untuk menghilangkan panas.

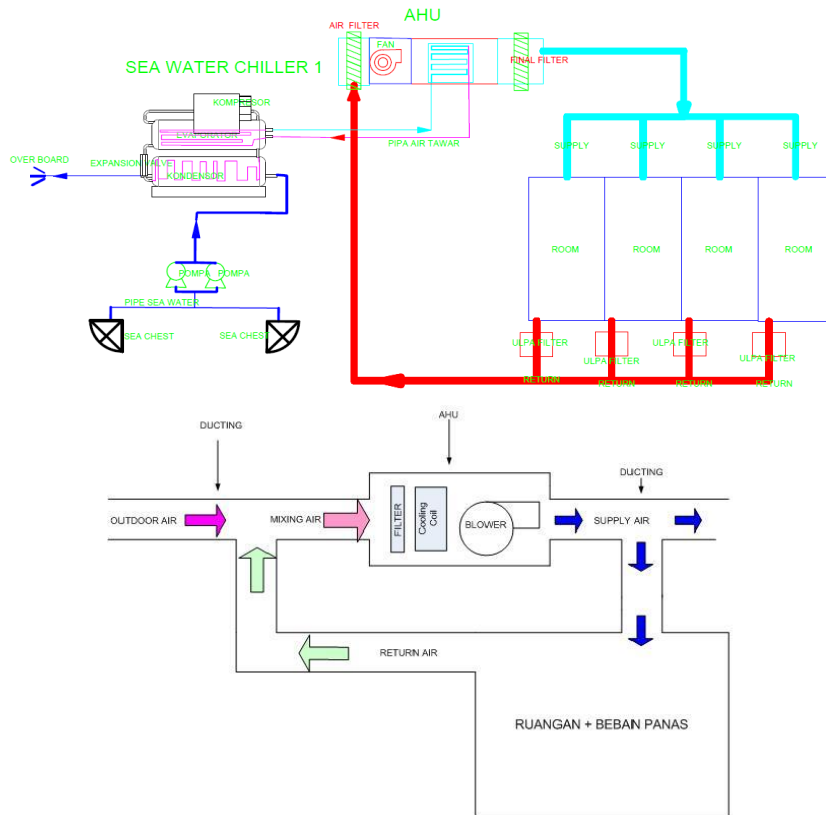


Gambar 2.14 Bentuk Fisik Chiller

2.5.5 Skema Cara kerja Sea Water Chiller, AHU dan Ducting

Pada gambar 2.15 ditunjukkan skema sistem kerja Sea Water Chiller, AHU serta ducting. Sea water berfungsi mendinginkan chiller dengan bantuan pompa air laut dengan cara mengalirkan air kedalam coil pendingin/kondensor yang berfungsi mendinginkan freon, air laut hasil pendinginan dibuang langsung kelaut begitu juga seterusnya. Freon didalam chiller digunakan untuk mendinginkan air tawar yang didinginkan sampai temperatur terendahnya adalah 6 °C untuk keluarnya dan masuk kembali sebesar 12 °C (setelah keluar dari AHU). Air tawar dari chiller disalurkan melalui coil pendingin didalam AHU, kemudian

dihembuskan dengan fan yang terdapat di dalam kotak box AHU dan disalurkan kedalam ruangan-ruangan melalui ducting dan diatur oleh diffuser pada tiap ruangan kapal dan ruangan kesehatan termasuk ruang operasi. Terdapat 2 chiller dan 2 AHU pada sistem ini dikarenakan terdapat spesial ruangan yang mengharuskan udara tidak tercampur sama ruangan - ruangan lainnya.



Gambar 2.15 Skema Ducting, Sea Water Chilled dan AHU

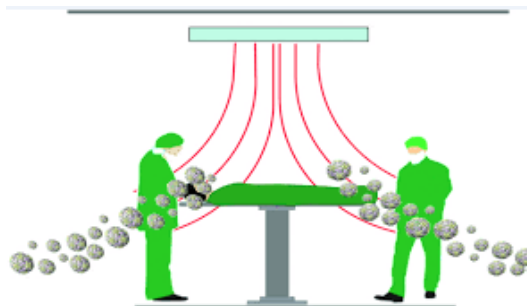
Aliran Udara *Return Air* (RA) adalah udara yang disirkulasikan untuk didinginkan kembali dari ruangan yang didalamnya terdapat beban panas. *Outdoor air* (OA) adalah udara segar dari luar kapal. Di dalam kapal terdapat *crew* yang membutuhkan udara segar. *Mixing Air* adalah udara campuran dari *Return Air* dan *Outdoor Air*. Udara campuran inilah yang akan disupply ke dalam gedung atau ruangan dengan terlebih dahulu dibersihkan dan didinginkan. RA dan OA bercampur menjadi *Mixing air* atau udara campuran. Kemudian udara campuran ini melewati filter untuk dibersihkan. Debu-debu akan disaring disini sehingga menjadi lebih bersih. Setelah melewati filter udara campuran ini akan mengalami pendinginan oleh Cooling Coil. Setelah itu udara yang bersih dan dingin dialirkan ke ruangan-ruangan kapal. Di dalam ruangan terdapat beban panas. Udara dingin yang dialirkan ke ruangan sehingga udara menjadi lebih sejuk. Karena udara dingin menarik kalor dari beban panas ruangan maka udara tersebut menjadi lebih panas dibandingkan sebelum memasuki ruangan. Udara

yang lebih panas inilah yang disebut dengan Return Air (RA). Setelah itu RA akan kembali ke Ducting dan mengalami proses yang sama.

Cooling coil merupakan sebuah penukar kalor (*Heat Exchanger*). Pertukaran kalor terjadi dengan udara yang lewat penukar kalor tersebut. Cooling coil yang lebih dingin akan menarik kalor dari udara yang lewat (*Mixing Air*) sehingga udara menjadi lebih dingin. Cooling coil ini dingin karena adanya sistem refrigerasi (bagian evaporator) atau sistem chiller.

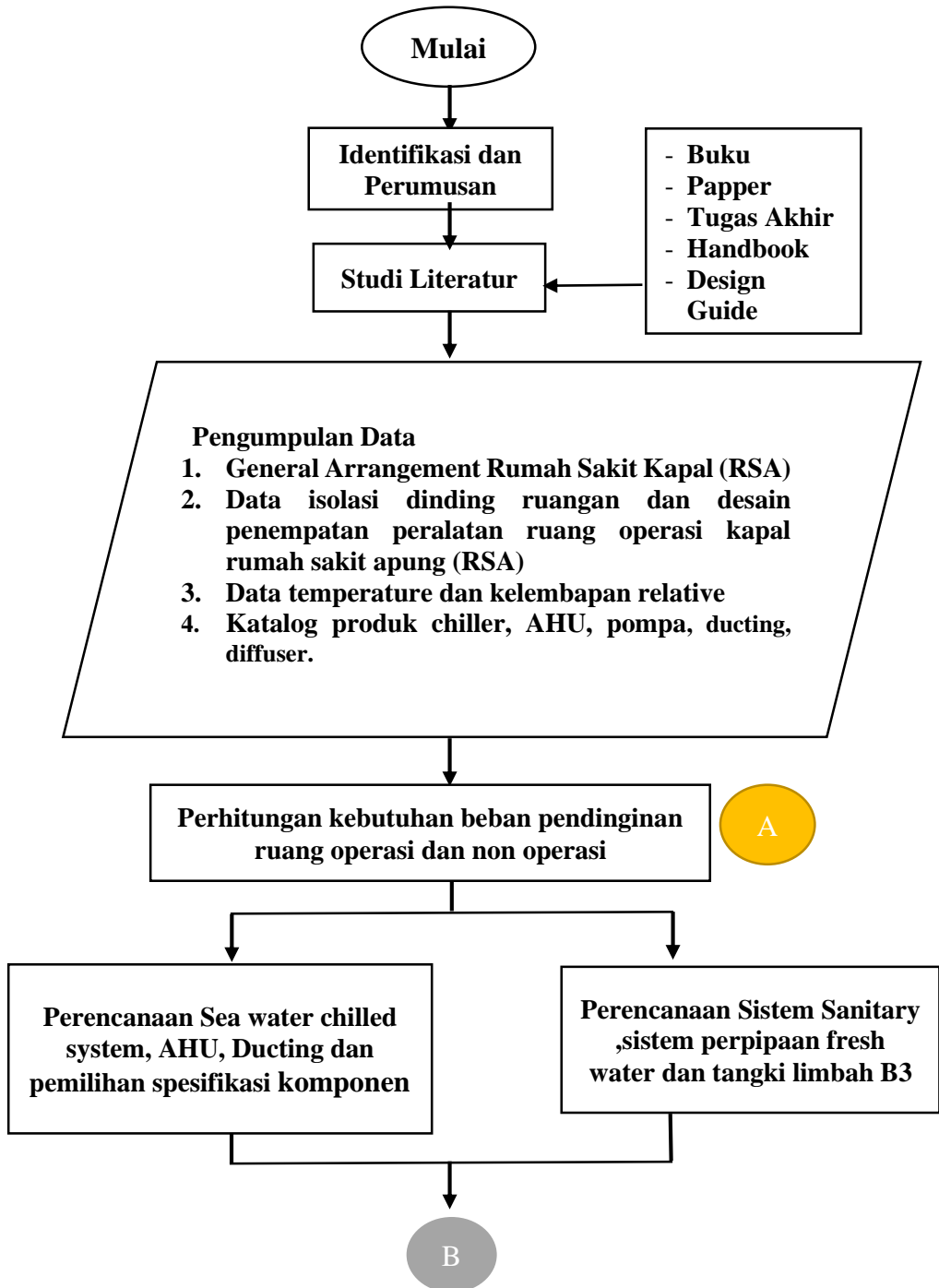
2.6 Simulasi Udara

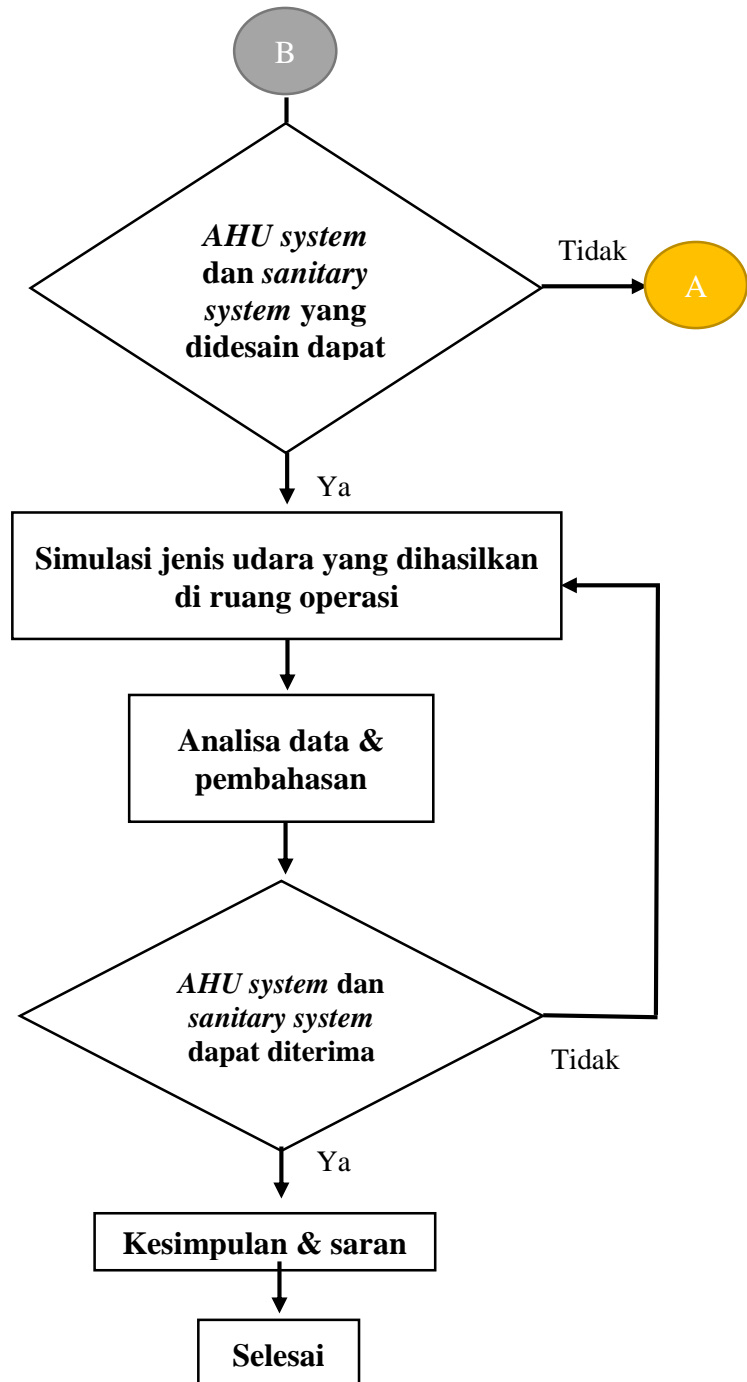
Tujuan dari simulasi ini adalah untuk menyelidiki karakteristik aliran udara di dalam ruang operasi rumah sakit apung (RSA). Ruangan operasi memiliki syarat harus higienis dari ruang-ruang yang lain, dari syarat tersebut diperlukan desain ruangan dengan material tertentu yang tidak berpotensi untuk tumbuh kuman baik dari material yang dipilih maupun geometri bentuk ruangnya yang mengharuskan tidak terdapat bersudut. Sistem AHU akan mengeluarkan udara bersih melalui *inlet diffuser* dan menghisap udara didalam ruangan, dimana penempatan *diffuser* ini akan sangat berpengaruh terhadap karakteristik udara yang dihasilkan didalam ruangan operasi tersebut. Gambar 2.16 merupakan skematik system udara AHU yang keluar dari *diffuser* menghembuskan udara laminar dan disedot melalui *outlet diffuser*. Dari simulasi dengan 6 parameter penempatan diffuser yang berbeda dicari hasil udara yang mempunyai karakteristik turbulensinya sedikit, karena jika terdapat turbulensi maka kuman masih berpotensi terbang berputar diarea tersebut.



Gambar 2.16 Skema Karakteristik Udara

BAB III METODOLOGI PENELITIAN





Gambar 3.1 Bagan Skema Pengerjaan

3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Untuk menyelesaikan masalah yang telah di uraikan di atas maka di gunakan metode dengan melakukan penghitungan dan perencanaan system pendingin.dianalisa untuk menentukan kelayakan sistem pendingin yang diterapkan pada kapal.

3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperdalam pengetahuan dan pemahaman yang menunjang untuk menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir ini. Selain itu sebagai sumber data atau referensi pendukung yang berkaitan dengan permasalahan pada tugas akhir meliputi buku diktat, teori, jurnal, thesis, laporan hasil penelitian, maupun tugas akhir sebelumnya yang berkaitan dengan masalah pada tugas akhir ini.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data-data penunjang yang mendukung dalam permasalahan seperti, data dimensi kapal, lines plan, dan rencana umum (*general arrangement*). Jenis dinding dan materian pada kapal yang akan didesain. Spesifikasi komponen dan katalog sistem pendingin sesuai kebutuhan sistem.

3.4 Perhitungan Beban Pendinginan

Data yang didapatkan selanjutnya diolah untuk diformulasikan menjadi sistem ventilasi dan merencanakan sistem pendingin di kapal RSA. Adapun perhitungan yang dilakukan menghitung beban pendingin, kapasitas beban komponen pendingin,.

3.5 Perancangan Sistem

Data-data yang telah diperhitungan pada sistem pendingin selanjutnya akan dilakukan perencanaan AHU dan *Sanitary system* . Hasil yang mungkin didapatkan adalah spesifikasi komponen pendingin dan tata letak komponen pendingin yang di pilih pada kapal.

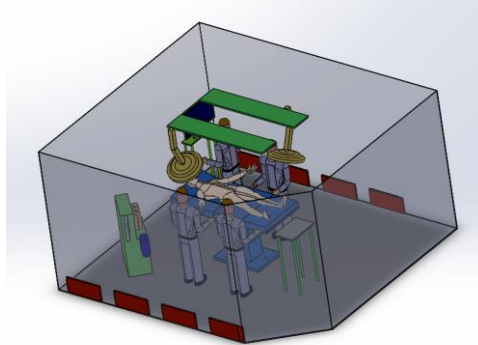
3.6 Pemilihan Spesifikasi Peralatan

Setelah diketahui perhitungan setiap beban pendingin, kapasitas beban pendinginan, kapasitas *fress water pump*, dimensi ducting dan kapasitas sea water pump maka dipilih spesifikasi peralatan yang sesuai dengan kebutuhan.

3.7 Analisa Hasil Udara

Analisa yang dilakukan dari hasil perencanaan ini dilakukan sebagai evaluasi terhadap perencanaan sistem AHU berdasarkan standart. Apabila perencanaan tidak sesuai dengan hipotesa dan standard, maka dilakukan peninjauan ulang pada pengolahan data dan desain *diffuser* untuk validasi kembali. Gambar 3.2 merupakan

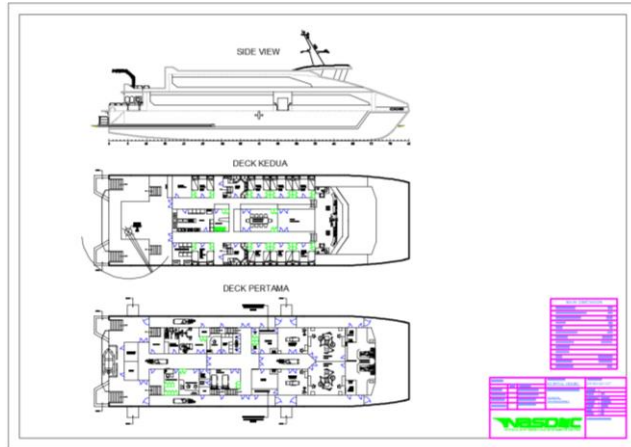
hasil desain 3 dimensi, desain ruangan operasi yang digunakan untuk simulasi sesuai dengan ukuran *General Arrangement*.



Gambar 3.2 *Design 3d* Ruang Operasi

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 General Arrangement



Gambar 4.1 *General Arrangement* Kapal Catamaran

4.2 Data Utama Kapal

Length Overall (Loa)	: 42 meter
Length Waterline (Lwl)	: 38,4 meter
Length Between Perpendicular (Lpp)	: 40 meter
Breadth Moulded (B)	: 12,00 meter
Draught (T)	: 2 meter
Height (H)	: 10 meter
Service Speed (Vs)	: 18 Knots
Coefficient Block (Cb)	: 0,503
Class	: BKI

4.3 Menentukan Beban Pendingin

4.3.1 Beban pendingin deck pertama dan deck kedua

Kondisi udara laut pada bulan terpanas (Diperkirakan bulan April) dan mengambil jam puncak (*Pearl hoor*) pada pukul 12.00.

- $T_{db} = 40^{\circ}C$ (Perencanaan suhu terpanas)

- $T_{wb} = 32^{\circ}C$

- Outdoor Daily Range = $8^{\circ}C$

Berdasarkan kondisi diatas dari Psychometric Chart diperoleh :

- Relative humidity = 50%
- Entalpi = 100 kJ/kg

- Dew Point Temperature = 27,2 °C

Kondisi udara terdingin direncanakan didalam ruangan crew dan ruang operasi kapal

- Tdb = 22 °C

- Twb = 17 °C

Berdasarkan kondisi diatas dari Psychometric Chart diperoleh :

- Dew Point Temperatur = 12,5 °C

- Entalpi = 52 kJ/kg

4.3.1.1 Beban Transmisi Bahan Bangunan Kapal

Tabel 4 1 Beban Transmisi Bahan Bangunan Kapal

Spaces	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Control station	B-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-60	A-60	A-60	A-0	A-60	A-60	A-60	A-60
Stairways		A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-15	A-15	A-0	A-0	A-15	A-30	A-15	A-30
Corridors, Crew room					A-0	B-15	B-15	B-15	B-15	A-0	A-15	A-30	A-0	A-30
Evacuation Station					A-0	A-40	A-60	A-60	A-0	A-0	A-60	A-60	A-60	A-60
Open deck spaces						A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0
Accomodation Spaces						B-0	B-0	B-0	C	A-0	A-0	A-30	A-0	A-30
Sanitary spaces									C	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0
Auxiliary and machinery														
Cargo spaces										A-0	A-0	A-0	A-0	A-15
Galley												A-0	A-0	A-60
Workshop, pantry													A-0	A-15

Spaces	Construction Class	Material Thickness			Thermal conductivity coefficient			U
		Steel	Rockwoll	Fiber glass	Steel	Rockwoll	Fiber glass	
Corridors, Crew room	A-0	0.03	0.01	0.01	55	0.027	0.04	1.61052
	A-15	0.04	0.05	0.01	55	0.024	0.04	0.42844
	A-30	0.01	0.05	0.01	55	0.024	0.04	0.42854
	A-60	0.01	0.075	0.01	55	0.027	0.04	0.33026
	B-0	0.01	0.06	0.01	55	0.033	0.04	0.48347
	B-15	0.01	0.03	0.01	55	0.0135	0.04	0.40446
	C	0.01	0.05	0.01	55	0.033	0.04	0.56647

No	Bahan	Ketebalan		Koefisien Konduktifitas thermal				U
		mm	m	X 1 =	0.005	C 1 =	55	
1	Aluminium	5	0.005	X 2 =	0.01	C 2 =	0.05	0.839695
2	Gypsum 1	6	0.006	X 3 =	0.01	C 3 =	0.05	
3	Gypsum 2	6	0.006					
4	Koefisien konveksi dinding luar					F o =	6	
5	Koefisien konveksi dinding dalam					F L =	1.65	

a. Deck Pertama

Persamaan yang digunakan:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots(4.1)$$

dengan :

$$Q \text{ transmisi} \quad : U \cdot A \cdot \Delta T$$

- Q : jumlah panas transmisi (Watt)
 U : koefisien perpindahan panas ($W/(m^2 \cdot K)$)
 A : luas permukaan (m^2)
 ΔT : perbedaan suhu produk awal dan akhir ($^{\circ}K$)

Untuk menghitung nilai U sendiri digunakan persamaan berikut :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n} + \frac{1}{h_o}}$$

U : Koefisien perpindahan panas W/m^2K

x : Tebal dinding insulasi (m)

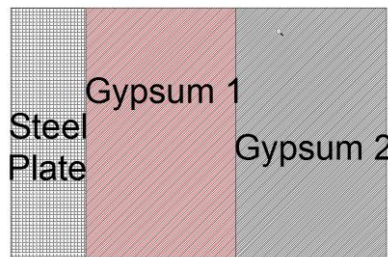
k : Konduktifitas termal material W/m^2K

h_i : Konduktansi permukaan dalam W/m^2K

h_o : Konduktansi permukaan luar W/m^2K

- Dinding

Bahan yang digunakan untuk dinding adalah 5 mm plat aluminium + 2 x 10 mm Gypsum water resistant. Pengambilan luas dinding diambil luas terluar dinding kapal per deck karena nantinya akan ada losses yang keluar dari tiap pintu, sehingga udara dingin setiap ruangan akan keluar ke gang way.



