

Simulasi Kinerja AC *Split* Menggunakan R32, R410A, R290, dan R1234YF

Matheus M. Dwinanto^{1*}

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp. (0380)881597

*Corresponding author: matheus.dwinanto@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Pengondisian udara (AC) merupakan perlakuan udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan, dan kondisi nyaman yang diperlukan oleh manusia dalam suatu ruangan. Ruang kuliah gedung Teknik Mesin Universitas Nusa Cendana merupakan salah satu gedung yang cukup ramai dengan aktivitas perkuliahan dan layanan yang berkaitan dengan mahasiswa. Oleh karena itu, perlu adanya sistem pengondisian udara untuk menjaga kenyamanan termal bagi mahasiswa dan dosen yang melakukan aktivitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem pendingin menggunakan refrigeran R290 dan R1234YF sebagai refrigeran alternatif pengganti refrigeran R32, dan R410A menggunakan perangkat lunak *CoolTools* versi 1.01. Simulasi didasarkan pada keadaan stedi dengan beban pendinginan AC adalah 5,3 kW. Hasil simulasi ini menunjukkan bahwa kinerja sistem pengondisian udara yang menggunakan R290 dan R1234YF sebagai refrigeran alternatif dapat digunakan karena memiliki koefisien kinerja yang lebih baik dibandingkan refrigeran R32 dan R410A.

ABSTRACT

Air conditioning (AC) is the treatment of air to regulate temperature, humidity, cleanliness and comfortable conditions needed by humans in a room. The lecture room in the Mechanical Engineering building at Nusa Cendana University is a building that is quite busy with lecture activities and services related to students. Therefore, it is necessary to have an air conditioning system to maintain thermal comfort for students and lecturers who carry out activities. This research aims to analyze the performance of the cooling system using refrigerants R290 and R1234YF as alternative refrigerants to replace refrigerants R32 and R410A using CoolTools software version 1.01. The simulation is based on steady state conditions with the AC cooling load being 5.3 kW. The results of this simulation show that the performance of an air conditioning system that uses R290 and R1234YF as an alternative refrigerant can be used because it has a better performance coefficient than refrigerants R32 and R410A.

Keywords: AC split, coefficient of performance, R32, R410A, R290, R1234YF

PENDAHULUAN

Kenyamanan termal sebuah ruangan sangat dibutuhkan oleh untuk menunjang aktivitas yang baik bagi penghuninya. Kondisi ruangan yang kurang nyaman karena ruangan yang panas mengakibatkan seseorang cepat berkeringat dan merasa lelah. Kondisi ini tentu tidak memberikan kenyamanan termal sehingga dibutuhkan sistem pengondisian udara yang baik. Pengondisian udara merupakan perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan, dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang diperlukan

oleh orang yang berada di dalam suatu ruangan. Selain itu, pengondisian udara dapat didefinisikan suatu proses mendinginkan udara sehingga mencapai temperatur dan kelembaban yang ideal. Untuk dapat menghasilkan udara dengan kondisi yang diinginkan, maka peralatan yang dipasang harus mempunyai kapasitas yang sesuai dengan beban pendinginan ruangan tersebut [1].

Untuk menentukan spesifikasi sistem pengondisian udara, perlu terlebih dahulu dilakukan perhitungan kebutuhan beban pendinginan. Beban pendinginan dari suatu bangunan dapat terdiri dari beban internal yaitu beban yang ditimbulkan oleh lampu,

penghuni serta peralatan lain yang menimbulkan panas, dan beban eksternal yaitu panas yang masuk dalam bangunan akibat radiasi matahari dan konduksi - konveksi melalui selubung bangunan [2].

