

**PERHITUNGAN BEBAN KALOR PENDINGINAN AC DI RUANG
KEMAHASISWAAN REKTORAT UNIVERSITAS NUSA CENDANA
MENGUNAKAN *SOFTWARE COOLPACK 1.50***

Roni F. Liunokas¹, Matheus M. Dwinanto² dan Rima N. Selan²

¹*Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, FST, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adi Sucipto, Kupang*

Email: ironisiron3@gmail

²*Dosen Program Studi Teknik Mesin, Universitas Nusa Cendana, Jl. Adi Sucipto, Kupang*

Email: matheus.dwinanto@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Perhitungan beban kalor pendinginan sebuah ruangan biasanya terdiri dari beban kalor ruangan dan beban kalor alat pengkondisian udara yang ada di dalam ruangan, dan biasanya terdiri dari beban kalor puncak dan beban kalor sesaat. Tujuan perhitungan beban kalor adalah memprediksi beban kalor pendinginan yang harus diatasi oleh unit pengkondisian udara. Makalah ini menyajikan perhitungan untuk memprediksi beban kalor pendinginan menggunakan *software CoolPack* versi 1.50 dan studi kasus dilakukan di ruang kemahasiswaan rektorat Universitas Nusa Cendana dengan kelembaban udara relatif yang dipertimbangkan adalah 55% dan 60% serta temperatur ruangan yang dikondisikan adalah 20°C. Perhitungan beban kalor diasumsikan pada beban kalor puncak dengan faktor pertukaran udara (ACF) yang divariasikan adalah 5-10. Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa dengan bertambah besar ACF maka beban kalor ruangan akan bertambah, dan kelembaban udara 55% memiliki nilai beban kalor yang lebih besar dibandingkan dengan 60% pada setiap perubahan variasi ACF. Hal ini menunjukkan bahwa beban kalor infiltrasi sangat mempengaruhi nilai total beban kalor sebuah ruangan.

Kata kunci: Beban kalor, ACF, kelembaban udara, infiltrasi

Author : Roni F. Liunokas¹, Matheus M. Dwinanto² dan Rima N. Selan²

1. PENDAHULUAN

Pengkondisian Udara (*Air Conditioning = AC*) telah memainkan peran penting dalam kehidupan sehari-hari dan telah menjadi kebutuhan masyarakat baik itu untuk rumah tangga, *minimarket*, *supermarket*, gedung perkantoran, hotel, dan mobil untuk mengatur temperatur, kelembaban, kebersihan, dan pendistribusian udara segar guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada di dalamnya. Faktor-faktor kenyamanan termal suatu ruangan sangat ditentukan oleh dimensi ruangan, material bangunan, infiltrasi, dan beban kalor di dalam ruangan tersebut. Oleh karena itu, perhitungan beban kalor pendinginan sebuah ruangan sebaiknya dilakukan oleh desainer dengan memperhatikan tingkat kenyamanan termal berdasarkan karakteristik ruangan dan penghuni di dalamnya.