Gambar 4 2 Lapisan Transmisi Dinding

Dimensi Deck 1 : P = 31,7 m

L = 12 m

T = 2,8 m

luasan dinding (A) :

Starboard & Portside :

$$= P \times T$$

$$= 31,7 \times 2,8$$

$$= 88,76 \text{ m}^2$$

$$= 88,76 \times 2$$

$$= 177,52 \text{ m}^2$$

Depan & Belakang :

$$= L \times T$$

$$= 12 \times 2,8$$

$$= 33,6 \text{ m}^2$$

$$= 33,6 \times 2$$

$$= 67,2 \text{ m}^2$$

Jadi luas seluruh dinding kapal deck 1 adalah :
 $= 177,52 + 67,2 = 244,72 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned} \text{koef perpan} &= 0,836 \text{ W/m}^2\text{K} \\ \text{temp. luar (T1)} &= 40^\circ\text{C} \\ \text{temp. dalam (T2)} &= 17^\circ\text{C} \\ \Delta T \text{ (T1-T2)} &= 40 - 17 = 23^\circ\text{C} \\ Q_{\text{transmisi}} &= U \cdot A \cdot \Delta T \\ &= 0,839 \cdot 244,72 \cdot 23 \\ &= 4705,50 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Atap

$$\begin{aligned} \text{luasan (A)} &= P \times L \\ &= 31,7 \times 12 \\ &= 380,4 \text{ m}^2 \\ \text{koef perpan} &= 0,965 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (lihat tabel)} \\ \text{temp. luar (T1)} &= 40^\circ\text{C} \\ \text{temp. dalam (T2)} &= 17^\circ\text{C} \\ \Delta T \text{ (T1-T2)} &= 40 - 17 = 23^\circ\text{C} \\ Q_{\text{transmisi}} &= U \cdot A \cdot \Delta T \\ &= 0,839 \cdot 380,4 \cdot 23 \\ &= 7314,33 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Total beban transmisi deck pertama :
 $= 4705,50 + 7314,33$
 $= 12020 \text{ watt}$

b. Deck Kedua

Persamaan yang digunakan:

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots(4.1)$$

dengan :

$$Q_{\text{transmisi}} : U \cdot A \cdot \Delta T$$

$Q_{\text{transmisi}}$: jumlah panas transmisi (Watt)
 U : koefisien perpindahan panas ($\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)
 A : luas permukaan (m^2)
 ΔT : perbedaan suhu produk awal dan akhir ($^\circ\text{K}$)

- Dinding

$$\begin{aligned} \text{Dimensi Deck 1} &: P = 23,4 \text{ m} \\ &L = 12 \text{ m} \\ &T = 2,8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{luasan dinding (A)} &: \\ \text{Starboard \& Portside} &: \\ &= P \times T \\ &= 23,4 \times 2,7 \\ &= 65,52 \text{ m}^2 \\ &= 65,52 \times 2 \end{aligned}$$

$$= 131,04 \text{ m}^2$$

Depan & Belakang :

$$= L \times T$$

$$= 12 \times 2,7$$

$$= 33,6 \text{ m}^2$$

$$= 33,6 \times 2$$

$$= 67,2 \text{ m}^2$$

luas seluruh dinding kapal deck 2 adalah :

$$= 131,04 + 67,2 = 198,24 \text{ m}^2$$

koef perpan = $0,836 \text{ W/m}^2\text{K}$ (lihat tabel)

temp. luar (T1) = 40°C

temp. dalam (T2) = 17°C

ΔT (T1-T2) = $40 - 17 = 23^\circ\text{C}$

Qtransmisi = $U \cdot A \cdot \Delta T$
 $= 0,839 \cdot 198,24 \cdot 23$
 $= 3811,75 \text{ Watt}$

- Atap

luasan (A) = $P \times L$
 $= 23,4 \times 12$
 $= 280,4 \text{ m}^2$

koef perpan = $0,965 \text{ W/m}^2\text{K}$ (lihat tabel)

temp. luar (T1) = 40°C

temp. dalam (T2) = 17°C

ΔT (T1-T2) = $40 - 17 = 23^\circ\text{C}$

Qtransmisi = $U \cdot A \cdot \Delta T$
 $= 0,839 \cdot 280,4 \cdot 23$
 $= 5400 \text{ Watt}$

Total beban transmisi kapal deck kedua :

$$= 3811,75 + 5400$$

$$= 9211 \text{ watt}$$

Jadi jumlah total beban transmisi kedua deck adalah :

$$= 12020 + 9211$$

$$= 21.231 \text{ watt}$$

4.3.1.2 Beban Radiasi Matahari

Beban radiasi yaitu beban pendinginan yang diakibatkan oleh sinar matahari langsung yang mengenai permukaan dinding kapal secara langsung. Panas yang diterima dinding kapal sebagian ada yang diserap dan dipantulkan berkaitan dengan emisivitas benda. Dalam hal ini emisivitas baja adalah 0,8 (J.P. Holman Heat transfer edisi X)

a. Beban Radiasi Pada Deck Pertama

Persamaan yang digunakan:

$$Q_{\text{radiasi}} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \dots\dots\dots(4.2)$$

Qradiasi = jumlah panas radiasi (Watt)
 ϵ = emisivitas benda
 σ = k Stefan-Boltzman ($5,67 \times 10^{-8}$ (W/m² K⁴))
 T = temperatur (oC)

- Dinding
 luasan (A) : 244,72 m²
 Emisivitas (ϵ) : 0,8
 Konstanta (σ) : $5,67 \times 10^{-8}$ W/ m² K⁴
 temp. luar (T1) : 40°C
 temp. dalam (T2) : 17°C
 ΔT (T1-T2) : 40-17 = 23 °C
 Q Radiasi : $\epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$
 : $0,8 \cdot 5,67 \times 10^{-8}$ W/ m² K⁴ . 244,72 m² . 23 ° C⁴
 : 310 Watt

b. Beban Radiasi Pada Deck Kedua

Persamaan yang digunakan:

$$Q_{\text{radiasi}} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \dots\dots\dots(4.2)$$

Qradiasi = jumlah panas radiasi (Watt)
 ϵ = emisivitas benda
 σ = k Stefan-Boltzman ($5,67 \times 10^{-8}$ (W/m² K⁴))
 T = temperatur (oC)

- Dinding
 luasan (A) : 131,04 m²
 Emisivitas (ϵ) : 0,8
 Konstanta (σ) : $5,67 \times 10^{-8}$ W/ m² K⁴
 temp. luar (T1) : 40°C
 temp. dalam (T2) : 17°C
 ΔT (T1-T2) : 40-17 = 23 °C
 Q Radiasi : $\epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$
 : $0,8 \cdot 5,67 \times 10^{-8}$ W/ m² K⁴ . 131,04 m² . 23 ° C⁴
 : 167 Watt

c. Beban Radiasi Pada Atap

Persamaan yang digunakan:

$$Q_{\text{radiasi}} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \dots\dots\dots(4.2)$$

Qradiasi = jumlah panas radiasi (Watt)
 ϵ = emisivitas benda
 σ = k Stefan-Boltzman ($5,67 \times 10^{-8}$ (W/m² K⁴))
 T = temperatur (oC)

- Atap
 luasan (A) : 280 m²

$$\begin{aligned}
 \text{Emisivitas } (\epsilon) &: 0,8 \\
 \text{Konstanta } (\sigma) &: 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/ m}^2 \text{ K}^4 \\
 \text{temp. luar (T1)} &: 40^\circ\text{C} \\
 \text{temp. dalam (T2)} &: 17^\circ\text{C} \\
 \Delta T \text{ (T1-T2)} &: 38-28 = 27^\circ\text{C} \\
 \text{Q Radiasi} &: \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4 \\
 &: 0,8 \cdot 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/ m}^2 \text{ K}^4 \cdot 131,04 \text{ m}^2 \cdot 23^\circ\text{C}^4 \\
 &: 356 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total beban radiasi kedua deck adalah :} \\
 &= 310 + 167 + 356 \\
 &= 833 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

4.3.1.3 Beban Infiltrasi Pintu

Beban infiltrasi yaitu beban pendinginan yang diakibatkan udara panas yang masuk ke dalam ruangan operasi melalui celah-celah pintu yang terbuka saat membuka dan menutup pintu ruangan operasi. Karena tidak terdapat ventilasi maka yang dihitung hanya infiltrasi, besarnya infiltrasi dari celah pintu (berukuran 1 x 2 m²) dengan frekuensi pembukaan yang sangat jarang adalah 2 CFM/ft luas pintu. Tabel 4.2 merupakan rangkuman hasil perhitungan beban infiltrasi pintu dimana dijelaskan perhitungannya dengan ketentuan sebagai berikut. (tabel 41C, ASHRAE Fundamental Handbook)

$$\begin{aligned}
 \text{Konveksi} &: - 1 \text{ CFM} = 0,9438 \text{ L/S} \\
 &: - 1 \text{ ft} = 0,6096 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Q Infiltrasi} : 1,232 \cdot \text{L/S} \cdot \Delta t \text{ (tabel 1, hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook)}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta t &: \text{Tudara luar} - \text{T ruangan} \\
 &: 26 - 18 = 8^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\text{Q Infiltrasi} : 1,232 \cdot 0,330 \cdot 8 = 6 \text{ Watt}$$

Tabel 4.2 Beban Infiltrasi

No	Bagian	Beban Infiltrasi
1	Gang way	24
2	Ruang Obat	6
3	Ruang Persiapan	6
4	Laboratorium	6
5	Radiologi	6
6	Gudang Peralatan	6
7	Ruang Administrasi	6
8	Kamar Tenaga Medis	6
9	Kamar Tenaga Medis	6
10	Kamar Tenaga Medis	6
11	Kamar Tenaga Medis	6
12	Ruang Serba Guna	6
13	Ruang Rapat	6
14	Kamar Kapten dan mualim	6
15	Kamar ahli mesin	6
16	Kamar KRU kapal	6
17	Kamar Koki	6
18	Gudang makanan	6
	Total	126

Jadi total beban infiltrasi adalah 126 watt

4.3.1.4 Beban Orang

Ketika ruangan digunakan beban kalor akan dihasilkan dari orang yang bekerja dalam ruang tersebut. Beban ini bervariasi tergantung dari tingkat pekerjaan dalam ruang tersebut. Dalam 1 kamar operasi direncanakan untuk digunakan maksimal 7 orang (3 dokter, 3 suster dan 1 orang pasien). Penambahan panas *sensible* dan *latent* diambil dari tubuh penghuni ruangan. Mengacu pada (ASHRAE Fundamental Handbook, 2012) Beban tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q_s = \text{Jumlah Orang} \cdot \text{SLHG} \cdot \text{CLF} \dots\dots\dots(4.3)$$

- Jumlah Crew : 32 orang untuk semua crew dikapal
- SLHG : *Sensible and Latent Heat Gain* = 235 watt (tabel xx , Body activity, ISO 7547)
- CLF : Cooling Load Factor= 1 (untuk 12 jam), (tabel 18,hal 26,ASHRAE)

Tabel 4.3 Beban Orang

Activity	Type of heat	Emission W
Seat at rest	Sensible heat	70
	Latent heat	50
Medium/heavy work	Sensible heat	85
	Latent heat	150

Jumlah crew total : 32 x 235 = 7520 watt

4.3.1.5 Beban Peralatan

a. CT Scan / Rontgen

CT Scan / Rontgen dengan daya 300 W yang beroperasi selama ± 8 jam sehari :

CLF : 0,7 (sumber : hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook).

qr : Daya Peralatan

- Beban panas sensible (Qs) :

$$Q_{s1} : 0,32 \cdot q_r \cdot \text{CLF} \dots\dots\dots(4.4)$$

(sumber : table 22 hal 26 ASHRAE Fundamental Handbook)

$$: 0,32 \cdot 300 \cdot 0,7 = 67,2 \text{ Watt}$$

- Beban panas laten (Ql) :

$$Q_{L1} : 0,32 \cdot q_r \dots\dots\dots(4.5)$$

$$: 0,32 \cdot 300 = 96 \text{ Watt}$$

b. Komputer dan Monitor

Komputer dengan daya 400 Watt yang beroperasi selama ± 12 jam sehari :

CLF : 0,6

(sumber : hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook).

qr : Daya Peralatan

- Beban panas sensible (Qs) :

$$Q_{s1} : 0,32 \cdot q_r \cdot CLF \dots\dots\dots(4.4)$$
 (sumber : tabel 22 ,hal 26 , ASHRAE Fundamental Handbook)

$$: 0,32 \cdot 400 \cdot 0,6 = 76,8 \text{ Watt}$$
- Beban panas laten (Ql) :

$$Q_{L1} : 0,32 \cdot q_r \dots\dots\dots(4.5)$$

$$: 0,32 \cdot 400 = 128 \text{ Watt}$$

c. Peralatan Navigasi Kapal

Asumsikan semua peralatan navigasi kapal seperti radar, radio direction finding (RDF), GPS, Echo sounder, sound and range, ARPA (Automatic Radar Plotting Aid), GMDSS (Global Marine Distress Safety System), AIS rata-rata adalah 100 watt dan beroperasi selama ± 24 jam sehari :

CLF : 0,6
 (sumber : hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook).

q_r : Daya Peralatan

- Beban panas sensible (Qs) :

$$Q_{s1} : 0,32 \cdot q_r \cdot CLF \dots\dots\dots(4.4)$$
 (sumber : tabel 22 ,hal 26 , ASHRAE Fundamental Handbook)

$$: 0,32 \cdot 200 \cdot 0,6 = 38,4 \text{ Watt}$$
- Beban panas laten (Ql) :

$$Q_{L1} : 0,32 \cdot q_r \dots\dots\dots(4.5)$$

$$: 0,32 \cdot 200 = 64 \text{ Watt}$$

d. Lampu

Jenis lampu yang digunakan : lampu TL. Daya yang dibutuhkan tiap kamar operasi : 72 W, dengan perincian:

- 2 x 36 Watt, untuk lampu utama tiap kamar
- 2 x 5 Watt, untuk lampu tidur

Persamaan yang digunakan:

$$Q : F_u \cdot F_S \cdot CLF \dots\dots\dots(4.6)$$

Dimana:

CLF : 1 (Atap dengan baja dilapisi gypsum)

FS : 1,0 (untuk lampu TL)

Fu : Jumlah daya lampu

$$Q : F_u \cdot F_S \cdot CLF \dots\dots\dots(4.6)$$

$$: 72 \cdot 1 \cdot 1$$

$$: 72 \text{ W}$$

beban lampu utama setiap kamar = 72 watt

$$Q : F_u \cdot F_S \cdot CLF \dots\dots\dots(4.6)$$

$$: 10 \cdot 1 \cdot 1$$

: 10 W

beban lampu tidur setiap kamar tidur = 10 watt

e. Dispenser

Asumsikan dispenser dengan daya 300 watt dengan pengoperasian 24 jam.

CLF : 0,8

(sumber : hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook).

qr : Daya Peralatan

- Beban panas sensible (Qs) :

$$Qs1 : 0,32 \cdot qr \cdot CLF \dots\dots\dots(4.4)$$

(sumber : tabel 22 ,hal 26 , ASHRAE Fundamental Handbook)

$$: 0,32 \cdot 300 \cdot 0,8 = 76,8 \text{ Watt}$$

- Beban panas laten (Ql) :

$$QL1 : 0,32 \cdot qr \dots\dots\dots(4.5)$$

$$: 0,32 \cdot 200 = 96 \text{ Watt}$$

e. TV

Asumsikan TV dengan daya 130 watt dengan pengoperasian 5 jam/hari.

CLF : 0,6

(sumber : hal 26, ASHRAE Fundamental Handbook).

qr : Daya Peralatan

- Beban panas sensible (Qs) :

$$Qs1 : 0,32 \cdot qr \cdot CLF \dots\dots\dots(4.4)$$

(sumber : tabel 22 ,hal 26 , ASHRAE Fundamental Handbook)

$$: 0,32 \cdot 130 \cdot 0,6 = 24,96 \text{ Watt}$$

- Beban panas laten (Ql) :

$$QL1 : 0,32 \cdot qr \dots\dots\dots(4.5)$$

$$: 0,32 \cdot 130 = 41,6 \text{ Watt}$$

Tabel 4.4 merupakan rangkuman hasil perhitungan beban peralatan sesuai dengan rumus-rumus perhitungan .

Tabel 4 4 Beban Peralatan

No	Nama Alat	Beban Sensibel (watt)	Beban Laten (watt)	Jumlah	Total Beban (Watt)	Keterangan
1	CT Scan / Rontgen	67.2	96	1	163.2	R. Radiologi
2	Komputer dan Monitor	76.8	128	5	1024	R. Kapten, Laboratorium, Navigasi
3	Peralatan Navigasi	38.4	64	8	819.2	R. Navigasi
4	Lampu Utama	72		43	3096	Semua ruangan
5	Dispenser	76.8	96	2	345.6	R. Kepten, R. Dokter
6	TV	24.96	41.6	2	133.12	R. Kepten, R. Dokter
7	Lampu Tidur	10		8	80	R. Tidur Crew
Total					5661.12	

Jumlah total beban peralatan adalah = 5661,12 Watt

Jadi Total beban untuk kedua deck adalah :

$$= \text{Beban transmisi} + \text{beban radiasi matahari} + \text{Beban Infiltrasi} + \text{Beban Orang} + \text{Beban Peralatan}$$

$$= 21.231 + 833 + 126 + 7.520 + 5661,12$$

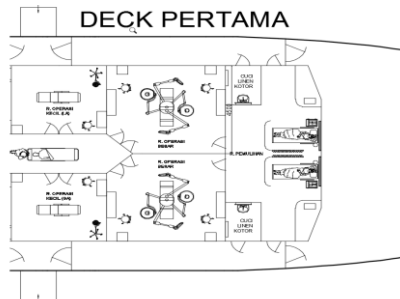
$$\begin{aligned}
 &= 35.371,12 + \text{Safety Factor (10\%)} \\
 &= 35.371,12 + 3.537,11 \\
 &= 38.908,23 \text{ Watt atau } 132.760,39145 \text{ Btu/hr}
 \end{aligned}$$

Kapasitas Heater (Kw) untuk kedua deck :

$$\begin{aligned}
 \text{cap heater (kW)} &= \text{air flow (cmh)} / 3600 \times 1,2 \times 1,001 \times (\text{Delta enthalpy}) \\
 &= 4688 / 3600 \times 1,2 \times 1,001 (39 - 29) \\
 &= 15,62 \text{ Kw}
 \end{aligned}$$

4.3.2 Beban Pendinginan Ruang Operasi

4.3.2.1 Denah Ruang Operasi Kapal



Gambar 4.3 Denah Ruang Operasi Kapal

4.3.2.2 Kapasitas Aliran Udara Dengan Parameter Volume Ruang

Kapasitas aliran udara yang disupply di ruangan ditentukan oleh volume ruangan, dengan rumus :

$$Q (\text{Air Flow}) = \text{Room Volume} \times \text{Ach} \dots\dots\dots(4.7)$$

- a. Ruang operasi besar
dimana

P	: 5 meter
L	: 4,5 meter
T	: 2,5 meter
ACH / Room	: Minimum 15-25 perjam (Tabel)
Q	: (5 x 4,5 x 2,5) x 20
	: 1125 Cmh
- b. Ruang operasi kecil
dimana

P	: 4 meter
L	: 3,5 meter
T	: 2,5 meter
ACH / Room	: Minimum 15-25 perjam (Tabel)
Q	: (4 x 3,5 x 2,5) x 19
	: 665 Cmh
- c. Ruang CSSD
dimana

P : 3,5 meter
 L : 2,7 meter
 T : 2,5 meter
 ACH / Room : Minimum 15-25 perjam (Tabel)
 Q : $(3,5 \times 2,7 \times 2,5) \times 17$
 : 401,625 Cmh

d. Ruang BHP
dimana

P : 2,5 meter
 L : 2,7 meter
 T : 2,5 meter
 ACH / Room : Minimum 15-25 perjam (Tabel)
 Q : $(2,5 \times 2,7 \times 2,5) \times 17$
 : 286,875 Cmh

Total Cmh = $(11125 \times 2) + (665 \times 2) + 401,624 + 286,875$
 = $2250 + 1330 + 401,625 + 286,875$
 = 4268,5 Cmh

4.3.2.3 Kapasitas Pendinginan dan pemanasan di AHU.

Selanjutnya adalah menentukan kapasitas pendinginan AHU yakni proses perpindahan panas udara melalui pendinginan dehumidifikasi dimana outputnya adalah udara yang dingin serta kering karena moisture content yang berkurang. Proses dehumidifikasi dengan kalor laten dan sensibel terjadi pada heat exchanger cooling coil di dalam AHU dengan proses sebagai berikut :

Ketentuan udara yang disebutkan pada peraturan pedoman teknis untuk ruang operasi terdapat pada table 4.5 menurut “Hand book pedoma tata ruang oeprasi rumah sakit” dengan sistem udara di resirkulasi adalah mengambil fresh air minimum 25 x per jam ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 4.5 Ketentuan Kebutuhan ACH

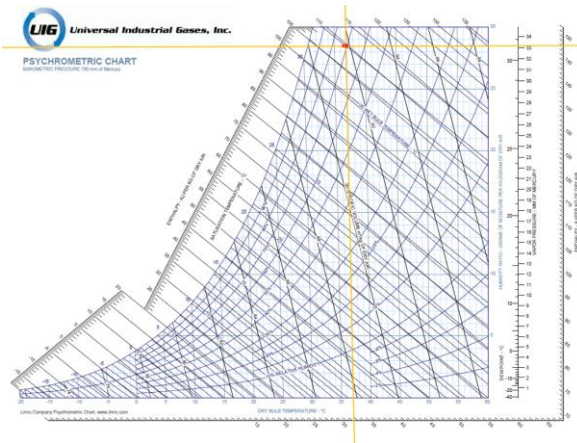
Assembly rooms	4 - 8	Hairdressing salons	10 - 15
Bakeries	20 - 30	Hospitals - sterilizing	15 - 25
Banks/Building Societies	4 - 8	Hospitals - wards	6 - 8
Bathrooms	6 - 10	Kitchens - domestic	15 - 20
Bedrooms	2 - 4	Kitchens # - commercial	30minimum
Billiard Rooms *	6 - 8	Laboratories	6 - 15
Boiler Rooms	15 - 30	Laundrettes/Laundromats	10 - 15
Cafes and coffee bars	10 - 12	Laundries	10 - 30
Canteens	8 - 12	Lavatories	6 - 15
Ceilers	3 - 10	Lecture theatres	5 - 8
Changing Rooms Main area	6 - 10	Libraries	3 - 5
Changing Rooms Shower area	15 - 20	Living rooms	3 - 6
Churches	1 - 3	Mushroom houses	6 - 30
Cinemas & theatres *	10 - 15	Offices	6 - 10
Club rooms	12 minimum	Paint shops (not cellulose)	10 - 20
Compressor rooms	10 - 20	Photo & X-ray darkrooms	10 - 15
Conference rooms	8 - 12	Public house bars	12 minimum
Dairies	8 - 10	Recording control rooms	15 - 25
Dance halls	12 minimum	Recording studios	10 - 12
Dental surgeries	12 - 15	Restaurants	8 - 32
Dye works	20 - 30	Schoolrooms	5 - 7
Electroplating shops	10 - 12	Shops and supermarkets	8 - 15
Engine rooms	15 - 30	Shower baths	15 - 20
Entrance halls & corridors	3 - 5	Stores & warehouses	3 - 6
Factories and workshops	8 - 10	Squash courts	4 minimum
Foundries	15 - 30	Swimming baths	10 - 15
Garages	6 - 8	Toilets	6 - 10
Glasshouses	25 - 60	Utility rooms	15 - 20
Gymnasiums	6 minimum	Welding shops	15 - 30

