



Perancangan Sistem Pendingin dan Tata Udara pada Ruang Mesin produksi di PT. X untuk Menjaga Performa dan Ketahanan Komponen Mesin

Installation of Refrigeration and Air Conditioning Systems in The Production Facility on PT. X to Maintain the Performance and Durability of Machine Components

Habibi Santoso*

Prodi Pemeliharaan Mesin, Politeknik Negeri Media Kreatif, Jl. Srengseng Sawah Raya No.17 Jagakarsa, Jakarta 12630, Indonesia

Informasi artikel:

Diterima:
12/03/2023
Direvisi:
01/04/2023
Disetujui:
09/04/2023

Abstract

Several influencing factors, including temperature, air cleanliness, and humidity levels, are necessary to preserve the performance and durability of engine components against injury. Many mechanical and electrical components of the machine were damaged at Company X because the room's temperature, air quality, and humidity did not comply with the machine's standard operating conditions. If nothing is done to enhance the engine room's air conditioning, the engine will sustain greater damage. The purpose of this research is to design a cooling and air-conditioning system in the production machine space in PT. X to maintain the performance and durability of machine components. The engine compartment is 104 m². The design of the refrigeration and air conditioning systems includes the calculation of the required capacity, analysis, and the creation of design drawings in the engine compartment. According to the calculation, the required engine room refrigeration capacity unit is 9.36 kW with 1640 l/s. This capacity incorporates the requirement for fresh air, which is 245 l/s. With this capacity, the engine's optimal temperature and oxygen quality can be attained.

Keywords: cooling system, air conditioning, design, air handling unit, engine.

SDGs:



Abstrak

Guna menjaga performa dan ketahanan komponen pada mesin dari kerusakan, beberapa faktor yang mempengaruhi adalah temperatur, kebersihan udara dan tingkat kelembaban dalam ruang. Temperatur, kebersihan udara dan kelembaban ruangan yang tidak sesuai dengan kondisi standar mesin, mengakibatkan banyak komponen mekanik dan Elektrik pada mesin di PT X mengalami kerusakan. Jika tidak dilakukan pembenahan tata udara di ruang mesin tersebut, maka kerusakan yang semakin parah pada mesin akan terjadi. Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem pendingin dan tata udara pada ruang mesin produksi di PT. X untuk menjaga performa dan ketahanan komponen mesin. Luas ruangan mesin adalah 104 m². Perancangan sistem pendingin dan tata udara ini dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya perhitungan kapasitas yang dibutuhkan, analisis dan gambar desain pada area mesin. Berdasarkan perhitungan, *cooling capacity* unit yang dibutuhkan di ruang mesin adalah 9,36 kW dengan 1640 l/s. Kapasitas tersebut sudah mencakup kebutuhan *Fresh Air* yang di butuhkan sebesar 245 l/s. Dengan kapasitas ini, temperatur dan kualitas udara yang sesuai untuk mesin dapat tercapai.

Kata Kunci: sistem pendingin, tata udara, perancangan, air handling unit, mesin.

*Penulis Korespondensi
email : habibisantoso1@gmail.com



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

1. PENDAHULUAN

Sistem pendingin udara ruang berfungsi untuk mengkondisikan udara, sehingga menghasilkan udara berkualitas, bersih, nyaman dan sehat bagi manusia dan ketahanan komponen mesin. Sistem pengkondisian udara sangat penting dalam mendukung aktivitas dan produktivitas manusia dan mesin. Ada beberapa jenis sistem pengkondisian udara yang dapat dipergunakan untuk berbagai kondisi dan keperluan khusus sesuai dengan kondisi desain tertentu, selain untuk tempat tinggal manusia. Sistem tata udara atau pengkondisian udara adalah sebuah proses pengaturan udara yang meliputi temperatur udara, kelembapan udara, serta kualitas udara dan cara (Liawan, Tanujaya dan Darmawan, 2023).