Perangkat lunak *CoolPack* versi 1.50 merupakan salah satu perangkat lunak yang dapat menyimulasikan dengan baik perhitungan beban kalor pendinginan, analisis siklus, perhitungan dimensi komponen, perhitungan kondisi operasi, evaluasi efisiensi sistem dan efisiensi komponen serta simulasi transien sistem. *CoolPack* versi 1.50 berisi kumpulan program simulasi yang mudah digunakan dan kuat secara numerik [3] sedangkan perangkat lunak *CoolTools* versi 1.01 merupakan pengembangan dari perangkat lunak *CoolPack* versi 1.50 dimana perangkat lunak ini memiliki banyak varian refrigeran terbaru yang lebih ramah lingkungan yang tidak terdapat dalam *CoolPack*. Perangkat lunak ini digunakan untuk menyimulasikan analisis siklus, perhitungan dimensi komponen, analisis kelembaban udara ruangan [4].

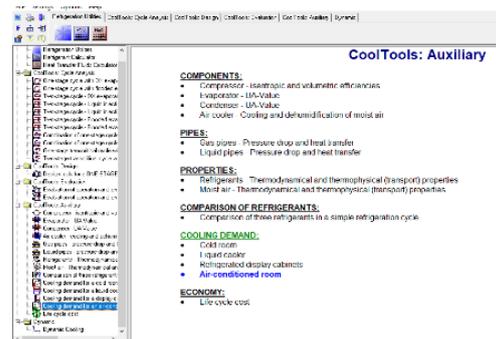
Perkembangan kebijakan global menuntut negara berkembang wajib menghapus penggunaan Bahan Perusak Ozon (BPO) karena itu Kementerian Perindustrian mengeluarkan Peraturan Menteri Perindustrian Nomor: 41/M-IND/PER/5/2014 tentang larangan penggunaan Hydrochloroflouro-carbon (HCFC) di Bidang Perindustrian, yang diundangkan pada tanggal 4 Juni 2014. Kebijakan ini mendorong penggunaan refrigeran yang lebih ramah lingkungan, implementasinya dilakukan dengan penggantian refrigeran R32 dan R410A yang sering digunakan dengan R290 (Propana) dan R1234yf [5].

Penelitian ini bertujuan mengetahui nilai beban kalor pendingin, kebutuhan daya sistem pengkondisian udara, dan analisis kinerja sistem tersebut dengan beberapa varian refrigeran menggunakan perangkat lunak *CoolPack* versi 1.50 dan *CoolTools* versi 1.01.

METODE PENELITIAN

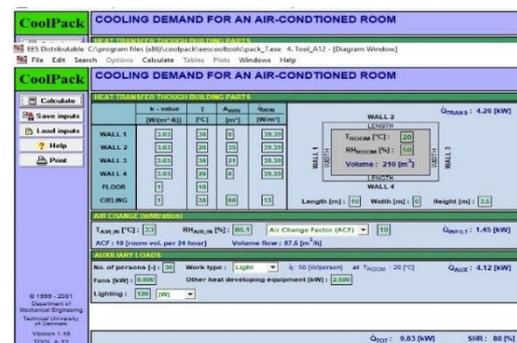
Perhitungan Beban Kalor Pendinginan Ruang

Analisis beban kalor pendinginan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *CoolPack* versi 1.50. Untuk melakukan perhitungan beban kalor pendinginan maka pengguna memilih menu *CoolTools: Auxiliary*, *Cooling Demand: Air-conditioned room* seperti yang disajikan pada Gambar 1 bawah ini:



Gambar 1. Tampilan menu *CoolPack* versi 1.50

Beberapa parameter dan asumsi yang mempengaruhi total nilai beban kalor pendinginan ruangan disajikan pada Gambar 2 dan Tabel 1 dibawah ini:



Gambar 2. Parameter utama dalam simulasi beban kalor

Tabel 1. Parameter perhitungan dan asumsi

Parameter	Nilai
Panjang ruangan, L	10 m
Lebar ruangan, W	6 m
Tinggi ruangan, H	3,5 m
Temperatur udara lingkungan, T _{AIR,IN}	33°C
Kelembaban udara rata-rata, RH _{AIR,IN}	70%
Factor pertukaran udara, ACF	6-10
Jumlah orang	30

Nilai *Air Change Factor* (ACF) didasarkan pada standar SNI 03-6572- 2001 tentang faktor pertukaran udara berdasarkan kebutuhan untuk ventilasi mekanis [6], yang disajikan pada Tabel 2 di bawah ini.