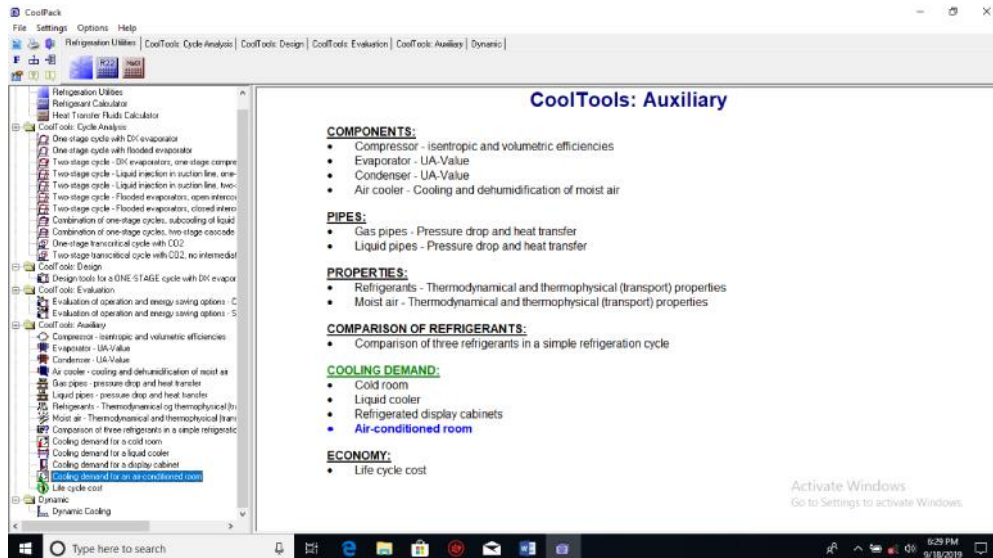
Harahap, dkk. (2014) melakukan perhitungan ulang beban pendinginan ruang auditorium gedung Manggala Wanabakti menggunakan metode CLTD dan perhitungan didasarkan pada data sekunder yang kemudian hasilnya dibandingkan dengan kapasitas beban pendinginan terpasang. Hasilnya menunjukkan bahwa kapasitas mesin AHU yang terpasang belum mencukupi dalam memenuhi kebutuhan sistem penyegaran udara pada ruang auditorium tersebut. Susanto, dkk. (2017) melakukan analisis kebutuhan beban pendinginan di ruang *lobby* gedung simulator Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia menggunakan metode CLTD di mana hasil yang diperoleh memberikan saran penambahan alat pengkondisian udara untuk mencapai kenyamanan termal di ruang tersebut. Metode ini juga digunakan oleh Yani (2017) untuk melakukan analisis konsumsi energi listrik pada sistem pendingin ruangan (AC) di gedung Direktorat Politeknik Negeri Pontianak. Hasilnya menunjukkan adanya peluang penghematan energi melalui penggantian jenis lampu, mengurangi *shading coefficient*, dan mengurangi kalor infiltrasi.

Software CoolPack 1.50 adalah program simulasi yang dapat digunakan untuk merancang, menentukan dimensi, menganalisis, dan mengoptimalkan sistem refrigerasi dan pengkondisian udara siklus kompresi uap. *Software* ini dikembangkan sejak 2000 oleh Departemen Teknik Mesin oleh Universitas Teknik Denmark (DTU), dan oleh Venkataiah dan Rao (2014) telah digunakan untuk menganalisis kinerja AC dengan menggunakan tujuh refrigeran alternatif ramah lingkungan pengganti R22 pada berbagai variasi temperatur evaporasi. Hasilnya menunjukkan kemampuan yang baik *software* tersebut untuk menganalisis kinerja AC dengan berbagai refrigeran alternatif. Choudhary, dkk. (2016) menggunakan *CoolPack* untuk

menilai kinerja aktual sistem AC dan membandingkannya dengan sistem yang menggunakan ejektor. Simulasi numerik menggunakan *CoolPack* oleh Roy dkk. (2017) digunakan untuk menganalisis kinerja sistem refrigerasi kompresi uap dengan berbagai variasi temperatur kondensasi dan temperatur evaporasi. Efisiensi isentropik dan derajat *subcooling* juga menjadi pertimbangan dalam simulasi ini, dan hasilnya menunjukkan bahwa pada berbagai derajat *subcooling* kinerja terbaik dimiliki oleh sistem refrigerasi yang menggunakan R152a.

2. METODE PENELITIAN

Perhitungan total beban kalor pendinginan di ruang kemahasiswaan rektorat Universitas Nusa Cendana menggunakan *software coolpack 1.50*. Saat memulai perhitungan total beban kalor maka pengguna harus memilih menu *CoolTools: Auxiliary Cooling Demand Air-conditioned room*; seperti yang disajikan pada Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Tampilan menu *CoolPack 1.50*

