



ANALISA PERHITUNGAN BEBAN DAN PERANCANGAN DISTRIBUSI SALURAN UDARA PADA RUANGAN APARTEMEN

Andri Setiawan, Abdul Choliq, Nur Rohmat*, Nurjaya

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang,
E-mail: dosen00597@unpam.ac.id

Masuk: 29 Agustus 2021

Direvisi: 17 September 2021

Disetujui: 30 September 2021

Abstrak: Besarnya konsumsi listrik untuk *air conditioner* (AC) yang digunakan pada ruangan apartemen menjadi permasalahan yang berujung pada pemborosan keuangan. Berlatar belakang masalah tersebut, maka dalam penelitian ini akan diperhitungkan kembali dalam pemilihan kapasitas pendinginan *air conditioning* yang tepat sebagai upaya penghematan energi untuk penurunan efek rumah kaca tanpa mengurangi kenyamanan dalam ruangan. Temperatur nyaman suatu ruangan menurut Standar Nasional Indonesia berkisar antara 24°C - 27°C dengan kelembaban relatif 60%±5%. Dalam penelitian ini akan dihitung besarnya beban pendinginan yang diperlukan pada ruangan serta mengetahui desain distribusi saluran udara. Metode penelitian dilakukan dengan tinjauan langsung di lapangan dengan mengukur beban pendinginan pada satu unit rumah apartemen meliputi bedroom-1, bedroom-2, dan bedroom-3, mengumpulkan jenis material konstruksi, barang-barang elektronik, jenis lampu yang digunakan, mengukur dimensi ruangan (dinding, pintu, kaca), mengukur temperatur di dalam dan di luar ruangan, fungsi ruangan dan jumlah penghuninya. Perhitungan beban pendinginan pada ruangan ini menggunakan metode CLTD/CLF (*Cooling Load Temperature Difference/Cooling Load Factor*), sedangkan untuk merancang instalasi tata udara menggunakan metode *Equal Friction Method*. Setelah dilakukan perhitungan beban pendinginan pada ketiga ruangan apartemen, didapat beban pendinginan pada ruang bedroom-1 dengan luas ruangan 187,552 ft² sebesar 15163,535 BTU/HR, ruang bedroom-2 dengan luas ruangan 304,364 ft² sebesar 20791,292 BTU/HR dan ruang media room dengan luas ruangan 623,903 ft² sebesar 32246,135 BTU/H.

Kata kunci: Beban pendinginan, Distribusi saluran udara, CLTD/CLF (*Cooling load temperature difference/Cooling load factor*), *Equal friction method*.

Abstract: The amount of electricity consumption for air conditioner (AC) used in apartment rooms is a problem that leads to financial waste. With this background in mind, in this study, it will be reckoned with in choosing the right cooling capacity for air conditioning as an energy saving effort to reduce the greenhouse effect without reducing indoor comfort. The comfortable temperature of a room according to Indonesian National Standards ranges from 24°C - 27°C with a relative humidity of 60%±5%. In this study, the amount of cooling load required in the room will be calculated and determine the design of the air duct distribution. The research method was carried out by direct observation in the field by measuring the cooling load in one apartment unit including bedroom-1, bedroom-2, and bedroom-3, collecting types of construction materials, electronic goods, types of lights used, measuring room dimensions (walls and walls), doors, glass), measures the temperature inside and outside the room, the function of the room and the number of occupants. Calculation of the cooling load in this room uses the CLTD/CLF (*Cooling Load Temperature Difference/Cooling Load Factor*) method, while the *Equal Friction Method* is used to

design the air conditioning installation. After calculating the cooling load in the three apartment rooms, the cooling load in the bedroom-1 room with an area of 187,552 ft² is 15163,535 BTU/HR, the bedroom-2 room with a room area of 304,364 ft² is 20791,292 BTU/HR and the media room room with an area of 623,903 ft² of 32246,135 BTU/H.