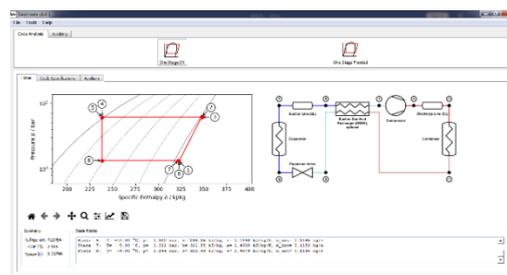
Tabel 2. Kebutuhan ventilasi mekanis

Tipe	Catu udara segar minimum	
	Pertukaran udara / jam	m ³ / jam per orang
Kantor	6	18
Restoran / Kantin	6	18
Toko, Pasar, Swalayan	6	18
Pabrik, Bengkel	6	18
Kelas, Bioskop	8	
Lobi, Koridor, Tangga	4	
Kamar Mandi, Peturasan	10	
Dapur	20	
Tempat Parkir	6	

Sumber: SNI 03-6572-2001

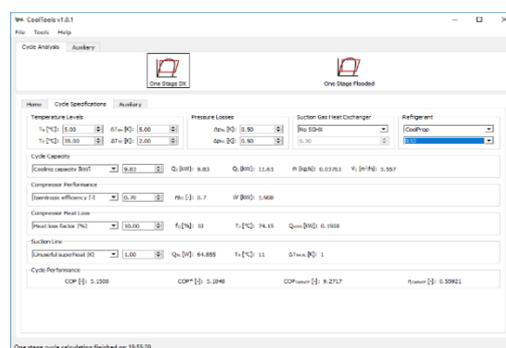
Perhitungan Kinerja AC Split

Analisis kinerja AC *split* dilakukan menggunakan perangkat lunak *CoolTools* versi 1.01. Nilai total beban kalor ruangan (Q_{TOT}) yang digunakan sebagai data kapasitas pendinginan (*cooling capacity*) diperoleh dari perhitungan menggunakan perangkat lunak *CoolPack* versi 1.50. Untuk mengisi data kapasitas pendinginan maka melalui menu *CoolTools: Cycle Analysis, One Stage DX* seperti pada Gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. Tampilan menu *CoolTools* versi 1.01

Parameter dan asumsi serta pemilihan refrigeran yang mempengaruhi kinerja AC *split* disajikan dalam Gambar 4.

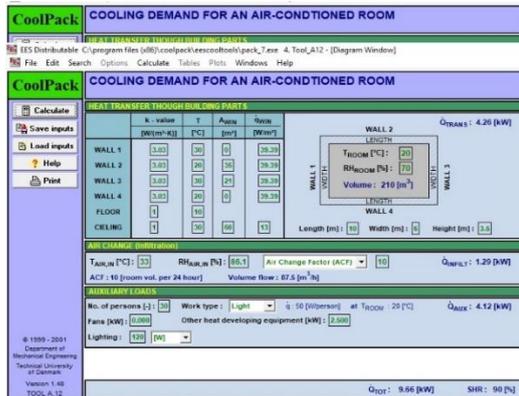


Gambar 4. Parameter utama dalam simulasi kinerja AC *split*.