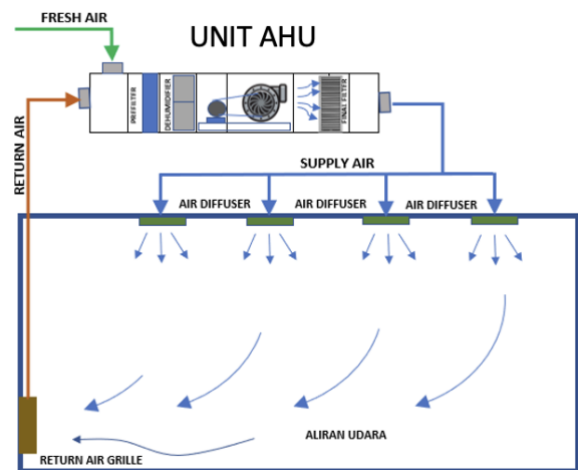
Jenis alat pengkondisian udara harus sesuai dengan gedung yang direncanakan karena dapat mencegah terjadinya pemborosan energi yang berlebihan (Baharudin and Mardiana, 2019). Adapun jenis sistem pengkondisian udara, yaitu sistem ekspansi langsung. Sistem ini, merupakan pendinginan secara langsung dengan perantara *refrigerant* yang diekspansikan melalui *coil* pendingin, sedangkan udara bersirkulasi dengan menghembuskan udara mempergunakan *blower* atau *fan* yang dilintasi pada *coil* pendingin (Wang, 2000). Sistem ini biasanya dipergunakan untuk beban pendinginan udara yang tidak terlalu besar seperti keperluan ruangan di rumah seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Unit AC ekspansi langsung

Jenis sistem pengkondisian udara lainnya adalah sistem pengkondisian udara secara sentral yang merupakan sistem pendingin udara ruang terpusat pada satu unit mesin pendingin, baik itu menggunakan AHU atau FCU (Bevirt, 1990; Irawan dan Wawantara, 2020). Untuk pendistribusian udara dingin dari unit AHU yang mampu

mendistribusikan pada lebih dari satu ruang dengan menggunakan *ducting* menuju ruangan dan terhubung dengan *grille* sesuai dengan banyaknya udara yang akan di *supply* pada ruang tersebut (Haryanto, Ramadhanis dan Dekarina, 2019; Sugiri dan Srihanto, 2020). Sistem pendingin sentral ini dalam proses perpindahan kalor pada fluida, berasal dari unit Chiller yang terbagi menjadi 2 sistem, yaitu *Water Cooled* dan *Air Cooled*. Pada Gambar 2, proses pengoperasian sistem ini membutuhkan pompa sebagai distribusi dan pengembalian fluida atau yang sering disebut *Chilled Water Pump*. Air akan didistribusikan dari pompa menuju unit AHU dan FCU.



Gambar 2. Sistem AC sentral (Nugraha dkk., 2018)

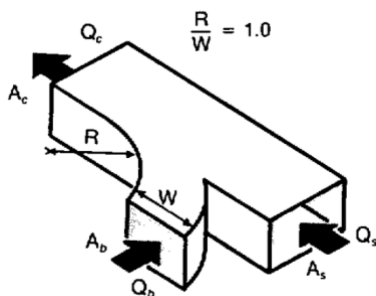
Untuk pencapaian kapasitas yang dibutuhkan/ideal untuk ruang mesin produksi, unit pengkondisian udara jenis AHU adalah unit yang lebih ideal jika dibandingkan dengan unit AC split. Hal ini dikarenakan unit AHU selain dapat mengendalikan temperatur, dapat juga mengendalikan RH ruang dengan adanya dehumidifier pada unit AHU, selain itu pula kapasitas yang besar dan penempatan unit dapat di letakkan di dalam *ceiling* sehingga tidak mengganggu area ruang dan lebih fleksibel (Bevirt, 1990; Winata dan Kusumaningrum, 2023). Unit AHU juga dapat mensuplai dengan kapasitas besar hanya dengan 1 unit saja.

Air Handling Unit (AHU) adalah salah satu alat penukar kalor yang banyak digunakan pada gedung, mall, ruang produksi, dan masih banyak lagi dengan menggunakan air yang berasal dari hasil pendinginani evaporator yang di sirkulasi

dengan menggunakan pompa menuju coil pada AHU, kemudian udara di hembuskan oleh blower dan didistribusikan dengan menggunakan ducting menuju ruang.