Secara kuantitas udara *fresh air* yang harus diambil adalah minimum sebesar 20% dari udara yang disupply pada ruangan. Udara fresh air dan return air dari ruangan akan diproses pada mixing box AHU sehingga udara panas akan bercampur dengan udara dingin dengan asumsi sbb :

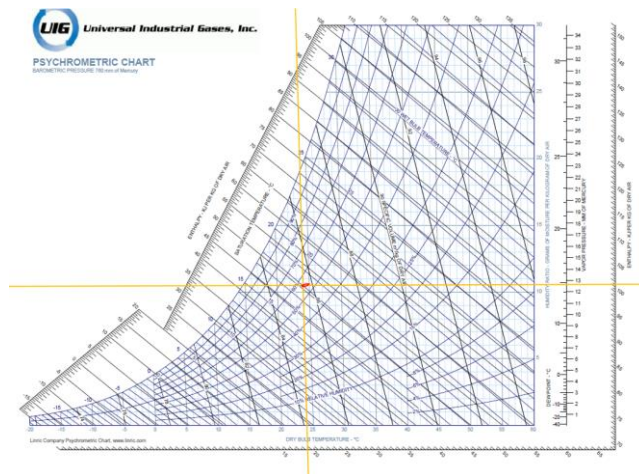
Fresh air (FA) : 37°C / 70% asumsi temperatur dan RH udara luar
 Return air (RA) : 24°C / 57% asumsi temperatur dan RH ruang yang disirkulasi

Sesuai rekomendasi ASHRAE HVAC Hospital bahwa FA dan RA di mixing dengan komposisi FA 20% dan RA 80 % sehingga udara campurannya sesuai perhitungan rumus dan table psychometric dari “handbook www.uigi.com” chart berikut :

Tabel 4.6 37°C / 70% temperatur dan RH udara luar



Tabel 4.7 24°C / 57% temperatur dan RH ruang yang disirkulasi



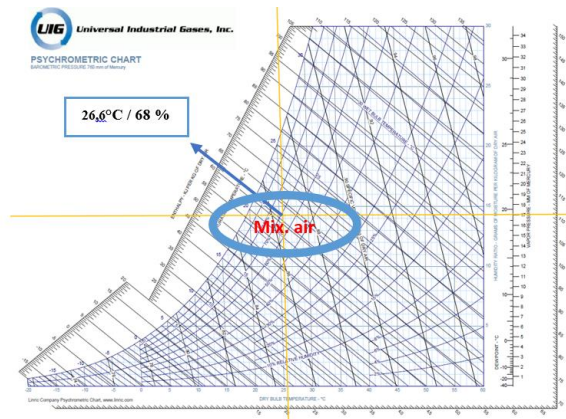
Mixing air Humidity Ratio :

$$\begin{aligned} \text{HR mix} &= (\text{FA}\% \times \text{HR FA} + \text{RA}\% \times \text{HR RA}) / (\text{FA}\% + \text{RA}\%) \\ &= (((20\% \times 28,5 \text{ g/Kg}) + (80\% \times 10,6 \text{ g/Kg})) / (20\% + 80\%)) \\ &= 14,18 \text{ g/Kg} \end{aligned}$$

Mixing air Temperature :

$$\begin{aligned} \text{T mix} &= (\text{FA}\% \times \text{T FA} + \text{RA}\% \times \text{T RA}) / (\text{FA}\% + \text{RA}\%) \\ &= (((20\% \times 37^\circ\text{C}) + (80\% \times 24^\circ\text{C})) / (20\% + 80\%)) \\ &= 26,6^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Tabel 4 8 Mixing Temperature & Relative Humidity



Mixing air (MA) yang didapat adalah 26,6°C / 68 %. Selanjutnya udara MA akan diproses pada cooling coil sehingga udara hasil proses dari cooling coil memiliki temperatur/RH 10°C / 100%, didasarkan pada standar kebutuhan temperature dan RH pada ruang OK yakni 19-24 °C dengan RH 45 – 60 %, maka Temperatur dew point yang harus dicapai oleh coolong coil adalah 10°C. Cooling coil harus mampu menurunkan temperatur udara dan kelembaban sampai dengan 10°C / 100%.

- (3) Sistem ini mengontrol kelembaban yang dapat menyebabkan terjadinya ledakan. Kelembaban relatif yang harus dipertahankan adalah 45% sampai dengan 60%, dengan tekanan udara positif pada ruang operasi.
- (4) Uap air memberikan suatu medium yang relatif konduktif, yang menyebabkan muatan listrik statis bisa mengalir ke tanah secepat pembangkitannya. Loncatan bunga api dapat terjadi pada kelembaban relatif yang rendah.
- (5) Temperatur ruangan dipertahankan sekitar 19°C sampai 24°C.

Cooling coil harus mampu mencapai dew point temperature yang rendah agar moisture content pada udara dapat dikeluarkan dan mencapai sekitar 8 g/kg. Karena apabila cooling coil tidak mampu, maka standar udara diruangan tidak akan tercapai. Sehingga penggunaan AC split atau pun AC central tidak akan mampu untuk mencapai dew point temperature yang rendah.

Kapasitas cooling coil dapat ditentukan dengan pendekatan penghitungan secara manual menggunakan formula :

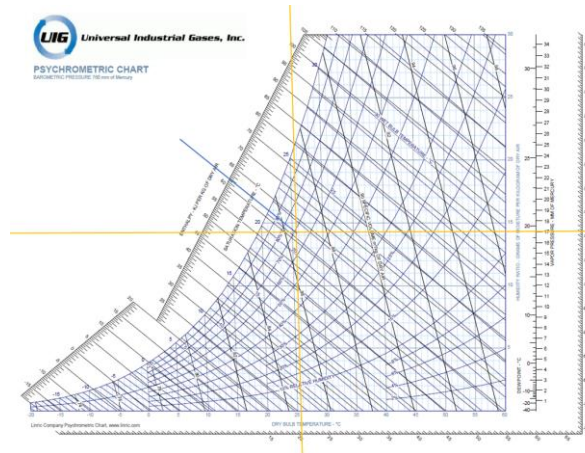
Cap cooling coil (Kw) = air flow (cmh) 3600 x 1,2 x 1,001 x (*Delta enthalpy*)

Penghitungan didasarkan pada kerja cooling coil yang harus mendinginkan udara MA 26,6 °C / 68 %. sampai menuju 10°C / 100%. Maka selanjutnya mencari enthalphy dengan kedua selisih tersebut, maka dengan tabel psychometric didapat setiap enthalphy sebesar :

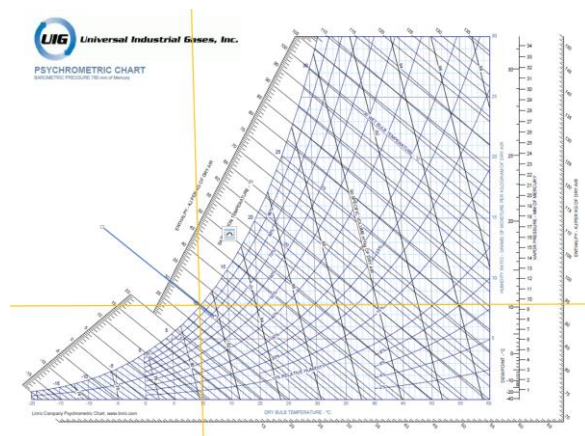
Enthalpy Mixing Air (MA) : 26,6 °C / 68 % = 61,6

Enthalpy output Cooling Coil : 10°C / 100% = 29

Tabel 4 9 *Enthalpy Mixing Air*



Tabel 4 10 *Enthalpy output Cooling Coil*



- Kapasitas cooling coil (Kw) Ruang Operasi Besar
= 1125 /3600 x 1,2 x 1,001 (61,6 – 29)
= 12,22 Kw
- Kapasitas cooling coil (Kw) Ruang Operasi Kecil

- $$= 665/3600 \times 1,2 \times 1,001 (61,6 - 29)$$
- $$= 7,22 \text{ Kw}$$
- Kapasitas cooling coil (Kw) Ruang CSSD

$$= 401,625 / 3600 \times 1,2 \times 1,001 (61,6 - 29)$$

$$= 4,36 \text{ Kw}$$
 - Kapasitas cooling coil (Kw) Ruang BHP

$$= 286,875 / 3600 \times 1,2 \times 1,001 (61,6 - 29)$$

$$= 3,11 \text{ kW}$$

Jadi Total Kebutuhan Pendinginan 4 kamar operasi , ruang CSSD, dan ruang BHP adalah :

$$= (15,28 \times 2) + (9,5 \times 2) + 6,42 + 4,58$$

$$= \mathbf{46,38 \text{ Kw}} \text{ atau } \mathbf{158.270,16 \text{ Btu/hr}}$$

4.3.2.4 Kapasitas Electrical Heater

Selanjutnya udara akan diproses pada Electrical Heater di dalam AHU agar udara output cooling coil yakni $10^\circ\text{C} / 100\%$ dipanaskan mencapai $19^\circ\text{C} / 52\%$, sesuai dengan standard kebutuhan ruang operasi. Proses pada electrical heater hanya mencakup kalor sensibel saja. Penghitungan kapasitas heater juga sama dengan menggunakan formula diatas.

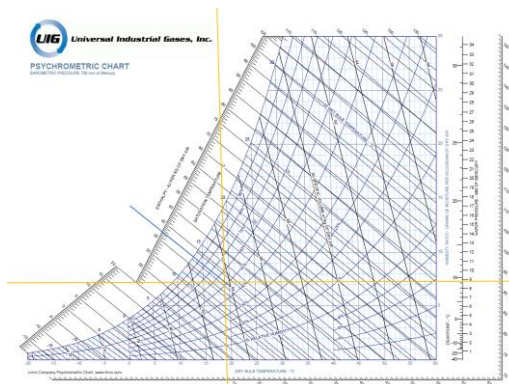
- Kapasitas Heater (Kw) Ruang Operasi Besar, Ruang Operasi Kecil, Ruang CSSD, Ruang BHP

$$\text{cap heater (kW)} = \text{air flow (cmh)} / 3600 \times 1,2 \times 1,001 \times (\text{Delta enthalpy})$$

$$= 4269 / 3600 \times 1,2 \times 1,001 (37,2 - 29)$$

$$= 11,66 \text{ Kw}$$

Tabel 4.11 Psikometric Chart Kondisi Udara Output Heater



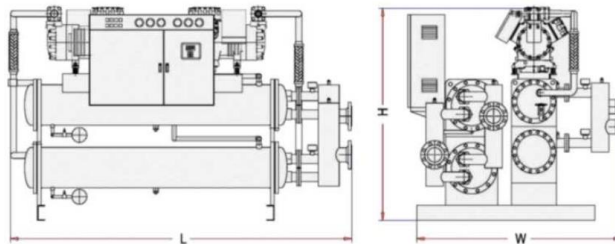
4.4 Menentukan Pemilihan Chiller

4.4.1 Chiller Untuk Kebutuhan Ruang Deck 1 dan 2 (Tanpa Ruang Operasi, CSSD, BHP)

Dari perhitungan total kebutuhan pendinginan ruangan kedua deck (deck 1 dan deck 2) didapat total kebutuhan pendinginan sebesar **40,89 Kw** atau

139.537.48 Btu/hr. Maka dipilih mesin pendingin *Water Cooled Reciprocating Chiller*. Mesin pendingin ini memiliki data-data spesifikasi berikut :

- Model : CW Series 20 AS
 Cooling Capacity : 44,19 Kw
 Refrigerant : R 407 C
 Power Input : 12 Kw
 Power source : 380 V / 3 Ph / 50 Hz
 Current : 23,19 Ampere
 Condensor Water Flow : 170 ltr/min
 Chilled Water Flow : 140 ltr/min
 Pipe condensor : DN 50
 Pipe chilled : DN 50
 No of circuit : 1
 Water temperature : In/out = 12/7 °C
- Compressor
- Type : 4SAH 200E Semi Hermetic Reciprocating (Piston)
 - Quantity : 1 pieces
 - Capacity Control : On/Off
- Condensor
- Type : CD 20 Shell and Tube
 - Pressure Drop : 0.21 bar
 - Material : Cooper tube, carbon steel shell
- Evaporator
- Type : DX 20 Shell and Tube
 - Pressure Drop : 0.25 bar
 - Material : Cooper tube, carbon steel shell
- Dimension
- L : 1350 mm
 - W : 350 mm
 - H : 1400 mm

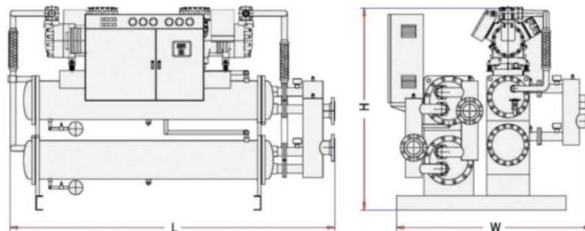


Gambar 4.4 Dimensi Sea Water Chiller 1

4.4.2 Chiller Untuk Kebutuhan Ruang Operasi, Ruang CSSD, dan Ruang BHP.

Dari perhitungan total kebutuhan pendinginan Ruang Operasi) didapat total kebutuhan pendinginan sebesar **130 Kw** atau **443.578,46 Btu/hr.** Maka dipilih mesin pendingin *Water Cooled Reciprocating Chiller*. Mesin pendingin ini memiliki data-data spesifikasi berikut :

Model	: CW Series 30 AS
Cooling Capacity	: 62,37 Kw
Refrigerant	: R 407 C
Power Input	: 17,97 Kw
Power source	: 380 V / 3 Ph / 50 Hz
Current	: 34,25 Ampere
Condensor Water Flow	: 245 ltr/min
Chilled Water Flow	: 200 ltr/min
Pipe condensor	: DN 50
Pipe chilled	: DN 50
No of circuit	: 1
Water temperature	: In/out = 12/7 °C
Compressor	
• Type	: 4SJ 300E Semi Hermetic Reciprocating (Piston)
• Quantity	: 1 pieces
• Capacity Control	: On/Off
Condensor	
• Type	: CD 30 Shell and Tube
• Pressure Drop	: 0.3 bar
• Material	: Cooper tube, carbon steel sheel
Evaporator	
• Type	: DX 30 Shell and Tube
• Pressure Drop	: 0.26 bar
• Material	: Cooper tube, carbon steel sheel
Dimension	
• L	: 1800 mm
• W	: 800 mm
• H	: 1400 mm



Gambar 4.5 Dimensi Sea Water Chiller 2

4.5 Memilih Spesifikasi AHU

Setelah memilih spesifikasi chiller maka langkah selanjutnya adalah memilih spesifikasi AHU sesuai dengan kebutuhan total *flow rate* semua ruangan. Untuk menentukan kebutuhan *flow rate* setiap ruangan dapat menggunakan persamaan berikut :

$$Q = P \times L \times T \times \text{ACH}$$

4.5.1 AHU Untuk Kebutuhan Ruangan Deck 1 dan 2 (Tanpa Ruang Operasi, CSSD, BHP)

Tabel 4.12 merupakan rangkuman hasil perhitungan *flow rate* sesuai dengan rumus-rumus perhitungan sebagai berikut.

P : 1,5 meter
 L : 3,5 meter
 T : 2,7-(0,2 untuk plafond an ducting)
 : 2,5 meter
 ACH / Room : 5 perjam
 Maka perhitungan Ruang Obat :
 Q : (1,5 x 3,5 x 2,5) x 5
 : 65,625 Cm^h
 : 65,625 x 1,699011
 : 111.498 m³ / h

Tabel 4 12 Kebutuhan Ruangan Deck 1 dan 2

No	Bagian	P	L	T	ACH	Cmh	Q m ³ /h	Q m ³ /s
1	Ruang Administrasi	2	3.5	2.5	5	87.5	148.663	0.0413
2	Gudang Peralatan	2	3.5	2.5	5	87.5	148.663	0.0413
3	Laboratorium	2.65	3.5	2.5	8	185.5	315.167	0.08755
4	Radiologi	3.65	3.5	2.5	8	255.5	434.097	0.12058
5	Gang way 1	7.75	2	2.5	5	193.75	329.183	0.09144
6	Ruang Persiapan	4	3.5	2.5	5	175	297.327	0.08259
7	Ruang Obat	1.5	3.5	2.5	5	65.625	111.498	0.03097
8	Gang way 2	7.75	2	2.5	5	193.75	329.183	0.09144
9	Gang way 3	7.75	2	2.5	5	193.75	329.183	0.09144
10	Gang way 4	7.75	2	2.5	5	193.75	329.183	0.09144
11	Ruang Pemulihan	4	9	2.5	15	1350	2293.66	0.63713
12	Gudang makanan	2.5	3	2.5	5	93.75	159.282	0.04425
13	Kamar Tenaga Medis	3	3	2.5	5	112.5	191.139	0.05309
14	Kamar Koki	3	3	2.5	5	112.5	191.139	0.05309
15	Kamar Tenaga Medis	3	3	2.5	5	112.5	191.139	0.05309
16	Ruang Rapat	5	3	2.5	5	187.5	318.565	0.08849
17	Kamar KRU kapal	3	3	2.5	5	112.5	191.139	0.05309
18	Kamar Tenaga Medis	3	3	2.5	5	112.5	191.139	0.05309
19	Ruang Serba Guna	5	3	2.5	5	187.5	318.565	0.08849
20	Kamar ahli mesin	3	3	2.5	5	112.5	191.139	0.05309
21	Kamar Tenaga Medis	3	3	2.5	5	112.5	191.139	0.05309
22	Kamar Kapten & muallim	3	3	2.5	5	112.5	191.139	0.05309
23	Ruang Navigasi	3	9	2.5	5	337.5	573.416	0.15928
	Total Flow Rate					4687.9	7964.75	2.21243

Total kebutuhan *flow rate* semua ruangan adalah
 : 7964,75 m³ / h

Setelah didapat kebutuhan flow rate sebesar $7964,75 \text{ m}^3 / \text{h}$ maka dipilih AHU dengan spesifikasi berikut :

Fan Supply

Model : Kruger JHP-10
 Fan : $8.000 \text{ m}^3 / \text{h}$
 Max static pressure : 2.000 pa
 Fan Model : BO8355/TM
 Fan speed : 3144 RPM
 Motor Model : D132
 Motor Output : 7,5 kW

Fan Outlet/return

Model : Kruger JHP-10
 Fan & Motor : $8.000 \text{ m}^3 / \text{h}$
 Max static pressure : 2.000 pa
 Fan Model : BO8355/TM
 Fan speed : 3144 RPM
 Motor Model : D132
 Motor Output : 7,5 kW

Cooling Capacity : 50 Kw
 Air Inlet Condition : $27,9 \text{ }^\circ\text{C} / 66,7 \text{ \% RH}$
 Air Outlet Condition: $13 \text{ }^\circ\text{C} / 90 \text{ \% RH}$
 Refrigerant Tube Connection
 Liquid Line : $2 \times 7/8''$
 Suction Line : $1 \times 2-1/8''$
 (T) Water in/out : $7/12 \text{ }^\circ\text{C}$
 Water Flow : $23,5 \text{ m}^3 / \text{h}$
 Connection Size : DN 80. JIS 5K

Heating Capacity

(Steam Humidifier) : 16 kW

Heating Capacity

(Water Humidifier) : 19 kW

Air Inlet Condition : $4,1 \text{ }^\circ\text{C} / 88,4 \text{ \% RH}$

Air Outlet Condition: $53 \text{ }^\circ\text{C} / 12,9 \text{ \% RH}$

4.5.2 AHU Untuk Kebutuhan Ruangan Operasi, Ruang CSSD, dan Ruang BHP.

Tabel 4.13 merupakan rangkuman hasil perhitungan flow rate sesuai dengan rumus-rumus perhitungan sebagai berikut.

Tabel 4.13 Untuk Kebutuhan Ruangan Operasi, Ruang CSSD, dan Ruang BHP

No	Bagian	P	L	T	ACH	Cmh	Q m ³ /h	Q m ³ /s
1	Ruang BHP	2.5	2.7	2.5	17	286.88	487.404	0.13539
2	Ruang CSSD	3.5	2.7	2.5	17	401.63	682.365	0.18955
3	Ruang Operasi Kecil 1	4	3.5	2.5	19	665	1129.84	0.31385
4	Ruang Operasi Kecil 2	4	3.5	2.5	19	665	1129.84	0.31385
5	Ruang Operasi Besar 1	5	4.5	2.5	20	1125	1911.39	0.53094
6	Ruang Operasi Besar 2	5	4.5	2.5	20	1125	1911.39	0.53094
Total Flow Rate						4268.5	7252.23	2.01451

Total kebutuhan ruangan operasi ruang CSSD, dan ruang BHP adalah

: 4269 Cmh

: 4269 x 1,699011

: 7253 m³ / h

Setelah didapat kebutuhan flow rate sebesar 7253 m³ / h maka dipilih AHU dengan spesifikasi berikut :

Fan Supply

Model : Kruger JHP-7.5

Fan & Motor : 7500 m³ / h

Max static pressure : 1800 pa

Fan Model : BO8355/TM

Fan speed : 3144 RPM

Motor Model : D132

Motor Output : 6,5 kW

Fan Outlet/return

Model : Kruger JHP-7.5

Fan & Motor : 7500 m³ / h

Max static pressure : 1800 pa

Fan Model : BO8355/TM

Fan speed : 3144 RPM

Motor Model : D132

Motor Output : 6 kW

Cooling Capacity : 70 Kw

Air Inlet Condition : 27,9 °C / 66,7 % RH

Air Outlet Condition: 13 °C / 90 % RH

Refrigerant Tube Connection

Liquid Line : 2 x 7/8"

Suction Line : 1 x 2-1/8"

(T) Water in/out : 7/12 °C

Water Flow : 23,5 m³ / h

Connection Size : DN 65. JIS 5K

Heating Capacity
 (Steam Humidifier) : 16 kW
 Heating Capacity
 (Water Humidifier) : 19 kW
 Air Inlet Condition : 4,1 °C / 88,4 % RH
 Air Outlet Condition: 53 °C / 12,9 % RH

4.6 Menentukan Kapasitas Air Laut Untuk Chiller

4.6.1 Ruang non operasi (Deck 1 dan deck 2)

Didalam *water chilled system* ini menggunakan pendingin air laut sehingga perlu melakukan perhitungan kapasitas kebutuhan air untuk mesin pendinginan (chiller), Persamaan yang digunakan adalah :

$$V = \frac{Ql}{s.Cp.\Delta t}$$

Dimana :

V : Kapasitas air laut

Ql : Kapasitas beban pendingin

s : Berat jenis air tawar 1000 kg/ m³

Δt : Perbedaan temperature yang masuk ke chiller dengan temperature setelah keluar dari chiller.

