ATECH-i
www.Atech-i.id
ISSN: 3025-8677

Studi Perancangan Sistem Pengkondisian Udara (*HVAC*) Mall XYZ

Study of Air Conditioning System (HVAC) Design for Mall XYZ

Al Qadry[1], Nisfan Bahri[*,2], Franklin Taruyun Hudeardi Sinaga[3]

[1]Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Indonesia
[2]Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Indonesia
[3]Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Indonesia

[*]Penulis Korespondesi
Email: nisfanbahri@polmed.ac.id[*]

Abstrak.
Sistem pengkondisian udara merupakan elemen krusial dalam menciptakan kenyamanan termal dan kualitas udara yang optimal di lingkungan komersial seperti pusat perbelanjaan. Penelitian ini berfokus pada perancangan ulang sistem pengkondisian udara di Mall XYZ, Serpong,Tangerang, dengan tujuan utama mengidentifikasi potensi penghematan energi listrik. Perancangan ini melibatkan perhitungan beban pendinginan, pemilihan komponen utama seperti Air Handling Unit (AHU) dan chiller, serta penentuan system perpipaan dan saluran udara. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total beban pendinginan Mall XYZ adalah 1082,54 TR. Meskipun instalasi yang ada secara teoritis telah dirancang untuk meminimalkan konsumsi energi, observasi lapangan mengindikasikan adanya peluang penghematan lebih lanjut melalui Optimalisasi operasional chiller.
Kata kunci: *Sistem Pengkondisian Udara, Beban Pendinginan, AHU, Chiller, Efisiensi Energi.*

Abstract.
Air conditioning systems are crucial for achieving optimal thermal comfort and air quality in commercial environments such as shopping malls. This research focuses on redesigning the air conditioning system at XYZ Mall in Serpong, Tangerang, with the primary goal of identifying potential energy savings. The design involved calculating the cooling load, selecting key components such as the Air Handling Unit (AHU) and chiller, and determining the piping and ducting system. The calculations indicate that the total cooling load at XYZ Mall is 1,082.54 TR. Although the existing installation is theoretically designed to minimize energy consumption, field observations indicate opportunities for further savings through optimizing chiller operation.
Keywords: *Air Conditioning Systems, Cooling Loads, AHUs, Chillers, Energy Efficiency.*

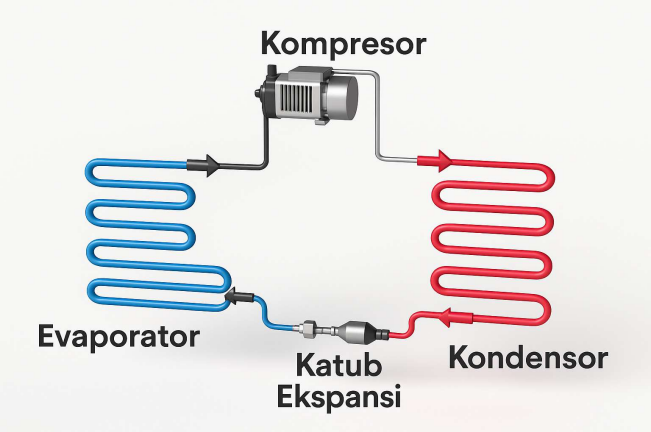
1. Pendahuluan

Sistem penyegaran udara untuk kenyamanan manusia dirancang agar mampu mempertahankan temperatur, kelembaban, kebersihan, dan distribusi udara sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Dalam perancangannya, beberapa faktor penting perlu dipertimbangkan, antara lain faktor kenyamanan, ekonomi, serta operasi dan perawatan. Faktor kenyamanan mencakup aliran dan kebersihan udara, bau, kualitas ventilasi, serta tingkat kebisingan yang dapat diatur melalui sistem pengendali pada mesin penyegar udara. Dari sisi ekonomi, perancangan sistem harus memperhitungkan biaya awal, operasional, serta perawatan agar sistem dapat berfungsi secara optimal dengan biaya total serendah mungkin. Sementara itu, dari aspek operasi dan perawatan, sistem yang ideal adalah yang memiliki konstruksi sederhana, tahan lama, mudah diperbaiki, mudah dirawat, fleksibel terhadap perubahan kondisi operasi, serta memiliki efisiensi tinggi.