Keywords: *Cooling load, Air duct distribution, CLTD/CLF (Cooling load temperature difference/Cooling load factor, Equal friction method.*

PENDAHULUAN

Ketika terdapat perbedaan temperatur tubuh manusia dengan lingkungannya maka akan menimbulkan ketidaknyamanan yang diindikasikan dengan kepanasan atau kedinginan yang dirasakan oleh tubuh, Masalah ini tentunya berakibat tidak baik bagi kehidupan seluruh mahluk hidup terutama manusia. Mayoritas besar meningkatnya temperatur rata-rata global terjadi sejak pertengahan abad ke-20 peningkatan ini dimungkinkan disebabkan oleh akibat kegiatan manusia melalui efek rumah kaca [1].

Posisi geografis Indonesia yang berada di garis katulistiwa dan beriklim tropis menyebabkan kebanyakan daerah di Indonesia tidak bisa memberikan rasa nyaman dikarenakan udara yang panas (23-34°C), kotor serta angin yang berubah-ubah. Temperatur nyaman suatu ruangan berkisar antara 23-34°C dengan kelembaban relatif berkisar 60% ± 5% [2], maka diperlukan usaha untuk dapat mendapatkan kenyamanan dengan memakainya mesin pengkondisian udara (*Air conditioning*).

Saat ini *Air conditioning* (AC) sudah menjadi bagian dari kebutuhan manusia. AC sudah banyak dimanfaatkan diberbagai tempat, seperti Mall, perkantoran dan hunian. Salah satu bentuk hunian yang paling memerlukan AC adalah apartemen, karena AC biasanya menjadi paket fasilitas apartemen. Sementara itu, kebutuhan apartemen sebagai tempat tinggal di perkotaan cenderung bertambah. Jumlah apartemen di area Bogor, Depok, Tangerang, dan Bekasi (Bodetabek) diperkirakan akan terus tumbuh. Lembaga riset properti, Savills Indonesia memproyeksikan pasokan apartemen di area Bodetabek akan bertambah sebanyak 129.000 unit dalam empat tahun ke depan hingga tahun 2022 [3]. Dalam pemasangan AC, banyak pengguna yang kurang memahami dalam perhitungan kapasitas AC dengan beban pendinginan ruangan. Setiap ruangan memiliki beban kalor yang berbeda, maka perlu perhitungan teliti sebelum pemasangan AC. Pemilihan kapasitas AC yang terlalu besar mengakibatkan konsumsi listrik yang besar, jika kapasitasnya terlalu kecil maka temperatur yang diinginkan tidak tercapai.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan perhitungan ulang beban pendingin pada ruangan apartemen serta merancang sistem pengontrolan udara pada ruangan agar diperoleh kondisi temperatur yang nyaman dan konsumsi listrik untuk AC yang tidak berlebihan.

METODOLOGI

Pada penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data-data yang diperlukan dalam menganalisa kebutuhan temperatur atau temperatur ideal dalam sebuah ruangan. Untuk mendapatkan hasil perhitungan yang akurat dan maksimal maka dalam penelitian ini ada beberapa tahapan dalam pengumpulan data, antara lain :

1. Perhitungan dimensi ruangan, fungsi ruangan, jumlah penghuni, jumlah dan jenis peralatan yang digunakan dan spesifikasi material bangunan yang akan digunakan.
2. Pengukuran temperatur luar dan kelembaban udara selama satu bulan untuk mengetahui temperatur maksimal sebagai bagian dari perencanaan perhitungan beban pendinginan.
3. Perhitungan beban pendinginan pada ruang Bedroom-1, Bedroom-2 dan Media room dengan menggunakan metode *Cooling Load Temperatur Diffrence/Cooling Load Factor* (CLTD/CLF).
4. Perancangan distribusi saluran udara dengan menggunakan metode *Equal Friction* dan menetapkan angka *friction loss*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis Keterangan, Letak dan Posisi Ruangan

Ruangan yang akan dihitung beban pendinginannya dan dirancang distribusi saluran salurannya ialah ruang kamar tidur dan ruang keluarga sebuah apartemen yang terletak di Jakarta. Secara astronomis kota Jakarta berada di posisi 5°19' 12" – 6°23' 54" Lintang Selatan (LS) dan 106°22' 42" – 106°58' 18" Bujur Timur (BT). Temperatur yang akan dirancang berkisar 24°C hingga 27°C dengan kelembaban relative (RH) rata-rata adalah 60% ± 5% berdasarkan SNI-03-6390-2011[4]. Beban pendinginannya terdistribusi dari luar ruangan atau kalor yang ditransfer melalui selubung gedung (beban eksternal) dan kalor yang berasal dari dalam ruangan (beban internal)[5].