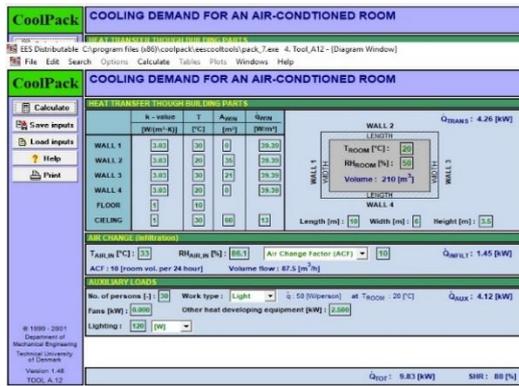
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Beban Kalor Pendinginan Ruangan

Perhitungan beban kalor ruangan menggunakan perangkat lunak *CoolPack* versi 1.50. Gambar 5 dan 6 menyajikan perhitungan beban kalor ruangan dengan nilai RH_{Room} 70% dan 50% serta nilai ACF = 10.



Gambar 5. Beban kalor RH_{Room} 70% dan ACF = 10



Gambar 6. Beban kalor RH_{Room} 50% dan ACF = 10

Hasil lengkap perhitungan beban kalor pendinginan ruangan dengan perangkat lunak CoolPack versi 1.50 untuk T_{Room} 20°C, RH_{Room} = 70% dan 50% serta variasi nilai ACF = 6-10 disajikan dalam Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Beban pendinginan ruangan dengan nilai T_{Room} 20°C dan nilai RH_{Room} 70%

ACF (%)	RH Room (%)	SHR (kW)	Q _{Trans} (kW)	Q _{Aux} (kW)	Q _{Infil} (kW)	Q _{Tot} (kW)
6	70	94	4,26	4,12	0,77	9,15
7	70	93	4,26	4,12	0,90	9,28
8	70	92	4,26	4,12	1,03	9,41
9	70	91	4,26	4,12	1,16	9,55
10	70	90	4,26	4,12	1,29	9,66

Tabel 4. Beban pendinginan ruangan dengan nilai T_{Room} 20°C dan nilai RH_{Room} 50%

ACF (%)	RH Room (%)	SHR (kW)	Q _{Trans} (kW)	Q _{Aux} (kW)	Q _{Infil} (kW)	Q _{Tot} (kW)
6	50	93	4,26	4,12	0,87	9,25
7	50	92	4,26	4,12	1,02	9,39
8	50	91	4,26	4,12	1,16	9,54
9	50	98	4,26	4,12	1,31	9,68
10	50	88	4,26	4,12	1,45	9,83

Penentuan Daya dan Jumlah AC Split

Berdasarkan Tabel 3 dan 4 maka hasil perhitungan beban kalor pendinginan, maksimum adalah 9,83 kW. Nilai ini adalah kapasitas pendinginan (*cooling capacity*) ruangan yang harus diatasi oleh AC *split*, sehingga harus dikonversi ke satuan daya unit AC.

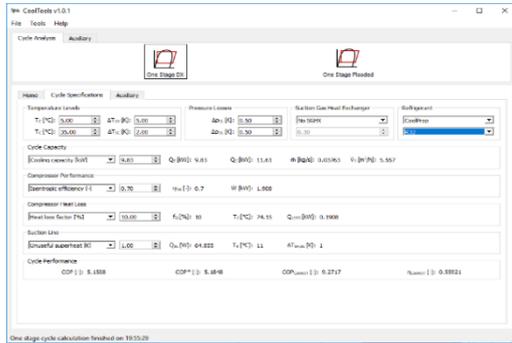
Kapasitas pendinginan untuk AC *split* daya 2 PK adalah 5,3 kW, sehingga kapasitas pendinginan ruangan sebesar 9,83 kW dapat dihitung dengan cara nilai kapasitas pendinginan ruangan dibagi dengan daya AC *split* 2 PK