Kemampuan merancang sistem atau mesin untuk memenuhi kebutuhan masyarakat merupakan aspek fundamental bagi seorang insinyur teknik. Dalam konteks ini, perancangan sistem pengkondisian udara untuk mall bertujuan untuk menghilangkan udara panas di dalam mall, sehingga menciptakan kenyamanan bagi pengunjung. Kenyamanan manusia umumnya tercapai pada suhu 24 - 26°C dengan kelembaban udara antara 55 – 65%.

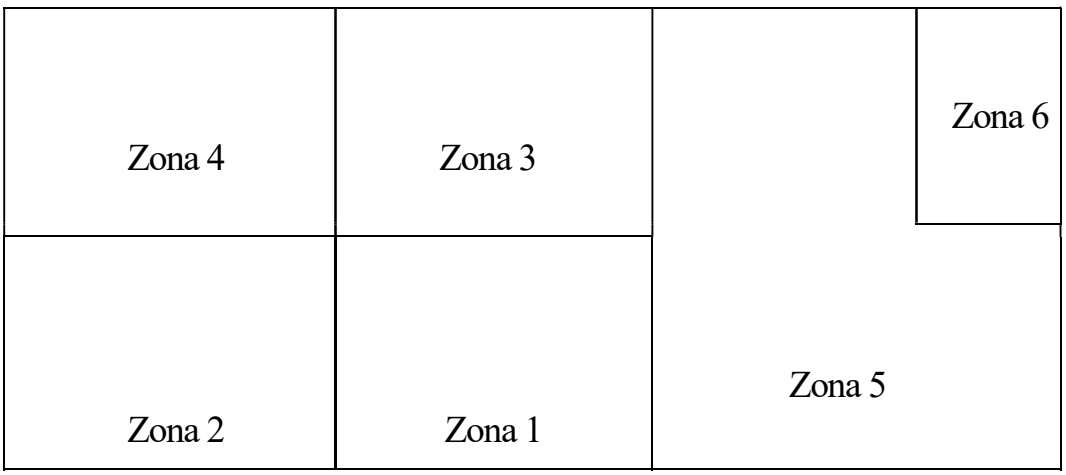
Sistem pengkondisian udara untuk mall dirancang untuk menciptakan lingkungan yang nyaman bagi pengunjung dengan mempertimbangkan beban pendinginan yang bervariasi akibat aktivitas manusia dan peralatan yang ada. Sistem ini beroperasi berdasarkan prinsip termodinamika, melalui proses pemampatan, pengembunan, penurunan tekanan, dan penguapan pada refrigeran. Beban pendinginan, yang diukur dalam BTU/jam, mencakup panas sensibel dari perubahan suhu serta panas laten yang berasal dari berbagai sumber, seperti perpindahan panas melalui dinding dan jendela, radiasi matahari, panas dari pencahayaan, serta kontribusi dari penghuni dan peralatan elektronik. Selain itu, infiltrasi dan ventilasi juga berperan dalam meningkatkan beban pendinginan. Untuk memastikan efisiensi dan efektivitas sistem, diagram psikometri digunakan untuk menganalisis sifat termal udara lembab, sehingga memungkinkan penyesuaian yang tepat dalam perhitungan beban pendinginan dan pengaturan suhu yang optimal di seluruh area Mall.