Kondisi Udara Lingkungan Luar

Diambil data dari *ASHRAE Handbook Fundamental*[8], kondisi udara lingkungan luar kota Jakarta adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kondisi Udara Kota Jakarta (*ASHRAE Cooling Load Manual*)

No	Tinjauan	Nilai
1	Garis Lintang	6° LS
2	Desain Temperatur Bola Kering(1%)	96,8 °F / 36 °C
3	Desain Temperatur Bola Basah(1%)	85,3 °F / 29,6 °C
4	Rasio Kelembaban	0,024 lb/lb
5	Kelembaban Relatif	65 %
6	Outdoor daily range (DR)	14 °F
7	Temperatur udara luar rata-rata design harian (ta)	89,8 °F

Kondisi Udara Dalam Ruangan Rancangan

Berdasarkan SNI-03-6390-2011, Konservasi energi sistem tata udara bangunan gedung tentang kondisi perencanaan, disebutkan temperatur bola kering (Tdb) untuk ruangan biasa atau kamar adalah 24°C hingga 27°C, kelembaban relative rancangan (RH) rata-rata adalah 60% ± 5%.

Tabel 2. Kondisi Udara Rancangan

No	Tinjauan	Nilai
1	Garis Lintang	6° LS
2	Desain Temperatur Udara di Ruangan (tr)	75,2 °F / 24 °C
3	Kelembaban Relatif	60 % ± 5 %
4	Bulan Terpanas	Mei

Kondisi Udara Luar Ruangan

Kondisi udara luar didapat dengan melakukan pengukuran temperatur di lokasi penelitian dengan menggunakan termometer digital dan selama satu bulan pada bulan Mei 2021, karena pada rentang bulan april sampai oktober terjadi angin muson timur yang bersifat kering dan membawa masa udara kering yang berdampak terjadinya musim kemarau atau panas. Pengukuran dimulai pada pukul 08:00 pagi sampai pukul 16:00 sore. Dari

hasil pengukuran didapatkan temperatur udara luar bervariasi. Temperatur terendah di 23°C atau 73,4°F dan temperatur terpanas di 36°C atau 96,8°F pada pukul 14:00.

Data Ruangan Bedroom-1

Tabel 3. Dimensi Ruangan Bedroom-1

Objek	Panjang (ft)	Lebar (ft)	Tinggi (ft)	Luas (ft ²)	Volume(ft ³)
Kamar Tidur	14,436	12,992	9,843	187,552	1846,074

Tabel 4. Luas Dinding dan Kaca Bedroom-1

No	Objek	Feet	Jumlah	Luas (ft ²)	Keterangan
1	Dinding timur	12,992	9,843	127,880	Pengurangan akibat adanya kaca
	Kaca	4,101	6,562	26,910	
	Luas dinding timur			100,97	
2	Dinding barat	12,992	9,843	127,880	Pengurangan akibat adanya pintu
	Pintu	2,952	7,873	23,241	
	Luas dinding barat			104,639	
3	Dinding utara	17,061	9,843	142,097	
4	Dinding selatan	17,061	9,843	142,097	

Data Ruangan Bedroom-2

Tabel 5. Dimensi Ruangan Bedroom-2

Objek	Panjang (ft)	Lebar (ft)	Tinggi (ft)	Luas (ft ²)	Volume (ft ³)
Kamar Tidur	21,326	14,272	9,843	304,364	2995,854

Tabel 6. Luas Dinding dan Kaca Bedroom-2

No	Objek	Feet	Jumlah	Luas (ft ²)	Keterangan
1	Dinding barat	21,326	9,843	209,911	Pengurangan akibat adanya kaca
2	Dinding timur	21,326	9,843	209,911	Pengurangan akibat adanya pintu
	Pintu	2,952	7,873	23,241	
	Luas dinding timur			186,67	
3	Dinding utara	14,272	9,843	140,479	Pengurangan akibat adanya kaca
	Kaca	9,186	10,662	97,941	
	Luas dinding utara			42,538	
4	Dinding selatan	14,272	9,843	140,479	