$$\frac{9,83}{5,3} = 1,85 \text{ atau } \cong 2 \text{ unit AC split 2PK}$$

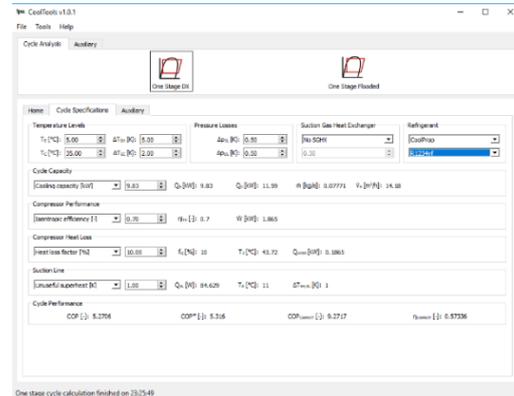
Perhitungan Kinerja AC Split

Kinerja AC *split* dengan varian refrigeran R32, R410A, R290 dan R1234yf dihitung menggunakan perangkat lunak CoolTools di mana nilai kapasitas pendinginan didapat dari perhitungan sebelumnya menggunakan perangkat lunak CoolPack versi 1.50. Gambar 7, 8, 9 dan 10 menyajikan contoh cara menghitung kinerja AC *split* pada temperatur evaporasi 5°C untuk refrigeran R32, R410A, R290 dan R1234yf.

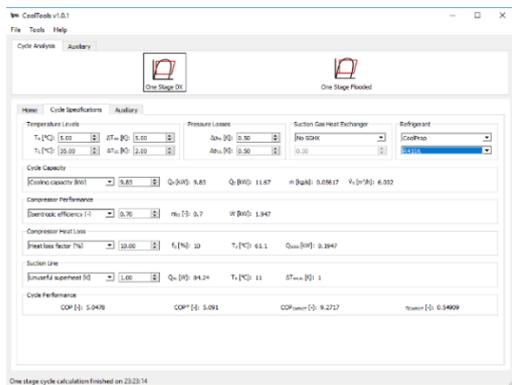
Hasil lengkap perhitungan kinerja AC *split* menggunakan refrigeran R32, R410A, R290 dan R1234yf dengan variasi temperatur evaporasi 5 – 12,5°C disajikan dalam Tabel 5, 6, 7 dan 8.



Gambar 7. Kinerja AC *split* pada temperatur evaporasi 5°C untuk refrigeran R32.



Gambar 10. Kinerja AC *split* pada temperatur evaporasi 5°C untuk refrigeran R1234yf.

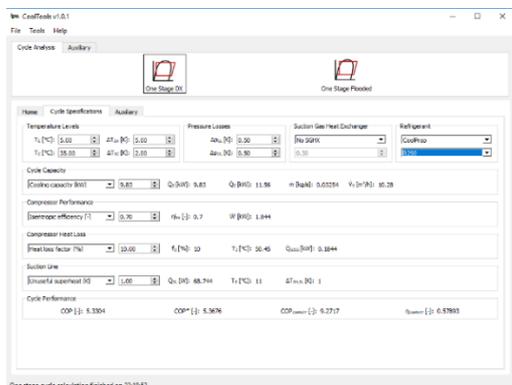


Gambar 8. Kinerja AC *split* pada temperatur evaporasi 7.5°C untuk refrigeran R32.

Tabel 5. Hasil perhitungan kinerja siklus untuk refrigerant R32

T_E °C	T_C °C	Q_E kW	Q_C kW	W_{com} kW	COP	\dot{m} kg/s
5	35	9,83	11,61	1,908	5,150	0,0376
7,5	35	9,83	11,45	1,723	5,707	0,0375
10	35	9,83	11,29	1,544	6,368	0,0375
12,5	35	9,83	11,13	1,37	7,173	0,0374

Tabel 6. Hasil perhitungan kinerja siklus untuk refrigerant R410A.



Gambar 9. Kinerja AC *split* pada temperatur evaporasi 5°C untuk refrigeran R290.

T_E °C	T_C °C	Q_E kW	Q_C kW	W_{com} kW	COP	\dot{m} kg/s
5	35	9,83	11,67	1,947	5,047	0,0561
7,5	35	9,83	11,5	1,758	5,593	0,0559
10	35	9,83	11,34	1,574	6,243	0,0557
12,5	35	9,83	11,18	1,398	7,033	0,0554

Tabel 7. Hasil perhitungan kinerja siklus untuk refrigerant R290.