Dari katalog diperoleh :

Temperature air keluar dari chiller = 7 °C

Temperature air masuk kedalam chiller = 12 °C

Jadi kapasitas air laut yang dibutuhkan untuk chiller Ruang non operasi (Deck 1 dan deck 2) .

Δt = 5 °C

Cp = 4,19 Kj/Kg

s = 1000 kg/m³

Ql = 40,89 kW

maka :

$$V = \frac{Ql}{s.Cp.\Delta t}$$

$$V = \frac{40,89 \text{ kJ/s}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \times 5 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$= 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0,002 \times \frac{3600}{1h}$$

$$= 7,2 \text{ m}^3/h$$

4.6.2 Ruang Operasi, Ruang CSSD, dan Ruang BHP.

Persamaan yang digunakan adalah :

$$V = \frac{Ql}{s.Cp.\Delta t}$$

Dimana :

V : Kapasitas air laut

Ql : Kapasitas beban pendingin

s : Berat jenis air tawar 1000 kg/ m³

Δt : Perbedaan temperature yang masuk ke chiller dengan temperature setelah keluar dari chiller.

Dari katalog diperoleh :

Temperature air keluar dari chiller = 7 °C

Temperature air masuk kedalam chiller = 12 °C

Jadi kapasitas air laut yang dibutuhkan untuk chiller Ruang operasi.

Δt = 5 °C

Cp = 4,19 Kj/Kg

s = 1000 kg/m³

Ql = 46,38 kW

maka :

$$V = \frac{Ql}{s \cdot Cp \cdot \Delta t}$$

$$V = \frac{46,38 \text{ kJ/s}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,19 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \times 5 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$= 0,00221 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0,003 \times \frac{3600}{1h}$$

$$= 7,96 \text{ m}^3/h$$

4.7 Memilih Pipa dan Kapasitas Pompa Air Laut Untuk Chiller

Karena penempatan chilled water Ruang Operasi, CSSD, BHP) sama dengan ruang yang lainnya maka perhitungan diasumsikan head loss sama.

4.7.1 Menentukan diameter pipa air laut untuk chiller

Persamaan yang digunakan adalah :

$$Q = A \times v$$

Dimana :

Q : Debit air m³/h

A : Luas penampang m² = $\pi \times D^2/4$

v : Kecepatan aliran m/s (mengambil 3 m/s)

Maka :

$$Q = A \times v$$

$$Q = \left(\pi \times \frac{D^2}{4} \right) \times v$$

$$0,0022 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = \left(3,14 \times \frac{D^2}{4} \right) \times v$$

$$D = \sqrt{\frac{Q \times 4}{3,14 \times v}}$$

$$D = \sqrt{\frac{0,0031 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 4}{3,14 \times 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$$

$$D = 0,04 \text{ m} \Rightarrow 36 \text{ mm}$$

Tabel 4.14 Diameter Pipa Air Laut Untuk Chiller

Dipilih pipa dengan tipe carbon steel galvanized, JIS 3452 :			
Type	JIS G 3452		
Nominal Pipe Size	40A		
Inside diameter	45.1		mm
Thickness	3.5		mm
Outside diameter	48.6		mm

4.7.2 Menentukan pompa air laut untuk chiller

$$\begin{aligned} \text{Head static (Hs)} &= T + (1 \text{ m}) \\ &= 2 + 1 \\ &= 3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head pressure (Hp)} &= \frac{(P_{dis} - P_{suc})}{\gamma} \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head Velocity (Hv) Discharge \& Suction} \\ &= \frac{(v^2_{dis} - v^2_{suc})}{2g} \\ &= 0 \end{aligned}$$

Head loss di suction

$$\begin{aligned} \text{Viscosity} &= 1,03 \text{ di } 30 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= \frac{1,03}{10^6} = 0,00000103 \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{(Vs \times ds)}{\nu} \\ &= \frac{n}{(3 \times 45,1^{-3})} \\ &= \frac{0,00000103 \text{ m}^2/\text{s}}{0,00000103 \text{ m}^2/\text{s}} \\ &= 131.359 \Rightarrow \text{turbulen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Friction losses} &= 0,02 + 0,0005/D \\ &= 0,02 + 45,1 \text{ mm} \\ &= 0,0311 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang suction pipa} = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Mayor losses (hf)} &= \frac{f \times L \times v^2}{D \times g} \\ &= \frac{0,0311 \times 3 \text{ m} \times 3^2}{\frac{45,1}{10000} \times 9,8} \\ &= 0,95 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 4.15 *Minor Losses Suction*

No	Type	N	k	n x k
1	Butterfly Valve	2	0.86	1.72
2	Filter or Strainer	2	1.5	3
3	elbow 90	6	0.75	4.5
4	SDNRV	2	1.22	2.44
5	Swing check valve	0	1.14	0
			Total	11.66

$$\begin{aligned} \text{Minor Losses (hl)} &= \frac{k_{\text{total}} \times v^2}{2g} \\ &= \frac{11 \times 3^2}{2 \times 9,8} = 5,35 \text{ m} \end{aligned}$$

Head Loss for Suction Line

$$\begin{aligned} &= \text{Major Head Loss} + \text{Minor Head Loss} \\ &= (H_p + H_v) + (H_f + H_l) \\ &= (0 + 0) + (0,95 + 5,35) \\ &= 6,304 \text{ m} \end{aligned}$$

Head loss di discharge

$$\begin{aligned} \text{Viscosity} &= 1,03 \text{ di } 30^\circ \text{C} \\ &= \frac{1,03}{10^6} = 0.00000103 \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{(V_s \times d_s)}{n} \\ &= \frac{(3 \times 45,1^{-3})}{0.00000103 \text{ m}^2/\text{s}} \\ &= 131.359 \Rightarrow \text{turbulen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Friction losses} &= 0,02 + 0,0005/D \\ &= 0,02 + 45,1 \text{ mm} \\ &= 0,0311 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang discharge pipa} = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Mayor losses (hf)} &= \frac{f \times L \times v^2}{D \times g} \\ &= \frac{0,0311 \times 4 \text{ m} \times 3^2}{\frac{45,1}{10000} \times 9,8} \\ &= 1,27 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 4.16 *Minor Losses Discharge*

No	Type	N	k	n x k
1	Butterfly Valve	2	0.86	1.72
2	gate valve	2	0.19	0.38
3	elbow 90	6	0.75	4.5
4	SDNRV	2	1.22	2.44
			Total	9.04

$$\text{Minor Losses (hl)} = \frac{k_{\text{total}} \times v^2}{2g}$$

$$= \frac{11 \times 3^2}{2 \times 9,8} = 4,15 \text{ m}$$

Head Loss for Discharge Line

= Major Head Loss + Minor Head Loss

= (Hp + Hv) + (Hf + Hl)

= (0 + 0) + (1,27 + 4,15)

= 5,417 m

Total head losses (Hl)

= Head static (Hs) + Head Loss for Suction Line + Head Loss for Discharge Line

= 3 + 6,304 + 5,417

= **14,72 m** (Kebutuhan Head)

Jadi parameter menentukan pompa Pompa Air Laut Chiller :

I. Untuk Kebutuhan Ruang Deck 1 dan 2 (Tanpa Ruang Operasi, CSSD, BHP) adalah :

H = **14,72 m**

Q = **7,2 m³/h**

II. Untuk Kebutuhan Ruang Operasi, CSSD, BHP adalah :

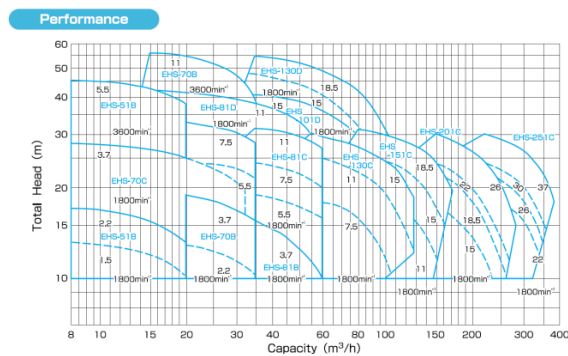
H = **14,72 m**

Q = **7,96 m³/h**

Berdasarkan tabel Taiko Katalog Pump dengan spesifikasi diatas maka dipilih 1 pompa untuk kebutuhan yang berbeda dimana memenuhi keduanya dan juga ditambah 2 pompa stand by dengan spesifikasi yang sama, spesifikasi pompanya adalah sebagai berikut :

Merk	=	TAIKO EHS-51 B
Type	=	Horizontal
Capacity	=	8 m ³ /hr
Head	=	15 m
Rpm	=	1800 rpm
Power	=	1,5 kw
material impeller	=	Bronze
material shaft	=	Stainless steel
material casing	=	Bronze

Tabel 4.17 Spesifikasi Pompa



4.8 Perancangan Saluran Udara (Ducting)

Setelah didapat komponen system HVAC yang akan diinstal maka selanjutnya yaitu menentukan saluran udara yang akan dipakai untuk mensuplai udara pendinginan ke ruangan – ruangan. Table 4.18 merupakan hasil perhitungan dimesin main ducting, main branch dan branch.

Perencanaan kecepatan saluran udara yang ditentukan adalah sebagai berikut :

- Saluran utama (main duct) : 5 m/s
- Saluran cabaang utama (main branch) : 3 m/s
- Saluran cabang (branch) : 2 m/s

Tabel 4.18 Perancangan Ducting

Type Of Duct	Comfort System	Industrial System	High Speed System
Main duct	4-7 m/s	8-12 m/s	10-18 m/s
Main branch duct	3-5 m/s	5-8 m/s	6-12 m/s
Branch duct	1-3 m/s	3-5 m/s	5-8 m/s

No	Bagian	P	L	T	ACH	Cmh	Q m ³ /h	Q m ³ /s	Main Duct		Jumlah Main Duct	Main Branch		Jumlah Main Branch	
									v	A		v	A		
1	Ruang Administrasi	2	3,5	2,5	5	87,5	148,663	0,0413	5	0,28143403	0,00829081	1	3	0,014	1
2	Gedung Perawatan	2	3,5	2,5	5	87,5	148,663	0,0413	5	0,00829081	0,00829081	1	3	0,014	1
3	Laboratorium	2,65	3,5	2,5	8	185,5	315,167	0,08755	5	0,26401523	0,017509252	1	3	0,029	1
4	Radiologi	3,65	3,5	2,5	8	285,5	434,097	0,12058	5	0,024116517	0,018287966	1	3	0,040	1
5	Gang way 1	7,75	2	2,5	5	193,75	329,183	0,09144	5	0,018287966	0,018287966	1	3	0,030	4
6	Ruang Pevsarian	4	3,5	2,5	5	175	297,327	0,08259	5	0,209232748	0,016518163	1	3	0,028	1
7	Ruang Obat	1,5	3,5	2,5	5	63,625	111,498	0,03097	5	0,006194311	0,006194311	1	3	0,010	1
8	Gang way 2	7,75	2	2,5	5	193,75	329,183	0,09144	5	0,018287966	0,018287966	1	3	0,030	4
9	Gang way 3	7,75	2	2,5	5	193,75	329,183	0,09144	5	0,066001763	0,018287966	1	3	0,030	4
10	Gang way 4	7,75	2	2,5	5	193,75	329,183	0,09144	5	0,018287966	0,018287966	1	3	0,030	4
11	Ruang Penjualan	4	9	2,5	15	1350	2293,66	0,63715	5	0,127425825	0,127425825	1	5	0,127	1
						5065,81	1,40717								
12	Gadang makanan	2,5	3	2,5	5	93,75	159,282	0,04425	5	0,161057084	0,008849016	1	3	0,015	1
13	Kamar Tenaga Medis	3	3	2,5	5	112,5	191,139	0,05309	5	0,152303069	0,010618819	1	3	0,018	1
14	Kamar Kiri	3	3	2,5	5	112,5	191,139	0,05309	5	0,010618819	0,010618819	1	3	0,018	1
15	Kamar Tenaga Medis	3	3	2,5	5	112,5	191,139	0,05309	5	0,132065474	0,010618819	1	3	0,018	1
16	Ruang Rapat	5	3	2,5	5	187,5	318,565	0,08849	5	0,017698031	0,017698031	1	3	0,029	1
17	Kamar KRU kapal	3	3	2,5	5	112,5	191,139	0,05309	5	0,010618819	0,010618819	1	3	0,018	1
18	Kamar Tenaga Medis	3	3	2,5	5	112,5	191,139	0,05309	5	0,092029765	0,010618819	1	3	0,018	1
19	Ruang Serba Guna	5	3	2,5	5	187,5	318,565	0,08849	5	0,017698031	0,017698031	1	3	0,029	1
20	Kamar ahli mesin	3	3	2,5	5	112,5	191,139	0,05309	5	0,010618819	0,010618819	1	3	0,018	1
21	Kamar Tenaga Medis	3	3	2,5	5	112,5	191,139	0,05309	5	0,052944094	0,010618819	1	3	0,018	1
22	Kamar Bayan & malim	3	3	2,5	5	112,5	191,139	0,05309	5	0,010618819	0,010618819	1	3	0,018	1
23	Ruang Nangipai	3	9	2,5	5	337,5	573,416	0,15928	5	0,010618819	0,010618819	1	3	0,053	1
	Total Flow Rate					4687,9	2898,94	0,80526							

No	Dimensi Main Duct (cm)			A	Dimensi Main Branch (cm)			(N) Main Branch	Branch			(N) Branch
	A	X	Y		A	X	Y		A	X	Y	
1	2814,341	88,81138		30	137,6514	13,765135	10	1			1	
2				30	137,6514	13,765135	10	1			1	
3	2649,159	88,30531		30	291,8209	59,66203	10	1	291,8	29,1821	10	
4				30	401,942	40,194195	10	1			1	
5				30	304,7994	30,479943	10	1			1	
6	2050,022	88,33407		30	275,3027	58,010214	10	1	275,3	27,5303	10	
7				30	103,2385	10,323852	10	1			1	
8				30	304,7994	30,479943	10	1			1	
9	1640,018	88,86726		30	304,7994	30,479943	10	1			1	
10				30	304,7994	30,479943	10	1			1	
11	1274,258	42,47528		30	1274,258	42,475275	10	3	1274	42,4753	10	
				30	0	0	1				1	
12	1610,521	53,68403		30	147,4836	14,748359	10	1			1	
13	1522,031	50,73436		30	176,9803	17,698031	10	1			1	
14				30	176,9803	17,698031	10	1			1	
15	1309,654	43,63518		30	176,9803	17,698031	10	1			1	
16				30	471,9475	47,19475	10	1	29,5	14,7484	10	
17				30	176,9803	17,698031	10	1			1	
18	920,2976	40,62626		30	176,9803	17,698031	10	1			1	
19				30	471,9475	47,19475	10	1	29,5	14,7484	10	
20				30	176,9803	17,698031	10	1			1	
21	530,9409	17,69803		30	176,9803	17,698031	10	1			1	
22				30	176,9803	17,698031	10	1			1	
23				30	530,9409	26,547047	10	2			1	

4.8.1 Ducting Insulation

Selain bahan sekat ruangan, disini juga direncanakan bahan insulasi uang digunakan untuk system saluran udaranya. Agar nantinya udara dingin yang disalurkan lebih efektif dalam mendistribusikan kuantitas udara yang disalurkan.

Merk	: JOHNS MANVILLE
Bahan	: Fiberglass
Kecepatan udara (max)	: 30 m/s
Temperatur udara (max)	: 121 °C
Internal pressure	: 498 Pa

Selain itu juga dipilih spesifikasi bahan lapisan luar (pembungkus) dari saluran ducting, khususnya untuk ducting yang membawa udara dingin ruangan AHU, yaitu sebagai berikut :

Merk	: JOHNS MANVILLE
Bahan	: Fiberglass
Temperatur udara (max)	: 121 °C

4.9 Pemilihan Fan Outlet

4.9.1 Untuk Kebutuhan Ruang Deck 1 dan 2 (Tanpa Ruang Operasi, CSSD, BHP)

Pada ruangan deck 1 dan deck 2 menggunakan *outlet diffuser* yang ditaruh di kamar mandi/mandatory , tidak semua ruangan diberikan *outlet* seperti ruang operasi CSSD, BHP. Maka dipilih spesifikasi sesuai gambar 4.6 menurut katalog diffuser (Oc Waterloo).



Gambar 4.6 Outlet Difuser Deck 1 & 2

Model	: Perforated Face Swirl Diffuser
Unit Size	: 300 x 300

4.9.2 Untuk Kebutuhan Ruang Operasi, CSSD, BHP adalah

Pada ruang operasi, CSSD, BHP digunakan outlet diffuser yang sama dan berjumlah berbeda antara ketiga ruang tersebut. Namun jumlah kemampuan penghisapan outlet udara harus sama dengan masuknya udara melalui inlet diffuser hal ii bertujuan untuk meminimalisir kontaminan

udara yang tertinggal maka dipilih spesifikasi sebagai berikut sesuai gambar 4.7 menurut katalog diffuser (Oc Waterloo).



Gambar 4.7 Outlet Diffuser Ruang Operasi, CSSD, BHP

Ruang BHP

Model : Perforated Face Swirl Diffuser

Unit Size : 300 x 300

Tabel 4.19 Spesifikasi *Outlet Diffuser*

No	Bagian	P	L	T	ACH	Cmh	Q m ³ /h	N (Branch)	Q m ³ /h	MODEL PERFORATED FACE	
										Type	Unit Size
1	Ruang BHP	2.5	2.7	2.5	17	286.88	487.404	1	108	SWIRL	300 x 300
2	Ruang CSSD	3.5	2.7	2.5	17	401.63	682.365	1	108	SWIRL	300 x 300
3	Ruang Operasi Kecil 1	4	3.5	2.5	19	665	1129.84	14	108	SWIRL	300 x 300
4	Ruang Operasi Kecil 2	4	3.5	2.5	19	665	1129.84	14	108	SWIRL	300 x 300
5	Ruang Operasi Besar 1	5	4.5	2.5	20	1125	1911.39	19	108	SWIRL	300 x 300
6	Ruang Operasi Besar 2	5	4.5	2.5	20	1125	1911.39	19	108	SWIRL	300 x 300
Total Flow Rate						4268.5	7252.23				

4.10 Pemilihan Ceiling Ventilator dan Diffuser

- I. Untuk Kebutuhan Ruang Deck 1 dan 2 (Tanpa Ruang Operasi, CSSD, BHP)
 - Kebutuhan Ruang Deck 1 dan 2 menggunakan inlet diffuser seperti pada gambar 4.8 menurut katalog diffuser (Oc Waterloo).
 - Ruang administrasi
 - Model : CELL 2300
 - Air Volume : 90 m³/h



Gambar 4.8 Diffuser Ruang Deck 1 dan 2

Tabel 4.20 dan 4.21 merupakan rangkuman hasil pemilihan Ceiling Ventilator dan Diffuser Ruang Deck 1 dan 2.

Tabel 4.20 Pemilihan *Ceiling Ventilator* dan *Diffuser* Ruang Deck 1 dan 2

No	Bagian	P	L	T	ACH	Cmh	Q m ³ /h	N (Branch)	CFM	MODEL AIR CELL 2000	
										l/s	m ³ /h
1	Ruang Administrasi	2	3.5	2.5	5	87.5	148.663	1	87.5000434	25	90
2	Gudang Peralatan	2	3.5	2.5	5	87.5	148.663	1	87.5000434	25	90
3	Laboratorium	2.65	3.5	2.5	8	185.5	315.167	1	185.500092	50	190
4	Radiologi	3.65	3.5	2.5	8	255.5	434.097	1	255.500127	75	270
5	Gang way 1	7.75	2	2.5	5	193.75	329.183	1	193.750096	50	190
6	Ruang Persiapan	4	3.5	2.5	5	175	297.327	1	175.000087	50	190
7	Ruang Obat	1.5	3.5	2.5	5	65.625	111.498	1	65.6250326	20	70
8	Gang way 2	7.75	2	2.5	5	193.75	329.183	1	193.750096	55	200
9	Gang way 3	7.75	2	2.5	5	193.75	329.183	1	193.750096	55	200
10	Gang way 4	7.75	2	2.5	5	193.75	329.183	1	193.750096	55	200
11	Ruang Pemulihan	4	9	2.5	15	1350	2293.66	3	450.000223	125	450
12	Gudang makanan	2.5	3	2.5	5	93.75	159.282	1	93.7500465	28	100
13	Kamar Tenaga Medis	3	3	2.5	5	112.5	191.139	1	112.500056	40	120
14	Kamar Koki	3	3	2.5	5	112.5	191.139	1	112.500056	40	120
15	Kamar Tenaga Medis	3	3	2.5	5	112.5	191.139	1	112.500056	40	120
16	Ruang Rapat	5	3	2.5	5	187.5	318.565	2	93.7500465	28	100
17	Kamar KRU kapal	3	3	2.5	5	112.5	191.139	1	112.500056	40	120
18	Kamar Tenaga Medis	3	3	2.5	5	112.5	191.139	1	112.500056	40	120
19	Ruang Serba Guna	5	3	2.5	5	187.5	318.565	2	93.7500465	28	100
20	Kamar ahli mesin	3	3	2.5	5	112.5	191.139	1	112.500056	40	120
21	Kamar Tenaga Medis	3	3	2.5	5	112.5	191.139	1	112.500056	40	120
22	Kamar Kapten & muallim	3	3	2.5	5	112.5	191.139	1	112.500056	40	120
23	Ruang Navigasi	3	9	2.5	5	337.5	573.416	3	112.500056	40	120
Total Flow Rate						4687.9	7964.75				

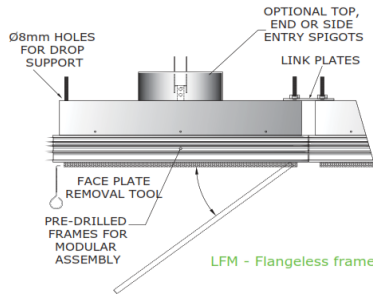
II. Untuk Kebutuhan Ruang Operasi, CSSD, BHP adalah

Menurut perhitungan kebutuhan udara tiap ruangan makan dipilih model inlet diffuser seperti pada gambar 4.9 yang didapat dari hasil kebutuhan udara yang didapat kemudian dipilih inlet diffuser yang mempunyai kemampuan mengalirkan udara sesuai kebutuhan tiap ruangan menurut katalog diffuser (Oc Waterloo)..