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

CoolPack		COOLING DEMAND FOR AN AIR-CONDITIONED ROOM			
HEAT TRANSFER THROUGH BUILDING PARTS					
	k - value [W/(m ² ·K)]	T [°C]	A _{WIN} [m ²]	Q _{WIN} [W/m ²]	<div style="text-align: right;">Q_{TRANS}: 13.71 [kW]</div> <div style="text-align: center;"> WALL 2 LENGTH T_{ROOM} [°C]: 20 RH_{ROOM} [%]: 60 Volume: 360 [m³] WALL 3 WIDTH WALL 1 WIDTH WALL 4 LENGTH WALL 3 WIDTH Length [m]: 12 Width [m]: 10 Height [m]: 3 </div>
WALL 1	3.33	30	0	55.44	
WALL 2	3.33	30	36	55.44	
WALL 3	3.33	20	30	55.44	
WALL 4	3.33	30	0	0	
FLOOR	5.78	20	0	0	
CEILING	6.1	20	120	55.44	
AIR CHANGE (Infiltration)					
T _{AIR,IN} [°C]:	30	RH _{AIR,IN} [%]:	77	Air Change Factor (ACF):	5
ACF: 5 [room vol. per 24 hour]		Volume flow: 75 [m ³ /h]		Q _{INFILT} : 0.76 [kW]	
AUXILIARY LOADS					
No. of persons [-]:	10	Work type:	Medium	q̇: 161 [W/person] at T _{ROOM} : 20 [°C]	Q _{AUX} : 5.21 [kW]
Fans [kW]:	0.000	Other heat developing equipment [kW]: 2.950			
Lighting:	648 [W]				
Q _{TOT} : 19.67 [kW]					SHR: 97 [%]

Gambar 2. Parameter-parameter utama dalam simulasi total beban kalor.

Tabel 1. Parameter perhitungan dan asumsi

Parameter	Nilai
Panjang ruangan, L	12 m
Lebar ruangan, W	10 m
Tinggi ruangan, H	3 m
Temperatur udara lingkungan, $T_{AIR,IN}$	30°C
Kelembaban udara rata-rata, $RH_{AIR,IN}$	77%
Faktor pertukaran udara, ACF	5-10
Jumlah orang	10

Berdasarkan standar SNI 03-6572-2001 untuk kenyamanan termal ruangan maka udara nyaman berada pada temperatuur 20 – 22°C dengan kelembaban ruangan adalah 50–60%. Oleh karena itu, dalam makalah ini kelembaban udara yang divariasikan adalah 50 dan 60%, dan faktor pertukaran udara (ACF) yang divariasikan adalah 5-10. Hal ini berdasarkan Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Faktor pertukaran udara berdasarkan 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, hal. 8.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan lengkap menggunakan *software CoolPack 1.50* untuk $T_{ROOM} = 20^{\circ}C$, $RH = 50$ dan 60% dengan variasi ACF adalah 5-10 disajikan dalam Tabel 3 dan 4 sedangkan Gambar 3 dan 4 menyajikan contoh cara menghitung beban kalor pendinginan menggunakan *software* tersebut dengan dua kasus RH yang berbeda pada ACF = 10.