2. Metode Penelitian



Gambar 1. Skematik Siklus Pendingin

Secara prinsip kerja, sistem pendingin uap kompresi dirancang berdasarkan penerapan Hukum Termodinamika Pertama dan Kedua, yang menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dimusnahkan, hanya dapat diubah bentuknya, serta bahwa perpindahan panas dari suhu rendah ke suhu tinggi membutuhkan masukan kerja dari luar. Dalam sistem ini, fluida kerja berupa refrigeran mengalami perubahan tekanan, temperatur, dan fase secara berulang dalam satu siklus tertutup yang terdiri dari empat proses utama, yaitu: (1) proses kompresi, di mana refrigeran uap bertekanan rendah dari evaporator dikompresi oleh kompresor menjadi uap bersuhu dan bertekanan tinggi; (2) proses kondensasi, di mana refrigeran tersebut melepaskan panas ke media pendingin di dalam kondensor dan berubah fase menjadi cairan tekanan tinggi; (3) proses ekspansi, di mana refrigeran cair tekanan tinggi dialirkan melalui katup ekspansi sehingga tekanannya turun secara adiabatik dan berubah menjadi campuran cair-uap bersuhu rendah; dan (4) proses evaporasi, di mana refrigeran menyerap panas dari lingkungan sekitarnya di dalam evaporator dan berubah kembali menjadi uap tekanan rendah untuk mengulangi siklus. Keempat proses ini berlangsung secara berkelanjutan untuk menjaga temperatur ruang atau media tetap sesuai dengan kebutuhan pendinginan.



Gambar 2. Sketsa ruangan per Zona di Mall XYZ

Keterangan:

No	Keterangan	Fungsi
1	Zone Mall Satu	Area ritel utama, berisi toko pakaian, aksesoris, dan restoran cepat saji
2	Zone Mall Dua	Area hiburan, bioskop, pusat permainan keluarga
3	Zone Mall Tiga	Area elektronik dan gadget, toko komputer, handphone, dan aksesoris
4	Zone Mall Empat	Area makanan dan minuman (food court), serta ruang pameran produk lokal
5	Area Parkir	Tempat parkir kendaraan pengunjung dan karyawan
6	Kantor Pengelola	Ruang administrasi, keamanan, pengelolaan gedung, dan layanan pengaduan

Sistem pengkondisian udara akan dirancang untuk sebuah bangunan yang berfungsi sebagai pusat perbelanjaan di kawasan perkotaan, yaitu sebuah mall yang diperkirakan akan menarik sekitar 20.000 pengunjung setiap harinya. Lokasi bangunan ini berada di Tangerang, Banten, dengan koordinat astronomis 105º1'11" - 106º7'12" BT dan 5º7'50" - 7º1'1" LS. Bangunan terdiri dari empat lantai, yaitu Lantai Dasar (Ground Floor), Lantai Atas Dasar (Upper Ground), Lantai Pertama (First Floor), dan Lantai Kedua (Second Floor) di bagian paling atas.

Tabel. 1. Dimensi Bangunan tiap lantai

Lantai	Bagian	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Luas (ft^2)
Ground	Barat	72		4	3100
	Timur	72		4	3100
	Utara		108	4	4650
	Selatan		108	4	4650
Upper Grd.	Atap	72	108		83700
Lantai 1	Lantai	72	108		83700
Lantai 2	Kaca (Lt.G)	69		4	2971
	(Lt.UG)	161		1,5	2600
		120		2	2583
	(Lt.1)	191,5		1,5	3092
	(Lt.2)	-		-	-

Mall sebagai pusat perbelanjaan menyediakan berbagai kebutuhan masyarakat, dari kebutuhan primer seperti pakaian dan makanan hingga kebutuhan sekunder seperti elektronik

dan jasa. Lantai Ground dihuni oleh ruang pameran, toko kebutuhan sekunder, serta penyedia jasa seperti salon dan tiket transportasi. Lantai *Upper Ground* menawarkan produk serupa serta apotek dan toko obat. Lantai 1 memiliki Carefour dengan sistem pendingin tersendiri, sementara lantai 2 difokuskan untuk area makan (*food court*) dan toko Ramayana yang menjual pakaian.

Sistem operasi tata udara yang dirancang pada bangunan ini menggabungkan dua pendekatan utama, yaitu sistem pendinginan sentral dengan air cooled chiller dan sistem terpisah (package unit), yang masing-masing melayani area dengan kebutuhan operasional berbeda.