Ruang BHP

Model : LFM

Unit Size : 600 x 600



Gambar 4.9 Diffuser Ruang Operasi, CSSD, BHP

Tabel 4.21 Pemilihan *Ceiling Ventilator* dan *Diffuser* Ruang Operasi, CSSD, BHP

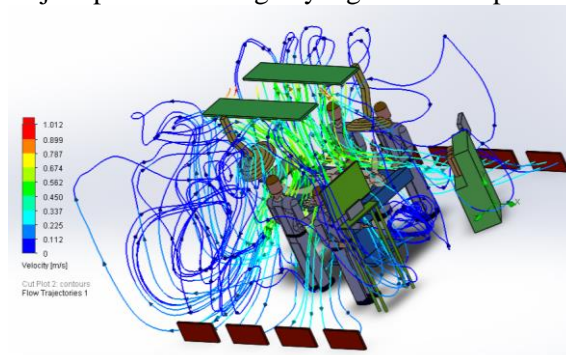
No	Bagian	P	L	T	ACH	Cmh	Q m ³ /h	N (Branch)	CFM	MODEL LAMINAR FLOW	
										Type	Unit Size
1	Ruang BHP	2.5	2.7	2.5	17	286.88	487.404	1	286.875142	LFM	600 X 600
2	Ruang CSSD	3.5	2.7	2.5	17	401.63	682.365	1	401.625199	LFM	600 X 600
3	Ruang Operasi Kecil 1	4	3.5	2.5	19	665	1129.84	2	332.500165	LFM	2000 X 400
4	Ruang Operasi Kecil 2	4	3.5	2.5	19	665	1129.84	2	332.500165	LFM	2000 X 400
5	Ruang Operasi Besar 1	5	4.5	2.5	20	1125	1911.39	2	562.500279	LFM	2000 X 400
6	Ruang Operasi Besar 2	5	4.5	2.5	20	1125	1911.39	2	562.500279	LFM	2000 X 400
Total Flow Rate						4268.5	7252.23				

4.12 Simulasi Hasil Udara

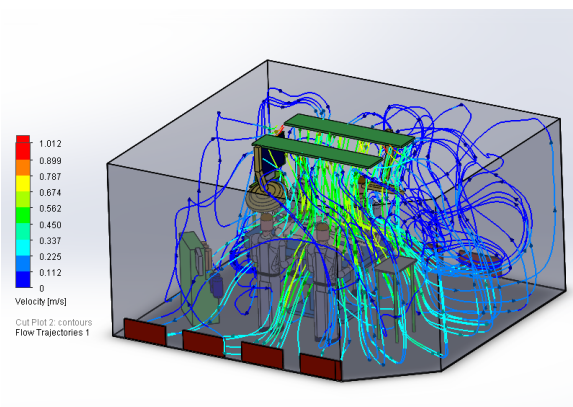
4.12.1 Ruang Operasi Besar

4.12.1.1 Dua *Inlet*, Dua Sisi *Outlet* (Parameter 1)

Pada simulasi udara yang dihasilkan dari udara dua inlet diffuser dan dua sisi outlet menghasilkan hasil udara yang masih terdapat turbulensi, masih terdapat udara yang berputar didalam ruangan seperti gambar 4.10 dan gambar 4.11 sama hasilnya hanya saja ada penampilan dari dinding ruangan ditunjukkan dengan adanya gumpalan garis-garis warna biru yang kuantitasnya banyak. Hal ini Karena *outlet* penyerapan udara tidak terdapat disemua sisi sehingga turbulensi terjadi pada sisi ruangan yang tidak terdapat *outlet* udara.



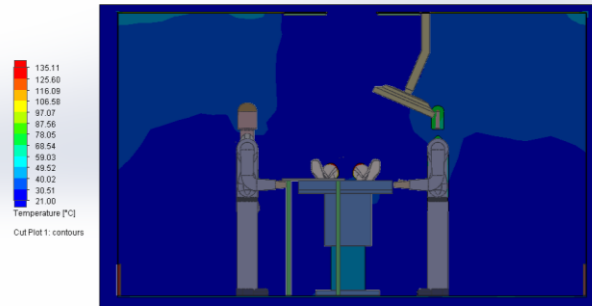
Gambar 4.10 *Velocity* Dua *Inlet* Dua Sisi *Outlet*



Gambar 4.11 *Velocity* Dua *Inlet* Dua Sisi *Outlet*

Pada gambar 4.12 temperatur sudah memenuhi untuk ruangan operasi yaitu antara 17-24 °C bisa dilihat dari distribusi udara dari parameter udara dimana ditandai dengan daerah berwarna biru tua yang mencapai suhu 21 °C dan daerah berwarna biru muda dengan melihat parameter nilainya mencapai 23 °C, penyebaran udara terdingin terletak dekat dengan daerah sekitar inlet diffuser dan daerah bersuhu 23 °C lebih cenderung terdapat di pojok – pojok ruangan. Hal ini dikarenakan persebaran udara lebih cenderung dingin

didaerah keluarnya udara dari *inlet diffuser*. Suhu tersebut tergantung pengaturan temperature pada *chiller*.



Gambar 4.12 Temperatur Dua Inlet Dua Sisi Outlet

Pada simulasi gambar 4.13 *Relative Humidity* (RH) didapat persebaran dengan ditandai dengan warna merah tua dimana mempunyai nilai (RH) tertinggi, warna merah muda dengan nilai (RH) lebih rendah, warna kuning dan warna hijau dengan nilai (RH) lebih rendah lagi. Nilai (RH) tertinggi didapat disekitar keluarnya udara dari *inlet diffuser* sedangkan nilai (RH) terendah didapat didaerah pojok-pojok ruangan. Hal itu dikarenakan udara didaerah *inlet diffuser* masih membawa cukup (RH) dari *system AHU* yang dipanaskan oleh *heater*, sedangkan udara dipojok-pojok sudah menyebar dan persebaran (RH) jauh lebih kecil.

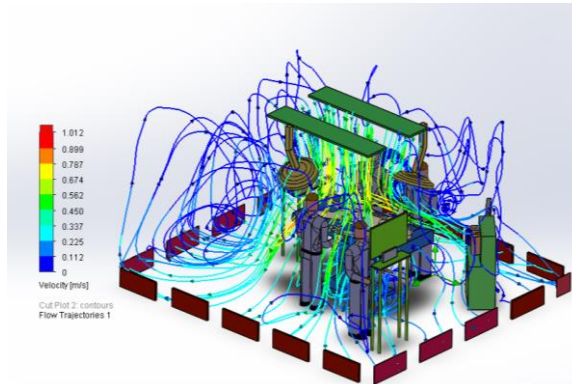


Gambar 4.13 RH Dua Inlet Dua Sisi Outlet

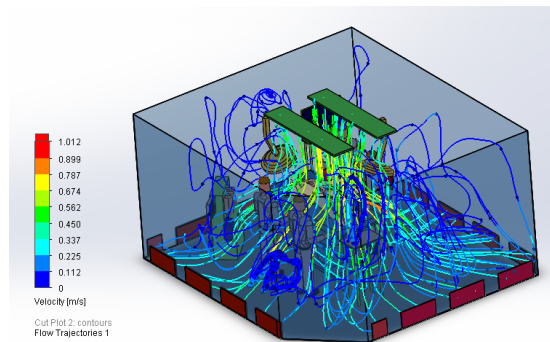
4.12.1.2 Dua Inlet, Empat Sisi Outlet (Parameter 2)

Pada simulasi udara yang dihasilkan dari udara dua *inlet diffuser* dan empat sisi *outlet* menghasilkan hasil udara paling optimum laminar alirannya dari 6 parameter yang di simulasi, walaupun beberapa masih terdapat sedikit turbulensi dan udara yang berputar didalam ruangan seperti gambar 4.14 dan gambar 4.15 ditunjukkan dengan adanya gumpalan garis-garis warna biru yang berada dibawah ceiling dimana kuantitasnya lebih sedikit. Pada desain ini terdapat dua *inlet diffuser* sehingga udara yang masuk bisa langsung menuju sisi kanan dan kiri serta semua sisi terdapat *outlet* penyerapan udara sehingga

udara bisa langsung diserap dan meminimalisir udara terjebak diarea semua sisi ruangan.

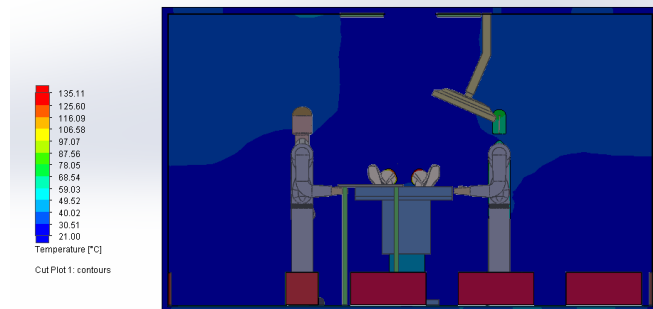


Gambar 4.14 Velocity Dua *Inlet* Empat Sisi *Outlet*



Gambar 4.15 Velocity Dua *Inlet* Empat Sisi *Outlet*

Pada gambar 4.16 dan gambar 4.17 temperatur sudah memenuhi untuk ruangan operasi yaitu antara 17-24 °C. Dilihat dari distribusi udara dari parameter udara dimana ditandai dengan daerah berwarna biru tua yang mencapai suhu 21 °C dan daerah berwarna biru muda dengan melihat parameter nilainya mencapai 23 °C, penyebaran udara terdingin terletak dekat dengan daerah sekitar inlet diffuser dan daerah bersuhu 23 °C lebih cenderung terdapat di pojok – pojok ruangan. Hal ini dikarenakan persebaran udara lebih cenderung dingin didaerah keluarnya udara dari *inlet diffuser*. Suhu tersebut tergantung pengaturan temperature pada *chiller*.



Gambar 4.16 Temperatur Dua *Inlet* Empat Sisi *Outlet*

Relative Humidity (RH) pada gambar 4.17 telah memenuhi yaitu 45% sementara yang direncanakan 45-60%. 13 *Relative Humidity* (RH) didapat persebaran dengan ditandai dengan warna merah tua dimana mempunyai nilai (RH) tertinggi, warna merah muda dengan nilai (RH) lebih rendah, warna kuning dan warna hijau dengan nilai (RH) lebih rendah lagi. Nilai (RH) tertinggi didapat disekitar keluarnya udara dari inlet diffuser sedangkan nilai (RH) terendah didapat didaerah pojok-pojok ruangan. Hal itu dikarenakan udara didaerah inlet diffuser masih membawa cukup (RH) dari system AHU yang dipanaskan oleh heater, sedangkan udara dipojok-pojok sudah menyebar dan persebaran (RH) jauh lebih kecil. Hasil (RH) lebih menyebar daripada simulasi parameter 1, hal ini dikarenakan lebih banyak *exhaust* udara yang menghisap udara didalam ruangan lebih cepat sehingga distribusi (RH) lebih singkat didalam ruangan.

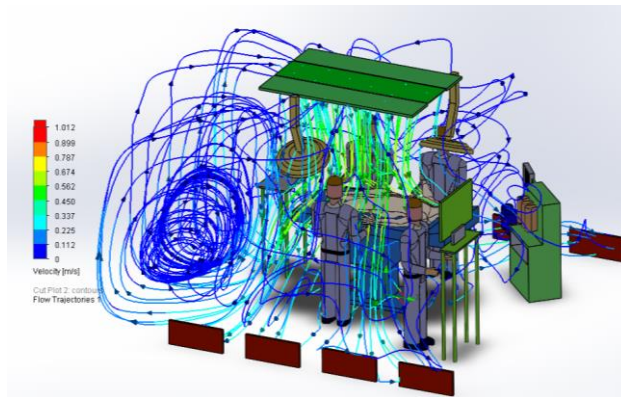


Gambar 4.17 RH Dua *Inlet* Empat Sisi *Outlet*

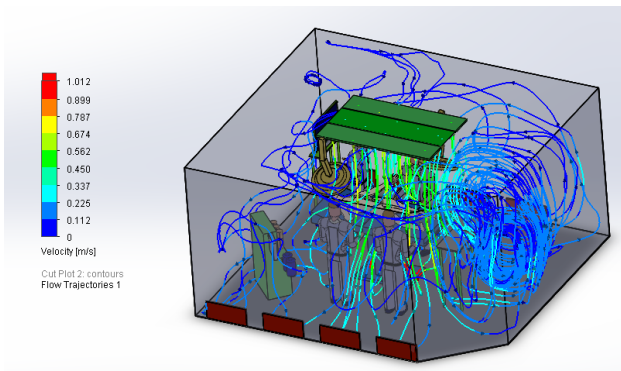
4.12.1.3 Tiga *Inlet*, Dua Sisi *Outlet* (Parameter 3)

Pada simulasi udara yang dihasilkan dari udara tiga *inlet diffuser* dan dua sisi *outlet* menghasilkan hasil udara yang masih terdapat turbulensi bahkan lebih banyak udara yang berputar dibandingkan dengan desain dua *inlet diffuser* dan dua sisi *outlet* (Parameter 1), bisa diketahui dari gambar 4.18 dan gambar 4.19 ditunjukkan dengan adanya gumpalan garis-garis warna biru yang

berada dibawah ceiling dimana kuantitasnya lebih banyak. Pada desain ini terdapat 2 sisi *outlet diffuser* dimana kemampuan penghisapan udara lebih kecil dari yang mempunyai 4 sisi *outlet exhaust*.

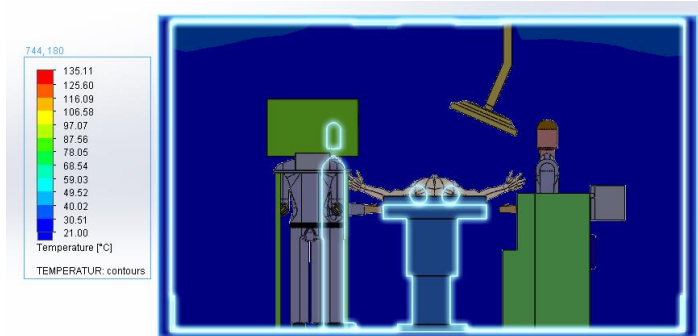


Gambar 4.18 Velocity Tiga *Inlet* Dua Sisi *Outlet*



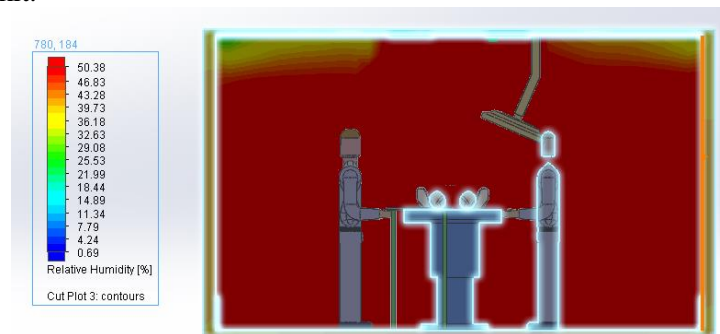
Gambar 4.19 Velocity Tiga *Inlet* Dua Sisi *Outlet*

Pada gambar 4.20 temperatur sudah memenuhi untuk ruangan operasi yaitu antara 17-24 °C. Dilihat dari distribusi udara dari parameter udara dimana ditandai dengan daerah berwarna biru tua yang mencapai suhu 21 °C dan daerah berwarna biru muda dengan melihat parameter nilainya mencapai 23 °C, penyebaran udara terdingin terletak dekat dengan daerah sekitar inlet diffuser dan daerah bersuhu 23 °C lebih cenderung terdapat di pojok – pojok ruangan. Hal ini dikarenakan persebaran udara lebih cenderung dingin didaerah keluarnya udara dari *inlet diffuser*. Suhu ruangan ini lebih menyebar karena outlet diffuser yang lebih sedikit. Pengaturan suhu dilakukan dengan pengaturan temperature pada *chiller*.



Gambar 4.20 Temperatur Tiga *Inlet* Dua Sisi *Outlet*

Pada gambar 4.21 *Relative Humidity* (RH) telah memenuhi yaitu 45% sementara yang direncanakan 45-60%. Didapat persebaran dengan ditandai dengan warna merah tua dimana mempunyai nilai (RH) tertinggi, warna merah muda dengan nilai (RH) lebih rendah, warna kuning dan warna hijau dengan nilai (RH) lebih rendah lagi. Nilai (RH) tertinggi didapat disekitar keluarnya udara dari inlet diffuser sedangkan nilai (RH) terendah didapat didaerah pojok-pojok ruangan. Hal itu dikarenakan udara didaerah inlet diffuser masih membawa cukup (RH) dari *system* AHU yang dipanaskan oleh heater, sedangkan udara dipojok-pojok sudah menyebar dan persebaran (RH) jauh lebih kecil. Persebaran warna didominasi lebih banyak warna merah itu berarti (RH) dengan nilai 50% lebih mendominasi. Hal ini terjadi karena jumlah sisi *outlet diffuser* yang hanya ada dua sisi dimana penyerapannya lebih sedikit.

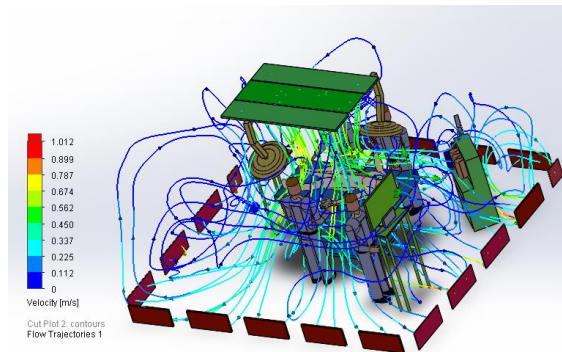


Gambar 4.21 RH Tiga *Inlet* Dua Sisi *Outlet*

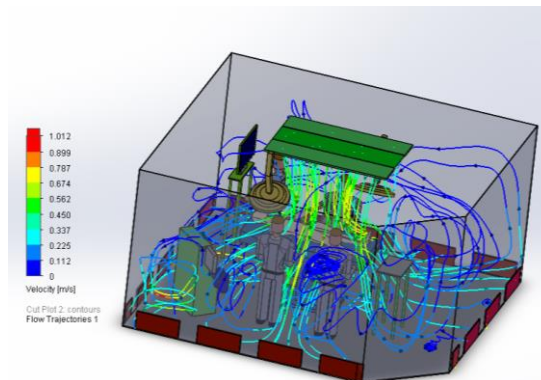
4.12.1.4 Tiga *Inlet*, Empat Sisi *Outlet* (Parameter 4)

Pada simulasi udara yang dihasilkan dari udara tiga *inlet diffuser* dan empat sisi *outlet* menghasilkan hasil udara laminar alira ruangnya ditunjukkan dengan adanya gumpalan garis-garis warna biru yang kuantitasnya lebih sedikit, namun juga masih terdapat turbulensi dan udara yang berputar di dekat monitor ini karena terdapat tiga *inlet diffuser* sehingga penyebaran udara lebih banyak, udara inlet ditengah akan mendorong udara inlet samping bisa

diketahui dari gambar 4.22 dan gambar 4.23 bahwa udara turbulensi lebih banyak diperalatan karena terhalang alirannya.

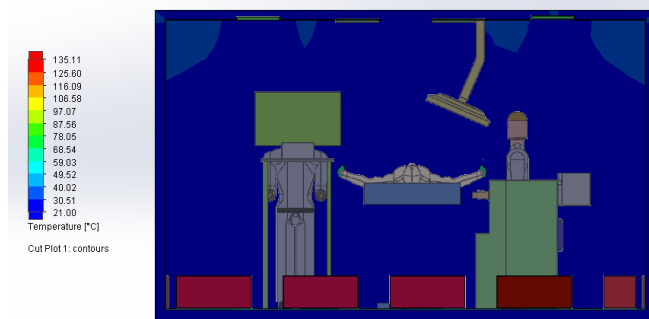


Gambar 4.22 Velocity Tiga Inlet Empat Sisi Outlet



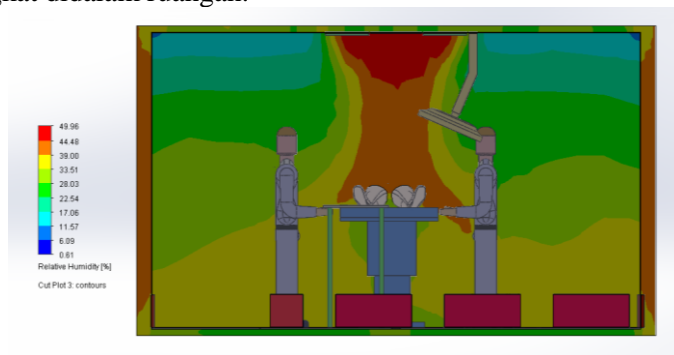
Gambar 4.23 Velocity Tiga Inlet Empat Sisi Outlet

Pada gambar 4.24 temperatur sudah memenuhi untuk ruangan operasi yaitu antara 17-24 °C. Dilihat dari distribusi udara dari parameter udara dimana ditandai dengan daerah berwarna biru tua yang mencapai suhu 21 °C dan daerah berwarna biru muda dengan melihat parameter nilainya mencapai 23 °C, penyebaran udara terdingin terletak dekat dengan daerah sekitar inlet diffuser dan daerah bersuhu 23 °C lebih cenderung terdapat di pojok – pojok ruangan. Hal ini dikarenakan persebaran udara lebih cenderung dingin didaerah keluarnya udara dari *inlet diffuser*. Suhu tersebut tergantung pengaturan temperature pada *chiller*. Persebaran suhu disini tidak seperti parameter 3 dimana daerah warna biru lebih banyak. Hal ini dikarenakan simulasi gambar 4.24 mempunyai jumlah empat sisi *outlet diffuser*.



Gambar 4.24 Temperatur Tiga *Inlet* Empat Sisi *Outlet*

Relative Humidity (RH) pada gambar 4.25 telah memenuhi yaitu 45% sementara yang direncanakan 45-60%. *Relative Humidity* (RH) didapat persebaran dengan ditandai dengan warna merah tua dimana mempunyai nilai (RH) tertinggi, warna merah muda dengan nilai (RH) lebih rendah, warna kuning dan warna hijau dengan nilai (RH) lebih rendah lagi. Nilai (RH) tertinggi didapat disekitar keluarnya udara dari inlet diffuser sedangkan nilai (RH) terendah didapat didaerah pojok-pojok ruangan. Hal itu dikarenakan udara didaerah *inlet diffuser* masih membawa cukup (RH) dari system AHU yang dipanaskan oleh heater, sedangkan udara dipojok-pojok sudah menyebar dan persebaran (RH) jauh lebih kecil. Hasil (RH) lebih menyebra daripada simulasi parameter 1, hal ini dikarenakan lebih banyak *exhaust* udara yang menghisap udara didalam ruangan lebih cepat sehingga distribusi (RH) lebih singkat didalam ruangan.

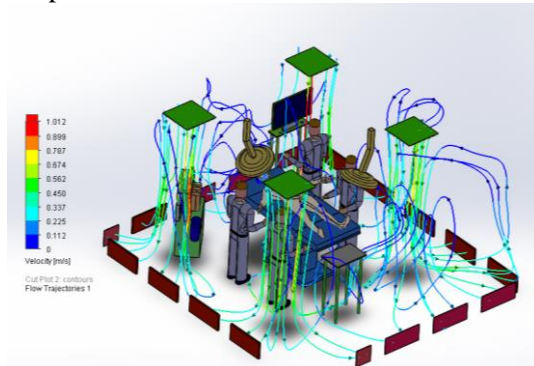


Gambar 4.25 RH Tiga *Inlet* Empat *Outlet*

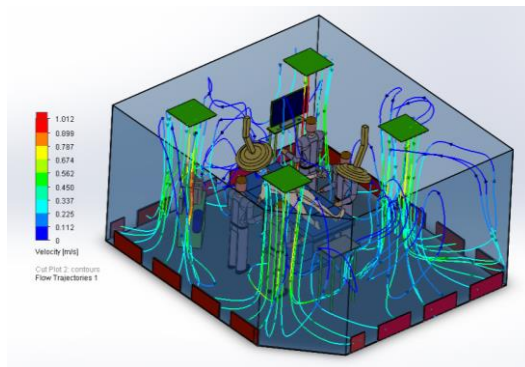
4.12.1.5 Empat *Inlet*, Empat Sisi *Outlet* (Parameter 5)

Pada simulasi udara yang dihasilkan dari gambar 4.26 dan 4.27 terdapat empat *inlet diffuser* dan empat sisi *outlet* menghasilkan hasil udara yang laminar terhadap outlet, *Inlet diffuser* terdapat 4 titik posisi dan hasil udara yang dihembuskan laminar, diserap langsung leh outlet. Hasil udara cenderung laminar bisa dilihat dari garis-garis yang lebih sedikit terdapat gumpalanya.