Tabel 3. Total beban kalor pada $T_{ROOM} = 20^{\circ}C$ dan $RH_{room} = 55\%$

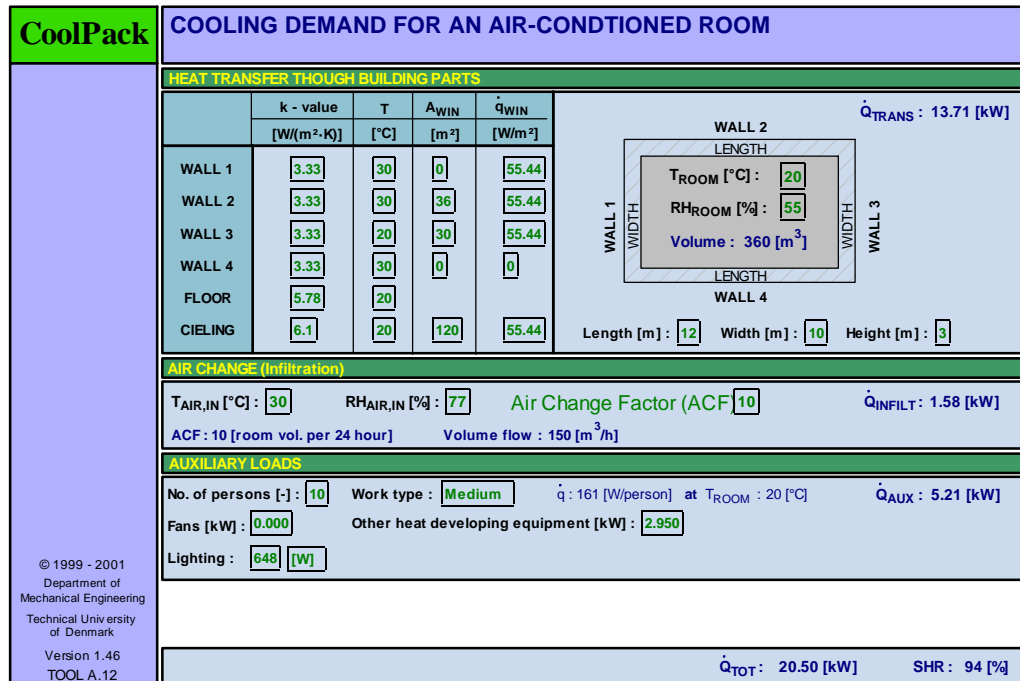
No	ACF	RH_{room} (%)	SHR (%)	Q_{Trans} (kW)	Q_{Aux} (kW)	$Q_{Infiltr}$ (kW)	Q_{Total} (kW)
1	5	55	97	13,71	5,21	0,79	19,71
2	6	55	96	13,71	5,21	0,95	19,87
3	7	55	96	13,71	5,21	1,11	20,02
4	8	55	95	13,71	5,21	1,27	20,18
5	9	55	95	13,71	5,21	1,42	20,34
6	10	55	94	13,71	5,21	1,58	20,50

Tabel 4. Total beban kalor pada $T_{ROOM} = 20^{\circ}C$ dan $RH_{room} = 60\%$

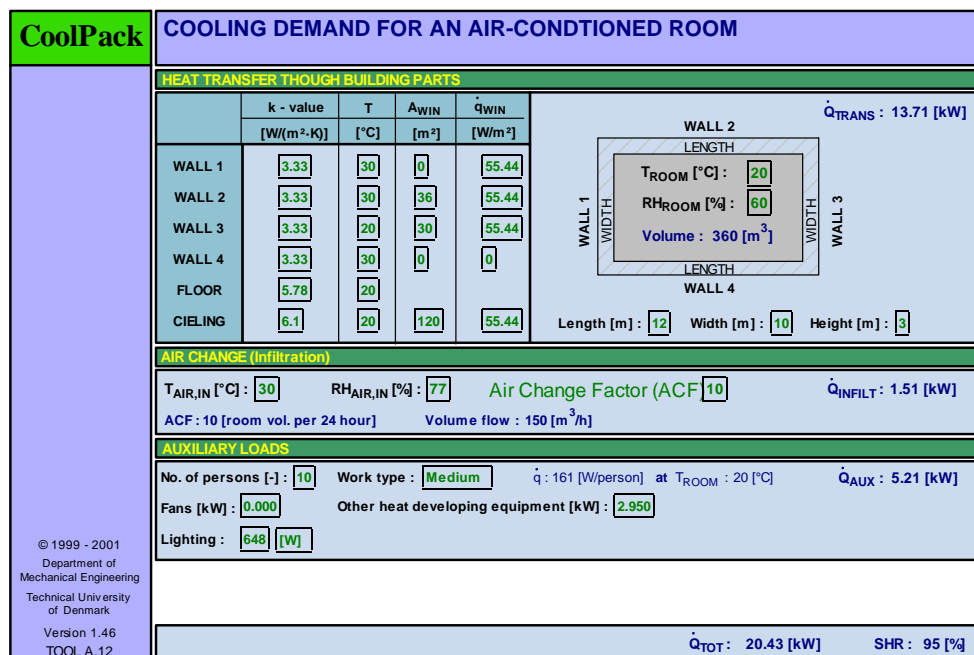
No	ACF	RH_{room} (%)	SHR (%)	Q_{Trans} (kW)	Q_{Aux} (kW)	$Q_{Infiltr}$ (kW)	Q_{Total} (kW)
1	5	60	97	13,71	5,21	0,76	19,67
2	6	60	97	13,71	5,21	0,91	19,82
3	7	60	96	13,71	5,21	1,06	19,98
4	8	60	96	13,71	5,21	1,21	20,13
5	9	60	95	13,71	5,21	1,36	20,28
6	10	60	95	13,71	5,21	1,51	20,43