Pada Gambar 2 memperlihatkan unit AHU yang memiliki beberapa komponen penting untuk mendukung kinerja dari unit ini, seperti *fan*, filter, *coil* dan lainnya (Nugraha dkk., 2018). Cara kerja AHU dengan sistem *chiller water colled* adalah dengan menggunakan air yang didinginkan dari *chiller* yang di sirkulasi dengan menuju *coil* pada AHU, kemudian udara di hembuskan oleh *blower*. Dengan hembusan udara yang melewati *coil*, sehingga udara yang melewati *coil* tersebut menjadi dingin dan menjadi dingin dan didistribusikan dengan menggunakan *ducting* menuju ruang.

Ducting merupakan saluran udara yang digunakan untuk menghantarkan udara dingin menuju ruang yang dituju (Bevirt, 1990; Pramudhita, 2020; Sugiri dan Srihanto, 2020; Liawan, Tanujaya dan Darmawan, 2023). Sistem distribusi udara harus dirancang untuk meminimalkan hambatan aliran dan turbulensi seperti pada Gambar 3. Hambatan aliran yang tinggi meningkatkan tekanan yang dibutuhkan pada unit pendingin (Bevirt, 1990). Hambatan aliran udara pada *ducting* dapat juga berasal dari banyaknya elbow atau belokan, banyaknya sambungan pada lintasan *ducting*.



Gambar 3. Perhitungan desain *ducting* (Bevirt, 1990)

Material dari *ducting* terdiri dari beberapa macam, diantaranya: baja galvanis, baja karbon hitam, aluminium, stainless, beton, baja polivinil (PVC), plastik bertulang (FRP) (Haryanto, Ramadhanis dan Dekarina, 2019). Untuk menjaga agar tidak terjadi kondensasi yang ditandai dengan munculnya tetesan air pada sepanjang area *ducting* yang di sebabkan karena perbedaan

temperatur udara dalam *ducting* (dingin) dengan udara luar (hangat), maka *ducting* AHU harus di lapiasi dengan isolasi yang berbahan *rockwool* yang di lapiasi dengan aluminium *foil*, sehingga udara luar yang lewat tidak dapat langsung bersinggungan dengan *ducting* yang dingin (Hendradinata dan Pratama, 2020).

Kebisingan HVAC seringkali merupakan jenis latar belakang utama kebisingan yang ada di banyak area dalam ruangan (Wang, 2000). Kebisingan dapat disebabkan kecepatan udara yang terlalu tinggi atau dapat juga di karenakan tidak sesuainya dimensi diffuser dengan jumlah udara yang melewatinya. Kecepatan udara yang terlalu besar mengakibatkan *noise* atau kebisingan yang dapat mengakibatkan lingkungan tidak nyaman. Untuk menjaga agar kondisi ruang tetap nyaman, kecepatan udara yang masuk tidak boleh lebih dari 0,25 m/s (BSN, 2021).

Diffuser direpresentasikan dengan bukaan yang memiliki luas area, fluks massa, dan fluks momentum yang sama dengan *diffuser* nyata (ASHRAE, 2021). Bukaan pada *diffuser* harus disesuaikan dengan jumlah aliran udara yang telah dihitung.

Saat memilih sistem dan alat pendingin ruangan, perlu diperhitungkan beban pendingin yang akan bekerja dan untuk menghitung panas yang akan di tangani oleh unit AC untuk menjaga kondisi di ruangan tertentu. Perhitungan kapasitas pendinginan dibandingkan dengan kondisi lingkungan yang mendekati nilai ekstrim biasa, didasarkan pada kondisi puncak (Wang, 2000).

Pemilihan jenis sistem pendingin, harus menyesuaikan dengan perhitungan beban ruang, semakin besar ruangan yang harus dikondisikan maka semakin besar pula kapasitas unit AC yang akan digunakan (Hidayati dan Irpandi, 2020).

Perancangan sistem pendingin dan tata udara pada gedung dan ruang kantor sangat penting untuk menjaga kenyamanan dan Kesehatan penghuninya, termasuk juga pada ruang mesin-mesin industri. Keterjagaan temperatur dan kualitas udara pada ruang mesin industri sering kali kurang di perhatikan, sehingga berakibat pada menurunnya performa mesin dan umur pakai komponen mesin. Jika di biarkan dengan kondisi temperature dan kualitas udara tersebut, maka

dapat berakibat kerusakan pada mesin-mesin semakin parah. Kondisi yang terjadi pada ruang mesin *offset* adalah banyak komponen mesin yang mengalami kerusakan hingga mesin mengalami kendala dalam beroperasi dan produksi.