Namun ini bukan yang dirkomendasikan karena inlet diffuser tidak ditempatkan diatas pasien..

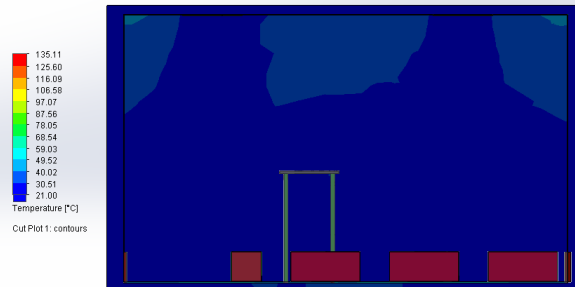


Gambar 4.26 Velocity Empat Inlet Empat Sisi Outlet



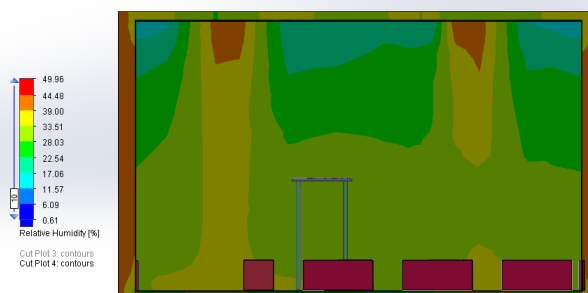
Gambar 4.27 Velocity Empat Inlet Empat Sisi Outlet

Pada simulasi gambar 4.28 temperatur sudah memenuhi untuk ruangan operasi yaitu antara 17-24 °C. Dilihat dari distribusi udara dari parameter udara dimana ditandai dengan daerah berwarna biru tua yang mencapai suhu 21 °C dan daerah berwarna biru muda dengan melihat parameter nilainya mencapai 23 °C, penyebaran udara terdingin terletak dekat dengan daerah sekitar inlet diffuser dan daerah bersuhu 23 °C lebih cenderung terdapat di pojok – pojok ruangan. Hal ini dikarenakan persebaran udara lebih cenderung dingin didaerah keluarnya udara dari *inlet diffuser*. Suhu tersebut tergantung pengaturan temperature pada *chiller*. Persebaran suhu disini teletak didua sisi yang lebih menjauh dari pasien tidak seperti parameter yang lain dimana daerah warna biru lebih banyak.



Gambar 4.28 Temperatur Empat *Inlet* Empat Sisi *Outlet*

Relative Humidity (RH) juga memenuhi untuk ruangan operasi. Tapi desain ini keluar dari fungsi dari ventilasi ruang operasi itu sendiri, dimana *inlet* harus berada diatas pasein karena berfungsi untuk menghembuskan kontaminan-kontaminan yang berada diarea dekat pasien bisa dilihat pada gambar 4.26 dan gambar 4.27. *Relative Humidity* (RH) didapat persebaran dengan ditandai dengan warna merah tua dimana mempunyai nilai (RH) tertinggi, warna merah muda dengan nilai (RH) lebih rendah, warna kuning dan warna hijau dengan nilai (RH) lebih rendah lagi. Nilai (RH) tertinggi didapat disekiar keluarnya udara dari inlet diffuser sedangkan nilai (RH) terendah didapat didaerah pojok-pojok ruangan. Hal itu dikarenakan udara didaerah inlet diffuser masih membawa cukup (RH) dari system AHU yang dipanaskan oleh *heater*, sedangkan udara dipojok-pojok dan ditengah sudah menyebar dan persebaran (RH) jauh lebih kecil.

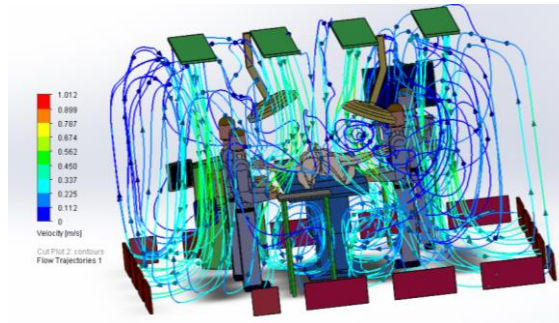


Gambar 4.29 RH Empat *Inlet*, Empat Sisi *Outlet*

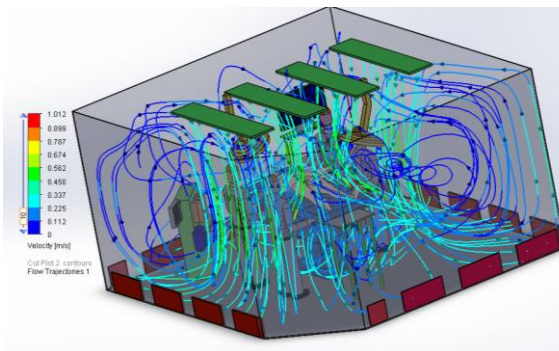
4.12.1.6 Empat *Inlet* Panjang, Empat Sisi *Outlet* (Parameter 6)

Pada simulasi udara yang dihasilkan dari udara empat *inlet diffuser* dan empat *sisi outlet* menghasilkan hasil udara yang banyak sekali turbulensi dan udara berputar diarea samping pasien seperti gambar 4.30 dan gambar 4.31. Ditunjukkan dengan adanya gumpalan garis-garis warna biru yang kuantitasnya

banyak dan memutar dibawah inlet disetiap inlet diffuser .Hal ini karena terdapat empat udara yang menyebar namun penempatannya saling berjauhan. Tetapi melalui *inlet diffuser* udara bisa diserap *outlet* lebih cepat, sehingga udara akan berputar beberapa saat kemudian akan diserap oleh *outlet*. Pada simulasi diperlihatkan udara keluar langsung turun kebawah dan langsung dihisap oleh exhaust diffuser.

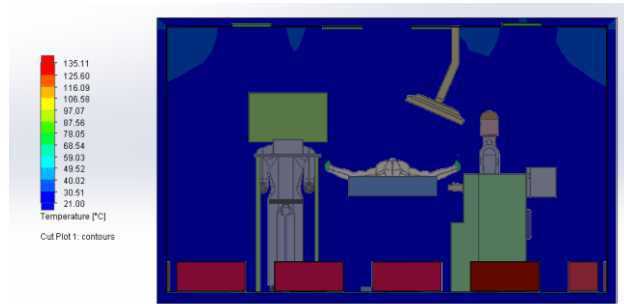


Gambar 4.30 Velocity Empat *Inlet* Panjang Empat Sisi *Outlet*



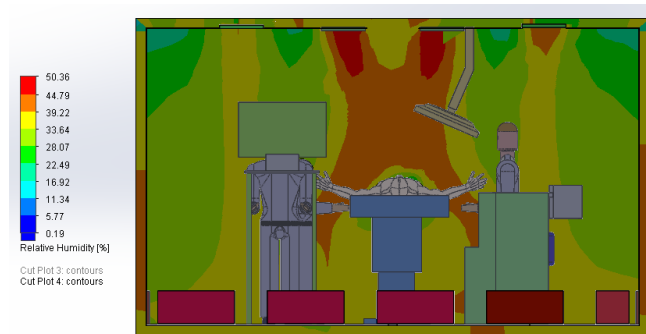
Gambar 4.31 Velocity Empat *Inlet* Panjang Empat Sisi *Outlet*

Pada gambar 4.32 temperatur sudah memenuhi untuk ruangan operasi yaitu antara 17-24 °C. Dilihat dari distribusi udara dari parameter udara dimana ditandai dengan daerah berwarna biru tua yang mencapai suhu 21 °C dan daerah berwarna biru muda dengan melihat parameter nilainya mencapai 23 °C, penyebaran udara terdingin terletak dekat dengan daerah sekitar inlet diffuser dan daerah bersuhu 23 °C lebih cenderung terdapat di pojok – pojok ruangan. Hal ini dikarenakan persebaran udara lebih cenderung dingin didaerah keluarnya udara dari *inlet diffuser*. Namun parameter penempatan ini mempunyai karakteristik yang tidak sesuai untuk ruang operasi.



Gambar 4.32 Temperatur Empat *Inlet* Panjang, Empat Sisi *Outlet*

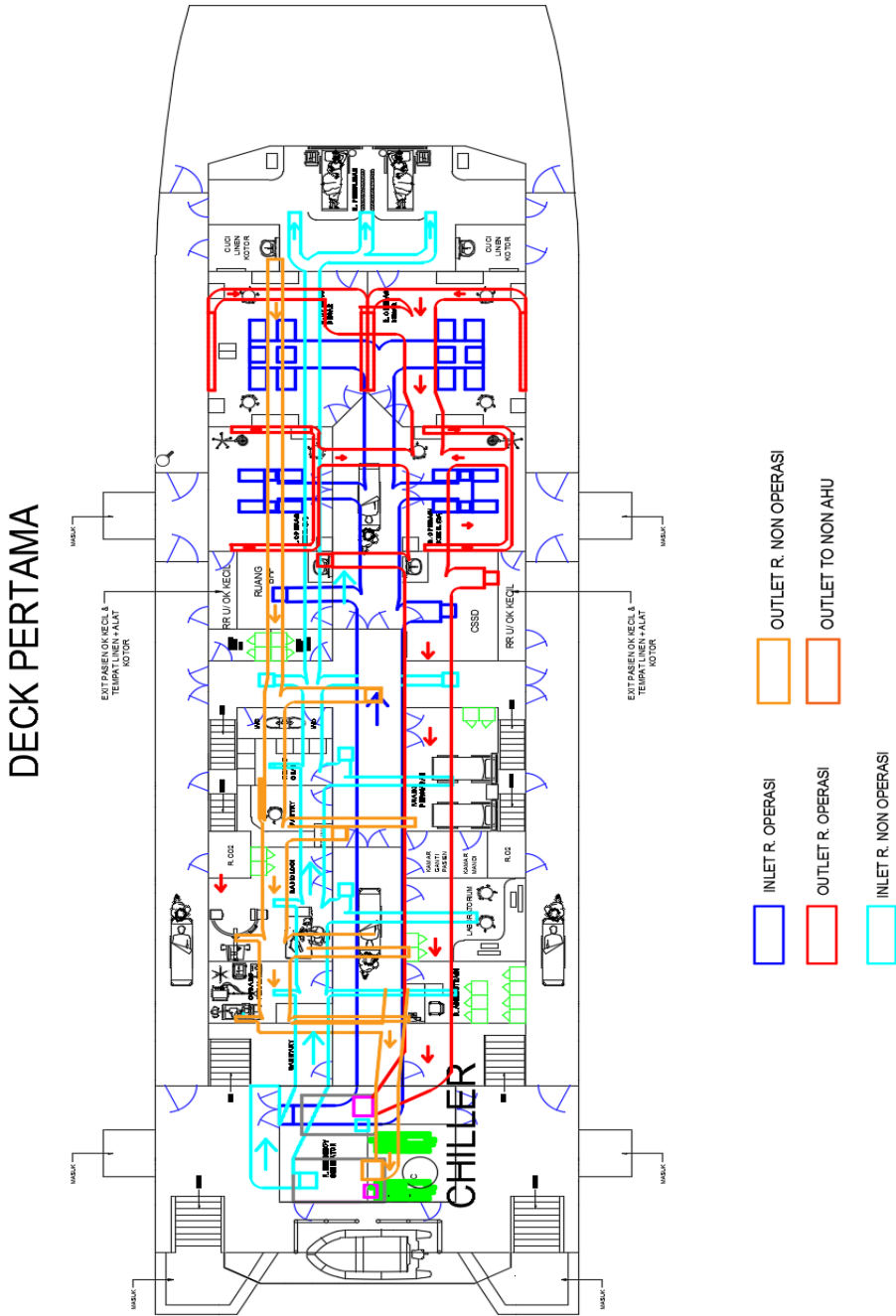
Relative Humidity (RH) pada simulasi gambar 4.33 memenuhi untuk ruangan operasi. Tapi desain ini keluar dari fungsi dari ventilasi ruang operasi itu sendiri, dimana *inlet* harus berada diatas pasein karena berfungsi untuk menghembuskan kontaminan-kontaminan yang berada diarea dekat pasien bisa dilihat pada gambar 4.23. *Relative Humidity* (RH) didapat persebaran tidak merata dan beragis garis dari atas kebawah dengan ditandai dengan warna merah tua dimana mempunyai nilai (RH) tertinggi, warna merah muda dengan nilai (RH) lebih rendah, warna kuning dan warna hijau dengan nilai (RH) lebih rendah lagi. Nilai (RH) tertinggi didapat disekiar keluarnya udara dari inlet diffuser sedangkan nilai (RH) terendah didapat didaerah pojok-pojok ruangan. Hal itu dikarenakan udara didaerah inlet diffuser masih membawa cukup (RH) dari system AHU yang dipanaskan oleh heater, sedangkan udara dipojok-pojok dan ditengah sudah menyebar dan persebaran (RH) jauh lebih kecil.



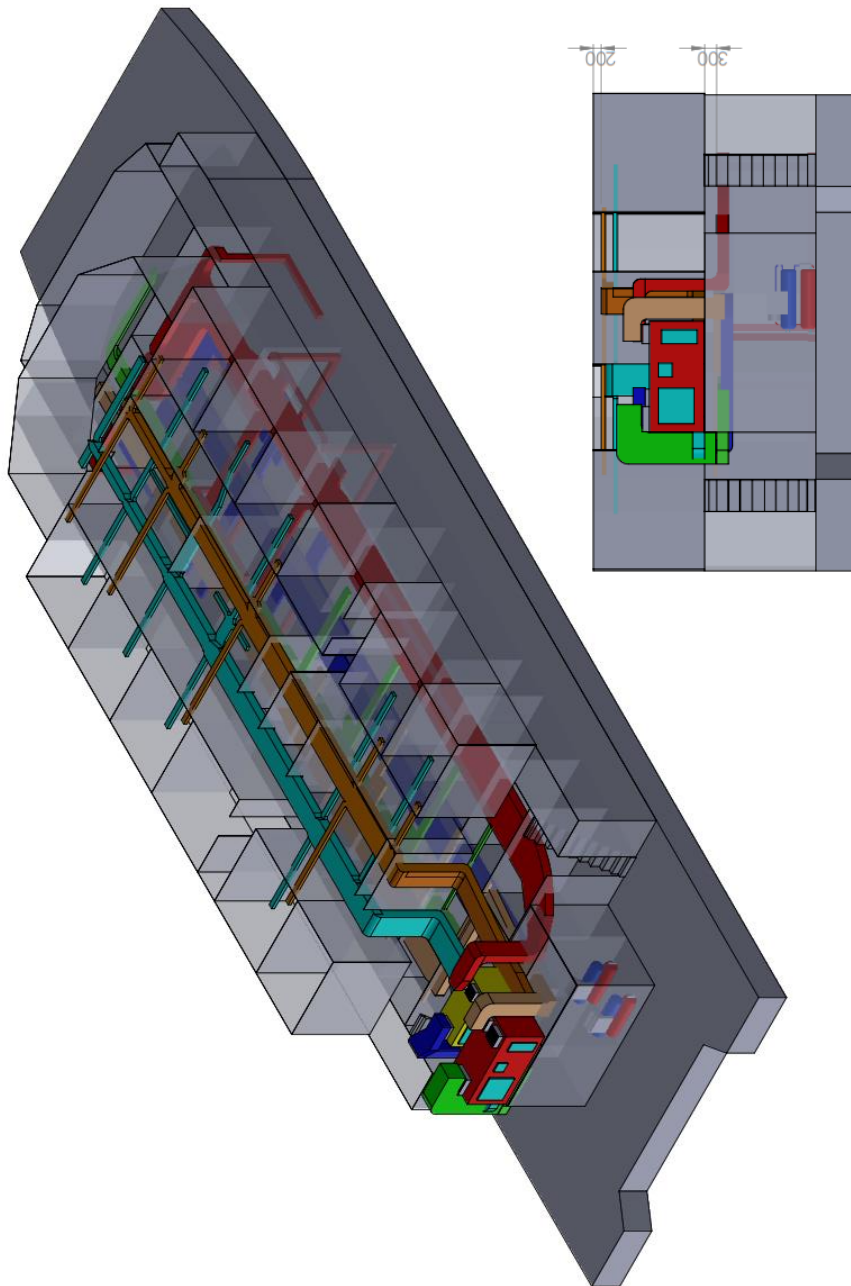
Gambar 4.33 RH Empat *Inlet* Panjang 4 *Outlet*

Desain yang mendekati untuk pemilihan penempatan inlet diffuser dan outlet adalah parameter 2 dan 4 dimana kedua desain tersebut mencapai *optimum laminar flow* pada hasil udara yang dihasilkan

4.13 Detail Design AHU System



Gambar 4.34 Keyplan AHU Deck 1



Gambar 4.36 3D AHU System

4.14 Calculation Fresh Water Pump

4.14.1 Menentukan diameter pipa fresh water

Persamaan yang digunakan adalah :

$$Q = A \times v$$

Dimana :

Q : Debit air m^3/h (mengambil $5 m^3/h = 0,00139$)

A : Luas penampang $m^2 = \pi \times D^2/4$

v : Kecepatan aliran m/s (mengambil 2 m/s)

Maka :

$$Q = A \times v$$

$$Q = \left(\pi \times \frac{D^2}{4} \right) \times v$$

$$0,0022 \frac{m^3}{s} = \left(3,14 \times \frac{D^2}{4} \right) \times v$$

$$D = \sqrt{\frac{Q \times 4}{3,14 \times v}}$$

$$D = \sqrt{\frac{0,00139 \frac{m^3}{s} \times 4}{3,14 \times 2 \frac{m}{s}}}$$

$$D = 0,029 \text{ m} \Rightarrow 30 \text{ mm}$$

Tabel 4.22 Diameter Pipa Fresh Water

Pipe the selected type of carbon steel galvanized, JIS 3452			
Type	JIS G 3452		
Nominal Pipe Size	32A		
Inside diameter	39.2		mm
Thickness	3.5		mm
Outside diameter	42.7		mm

4.14.2 Menentukan pompa fresh water

$$\text{Head static (Hs)} = T + (6 \text{ m})$$

$$= 2 + 6$$

$$= 8 \text{ m}$$

$$\text{Head pressure (Hp)} = \frac{(P_{dis} - P_{suc})}{\gamma}$$

$$= 0$$

Head Velocity (Hv) Discharge & Suction

$$= \frac{(V^2_{dis} - V^2_{suc})}{2g}$$

$$= 0$$

Head loss di suction

$$\begin{aligned} \text{Viscosity} &= 1,03 \text{ di } 30 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= \frac{1,03}{10^6} = 0.00000103 \text{ m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{(V_s \times d_s)}{n} \\ &= \frac{(2 \times 45,1^{-3})}{0.00000103 \text{ m}^2/\text{s}} \\ &= 87,5 \Rightarrow \text{turbulen} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Friction losses} &= 0,02 + 0,0005/D \\ &= 0,02 + 45,1 \text{ mm} \\ &= 0,0311 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang suction pipa} = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Mayor losses (hf)} &= \frac{f \times L \times v^2}{D \times g} \\ &= \frac{0,0311 \times 3 \text{ m} \times 3^2}{\frac{45,1}{10000} \times 9,8} \\ &= 0,95 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 4.23 *Minor Losses Suction*

No	type			N	k	n x k
1	Elbow 90°			1	0.57	0.57
2	Gate Valve			1	1.15	1.15
3	Strainer			1	1.5	1.5
4	SDNRV			0	1.23	0
5	Conjunction T			1	1.14	1.14
					Total	4.36

$$\begin{aligned} \text{Minor Losses (hl)} &= \frac{k_{\text{total}} \times v^2}{2g} \\ &= \frac{4,36 \times 3^2}{2 \times 9,8} = 2 \text{ m} \end{aligned}$$

Head Loss for Suction Line

$$= \text{Major Head Loss} + \text{Minor Head Loss}$$

$$= (H_p + H_v) + (H_f + H_l)$$

$$= (0 + 0) + (0,95 + 2)$$

$$= 3 \text{ m}$$

Head loss di discharge

Viscosity = 1,03 di 30 °C

$$= \frac{1,03}{10^6} = 0.00000103 \text{ m}^2/\text{s}$$

Rn = $\frac{(Vs \times ds)}{n}$

$$= \frac{(3 \times 45,1^{-3})}{0.00000103 \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$= 131.359 \Rightarrow \text{turbulen}$$

Friction losses = 0,02 + 0,0005/D

$$= 0,02 + 45,1 \text{ mm}$$

$$= 0,0311$$

Panjang discharge pipa = 4 m

Mayor losses (hf) = $\frac{f \times L \times v^2}{D \times g}$

$$= \frac{0,0311 \times 4 \text{ m} \times 3^2}{\frac{45,1}{10000} \times 9,8}$$

$$= 1,27 \text{ m}$$

Tabel 4.24 *Minor Losses Discharge*

No	Type	N	k	n x k
1	Elbow 90°	1	0.57	0.57
2	Butterfly valve	1	0.86	0.86
3	SDNRV	1	1.23	1.23
4	Strainer	0	1.5	0
5	Conjunction T	1	1.14	1.14
			Total	3.8

Minor Losses (hl) = $\frac{k \text{ total} \times v^2}{2g}$

$$= \frac{3.8 \times 3^2}{2 \times 9,8} = 1,8 \text{ m}$$

Head Loss for Discharge Line

$$= \text{Major Head Loss} + \text{Minor Head Loss}$$

$$\begin{aligned}
 &= (H_p + H_v) + (H_f + H_l) \\
 &= (0 + 0) + (1,27 + 1,8) \\
 &= 3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Total head losses (Hl)

= Head static (Hs) + Head Loss for Suction Line + Head Loss for Discharge Line

$$= 8 + 3 + 3$$

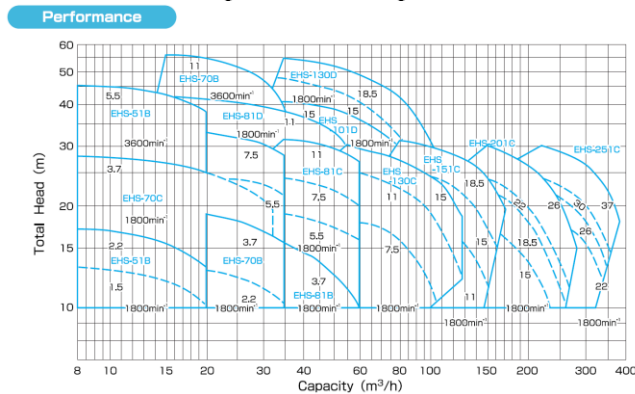
= **14, m** (Kebutuhan Head)