- Sistem Pendinginan Sentral (*Air Cooled Chiller*)

  Sistem ini digunakan untuk melayani area utama pada lantai dasar (Ground), Upper Ground, lantai 1, dan lantai 2. Unit pengolah udara (Air Handling Unit/AHU) ditempatkan di ruang khusus pada setiap lantai dan dipasang secara menggantung di atas plafon (ceiling) dengan konstruksi yang dirancang aman dan sesuai standar bangunan. Setiap AHU dilengkapi dengan instalasi ducting, pipa AC, saluran drainase, dan sistem kelistrikan untuk menjamin fungsi kerja yang optimal. AHU ini dirancang secara khusus untuk mencegah terjadinya kondensasi baik pada unit maupun saluran udara, sehingga mampu mempertahankan temperatur dan kualitas udara yang diinginkan.

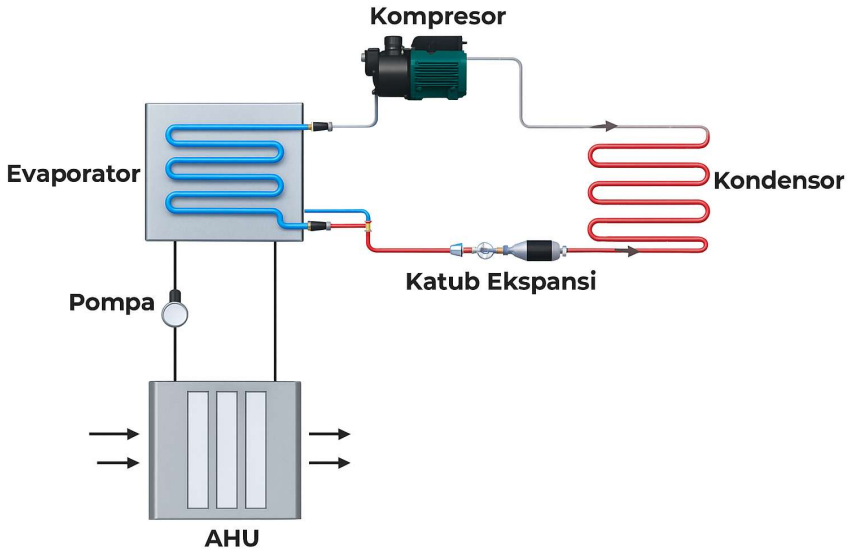
- Sistem Paket Terpisah (*Package Unit*)

  Sistem ini terdiri dari satu paket unit indoor dan outdoor dengan tipe split duct dan split wall, yang digunakan untuk melayani area dengan kebutuhan operasional khusus. AC split duct melayani restoran di lantai 2 beserta ruang pengelola, sedangkan AC split wall melayani area seperti ruang panel, ruang keamanan (security), ruang kontrol, lantai ground, dan ruang eskalator. Sistem ini dirancang terpisah dari sistem chiller utama dan digunakan untuk melayani tenant atau area yang membutuhkan pendinginan dengan kapasitas kecil dan operasional 24 jam, di luar jam operasional utama pertokoan.

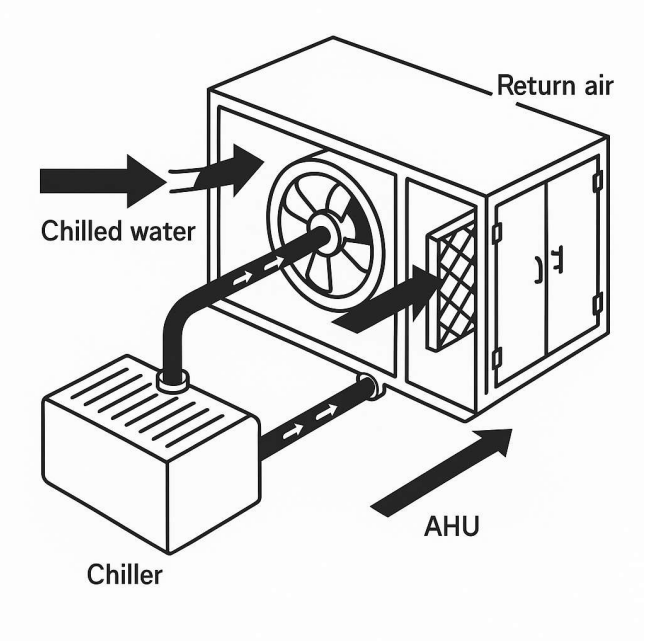
Tabel 2 Data-data Teknis Perencanaan Sistem Penyegaran Udara