Kerusakan komponen mesin dikarenakan kebesihan udara, sirkulasi udara dan temperatur ruang yang tidak sesuai standar mesin. Panas yang timbul dari mesin yang bergerak dan juga komponen elektronik pendukung yang mengalami panas berlebihan dan terus menerus berakibat sistem tidak berfungsi dan kerusakan pada komponen mesin tersebut hingga bisa berlanjut kerusakan pada komponen mesin lainnya.

Berdasarkan pengukuran pada saat mesin diberoperasi, temperatur udara pada ruang mesin mencapai 30°C sampai 32°C . hal ini disebabkan panas dari panel dan sistem kontrol dari mesin dan juga dari perangkat mekanik mesin. Temperatur ruang yang terlalu tinggi tersebut sangat berdampak pada komponen elektrik mesin, selang-selang pneumatic yang getas dan mudah pecah, *rubber rool* mesin yang pecah dan komponen mekanik mesin lain yang mengalami kerusakan. Berdasarkan fungsi ruangan, parameter desain sistem pendingin udara untuk ruang Mesin adalah temperatur yang dibutuhkan adalah 19°C sampai dengan 23°C dengan kelembapan yang dianjurkan untuk ruangan adalah 50% (Pramudhita, 2020).

Pada ruang mesin sudah terjadi unit AC split yang di pasang meledak yang di sebabkan karena kinerja unit AC yang berlebihan atau temperatur ruang yang sulit di capai unit AC tersebut saat kegiatan produksi berlangsung.

Standar temperatur ruang dapat di capai dengan sistem AC sentral dengan menggunakan AHU dan kelembapan (RH) juga dapat tercapai dengan adanya perangkat dehumidifier pada unit AHU.

Gambar 4 menampilkan ruang dan mesin-mesin yang komponen-komponennya banyak mengalami kerusakan. Pada Gambar 4b, c, dan d adalah mesin-mesin yang mengalami kerusakan pada beberapa komponen mekanik dan elektronik



(a). Ruang mesin offset



(b). Mesin Hamada B452 A



(c). Mesin Hamada 500 CDA



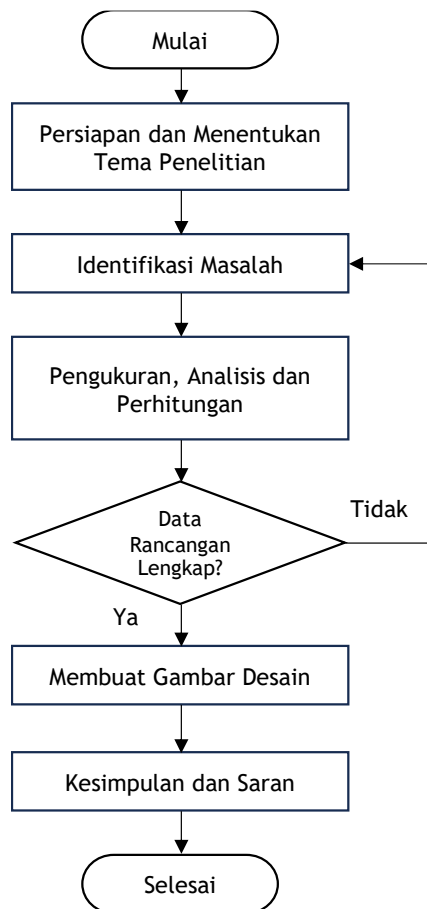
(d). Mesin Ryobi 500 N

Gambar 4. Ruang dan mesin-mesin yang bermasalah

Hal mengakibatkan kerugian yang sangat besar untuk perbaikan dan penggantian komponen. Terlebih lagi mesin-mesin tidak dapat digunakan untuk kegiatan produksi dan tentunya akan mengakibatkan kerugian yang besar, karena tidak tercapainya target produksi. Melihat pentingnya hal ini menjadi dasar penelitian yang dilakukan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi permasalahan di PT. X untuk mendukung tercapainya target produksi.

2. METODOLOGI

Metodologi penelitian ini menggunakan metode observasi langsung dengan pengukuran luas ruangan dan temperatur ruang mesin produksi, perhitungan kebutuhan *cooling load* ruangan dan desain perancangan dengan *software* CAD. Adapun alur penelitian ini seperti yang terlihat pada [Gambar 5](#).