Dengan spesifikasi diatas maka dipilih pompa dengan spesifikasi yang berikut, spesifikasi pompanya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.25 Spesifikasi Pompa

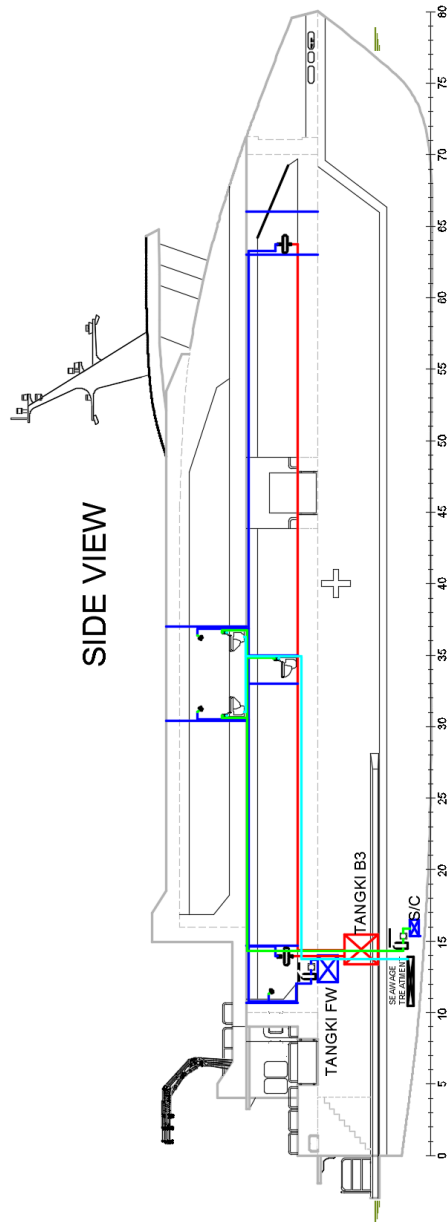
Merk	=	TAIKO EHS-51 B
Type	=	Horizontal
Capacity	=	8 m ³ /hr
Head	=	15 m
Rpm	=	1800 rpm
Power	=	1,5 kw
material impeller	=	Bronze
material shaft	=	Stainless steel
material casing	=	Bronze

Tabel 4 26 Spesifikasi Pompa Fresh Water



(Sumber : Katalog pompa

4.14 Detail Desain Sanitary System



Gambar 4.37 Design Sanitary System

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perencanaan system AHU unit dan hasil udara yang dihasilkan pada ruangan crew dan ruangan kapal rumah sakit apung (RSA), maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil rancangan di tampilkan dalam bentuk 2 dimensi untuk dapat menjelaskan detail pada ducting yang bersilangan maka di desain juga dalam bentuk 3 dimensi. Hasil udara dianalisa dengan 6 parameter dimana masing-masing parameter mempunyai karakteristik hasil udara yang berbeda-beda.
2. Dalam mengkondisikan udara pada ruangan akomodasi maka didapatkan besarnya beban pendinginan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :
 - Beban pendinginan untuk kebutuhan ruangan deck 1 dan 2 (tanpa Ruang Operasi, CSSD, BHP) adalah sebesar **40,89 Kw** atau **139.537,48 Btu/hr** (Cooling capacity).
 - Beban pendinginan untuk kebutuhan Ruang Operasi, Ruang CSSD, dan Ruang BHP adalah sebesar **130 Kw** atau **443.578,46 Btu/hr** (Cooling capacity).
3. Pemilihan spesifikasi komponen untuk menunjang system HVAC ini dipilih setelah melakukan nilai dalam bentuk perhitungan. Maka disini dipilih spesifikasi produk untuk menyediakan kinerja system yang dibutuhkan. Spesifikasi produk ditunjukkan dalam table berikut :

No	Komponen	Spesifikasi
1.	Sea Water Chilled	Cooling capacity dek 1 & 2 = 44,19 Kw Cooling capacity Ruang Operasi, BHP, CSSD = 62,37 Kw
2.	Sea Water Chilled Pump	Kapasitas = 8 m ³ / h Head pompa = 15 m Power = 1,5 kw RPM = 1800 Rpm
3.	Chiller Pump	Kapasitas = 9 m ³ / h Head pompa = 10 m Power = 1,5 kw RPM = 1800 Rpm
4.	Air Handling Unit	AHU 1 Fan Supply Mode = Kruger JHP-10 Fan = 8.000 m ³ / h Max static pressure = 2.000 pa Motor Output = 7,5 Kw Fan Outlet/return Model = Kruger JHP-10

		Fan & Motor = 8.000 m ³ / h AHU 2 Fan Supply Mode = Kruger JHP-7.5 Fan = 7.500 m ³ / h Max static pressure = 1.800 pa Motor Output = 6,5 kW Fan Outlet/return Model = Kruger JHP-7.5 Fan & Motor = 7500 m ³ / h
5.	Sekat dinding ruangan akomodasi	Bahan = Gypsum Konduktifitas Thermal = 0,01
6.	Sea Water Chilled Pipe	Bahan = Galvanized Diamater = 48,6 mm
7.	Ducting board + insulation	Merk = JOHNS MANVILLE Bahan =Fiberglass Kecepatan udara (max) = 30 m/s Temperatur udara (max) = 121 °C Internal pressure =498 Pa Internal pressure = 498
8.	Refrigerant Chiller	R 407

4. Desain yang mendekati untuk pemilihan penempatan inlet diffuser dan outlet adalah parameter 2 dan 4 dimana kedua desain tersebut mencapai *optimum laminar flow* pada hasil udara yang dihasilkan dimana :
- Pada desain dua *inlet* empat *outlet* (parameter 2) terdapat dua *inlet diffuser* sehingga udara yang masuk bisa langsung menuju sisi kanan dan kiri serta semua sisi terdapat *outlet* penyerapan udara sehingga udara bisa langsung diserap dan meminimalisir udara terjebak diarea semua sisi ruangan.
 - Pada desain Tiga inlet empat outlet (parameter 4) terdapat Tiga inlet empat outlet, masih terdapat turbulensi dan udara yang berputar di dekat monitor karena terdapat tiga *inlet diffuser* sehingga penyebaran udara lebih banyak, udara inlet ditengah akan mendorong udara inlet samping

5.2 Saran

Setelah dilakukan studi perencanaan system dari pengkodisian udara (HVAC), maka diberikan beberapa saran sebagai berikut :

- Data mengenai spesifikasi produk yang masih belum lengkap, bisa didapatkan pada perusahaan yang bersangkutan, secara professional. Dikarenakan hal ini untuk membedakan antara produk perusahaan yang dapa dishare sengan data yang digunakan untuk keperluan pembelian secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Kesehatan RI. (2007). *Pedoman Teknis Fasilitas RS Kelas C-complete*. Jakarta Selatan
- Departemen Kesehatan RI. (2012). *Pedoman Teknis Tata Udara RS 2012*. Jakarta Selatan
- Departemen Kesehatan RI. (2012). *Pedoman Teknis Ruang Operasi*. Jakarta Selatan
- CED.Engineering. (2012). *HVAC Design for Healthcare Facilities*. Newyork: Stony Point
- ASHRAE. (2009). *Fundamental. ASHRAE Handbook 2009 Fundamental*.
- ASHRAE. (2010). *Refrigeration. ASHRAE Handbook 2010 Refrigeration*.
- Holman, J. (2010). *Heat Transfer Tenth Edition*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Lewis F. Moody, Prinjencton N.J. (1944). *Friction Factor For Pipe Flow*. Transaction of The A.S.M.E.
- Melinder, Å. (t.thn.). *Handbook On Indirect Refrigeration and Heat Pump System*.
- BKI. (2014). *Volume VIII Rules for Refrigerating Instalation*. Biro Klasifikasi Indonesia.
- Bahri, Syaiful. 2017. *Perencanaan Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Khusus Pengangkut Daging Sapi (Reefer Ship) Rute Nusa Tenggara Timur (NTT)-Jakarta*. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lesdiyanto, Yonatan Rian. 2008. *Perancangan Sistem Pengkodisian Udara Untuk Gedung Perkantoran*. Skripsi. Universitas Gadjah Mada
- Prasadhana, Adityaksa. 2010. *Perencanaan Sistem Ventilasi Dan Pengkodisian Udara (HVAC) Pada Ruangan Akomodasi Kapal Perang Jenis Corvette Ukuran 90 Meter*. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nabighatul Ula, Alhaura. 2008. *Perencanaan Sistem AC Dengan Central Fresh Water Pada Kapal Penumpang RO-RO Bawean*. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Iskandriawan, B, Paul, Herman. 2007. *Komparasi Kinerja Antara Sistem Ventilasi Pencampuran Dengan Pengalihan Udara Kasus : Ruangan Kantor Khusus*. Disertasi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

LAMPIRAN



Water Cooled Reciprocating Chiller

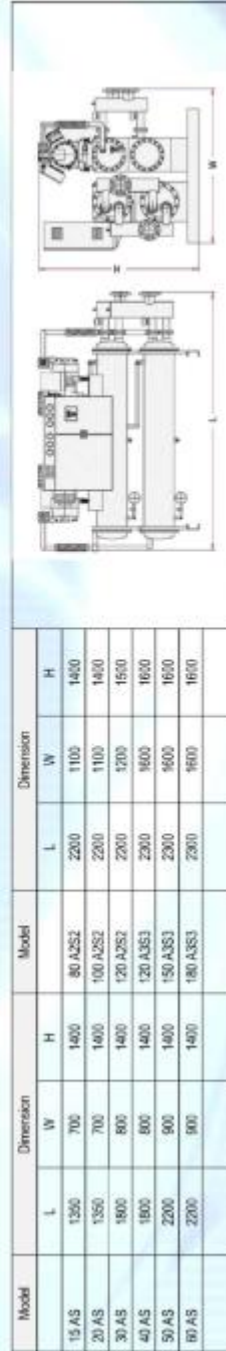


- ❑ **Cooling capacity from 60 ~ 610 KW**
- ❑ **High cooling capacity , low power consumption**
- ❑ **Intelligent electronics protection for motor compressor**
- ❑ **High efficiency condenser**
- ❑ **High efficiency dry expansion evaporator**
- ❑ **Wide range Temperature Operation from - 40 ° C to + 20 ° C**

WATER COOLED RECIPROCATING CHILLER

SPECIFICATION DATA

Model	CW Series	15 AS	20 AS	30 AS	40 AS	50 AS	60 AS	80 AS2S2	100 AS2S2	120 AS2S2	150 AS3S3	180 AS3S3	
Model	CW Series	15 AS	20 AS	30 AS	40 AS	50 AS	60 AS	80 AS2S2	100 AS2S2	120 AS2S2	150 AS3S3	180 AS3S3	
Cooling Capacity	[KW]	37.86	44.19	62.37	97.52	118.89	139.79	124.73	195.03	233.96	292.55	350.97	
	[TR]	10.76	12.56	17.72	27.71	33.24	39.72	35.44	55.42	66.49	83.13	99.73	
Power Input	[KW]	11.93	12.01	17.97	26.13	33.30	40.53	35.94	56.26	66.6	81.06	99.90	
Current Ampers	[Amp]	22.82	23.19	34.25	52.65	69.42	78.95	68.3	105.3	138.84	157.95	206.26	
Power Source		300 V (3 Ph) 50 Hz											
Refrigerant		R-407 C											
SEM-HERVATIC RECIPROCATING (Piston)													
Type		3SSH 1500											
Model		3SSH 1500	6SKH 200E	4SJH 300E	6SKH 400E	6SKH 500E	4SJH 300E	6SKH 400E	6SKH 500E	6SKH 600E	6SKH 400E	6SKH 500E	
Qty		1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	
Capacity Coated [%]		CNOFF											
Type		SHELL AND TUBE											
Model		CD 15	CD 20	CD 30	CD 40	CD 50	CD 60	CD 80.2	CD 100.2	CD 120.2	CD 150.3	CD 180.3	
Press Drop	[Bar]	0.16	0.21	0.3	0.24	0.21	0.15	0.18	0.22	0.2	0.19	0.19	
Material		Copper Tube - Carbon Steel Shell											
Cond. Water Flow - min	[Lit/min]	146	170	245	378	447	545	490	684	1,060	1,134	1,341	
Condenser Water Connection		DN 50	DN 50	DN 65	DN 80	DN 80	DN 90	DN 80	DN 100	DN 100	DN 100	DN 125	
Type		SHELL AND TUBE											
Model		DX 15	DX 20	DX 30	DX 40	DX 50	DX 60	DX 30 X 2	DX 40 X 2	DX 50 X 2	DX 60 X 2	DX 60 X 3	
Press. Drop	[Bar]	0.32	0.25	0.26	0.29	0.3	0.31	0.29	0.34	0.32	0.3	0.32	
Material		Copper Tube - Carbon Steel Shell											
Chilled Water Flow - min	[Lit/min]	120	140	200	300	365	437	390	610	730	875	945	
Chilled Water Connection		DN 50	DN 50	DN 50	DN 65	DN 80	DN 80	DN 80	DN 100	DN 100	DN 100	DN 125	
No of Circuit		1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	
Chilled Water Temp. - IN/OUT	[°C]	12.0 / 17.0											



Diffusers

29



Aircell Diffusers

2300 / 2600

Introduction

The Waterloo Aircell 2000 series presents a contemporary diffuser style combining high performance and robust construction with the significant cost advantage of injection moulded engineering polymers.

The diffusers are available in 2 sizes to integrate with standard 300mm or 600mm lay-in or concealed 'T' ceiling systems.

Product Description

2300	300 sq diffusers
2600	600 sq diffusers
O	Black polymer opposed blade damper
P	Black polymer plenum box
F	Fixing kit
B	Blanking kit

Features

- Contemporary style designed for visual integration with luminaires and other ceiling elements
- Ease of installation with concealed, single point fixing into P series plenum or rigid ducting
- Full range of integrated accessories available including directional or core blanking kits, universal plenums and opposed blade dampers

Finishes

Diffusers are self-coloured white. Damper and plenum are self-coloured black

Weights

2300 0.6 kg

2600 3.2 kg

Authority

Patents: 2221530, 2223840, 8818337 others pending

Registered Designs: 1052716, 106216

Fire Rating: BS476 Pt 7 Class 0. BS476 Pt 5, P Rating.

Maximum supply air temperature must not exceed 50°C.

Selection Criteria

Ceiling Height 2.7 m

Temperature Differential - 10K

Average room velocity v_r , 0.25 m/s

Noise level = peak level on noise rating curves based on Sound Power Level less 8dB room absorption

All performance data includes the plenum box

Selection Example

Aircell 2300-4

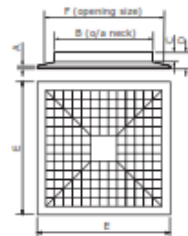
Air flow rate 75 l/s

Throw 1.1 m

Static Pressure Loss 17 Pa

Noise level 27 dBA

Note: Sizes are overall



Aircell 2000	A	B	C	D	E	F
2300	3	229	41	53	296	269
2600	6	459	31	56	596	546

Performance Table

2000		Supply				Supply				Extract		
Air Volume		2300				2600				2300	2600	
l/s	m ³ /h	4 way	3 way	2 way	1 way	4 way	3 way	2 way	1 way			
25	90	T (m)	0.6	0.7	0.8	1.7						
		P _s	2	5	8	28					4	
		I _w	-	-	-	35					-	
50	180	T (m)	0.8	1.4	1.7				0.9			
		P _s	8	17	28					10	15	
		I _w	-	25	35					25	24	
75	270	T (m)	1.1	1.7	2.3				1.8			
		P _s	17	28	60					22	30	
		I _w	27	35	46					36	33	
100	360	T (m)	1.7	2.2				0.9	2.5			
		P _s	28	50					10	40	50	
		I _w	35	43					25	43	40	
125	450	T (m)	2.0	2.5			0.3	0.7	1.4			
		P _s	44	66			4	8	15		75	
		I _w	41	48			-	22	31		45	
150	540	T (m)	2.3				0.5	0.9	1.8			
		P _s	60				6	10	22		100	6
		I _w	46				-	25	36		50	-
200	720	T (m)					0.9	1.6	2.5			
		P _s					10	18	40			12
		I _w					25	33	43			-
250	900	T (m)					1.4	2.1				
		P _s					15	28				20
		I _w					31	38				25
300	1080	T (m)					1.8	2.5				
		P _s					22	40				29
		I _w					36	43				32
350	1260	T (m)					2.2					
		P _s					30					41
		I _w					40					37
400	1440	T (m)					2.5					
		P _s					40					54
		I _w					43					42

ORDER EXAMPLE

Aircell 2300/O300/P300/F300/B300

Type	_____
Damper	_____
Plenum	_____
Fixing Kit	_____
Blanking Kit	_____

Blanking Arrangements



Laminar Flow Diffusers

LFF / LFM

Introduction

LF diffusers have been designed for use in clean rooms, laboratories, operating theatres, or other applications where critical control of room air movement is necessary. They are also suitable for less critical applications such as animal rooms or kitchens where a vertical flow pattern may be required.

The laminar air pattern is achieved by use of a primary baffle within the plenum chamber and a low free-area perforated discharge plate at the face of the diffuser. The diffusers are available with either a flanged face style (type LFF) to suit conventional exposed or concealed 'T' ceilings, or, with a flangeless frame (type LFM) suitable for modular panel constructions.

The LFM units can be supplied with a perimeter trim strip to suit the overall dimensions of the panel assembly. Support brackets and mounting plates can also be manufactured to fit suspended light bases used in operating theatres.

The units are available in three standard sizes with options for top, side, or end entry inlet spigots and screw operated louvre dampers.

Description

LF laminar flow diffusers are constructed from aluminium extruded frames and assembled using welding and soldering techniques to form a robust construction. The perforated aluminium face plate can be easily removed for cleaning using the hook tool provided. Plenum chambers are manufactured from galvanised sheet steel, with all exposed edges and spot welds protected.

Product Description

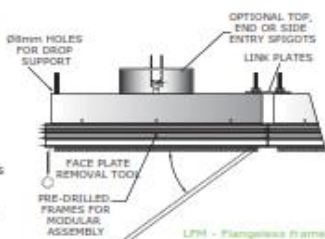
- LFF** Laminar flow panel with flanged frame
LFM Laminar flow panel with modular flangeless frame
LD Louvre damper

Features

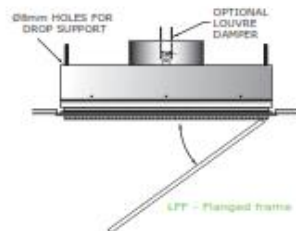
- Two frame styles and sizes to suit 600mm and 1200mm 'T' ceilings or modular panel assemblies.
- Side, top, or end entry spigot connections with optional spigot mounted louvre damper.
- Pivoting, removable face plate for easy maintenance.
- Easy clean aluminium face plate and frame with durable polyester powder coating.

Finishes

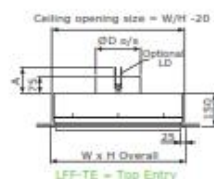
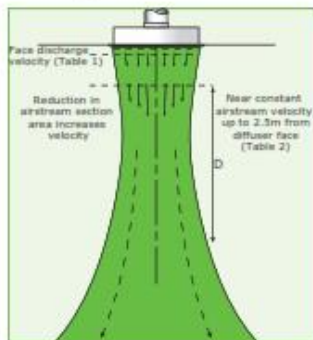
PPG9010 (RAL 9010 Gloss - 80% Gloss White)
 PPM9010 (RAL 9010 Matt - 20% Gloss White)
 PPM9006 (RAL 9006 Matt - 30% Gloss Silver)
 Other colours available on request.



LFM - Flangeless frame



LFF - Flanged frame

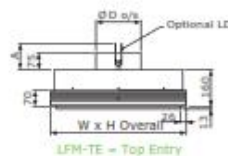


LFF-TE = Top Entry

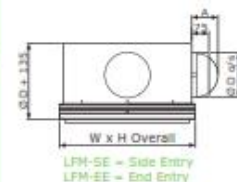


LFF-SE = Side Entry

LFF-EE = End Entry



LFM-TE = Top Entry



LFM-SE = Side Entry

LFM-EE = End Entry

ORDER EXAMPLE

Type _____ LFM/900/600/TE/PPM9010/LD
 Nominal Width _____
 Nominal Height _____
 Spigot Location _____
 Finish _____
 Damper (if required) _____

Free Area
 23%

Type	Unit size	W x H	ØD	A
LFM	600 x 600	600 x 600	197	120
LFM	900 x 600	900 x 600	197	120
LFM	1200 x 600	1200 x 600	312	165
LFF	600 x 600	598 x 598	197	120
LFF	1200 x 600	1198 x 598	312	165

Diffusers

39



Perforated Face Swirl Diffusers

SDFS-P

Introduction

Waterloo Air Products range of perforated face, fixed blade swirl diffusers presents an attractive and aerodynamically efficient alternative to conventional circular or square ceiling air terminals. The diffusers are designed to produce a horizontal, radial air pattern with a turbulent, high entrainment jet characteristic and are ideally suited for applications with high heating or cooling differentials.

Manufactured from aluminium with press formed blades, the units have an aesthetically pleasing perforated face which has $\varnothing 4.5\text{mm}$ holes on an 8mm 45° pitch, giving a free area of 49.7%. They are available in a range of 4 standard ISO sizes in 3 different frame configurations to suit 4 nominal ceiling grid sizes.

The steel duct mounting collar can be used as a means of fixing and supporting the diffuser from rigid ductwork, or alternatively, ceiling support brackets (supplied as standard) can be fitted for use with flexible ducting.

Product Description

SDFS-P Perforated face swirl diffuser

SDFS-P-E Perforated face extract diffuser

DM Duct collar

WTP Side entry plenum box

FDC1 Cord operated flap damper

FDQ1 Quadrant operated flap damper

LINED 6mm acoustic lining (optional) reaction to fire class C-s3-d0 to EN 13501-1: 2007

Please note the duct collar is not required when ordering diffusers with plenums.

Sizes

SDFS-P diffusers are available in ISO duct sizes ranging from 160mm to 400mm diameter, with 3 frame options to suit ceiling grid sizes of 300, 500, 600 & 750 square.