Data Ruangan Media Room

Tabel 7. Dimensi Ruangan Media Room

Objek	Panjang (ft)	Lebar (ft)	Tinggi (ft)	Luas (ft ²)	Volume (ft ³)
Ruang Hiburan	27,56	22,638	10,827	623,903	6755

Tabel 8. Luas Dinding Media Room

No	Objek	Feet	Jumlah	Luas (ft ²)	Keterangan
1	Dinding barat	27,56	10,827	298,392	Pengurangan akibat adanya pintu
	Pintu	3,772	9,843	37,127	
	Luas dinding barat			261,265	
2	Dinding timur	27,56	10,827	298,392	Pengurangan akibat adanya pintu
	Pintu 1	3,772	7,873	29,696	
	Pintu 2	3,280	7,873	25,823	
	Luas dinding timur			242,873	
3	Dinding utara	22,638	10,827	245,101	
4	Dinding selatan	22,638	10,827	245,101	

Total Beban Pendinginan

Total beban pendinginan adalah penjumlahan dari seluruh beban kalor yang didapat dari beban kalor melalui dinding[6], beban kalor melalui kaca, beban radiasi matahari melalui kaca, beban kalor dari lampu, beban kalor dari penghuni dan beban kalor dari peralatan dan dikalikan *safety factor* sebesar 10% [7].

Tabel 9. Total Beban Pendinginan Bedroom-1

Ruang	Beban Internal			Beban Eksternal			Q Ruangan
	Q Dinding	Q Kaca	Q Radiasi Melalui Kaca	Q Lampu	Q Penghuni	Q Equipment	
	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	
Bedroom 1	11703,219	310,434	501,027	385,9	475	409,452	13785,032
						Safety factor (10%)	1378,503
						Q Total	15163,535

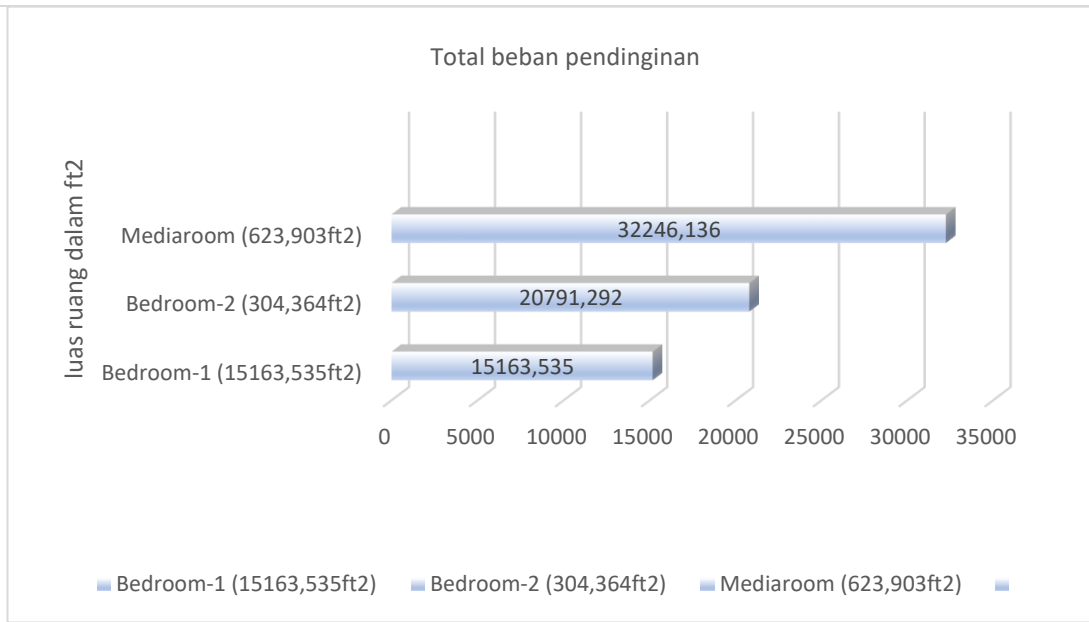
Tabel 10. Total Beban Pendinginan Bedroom-2