No	Komponen	Spesifikasi Teknis
1	**Air Handling Unit (AHU)**	
	Lokasi Unit	AHU D, L1, L2 (General)
	Manufacturer	Carrier
	Unit Model	39 G size 2230
	Design Air Flow	32.300 cfm
	Chilled Water Coil	
	Configuration	6/12/DB
	Face Area	58,93 sqft

	Actual Air Flow	32.300 cfm
	Ent. Air DB/WB	75.00 / 64.60 °F
	Leaving Air DB/WB	68.02 / 57.64 °F
	Ent./Lvg. Air Enthalpy	29.5 / 24.8 Btu/lb
	Total Cooling Capacity	884.00 MBH
	Sensible Cooling Capacity	699.63 MBH
	Fluid Flow Rate	138.8 gpm
	Fluid Pressure Drop	1.2 ft.wg
2	**Air Cooled Reciprocating Chiller**	
	Manufacturer	Carrier
	Unit Model	30 GBN size 200
	Chilled Water Flow Rate	503.8 gpm
	Chilled Water Pressure Drop	14.2 ft.wg
	Electrical Characteristics	380 Volt / 3 Phase / 50 Hz
3	**Chilled Water Pump (CHWP)**	
	Jumlah Unit	1 ~ 8
	Design Capacity	504.0 gpm
	Motor Size	22 kW
4	**Fan**	
	Manufacturer	Kruger / Singapore



Gambar 3. Sirkulasi *Water Chiller*



Gambar 4. Ilustrasi *Water Cooled* dengan Chiller dan AHU

Sirkulasi tertutup air dingin dalam sistem tata udara ini mengandalkan unit sentral *air cooled chiller* yang berfungsi mendinginkan air melalui evaporator, kemudian dialirkan oleh pompa menuju AHU untuk menyerap kalor dari udara ruangan. Setelah menyerap panas, air kembali ke evaporator sebagai chilled water untuk didinginkan ulang. Unit air cooled foltronic chiller yang digunakan menawarkan efisiensi energi tinggi melalui kontrol digital canggih dan sistem diagnostik otomatis yang memudahkan perawatan. Pompa sirkulasi menjaga aliran air dingin dari chiller ke AHU dan sebaliknya secara berkesinambungan. AHU dan FCU dilengkapi kipas dan coil section yang mengambil panas dari udara ruangan, menurunkan suhunya hingga 15 °C sebelum didistribusikan kembali, dengan pengaturan suhu yang dikendalikan oleh motorized valve secara presisi agar ruangan tetap nyaman dan stabil.