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Berikut ini adalah penjelasan tahapan penelitian yang dilakukan:

- 1) Tahap Persiapan - Dalam tahap ini yang merupakan tahap menentukan tema dan mencari referensi baik dari jurnal atau hasil penelitian sebelumnya dan juga berasal dari buku dan standar yang ada.
- 2) Tahap Pencarian Data - Tahap ini merupakan tahap mencari data-data yang terkait dengan perancangan. Data didapatkan dengan cara pengukuran langsung dimensi ruangan terkait juga dengan struktur ruang. Pengukuran temperatur ruang juga dilakukan untuk mengetahui temperatur ruang sebelum di lakukan perhitungan.
- 3) Tahap Analisis dan Perhitungan - Menganalisis data dan proses perhitungan kapasitas yang di butuhkan. Analisis juga terkait dengan jenis sistem yang digunakan dan peyesuaian peletakan unit dan perangkat pada *ceiling* area ruang
- 4) Tahap Pembuatan Gambar Desain - pada tahap disain ini dilakukan pembuatan gambar desain dengan menggunakan *software* CAD sesuai dengan perhitungan kapasitas dan dimensi serta konstruksi ruang mesin
- 5) Tahap Penyelesaian - Tahap akhir atau tahap penyelesaian, yaitu menyimpulkan hasil analisis yang telah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Area Ruang Mesin

Area ruang yang akan di desain adalah ruang mesin produksi agar kondisi komponen dan performa mesin dapat lebih baik. *Layout* ruangan sebagai data awal perhitungan berdasarkan [Gambar 6](#). Adapun dimensi ruangan mesin yang membutuhkan perancangan memiliki ukuran dimensi panjang = 13 m, lebar = 8 m, serta tinggi = 3 m.

Untuk mendukung perhitungan desain ruangan, diperlukan beberapa parameter dari geografi bangunan, seperti: laltitude, bulan terpanas, temperature udara luar maksimum dan minimum, kelembaban serta temperature tahan (detail lihat [Tabel 1](#)).



Gambar 6. Layout ruang mesin

Tabel 1. Data geografi bangunan

Parameter	Keterangan
Latitude	6° LS
Bulan Terpanas (<i>Peak Load</i>)	Oktober
Temperatur udara luar maksimum	34,5 °C
Temperatur udara luar minimum	25,5 °C
Rh	67%
Temperatur tanah	32,6 °C

Laju aliran digunakan untuk menghitung penurunan tekanan saluran udara. menentukan jumlah diffuser yang akan menjadi saluran keluar udara setiap unit. Untuk nilai aliran udara balik (V_{return}) maka aliran udara daya berkurang oleh aliran udara segar. Aliran udara segar adalah 15% dari aliran udara suplai. Untuk mengkondisikan ruangan agar nyaman, maka temperatur yang harus dipertahankan adalah 23-25°C dan nilai RH (kelembaban) 50%-80% (Sugiri dan Srihanto, 2020).

Penempatan Grille *return* dan *exhaust* dapat di posisikan pada *ceiling*. Untuk mengendalikan kebisingan dan mengurangi penurunan tekanan, maka kecepatan aliran udara sebesar 1,5 sampai 2,5 m/s.

Berdasarkan fungsi ruangan, parameter desain sistem pendingin udara untuk ruang Mesin adalah temperatur yang dibutuhkan adalah 19° C sampai dengan 23° C dengan kelembapan yang dianjurkan untuk ruangan adalah 50% (Pramudhita, 2020).