Ruang	Beban Internal			Beban Eksternal			Q Ruangan
	Q Dinding	Q Kaca	Q Radiasi Melalui Kaca	Q lampu	Q Penghuni	Q Equipment	
	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr	Btu/hr
Bedroom 2	15548,39 5	1129,84 7	1051,181	287,3	475	409,452	18901,175
						Safety factor (10%)	1890,117
						Q Total	20791,292

Tabel 11. Total Beban Pendinginan Media Room

Ruang	Beban Internal		Beban Eksternal		Q Ruangan Btu/hr
	Q Dinding Btu/hr	Q Lampu Btu/hr	Q Penghuni Btu/hr	Q Peralatan Btu/hr	
Media Room	24456,149	735,42	711	3412,1	29314,669
				Safety factor (10%)	2931,466
				Q Total	32246,135

Hasil perhitungan beban pendinginan bisa dilihat pada Grafik 1. Berdasarkan grafik tersebut terlihat bahwa beban pendinginan terbesar pada ruangan media room dan beban pendinginan terkecil pada bedroom-1. Dengan kata lain besarnya nilai perhitungan beban pendinginan sangat dipengaruhi oleh luas ruangan tetapi bahan material, jumlah peralatan yang digunakan juga mempengaruhi besarnya nilai beban pendinginan[9].



Gambar 1. Grafik perhitungan beban pendingin

Perancangan Saluran Distribusi Udara (*Ducting*)

Setelah nilai beban pendinginan sudah didapat, maka langkah selanjutnya adalah menentukan dimensi saluran distribusi udara atau *ducting*. Dalam merancang dimensi *ducting*, hendaknya harus mengetahui berapa jumlah *air quantity* yang melalui setiap bagian saluran udara dan angka *friction loss* yang ditetapkan dalam perancangan[10]. Batasan kecepatan udara pada *ducting* utama (*main duct*) tidak melebihi dari 7,5 m/s, sedangkan pada *ducting* cabang (*branch duct*) tidak melebihi dari 3,5 m/s[11]. Untuk merancang dimensi *ducting* diambil dari total nilai beban pendinginan. Nilai tersebut dikonversi ke laju aliran volume udara dengan satuan ft³/m atau l/s, sedangkan nilai *friction loss* ditentukan dengan nilai 0,8 Pa/m dari batasan maksimal 1 Pa/m[12].

Tabel 12. Hasil Perhitungan *Ducting* Bedroom-1

No	Uraian	Air Quantity		Friction Loss Pa/m	Velocity m/s	Round Duct mm	Rectangular Duct mm x mm
		ft ³ /m	l/s				
Duct Supply							
1.	3 titik grille	492	232	0,8	3,9	266	300 x 200
2.	3 titik frd	-	77	0,8	3	165	-
3.	Diameter frd	-	-	-	-	150	-
Duct Return							
4.	Plenum Box	-	209	-	-	-	800x 650 x 300
5.	2 titik grille	-	105	0,8	3,8	256	300 x 200
6.	4 titik frd	-	52	0,8	2,8	140	-

7.	Diameter frd	-	-	-	-	150	-
----	--------------	---	---	---	---	-----	---

Tabel 13. Tabel Hasil Perancangan *Ducting* Bedroom-2

No	Uraian	Air Quantity		Friction Loss	Velocity	Round Duct	Rectangular Duct
		ft ³ /m	l/s	Pa/m	m/s	mm	mm x mm
Duct Supply							
1.	6 titik grille	673	317	0,8	4,4	286	350 x 200
2.	4 titik grille	448	211	0,8	3,9	260	300 x 200
3.	2 titik grille	225	106	0,8	3,3	219	200 x 200
4.	6 titik frd	-	53	0,8	2,7	143	-
5.	Diameter frd	-	-	-	-	150	-
Duct Return							
6.	Plenum Box	-	285	-	-	-	800x 650 x 300
7.	2 titik grille	-	143	0,8	3,5	275	300 x 200
8.	4 titik frd	-	71	0,8	2,95	165	-
9.	Diameter frd	-	-	-	-	150	-