3. Hasil dan Pembahasan

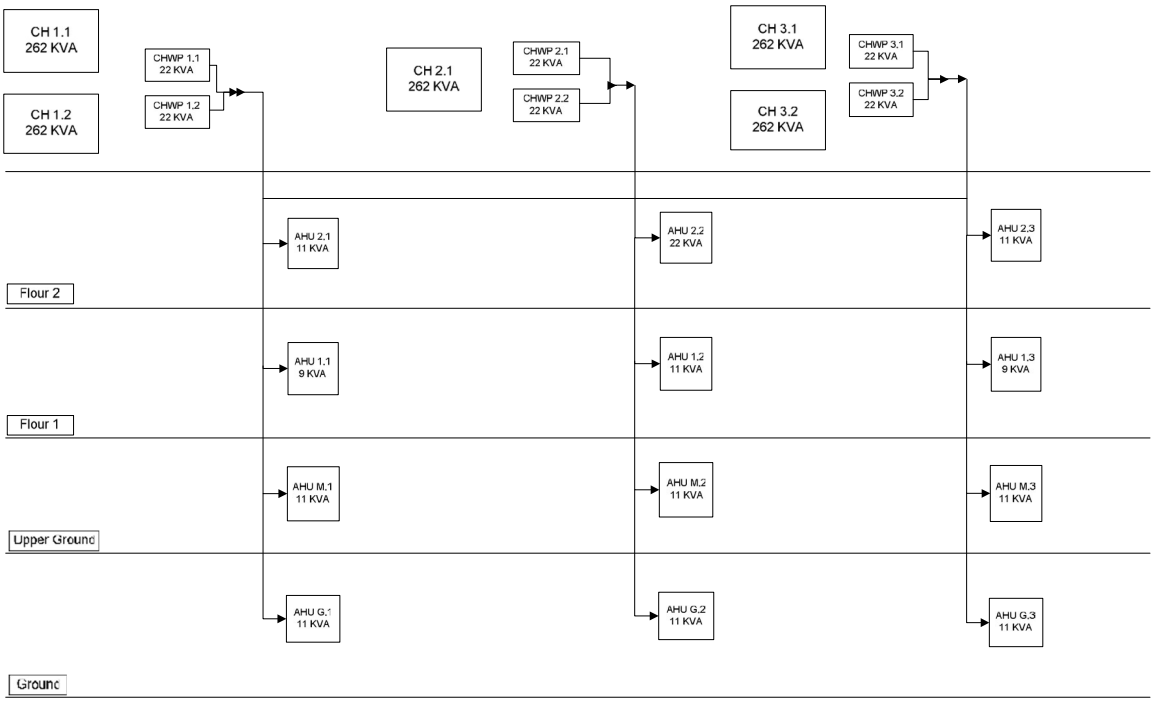
a. Beban Pendinginan

Beban pendinginan adalah total panas yang harus diserap sistem AC agar suhu dan kelembaban ruangan tetap nyaman, dinyatakan dalam BTU/jam. Beban ini terdiri dari panas sensibel (perubahan suhu) dan panas laten (perubahan fase uap air), dan keduanya dihitung berdasarkan perpindahan panas konduksi, konveksi, dan radiasi. Perhitungan mengacu pada diagram psikometri yang menggambarkan sifat udara lembab. Parameter penting dalam psikometri meliputi:

- *Temperatur* bola kering (Dry Bulb): suhu udara tanpa pengaruh kelembaban.

- *Temperatur* bola basah (Wet Bulb): suhu saat penguapan maksimal, mencerminkan kelembaban.
- *Dew Point*: suhu saat uap air mulai mengembun.
- *Relative Humidity*: perbandingan antara uap air aktual dan jenuh.
- *Specific Humidity*: berat uap air per berat udara kering.
- *Entalpi*: total kandungan panas udara (BTU/lb).
- *Specific Volume*: volume udara per satuan massa.
- *Sensible Heat Factor (SHF)*: rasio panas sensibel terhadap total panas.

Dalam perancangannya, beban pendinginan dipilih berdasarkan kondisi terberat namun realistis, bukan hanya beban puncak sesaat. Untuk mall atau pusat perbelanjaan, suhu ideal berkisar 22–24°C dengan kelembaban 50–60%, namun sistem pendingin tidak harus selalu mencapai titik ideal, cukup mendekati kenyamanan optimal. Untuk meringankan kerja evaporator, sistem pengkondisian udara di Mall XYZ menggunakan return air (udara balik), yaitu udara dari dalam ruangan yang disaring dan dialirkan kembali melalui evaporator. Proses ini bertujuan menghilangkan zat berbahaya, racun, atau bibit penyakit. Udara balik kemudian dicampur dengan udara segar dan disirkulasikan kembali ke ruangan, sehingga efisiensi sistem pendingin meningkat tanpa mengorbankan kualitas udara