3.2. Perhitungan Kehilangan Tekanan Udara Supply dan Saluran Udara Return

Berdasarkan perhitungan, *cooling capacity* unit yang dibutuhkan di ruang mesin adalah 9,36 kW *cooling* dengan jumlah *Air flow* 1640 l/s. Untuk besar debit udara balik (V_{return}), maka nilai debit udara *supply* di kurangi dengan debit udara *Fresh Air*. Debit udara *Fresh Air* sebesar 15% dari besar udara *supply*. Hal ini bertujuan agar udara yang masuk atau di salurkan pada ruangan mengandung oksigen yang cukup untuk kebutuhan jumlah orang yang ada pada ruangan tersebut (Alam dkk., 2022).

$$\begin{aligned}
 SAD &= \sqrt{\frac{205 \left(\frac{L}{S}\right) \times 3,6}{6300}} \\
 &= \sqrt{0,117142857} \\
 &= 342 \text{ mm} \\
 RAG &= \sqrt{\frac{323 \left(\frac{L}{S}\right) \times 3,6}{5040}} \\
 &= \sqrt{0,230} \\
 &= 480 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4 menampilkan nilai hasil perhitungan jumlah diffuser dan debit masing-masing area, maka selanjutnya adalah membuat gambar *schematic* sistem tata udara dan pendinginnya seperti pada Gambar 7.

Tabel 2. Nilai debit *supply* dan jumlah *diffuser*

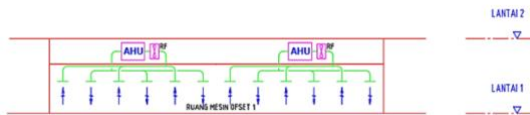
V_{supply} (L/s)	Jumlah Diffuser	V_{supply} per Diffuser (L/s)	Dimensi Diffuser
1640	8	205	345 x 345

Tabel 3. Nilai debit *return* dan jumlah *grille*

V_{supply} (L/s)	Jumlah Return Grille	V_{supply} per Grille (L/s)	Dimensi Diffuser
1640	8	205	345 x 345

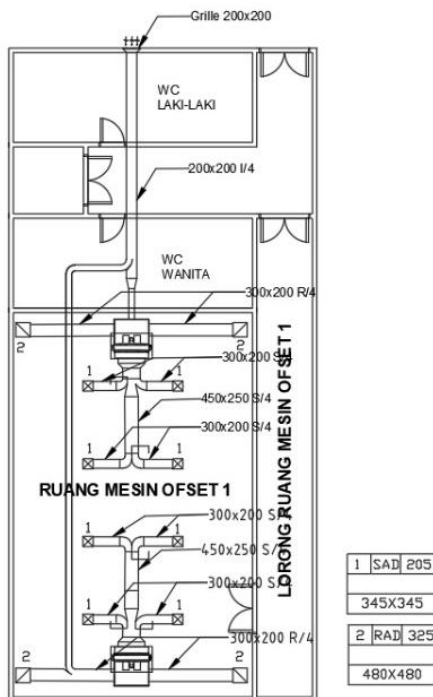
Tabel 4. Nilai debit dan jumlah grille fresh air

V_{supply} (L/s)	Jumlah Return Grille	Dimensi Diffuser
246	1	205



Gambar 7. Schematic sistem tata udara

Berdasarkan Gambar 7, unit yang digunakan pada ruang mesin ini menggunakan 2 unit AHU dengan kapasitas 4,68 kW cooling, dengan tujuan untuk memudahkan saat perawatan mesin dan perbaikan saat ada kerusakan pada unit AHU. Ketika terjadi kerusakan pada unit AHU, unit lainnya dapat tetap hidup dan mendistribusikan udara dingin pada ruang mesin.



Gambar 8. Desain sistem pendingin dan tata udara pada ruang mesin

Dengan mengacu kepada hasil perhitungan dan analisis, cooling capacity unit yang dibutuhkan di ruang mesin adalah 9,36 kW dengan 1640 l/s. Kapasitas tersebut sudah mencakup kebutuhan fresh air atau udara segar yang di hisap unit dari udara luar yang di butuhkan sebesar 245 l/s. Kapasitas yang sudah didapat di bagi menjadi

2 unit AHU yang masing-masing unit menggunakan 4 supply air diffuser (SAD) dengan air flow 205 l/s dan 2 buah return air diffuser (RAD) dengan air flow 325 l/s Dengan kapasitas ini, temperature dan kualitas udara yang sesuai untuk mesin dapat tercapai, maka dihasilkan desain sistem pendingin dan tata udara pada ruang mesin seperti pada Gambar 8.