Tabel 14. Tabel Hasil Perancangan *Ducting* Media Room

No	Uraian	Air Quantity		Friction Loss	Velocity	Round Duct	Rectangular Duct
		ft ³ /m	l/s	Pa/m	m/s	mm	mm x mm
Duct Supply							
1.	3 titik grille	1044	492	0,8	4,8	350	350 x 300
2.	3 titik frd	-	164	0,8	3,5	240	-
3.	Diameter frd	-	-	-	-	250	-
Duct Return							
4.	Plenum Box	-	443	-	-	-	1000x 650 x 300
5.	3 titik grille	-	148	0,8	4,6	330	300 x 300
6.	3 titik frd	-	148	0,8	3,4	225	-
7.	Diameter frd	-	-	-	-	250	-

KESIMPULAN

Setelah melakukan proses perhitungan beban pendinginan dan perancangan distribusi saluran udara, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dalam menghitung beban pendinginan pada suatu ruangan, dipengaruhi oleh beban internal dan beban eksternal dan dihitung dengan menggunakan metode CLTD/CLF (*Cooling Load Temperature Difference/Cooling Load Factor*). Dari hasil perhitungan beban pendinginan didapatkan hasil bahwa luas ruangan mempengaruhi besarnya beban pendinginan, hal ini sesuai dengan hasil perhitungan. Untuk bedroom-1 dengan luas ruangan 187,552 ft², beban pendinginannya sebesar 15.163,535 BTU/HR, ruang bedroom-2 dengan luas ruangan 304,364 ft² sebesar 20.791,292 BTU/HR dan ruang media room dengan luas ruangan 623,903 ft² sebesar 32.246,135 BTU/H.
2. Untuk merancang distribusi saluran udara/*ducting* dengan menggunakan metode *Equal Friction Method*. Beban pendinginan yang sudah didapatkan dikonversi ke jumlah aliran udara dan angka *friction loss* yang sudah ditetapkan dalam perancangan. Ukuran saluran udara disesuaikan dengan jumlah aliran udara yang melewati *ducting* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, Wiranto; Saito, Heizo. 1991. *Penyegaran udara, Cetakan ke-4*. Jakarta: PT. PradnyaParamita.
- [2] Hapsa Rianty, 2007. ERMAL Freshment Level Evaluated from Orientated Building of Sitting Room in Simple House Type 50 Nusa Tamalanrea Makassar Housing. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar, 2007.
- [3] Kontan.co.id, Hingga 2022, Savills Indonesia proyeksi apartemen di Bodetabek bertambah 129.000 unit, 2019. <https://industri.kontan.co.id/news/hingga-2022-savills-indonesia-proyeksi-apartemen-di-bodetabek-bertambah-129000-unit>
- [4] Badan Standarisasi Nasional. 2011. *SNI 03-6390-2011, Konservasi Energi Sistem Tata Udara Bangunan Gedung, BSN*. Jakarta.
- [5] Stoecker, W.F; Jones, J.W. 1989. *Refrigerasi dan Pengkondisian udara, 2nd edition*. Terjemahan oleh Ir. Supratman Hara. Jakarta: Erlangga.
- [6] Firman, Muhammad Anshar. 2019. *Refrigerasi dan Pengkondisian udara, Cetakan ke-1*. Makasar: Garis Putih Pratama.
- [7] Airah achieving recognition. 2007. *AIRAH Technical Handbook, 4th edition*. Australia.
- [8] American Society of Heating Refrigerant and Air Conditioning Engineers. 2001. *Ashrae Handbook Fundamental*. Atlanta.
- [9] Handbook of Air Conditioning System Design. 1965. *Carrier Air Conditioning Company*. United States of America: McGraw-Hill Company.
- [10] Bell, Arthur A. 2008. *HVAC Equation, Data, And Rules of Thumb, 2nd edition*. United States of America: The McGraw-Hill Companies
- [11] Dossat, R.J. 1961. *Principle of Refrigeration*. Texas.
- [12] Bell, Arthur A. 2008. *HVAC Equation, Data, And Rules of Thumb, 2nd edition*. United States of America: The McGraw-Hill Companies.