Gambar 5. Skematik Chiller dan AHU

Tabel 3. Rekapitulasi Beban Pendinginan Mall XYZ

Lantai	Total Beban Pendingin (TR)	Jumlah AHU	Tipe AHU	Total Kapasitas AHU (TR)
Ground	280,29	6	4 × Carrier G10TH12HLD 6 AF-6 2 × G1LQH32HLA AE-6	4×87,5 + 2×47,5 = **345 TR**
Upper Ground	257,60	6	4 × Carrier G10TH12HLD 6 AF-6 2 × G1LQH32HLA AE-6	4×87,5 + 2×47,5 = **345 TR**
Lantai 1	206,86	6	4 × Carrier G10TH12HLD 6 AF-6 2 × G1LQH32HLA AE-6	4×87,5 + 2×47,5 = **345 TR**
Lantai 2	337,79	6	4 × Carrier G1LQUH12HL F6 AF-6 2 × G1NSH32HLB6HB-6	4×109,3 + 2×63,9 = **565,8 TR**
Total	**1082,54 TR**	**24**		**1600,8 TR (Total kapasitas AHU)**

Data Mesin Pendingin (Chiller)

Jumlah	Merk	Tipe	Sistem	Kapasitas/TR
3	Carrier	30 GBN 200	Air Cooled	210
10	Carrier	31 GBN 175	Air Cooled	190

Mall XYZ memiliki 13 chiller, termasuk 3 unit khusus untuk Carrefour (2 unit 190 TR dan 1 unit 210 TR). Chiller 190 TR dipasang secara paralel untuk efisiensi distribusi ke 6 AHU per lantai dan memudahkan sistem perpipaan. Dalam operasionalnya, hanya 3 chiller yang diaktifkan karena total beban pendinginan sebesar 1082,5 TR sudah dapat tercukupi.

4. Kesimpulan

Perancangan ulang sistem pengkondisian udara di Mall XYZ, Serpong, Tangerang, menunjukkan bahwa total beban pendinginan sebesar 1082,54 TR dapat ditangani secara

efisien oleh sistem yang ada melalui kombinasi chiller air-cooled dan unit AHU. Meskipun kapasitas terpasang cukup besar dengan total 13 unit chiller, observasi lapangan mengindikasikan bahwa hanya 3 unit chiller yang perlu dioperasikan untuk memenuhi kebutuhan pendinginan harian. Hal ini membuka peluang besar untuk penghematan energi listrik melalui optimalisasi operasional, khususnya pada pemanfaatan dan manajemen chiller. Sistem yang dirancang telah mempertimbangkan distribusi beban secara zonal, penggunaan udara balik (return air) untuk efisiensi termal, serta pemilihan peralatan teknis yang mendukung efisiensi dan kemudahan perawatan. Oleh karena itu, pendekatan perancangan ini tidak hanya memenuhi standar kenyamanan termal dan kualitas udara, tetapi juga berpotensi meningkatkan efisiensi energi secara signifikan di lingkungan komersial berskala besar.

Daftar Pustaka

ASHRAE. (2017). ASHRAE Handbook—Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2011). *Thermodynamics: An Engineering Approach* (7th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.

Carrier Corporation. (2020). *Product Data: 30GBN Air-Cooled Chillers*. Carrier Global Corporation.

Dossat, R. J. (1997). *Principles of Refrigeration* (4th ed.). New Jersey: Prentice Hall.

Hidayat, R., & Ramdhani, M. A. (2021). Analisis efisiensi sistem tata udara pada pusat perbelanjaan berbasis simulasi cooling load. *Jurnal Energi dan Lingkungan*, 12(1), 33-41.

Lingga, F. A., & Prabowo, S. (2022). Desain sistem HVAC hemat energi untuk bangunan komersial di wilayah tropis. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 8(3), 101-109.

Mitchell, J. A., Thomson, M., & Coyne, R. P. (2017). *A guide to citation*. London, England: My Publisher.

Robinson, J. M. (2010). Methods of digesting cellulose to glucose using salts and microwave (muwave) energy. *US Patent No: US2010/0044210 A1*.

Siregar, T. (2018). Optimasi sistem AHU dalam penghematan energi listrik pada bangunan komersial. *Jurnal Teknologi Energi*, 9(1), 56-63.

Diterima: ; Disetujui: ; Diterbitkan:
https://doi.org/10.45035/Atech-i.

Artikel ini adalah artikel open access di bawah lisensi CC BY-SA 4.0