Tabel 3 dan 4 menunjukkan bahwa pada $RH = 55\%$ dan 60% beban kalor transmisi (Q_{TRANS}) dan beban kalor tambahan (Q_{AUX}) adalah konstan, sedangkan beban kalor infiltrasi (Q_{INFILT}) dipengaruhi oleh nilai

kelembaban udara (RH) dan faktor pertukaran udara (ACF). Semakin kecil RH dan semakin besar ACF maka beban kalor infiltrasi akan semakin besar, dan begitupun sebaliknya. Pada RH = 55% untuk kenaikan nilai ACF dari 5 sampai dengan 10 terjadi kenaikan $\pm 100\%$ beban kalor infiltrasi dan $\pm 4\%$ total beban kalor sedangkan pada RH = 60% terjadi kenaikan $\pm 98\%$ beban kalor infiltrasi dan $\pm 3,8\%$ total beban kalor. Pada ACF = 10 untuk RH = 60% dan 55% terjadi kenaikan beban kalor infiltrasi $\pm 4,6\%$ dan $\pm 0,3\%$ total beban kalor. Dari sini terlihat bahwa beban kalor infiltrasi lebih dipengaruhi oleh nilai ACF dibandingkan dengan nilai RH, dan semakin sering pintu dibuka maka semakin besar nilai beban kalor infiltrasi. Dengan demikian, untuk kasus perhitungan beban kalor di ruang kemahasiswaan maka beban kalor infiltrasi sangat berpengaruh terhadap total beban kalor pendinginan.



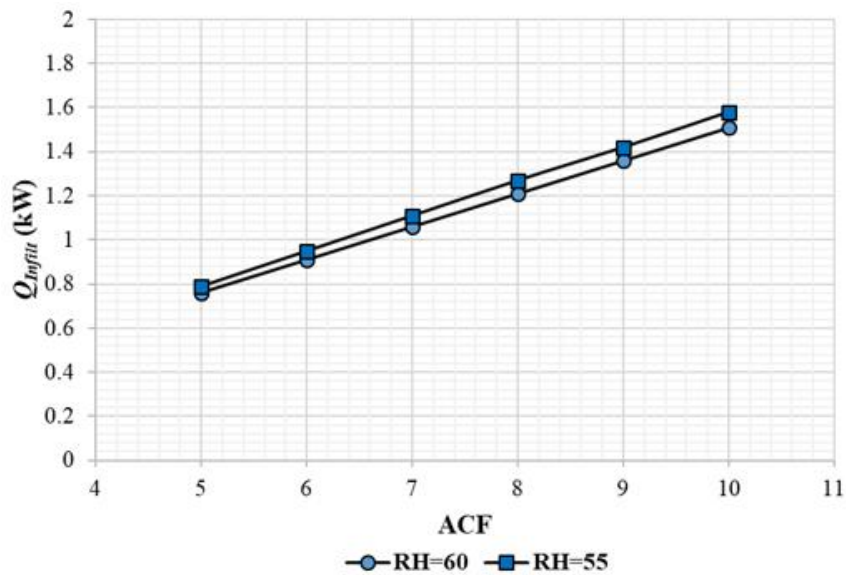
Gambar 3. Total beban kalor pada RH = 55% dan ACF = 10.