4. SIMPULAN

Performa dan ketahanan komponen pada mesin sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah temperatur dan tingkat kelembaban dalam ruang. Temperatur dan kelembaban ruangan yang tidak sesuai dengan kondisi standar mesin, mengakibatkan banyak komponen mekanik dan elektrik pada mesin mengalami kerusakan. Kerusakan pada beberapa mesin yang terjadi pada di PT. X hingga saat ini, juga disebabkan hal tersebut. Temperatur udara ruangan saat di lakukan pengukuran 30^o C-32^o C. Jika tidak di lakukan pembenahan tata udara diruang mesin tersebut, maka kerusakan yang semakin parah pada mesin akan terjadi.

Luas ruangan mesin adalah 104 m². Perancangan sistem pendingin dan tata udara ini dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya perhitungan kapasitas yang dibutuhkan, Analisis dan gambar desain pada area mesin. Berdasarkan perhitungan, cooling capacity unit yang dibutuhkan di ruang mesin adalah 9,36 kW dengan 1640 l/s. Kapasitas tersebut sudah mencakup kebutuhan Fresh Air yang di butuhkan sebesar 245 l/s. Dengan kapasitas ini, temperatur dan kualitas udara yang sesuai untuk mesin dapat tercapai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Media Kreatif yang telah mendanai penelitian ini melalui program Pendanaan Internal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, Md.A. dkk. (2022) 'Design and development of thermal comfort analysis for air-conditioned compartment', *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 2022, hal. 1-15.
- Ashrae (2021) *2021 ASHRAE Handbook -- Fundamentals*. Peachtree Corners, GA: Ashrae [Cetak].
- Baharudin, B.B. dan Mardiana, M.M. (2019) 'Perencanaan Sistem Tata Udara Pada Gedung Kantor Kepala Desa Keban 2', *PETRA: Jurnal Teknologi Pendingin dan Tata Udara*, 6(1), hal. 24-32.
- Bevirt, W.D. (1990) *HVAC Systems Duct Design*. 3rd edn. USA: SMACNA Duct Design Committee [Cetak].
- BSN (2021) 'Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung (SNI 03-6572-2001)'. Badan Standardisasi Nasional (BSN) [Cetak].
- Haryanto, H., Ramadhani, M. dan Dekarina, D. (2019) 'Perencanaan Ducting Pada Gedung Serbaguna Desa Lumpatan I', *PETRA: Jurnal Teknologi Pendingin dan Tata Udara*, 6(1), hal. 1-9.
- Hendradinata, H. dan Pratama, S.A. (2020) 'Perhitungan Beban Pendingin Pada Gedung Aula MA Negeri 1 Muba', *PETRA: Jurnal Teknologi Pendingin dan Tata Udara*, 7(2), hal. 27-33.
- Hidayati, B. dan Irpandi, J. (2020) 'Perencanaan Sistem Tata Udara Pada Aula Kantor Kwarcab Muba', *PETRA: Jurnal Teknologi Pendingin dan Tata Udara*, 7(1), hal. 1-7.
- Irawan, F. dan Wawantara, W. (2020) 'Perhitungan Beban Pendingin Pada Gedung Aula Kantor Camat Lais', *PETRA: Jurnal Teknologi Pendingin dan Tata Udara*, 7(1), hal. 8-15.
- Liawan, J.P., Tanujaya, H. dan Darmawan, S. (2023) 'Analisis Aliran Udara dan Kenyamanan Termal di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)', *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, 5(1), hal. 123-134.
- Nugraha, N. dkk. (2018) 'Ventilation Air Conditioning Design', in *Seminar Nasional - XVII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri. Seminar Nasional - XVII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri*, Bandung: ITENAS, pp. 49-56.
- Pramudhita, A. (2020) 'Perancangan Sistem Tata Udara Pada Ruang Nicu Di Lantai 3 Rumah Sakit "X"', *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 6(2), hal. 125-135.
- Sugiri, M. dan Srihanto, S. (2020) 'Perencanaan Sistem Pendingin Udara 25 Lantai Pada Gedung Perkantoran Dengan Menggunakan Sistem Ac Central (Water Cooled) Di Jakarta', *PROSIDING SNITT POLTEKBA*, 4, hal. 45-57.
- Wang, S.K. (2000) *Handbook of air conditioning and refrigeration*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill [Cetak].
- Winata, M.I.N. dan Kusumaningrum, N. (2023) 'Analisa Beban Pendingin Pada Ruang Data Center Di PT. BSH', *Jurnal Teknologi Industri*, 12(1), hal. 1-8.