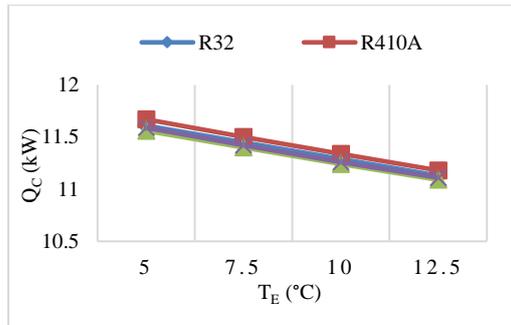
T_E °C	T_C °C	Q_E kW	Q_C kW	W_{comp} kW	COP	\dot{m} kg/s
5	35	9,83	11,56	1,844	5,330	0,0325
7,5	35	9,83	11,4	1,663	5,909	0,0322
10	35	9,83	11,24	1,489	6,601	0,0319
12,5	35	9,83	11,09	1,321	7,441	0,0316

Tabel 8. Hasil perhitungan kinerja siklus untuk refrigerant R1234yf.

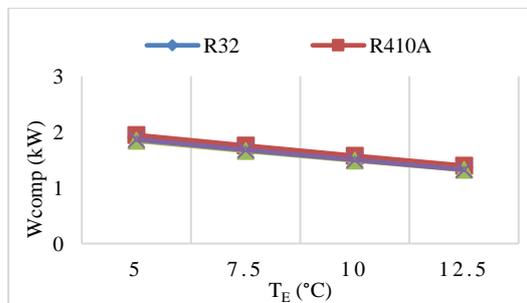
T_E °C	T_C °C	Q_E kW	Q_C kW	W_{com} kW	COP	\dot{m} kg/s
5	35	9,83	11,59	1,865	5,279	0,0777
7,5	35	9,83	11,42	1,677	5,860	0,0767
10	35	9,83	11,26	1,498	6,563	0,0757
12,5	35	9,83	11,11	1,325	7,418	0,0748

Pembahasan

Gambar 11 menyajikan hubungan antara temperatur evaporasi terhadap laju pelepasan kalor di kondensor. Dari gambar ini terlihat bahwa dengan meningkatnya temperatur evaporasi maka laju pelepasan kalor di kondensor akan menurun. Ini berlaku untuk sistem yang menggunakan refrigerant R32, R410A, R290 dan R1234yf di mana laju pelepasan kalor refrigerant R410A lebih besar dibandingkan dengan refrigerant R32, R290 dan R1234yf, dikarenakan nilai entalpi refrigerant R410A lebih besar dari refrgeran R32, R290 dan R1234yf.



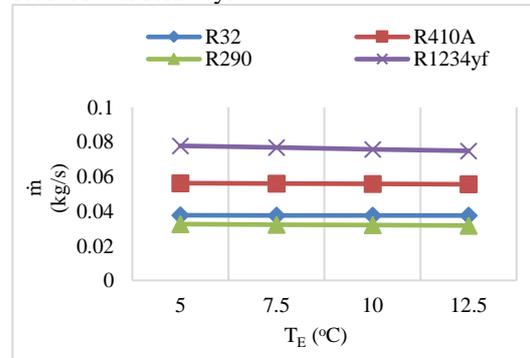
Gambar 11. Hubungan tempeatur evaporasi dan laju pelepasan kalor di kondensor



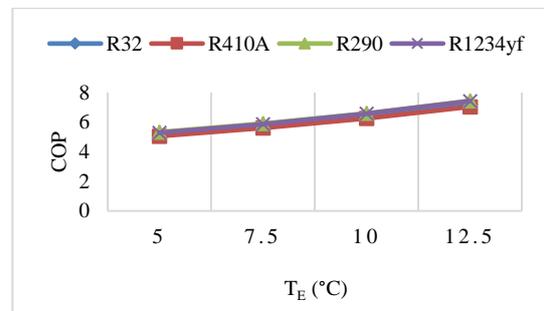
Gambar 12. Hubungan tempeatur evaporasi dan daya kompresor