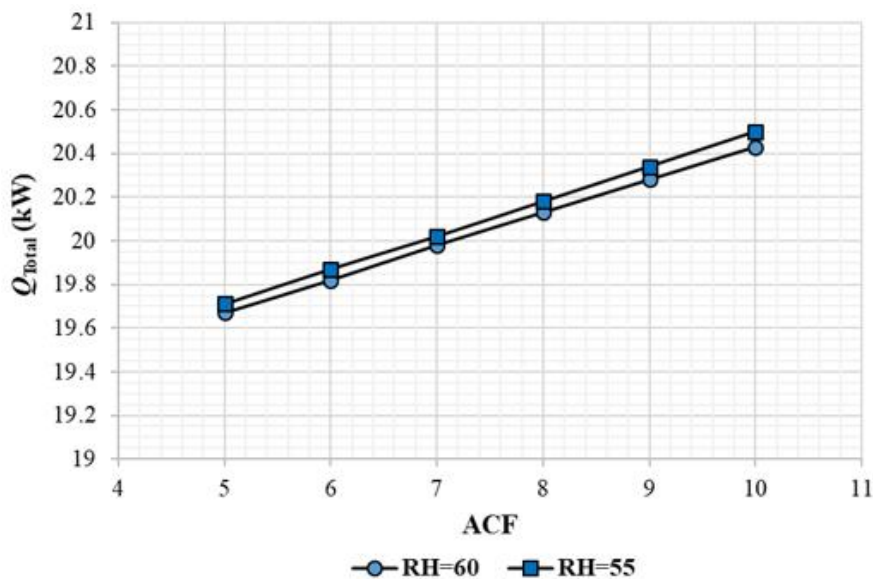
Gambar 4. Total beban kalor pada RH = 60% dan ACF = 10.

Gambar 5 menunjukkan bahwa dengan meningkatnya faktor pertukaran udara ruangan maka beban kalor infiltrasi juga akan meningkat, dan untuk udara dengan kelembaban relatif 55% beban kalor infiltrasinya

lebih besar daripada udara dengan kelembaban relatif 60%. Gambar 6 menunjukkan pengaruh faktor pertukaran udara terhadap total beban kalor di ruangan kemahasiswaan, di mana dengan meningkatnya faktor pertukaran udara maka total beban kalor ruangan akan semakin meningkat.



Gambar 5. Pengaruh faktor pertukaran udara (ACF) terhadap beban kalor infiltrasi



Gambar 6. Pengaruh faktor pertukaran udara (ACF) terhadap total beban kalor ruangan.

4. KESIMPULAN

Perhitungan beban kalor di ruangan kemahasiswaan dengan menggunakan *software CoolPack 1.50* telah dilakukan dan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa beban kalor infiltrasi sangat berpengaruh terhadap total beban kalor ruangan, dan nilai ACF lebih berpengaruh terhadap beban kalor infiltrasi dibandingkan dengan nilai RH. Semakin besar nilai ACF maka semakin besar pula total beban kalor ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Choudhary, H., Kothavale, B. S., and Mali, K. V. (2016), "Performance investigation of air-conditioning system using ejector as expansion device", *International Journal of Current Engineering and Technology*, Issue 5, pp. 188-193.
- Harahap, S., Hamid, A., dan Hidayat, I. (2014), "Perhitungan ulang beban pendinginan pada ruang auditorium gedung Manggala Wanabakti blok III Kementerian Kehutanan Jakarta", *Jurnal Sinergi*, Volume 18, Nomor 3, hal. 149-154.

- Roy, R., Emani, M. S., and Mandal, B. K. (2017), "Numerical simulation of vapour compression refrigeration system using refrigerant R152a, R404a and R600a", *Indian Journal of Scientific Research*, Volume 15, Nomor 2, pp. 62-67.
- Susanto, A., Arnas, Y., dan Hidayat, Z. (2017), "Analisis kebutuhan beban pendingin dengan metode *Cooling Load Temperature Difference (CLTD)* pada ruang *lobby* gedung simulator Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia", *Jurnal Ilmiah Aviasi Langit Biru*, Volume 10, Nomor 3, hal. 31-41.
- Venkataiah, S., and Rao, G. V. (2014), "Analysis of alternative refrigerants to R22 for air-conditioning applications at various evaporating temperatures", *International Journal of Engineering Research and Applications*, Volume 4, Issue 3, pp. 39-46.
- Yani, R. D. (2017), "Analisis konsumsi energi listrik pada sistem pendingin ruangan di gedung rektorat Politeknik Negeri Pontianak", *Jurnal ELKHA*, Volume 9, Nomor 1, hal. 13-18.