Finishes

PPG9010 (RAL 9010 Gloss - 80% Gloss White)

PPM9010 (RAL 9010 Matt - 20% Gloss White)

PPM9006 (RAL 9006 Matt - 30% Gloss Silver)

Other colours available on request

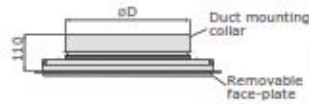
Weights

Nom Neck & Grid Size	Diffuser + Collar	Plenum
160/300x300	1.6 kg	1.9 kg
250/500x500	2.5 kg	5.1 kg
315/500x500	2.5 kg	7.4 kg
315/600x600	3.6 kg	7.4 kg
400/600x600	3.6 kg	9.5 kg
400/750x750	5.4 kg	9.5 kg

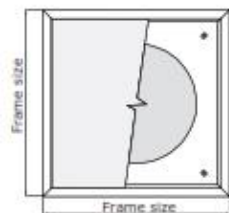
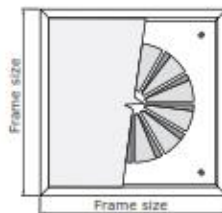


SDFS-P

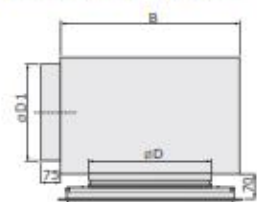
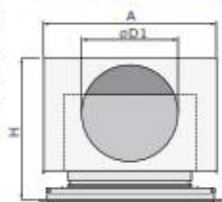
Perforated supply diffuser



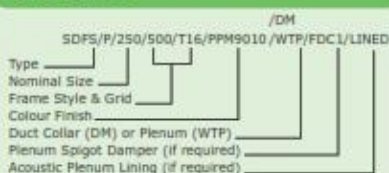
SDFS-P-E

Perforated extract diffuser
(for ceiling void return only)

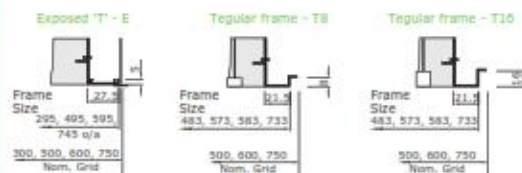
SDFS-P Perforated supply diffuser with WTP plenum



ORDER EXAMPLE

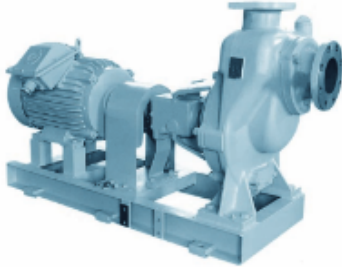


Modular Frame Styles and Grid Sizes





CENTRIFUGAL PUMP EHS



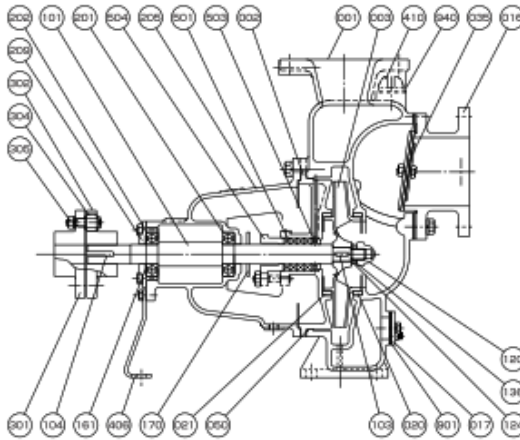
Application

Fire & G.S. Pump
Bilge & Ballast Pump

Feature

Horizontal Single-stage Single-suction
Self-priming Type

Structure & Material

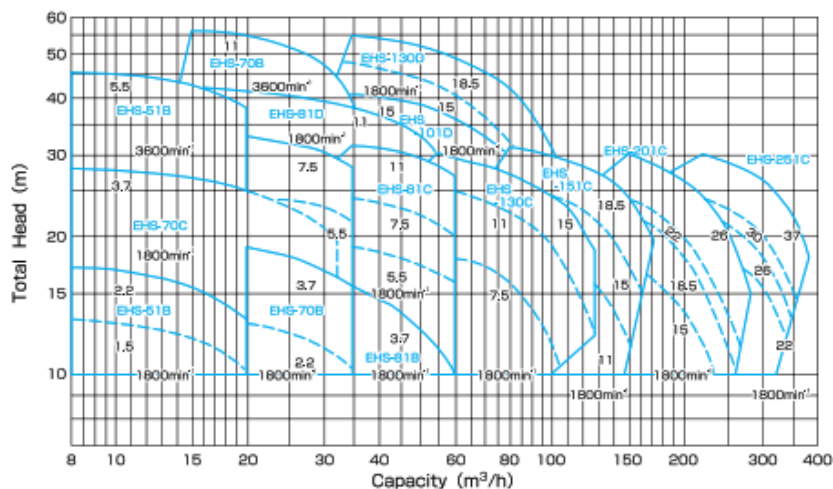


Part No.	Name	Req. No.	Sea Water		Fresh Water	
			Material	JIS	Material	JIS
001	CASING	1	BRONZE	CA402	CAST IRON	FC200
002	CASING COVER	1	BRONZE	CA402	CAST IRON	FC200
003	IMPELLER	1	PHOSPHOR BRONZE	CA532A	PHOSPHOR BRONZE	CA532A
018	SUCTION COVER	1	BRONZE	CA402	CAST IRON	FC200
017	DRAIN COVER	1	BRONZE	CA402	CAST IRON	FC200
020	CASING RING	1	BRONZE	CA402	BRONZE	CA402
021	CASING RING	1	BRONZE	CA402	BRONZE	CA402
035	CHECK VALVE	1	RUBBER / BRONZE	NBR / CA402	RUBBER / BRONZE	NBR / CA402
050	O-RING	1	RUBBER	NBR	RUBBER	NBR
101	SHAFT	1	STAINLESS STEEL	SUS304	STAINLESS STEEL	SUS304
103	KEY	1	STAINLESS STEEL	SUS304	STAINLESS STEEL	SUS304
104	KEY	1	CARBON STEEL	S45C	CARBON STEEL	S45C
120	IMPELLER NUT	1	STAINLESS STEEL	SUS304	STAINLESS STEEL	SUS304
124	IMPELLER WASHER	1	STAINLESS STEEL	SUS304	STAINLESS STEEL	SUS304
136	SPRING WASHER	1	STAINLESS STEEL	SUS304	STAINLESS STEEL	SUS304
161	RETAINING RING	1	SPRING STEEL	SUP6	SPRING STEEL	SUP6
170	FLINGER	1	RUBBER	NBR	RUBBER	NBR
201	BALL BEARING	1	BEARING STEEL	SLU2	BEARING STEEL	SUJ2
202	BALL BEARING	1	BEARING STEEL	SLU2	BEARING STEEL	SUJ2
205	BEARING HOUSING	1	CAST IRON	FC200	CAST IRON	FC200
209	BEARING COVER	1	CAST IRON	FC200	CAST IRON	FC200
301	COUPLING	1	CAST IRON	FC200	CAST IRON	FC200
302	COUPLING	1	CAST IRON	FC200	CAST IRON	FC200
304	COUPLING RING	8	RUBBER	NBR	RUBBER	NBR
305	COUPLING BOLTS/NUT	8	MILD STEEL	SS400	MILD STEEL	SS400
406	SUPPORT	1	MILD STEEL	SS400	MILD STEEL	SS400
410	PRIMING CAP	1	BRONZE	CA402	BRONZE	CA402
501	GLAND PACKING	4	CARBONIZED RUBBER	-	CARBONIZED RUBBER	-
503	LANTERN RING	1	BRONZE	CA402	BRONZE	CA402
504	GLAND	1	BRONZE	CA402	BRONZE	CA402
901	GASKET	1	RUBBER	NBR	RUBBER	NBR
940	GASKET	1	RUBBER	NBR	RUBBER	NBR

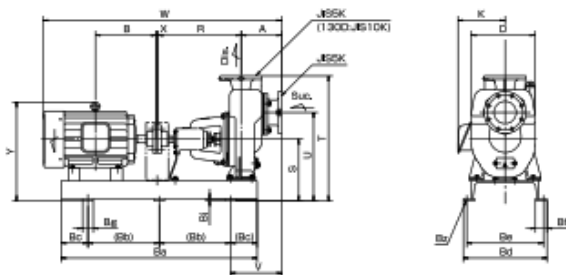
CENTRIFUGAL PUMP

EHS

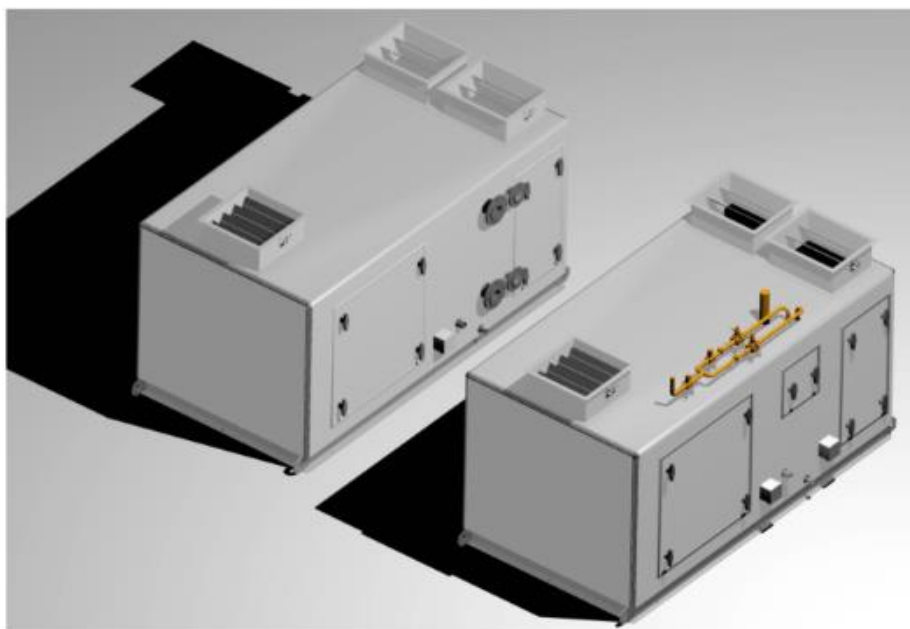
Performance



Dimension



Model No.	Motor		Bore		Dimension (mm)																					
	kW	min ⁻¹	Suc.	Dis.	A	B	D	K	R	S	T	U	V	W	X	Y	Ba	Bb	Bc	Bd	Be	Bf	Bg	Bi	Bz	
EHS-51B	1.5	1800			188.5		188							867		365	700	450	125							
	2.2	1800	50	50	193		197		355	270	538	380	238	914	3	375										
	5.5	3600			239		245							990		428	800	500	150							
EHS-70B	2.2	1800			183		187							824		375	700	450	125							
	3.7	1800	65	65	188		200	262	212	355	270	538	380	944	3	416	800	500								
	11	3600			323		285							1154		500	1000	700	150							
EHS-70C	3.7	1800			200		212							944		438	800	500	150							
	5.5	1800	65	65	188		239	313	245	355	290	585	430	1000	3	438	800	500								
	7.5	1800			258		268							1038			900	550	175							
EHS-81B	3.7	1800	80	80	230		200	276	212	365	290	585	400	300	396	3	438	800	500	150						
	5.5	1800			239		245							1132												
	7.5	1800	80	80	205		258	337	245	470	320	670	470	265	1171	3	478	1000	350	150						
EHS-81C	11	1800			323		285							1285		550	1100	400								
	11	1800	80	80	215		323	384	285	470	345	720	520	275	1296	3	575	1100	400	150						
	7.5	1800	100	100	225		345	400	285	470	370	745	545	285	1348	3	600	1100	400	150						
EHS-130C	11	1800			258		245							1191			800	1000	350							
	15	1800	125	125	285		323	358	285	470	345	700	495	285	1305	3	575	1100	400	150						
	18.5	1800			345		330							1348												
EHS-130D	11	1800			323		285							1395												
	15	1800	125	100	280		345	415	285	575	370	770	545	340	1508	3	600	1200	450	150						
	18.5	1800			351.5		330							1520			800	1000	350							
EHS-151C	11	1800			323		285							1395												
	15	1800	150	150	285		345	353	285	470	345	720	520	345	1408	3	575	1100	400	150						
	18.5	1800			351.5		330							1420												
EHS-201C	15	1800			345		285							1448												
	18.5	1800	200	200	325		351.5	400	330	470	370	810	570	385	1490	3		1100	400	150						
	22	1800			370.5		330							1499												
EHS-251C	22	1800			351.5		330							1530												
	25	1800	250	250	335		370.5	500	330	530	430	960	660	365	1569	3	660	1200	450	150						
	37	1800			425.5		345							1650	4	705	1300	500								



1. Features

• General

The JHP Series Marine Type Air Handling Unit is designed to maintain satisfactory environmental conditions with respect to temperature, ventilation rate and noise, for the occupants' comfort, equipment functionality and vessel/ module integrity and safety.

The JHP Series Marine Type Air Handling Unit has been developed using JL Marine's own techniques and achievements, accumulated over more than ten years of experience in air conditioning. The JHP Series Marine Type Air Handling Unit takes into account special and rigorous conditions on the sea, such as intensive vibration due to pitching and rolling of a ship, and corrosion caused by seawater and sea breezes. All the necessary components are compactly contained in a single casing to effectively maximise the limited space available on a ship. Installation is simple; all you have to do on-site is provide piping for condenser water, and condensation disposal and wiring. The smaller units can ideally be installed in an AHU room, and all units can be installed easily regardless of whether the ship is new or old. The JHP Series Marine Type Air Handling Unit ensures a comfortable voyage and working life on the ship.

• Product description

Product

Air handling units for ventilation air conditioning, and for a wide range of applications with varying air quantities.

Application

For ventilating systems and for indoor climatic conditions.

Scope

B sizes providing air quantities from 6,000 m³/h to 25,000 m³/h. Maximum positive pressure of 2,200 Pa in unit casing.

Design

Framework enclosed by insulated panels.

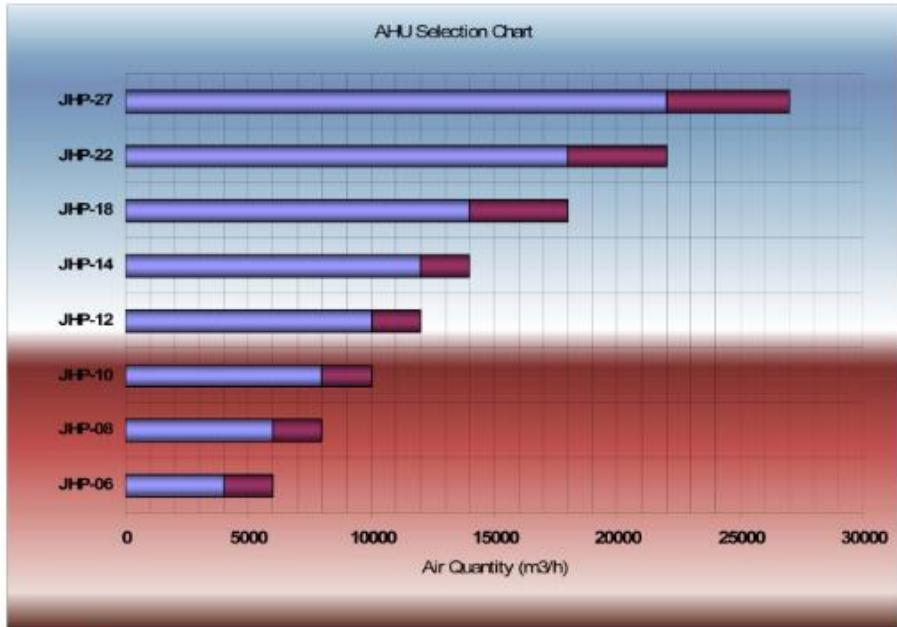
Material and surface treatment

Unit casing to be constructed of standard PU panel module; panel bonded with 38kg/m³ of hard PU layer for better thermal isolation and stronger pressure resistance. Outer panel skin to be 0.5mm robust steel with baked painting/0.5mm stainless steel, and inner panel skin to be 0.5mm stainless steel.

Finish

Standard colour is white or silvery.

Owing to continued product development, JL reserves the right to introduce alterations without prior notice.



■ AHU recommended operation range.

• Codification Method

Unit Code:

JHP-06-DX-EH-50-122

1) Series:

JHP=High speed system; JLP=Low speed system

2) Air Flow

Unit = 1,000m³/h

3) Cooling Type

DX=Direct expansion; CW=Chilled water

4) Heating Type

EH=Electric heater; HW=Hot water heater; SH=Steam heater; HO=Hot oil heater

5) Power Source

A50=380 - 400v/3ph/50Hz; B50=415v/3ph/50Hz; A60=440v/3ph/60Hz;

B60=690v/3ph/60Hz

6) Refrigerant

22=R22, 04=R404A; 07=R407C; 10=R410A; 34=R134A



4. Specifications

Model	JNP-06	JNP-08	JNP-10	JNP-12	JNP-14	JNP-16	JNP-22	JNP-27
Fan & Motor								
Double Inlet Centrifugal Fan (BCB Type, Anticorrosive Coating) & ABB Motor								
Nominal Air Flow	m ³ /h	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	18,000	27,000
Max Static Pressure	Pa	1,800	1,800	2,000	2,000	2,000	2,200	2,200
Fan Model		808280/TM	808315/TM	808355/TM	808400/TM	808450/TM	808500/TM	808630/TM
Fan Speed	rpm	3544	3621	3144	2852	2455	2294	1804
Motor Model		D132S	D132M	D132M	D180M	D180M	D180L	D180M
Motor Speed (50/60Hz)	rpm	1450/1740	1450/1740	1450/1740	1450/1740	1450/1740	1450/1740	1450/1740
Motor Output (50/60Hz)	kW	5.5/6.33	7.5/8.6	7.5/8.6	11.0/12.7	11.0/12.7	15.0/17.3	18.5/21.3
Cooling Coil								
Nominal Cooling Capacity *	kW	70	90	112	135	160	200	310
Air Inlet Condition	T/RH	27.9℃/66.7%	27.9℃/66.7%	27.9℃/66.7%	27.9℃/66.7%	27.9℃/66.7%	27.9℃/66.7%	27.9℃/66.7%
Air Outlet Condition	T/RH	13℃/90%	13℃/90%	13℃/90%	13℃/90%	13℃/90%	13℃/90%	13℃/90%
DX Cooling Coil								
Expansion Temperature	℃	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7
Refrigerant Tube Connection								
Liquid Line	G x Size	2 x 7/8"	2 x 7/8"	2 x 7/8"	2 x 7/8"	2 x 1-7/8"	2 x 1-7/8"	2 x 1-1/8"
Suction Line	G x Size	1 x 2-1/8"	1 x 2-1/8"	1 x 2-1/8"	1 x 2-1/8"	1 x 2-5/8"	1 x 2-5/8"	1 x 3-1/8"
Chilled Water Cooling Coil								
Water Inlet/Outlet	℃	7/12	7/12	7/12	7/12	7/12	7/12	7/12
Water Flow	m ³ /h	12.1	15.5	18.3	20.3	27.5	34.4	53.3
Connection Size ***	DN	DN65, J6 5K	DN65, J6 5K	DN80, J6 5K	DN80, J6 5K	DN80, J6 5K	DN100, J6 5K	DN100, J6 5K
Heating Coil								
Nominal Heating Capacity (Steam Humidifier)	kW	63	84	105	126	147	188	282
Nominal Heating Capacity (Water Humidifier)	kW	80	105	130	155	185	235	350
Air Inlet Condition	T/RH	4.1℃/88.4%	4.1℃/88.4%	4.1℃/88.4%	4.1℃/88.4%	4.1℃/88.4%	4.1℃/88.4%	4.1℃/88.4%
Air Outlet Condition	T/RH	35℃/12.9%	35℃/12.9%	35℃/12.9%	35℃/12.9%	35℃/12.9%	35℃/12.9%	35℃/12.9%
Electrical Heating Coil								
Stage	-	3	3	3	3	3	3	4
Chilled Water Heating Coil								
Water Inlet/Outlet	℃	75/60	75/60	75/60	75/60	75/60	75/60	75/60
Water Flow	m ³ /h	3.67	4.90	6.11	7.35	8.57	11.02	16.4
Connection Size ***	DN	DN40, J6 5K	DN40, J6 5K	DN50, J6 5K	DN50, J6 5K	DN50, J6 5K	DN65, J6 5K	DN65, J6 5K
Steam Heating Coil								
Steam Inlet/Water Outlet	℃	75/60	75/60	75/60	75/60	75/60	75/60	75/60
Steam Pressure	Bar	4Bar	4Bar	4Bar	4Bar	4Bar	4Bar	4Bar
Steam Flow	kg/h	105	141	176	212	247	317	474
Connection Size ***	DN	DN25, J6 5K	DN25, J6 5K	DN25, J6 5K	DN25, J6 5K	DN32, J6 5K	DN32, J6 5K	DN40, J6 5K
Humidifier								
Nominal Humidifier Capacity *	kg/h	25	32	40	48	56	72	108
Air Inlet Condition	T/RH	35℃/20.9%	35℃/20.9%	35℃/20.9%	35℃/20.9%	35℃/20.9%	35℃/20.9%	35℃/20.9%
Air Outlet Condition	T/RH	35℃/20.9%	35℃/20.9%	35℃/20.9%	35℃/20.9%	35℃/20.9%	35℃/20.9%	35℃/20.9%
Steam Humidifier								
Steam Pressure	Bar	1Bar	1Bar	1Bar	1Bar	1Bar	1Bar	1Bar
Jet Hole Diameter	mm	5	5	5	5	5	5	5
Humidifier Connection Size ***	DN	DN20, J6 5K	DN20, J6 5K	DN25, J6 5K	DN25, J6 5K	DN32, J6 5K	DN32, J6 5K	DN40, J6 5K
Water Humidifier								
Jet Hole Diameter	mm	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Humidifier Connection Size ***	DN	DN15, J6 5K	DN15, J6 5K	DN15, J6 5K	DN15, J6 5K	DN15, J6 5K	DN15, J6 5K	DN15, J6 5K

Notes:

- * The nominal cooling capacity is based on the following standards:
 Outside Air Condition: 35 (DB)/70%
 Inside Air Condition (Summer): 23 (DB)/50%
 Inside Air Condition (Winter): 20 (DB)/50%
 Fresh Air Rate: 40%
- ** All data should be re-calculated for special projects; those should comply with different rules and requirements.
- *** Flange standards can be changed according to the owners' requests.
- **** Can be changed to copper tubes & fins.

BIODATA PENULIS



Penulis merupakan seorang anak terakhir dari dua orang bersaudara yang lahir pada tanggal 16 Februari 1996 dengan ibu bernama Munjaroh dan bapak bernama Kamari. Pendidikan formal dimulai dari SDN 1 Wonogiri, SMP N 1 Ampelgading, SMAN 1 Comal. Lulus SMA pada tahun 2014 dan melanjutkan pada lembaga pendidikan di D3 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada, prodi Teknik Mesin Manufaktur. Lulus sebagai A.Md pada tahun 2017 kemudian melanjutkan studi formal untuk mendapatkan gelar Sarjana dengan program Lintas Jalur. Studi lanjut dari penulis didapatkan di lembaga pendidikan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, Departemen Teknik Sistem Perkapalan dengan fokus dibidang *Marine Electrical Automation System* (MEAS) dan *Marine Operation and Maintenance* (MOM). Selama kuliah di D3 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada rajin mengikuti aktifitas kampus seperti Marcing Band UGM, Karawitan UGM, BEM UGM, Mobil Listrik Bimasakti UGM, Gamaforce UGM. Selain itu juga disambil dengan wirausaha dengan brand “Jenggot Konveksi, Sais Shoes & Care “. Saat kuliah Departemen Teknik Sistem Perkapalan-ITS juga pernah menjadi Asisten Lab untuk kegiatan praktikum mata kuliah bidang *Marine Electrical Automation System* (MEAS). Juga ada beberapa kegiatan mandiri diluar kampus seperti menjadi ketua himpunan mahasiswa Comal UGM dan Ketua Himpunan Mahasiswa Pemalang ITS. Selanjutnya untuk menghubungi penulis dapat melalui deniprastiko1@gmail.com

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)