Gambar 12 menampilkan hubungan antara temperatur evaporasi dengan daya kompresor. Pada gambar terlihat bahwa dengan meningkatnya temperatur evaporasi maka daya kompresor menurun. Ini berlaku untuk sistem yang menggunakan refrigerant R32, R410A, R290 dan R1234yf, di mana daya kompresor untuk refrigerant R410A lebih besar dibandingkan dengan refrigerant R32, R410A dan R1234yf. Hal ini juga disebabkan oleh nilai entalpi refrigerant R410A lebih besar dari refrgeran R32, R290 dan R1234yf.

Gambar 13 menyajikan hubungan antara temperatur evaporasi dengan laju aliran massa refrigeran. Untuk sistem yang menggunakan refrigerant R32, R410A, R29 dan R1234yf dapat dilihat bahwa laju aliran massa refrigeran R290 lebih kecil dibandingkan dengan refrigerant R32, R410A dan R1234yf. Ini dikarenakan nilai densitas refrigeran R290 lebih kecil dibandingkan refrigeran R32, R410A dan R1234yf.



Gambar 13. Hubungan tempeatur evaporasi dan laju aliran massa refrigeran



Gambar 14. Hubungan tempeatur evaporasi dan COP

Gambar 14 menyajikan hubungan antara temperatur evaporasi dengan koefisien kinerja (COP). Dalam gambar ini terlihat bahwa dengan meningkatnya temperatur evaporasi maka koefisien kinerja AC juga meningkat. Ini disebabkan karena pada saat kapasitas pendinginan konstan, daya kompresor AC mengalami penurunan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12 dan terlihat bahwa COP untuk sistem yang menggunakan refrigeran R1234yf memiliki koefisien kinerja tertinggi dibandingkan dengan refrigeran R32, R410A, dan R290

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis beban kalor pendinginan ruangan menggunakan perangkat lunak *CoolPack* versi 1.50 dan kinerja AC *split* menggunakan perangkat lunak *CoolTools* versi 1.01 diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Beban kalor pendingin maksimum ruangan gedung kuliah Teknik Mesin Universitas Nusa Cendana adalah 9,83 kW, untuk mengatasi beban pendingin tersebut dipilih AC *split* dengan daya 2 PK.
- Jumlah unit AC *split* 2 PK yang dibutuhkan untuk mengatasi beban pendinginan di ruangan kemahasiswaan tersebut adalah 2 unit.
- Kinerja sistem pendingin yang menggunakan refrigeran R290 dan

R1234yf sebagai refrigeran alternatif pengganti memiliki nilai COP lebih tinggi, dan lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan refrigeran R32 dan R410A. Oleh karena itu, penggunaan refrigeran R290 dan R1234yf sangat dianjurkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Rahangmetan, K. 2019, Analisis Sistem Pengkondisian Udara Pada Gedung Rektorat Universitas Musamus, *Jurnal MJEME*, Vol. 1, No. 2
- [2]. Anwar, K, 2010, Efek Beban Pendingin Terhadap Performa Sistem Mesin Pendingin , *Jurnal SMARTek*, Vol 8, No 3
- [3]. Jakobsen, A, Rasmussen, B. D., Skovrup, M. J., Andersen, S. E., 2001, *CoolPack-A Collection of Simulation Tools for Refrigeration*, Department of Energy Engineering, Technical University of Denmark (DTU), Denmark
- [4]. <https://www.ipu.dk/products/cooltools/>
- [5]. Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor 41/M-IND/PER/5/2014 Tentang Larangan Penggunaan Hydrochlorofluorocarbon (HCFC) di Bidang Perindustrian.
- [6]. SNI 03-6572-2001: Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung.