

STUDI KINERJA MESIN PENGKONDISI UDARA TIPE TERPISAH (AC SPLIT) PADA GERBONG PENUMPANG KERETA API EKONOMI

Ozkar F. Homzah^{1*}

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridianti Palembang
Jl. Kapten Marzuki No. 2446, Palembang 30129.

*E-mail: ozkarhomzah@univ-tridianti.ac.id

Abstrak

Kenyamanan termal merupakan salah satu bentuk pelayanan terhadap penumpang selain keselamatan, ketepatan waktu, dan pelayanan. Penelitian ini akan diteliti beberapa variabel yang sangat berpengaruh pada kinerja mesin pengkondisi udara tipe terpisah (AC-Split) yaitu perhitungan total beban pendinginan dan nilai COP (coefficient of performance) dari mesin pendingin tipe AC-split untuk satu gerbong KA.Ekonomi Selero untuk mengetahui besarnya sumber-sumber beban pendinginan dari luar maupun dalam gerbong penumpang secara aktual. Penelitian dilakukan untuk tiga kondisi waktu perjalanan yaitu kondisi pertama dengan 56 penumpang dari stasiun Kota Palembang ke Kota Prabumulih, kondisi kedua dengan 76 penumpang dari stasiun Kota Prabumulih ke Kota Lahat, dan kondisi ketiga dengan 106 penumpang pada pemberhentian terakhir di Kota Lubuk-linggau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja AC-Split mengalami penurunan yang sangat besar, seiring dengan bertambahnya jumlah penumpang atau beban pendinginan ruangan. Semakin besar beban pendinginan ruangan memberikan kenaikan pada temperature input dan output ke evaporator sehingga koefisien kinerja atau COP semakin turun berkisar 52% hingga 75% dan menyebabkan kerugian penggunaan energi listrik. Dari hasil studi didapat penurunan kinerja yang besar dapat disebabkan oleh ketidaktepatan perhitungan kapasitas pendinginan dan perancangan tata-letak dari tiap unit AC-Split terpasang.

Kata kunci : AC-Split, beban pendingin, evaporator, kereta-api, kinerja (cop).

1. PENDAHULUAN

Kenyamanan termal pada ruangan di gerbong kereta api selero merupakan salah satu bentuk pelayanan terhadap penumpang selain keselamatan, ketepatan waktu, dan pelayanan. kenyamanan termal didefinisikan sebagai kenyamanan fisik berupa perasaan dalam pikiran manusia yang mengekspresikan kepuasan terhadap lingkungan termalnya. Standar Nasional Indonesia (SNI 6572-2001), kenyamanan termal pada kondisi nyaman optimal terjadi saat temperature udara kering bagi tubuh manusia berkisar 22,8°C~26,7°C dan kelembaban relatif udara pada kondisi padat seperti ruang pertemuan berkisar 55%~60%. Kondisi nyaman tersebut sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitar yaitu kelembaban udara relatif, kecepatan aliran udara, dan temperatur udara kering.

Mesin refrigerasi Siklus Kompresi Uap Standar (SKU) pada adalah salah satu jenis mesin konversi energi, dimana sejumlah energi dibutuhkan untuk menghasilkan efek pendinginan. Efek pendinginan dapat diperoleh di evaporator karena refrigerant (fluida kerja) di evaporator yang berada pada temperatur dan tekanan yang rendah akan menyerap panas dalam ruangan yang bertemperatur lebih tinggi dari evaporator (*indoor*). (Stoecker, W.F., 1994) refrigeran di kondensor akan membuang panas yang diserap di evaporator ke udara luar (*outdoor*) yang bertemperatur lebih rendah sehingga seluruh refrigeran akan berada dalam fasa cair atau kondensasi.

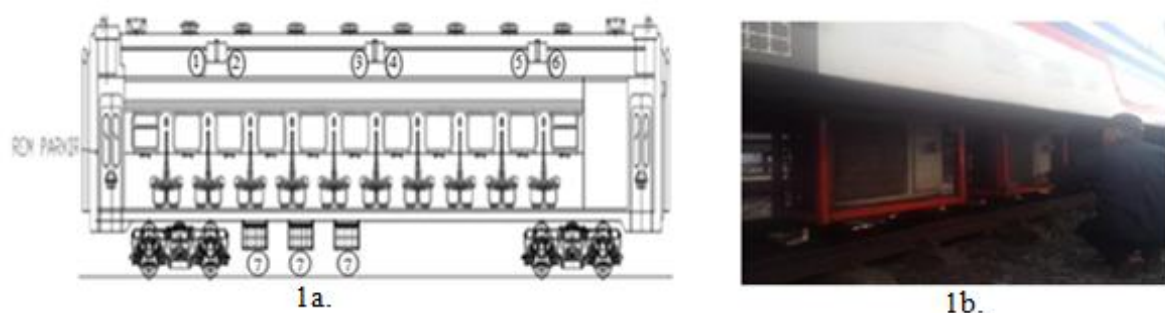
Salah satu jenis mesin pengkondisi udara diberi nama *Air Conditioning (AC)*, berfungsi memindahkan kalor dari dalam keluar ruangan atau sebaliknya. Sebagai contoh pada daerah bertemperatur rendah seperti di Eropa, AC digunakan sebagai pemanas ruangan. Sedangkan pada daerah bertemperatur tinggi, AC digunakan sebagai penyejuk udara dan pengontrol uap air. Mesin pengkondisi udara tipe terpisah (*AC Split*) beroperasi menggunakan energi listrik, besarnya energi listrik yang digunakan tergantung pada kapasitas kompressor yang digunakan (Arismunandar, 1981). Penggunaan mesin pengkondisi udara di Indonesia semakin meningkat baik untuk bangunan

berukuran kecil, sedang, maupun besar mulai dari rumah tinggal, perkantoran, kendaraan, hotel dan industri. Pengkondisi udara yang dimaksudkan adalah untuk memberikan kenyamanan dan kesegaran ruangan yang dikondisikan. Setiap ruangan mempunyai beban kalor yang berbeda dan hal ini akan mempengaruhi spesifikasi mesin pengkondisi udara yang akan dipakai.

Penelitian sistem pendingin dan mesin pengkondisi udara pada gerbong kereta api telah dilakukan di Indonesia, diantaranya adalah (Agus susanto, 2008) beban puncak pendinginan terjadi pada saat siang hari atau temperatur udara tertinggi. (Tanty Nuraeni, 2010) melakukan perhitungan total beban mesin pendinginan ruangan jenis packaged unit dengan *all-air system* digerbong kereta api penumpang eksekutif malam pada KA. Gajayana, di ketahui bahwa beban pendinginan aktual terbesar terdapat pada beban penumpang, beban ventilasi dan beban infiltrasi. (Ulfa lustyyah, 2012) menjelaskan variasi luas bukaan jendela yang tepat dengan pengkondisi udara secara alami mampu menurunkan temperatur rata-rata dalam ruangan gerbong kereta sebesar $0,012^{\circ}\text{C} \sim 1,76^{\circ}\text{C}$. Koefisien performa yang dalam istilah asing disebut *Coefficient Of Performance* (COP) merupakan koefisien yang menggambarkan prestasi suatu mesin pendingin ditinjau dari besar efek refrigerasi dibandingkan dengan jumlah daya listrik yang dibutuhkan untuk mengoperasikan mesin pendingin tersebut (Shan, 2000).

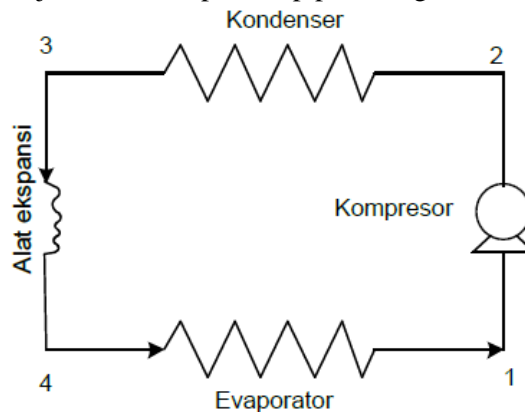
PT. Kereta Api Indonesia sebagai penyedia jasa kereta api melalui rel merupakan salah-satu tulang punggung transportasi darat di Indonesia. Perusahaan ini memiliki kereta penumpang, salah satunya Kereta Ekonomi Selero dengan rute perjalanan dari stasiun awal Kota Palembang menuju stasiun akhir Kota Lubuk-linggau pada daerah operasi Sumatera-Selatan. Kebutuhan akan sistem pengkondisi udara telah diaplikasi dengan menggunakan tipe terpisah (*Air conditioning- Split*) pada kendaraan bergerak seperti kereta api. Pengkondisi udara pada gerbong kereta penumpang sebagai salah satu upaya untuk mendapatkan kondisi ruangan yang terkendali sesuai dengan kebutuhan kenyamanan tubuh penumpang. Sehingga penumpang mendapatkan kenyamanan didalam ruangan pada gerbong kereta, meskipun dengan waktu tempuh perjalanan lebih dari 8 jam.

Berdasarkan uraian tersebut diatas maka pada penelitian ini akan diteliti beberapa variabel yang sangat berpengaruh pada kinerja sistem *AC-split* yaitu perhitungan total beban pendinginan dan nilai COP (*coefficient of performance*) dari mesin pendingin tipe AC-split untuk satu gerbong KA.Ekonomi Selero. Penelitian dilakukan untuk tiga kondisi stasiun atau Kota pemberhentian yaitu kondisi pertama dengan 56 penumpang pada pemberhentian Kota Prabumulih, kondisi kedua dengan 76 penumpang pada pemberhentian Kota Lahat, dan kondisi ketiga dengan 106 penumpang pada pemberhentian Kota Lubuk-linggau. Pada gambar 1.a, menjelaskan letak atau posisi 6 unit mesin pengkondisi udara (*AC-split*) untuk kapasitas pendinginan terpasang (1) nomor unit 1,3,4, dan 6 dengan kapasitas pendinginan sebesar 2 PK (1,50kW), (2) nomor unit 2 dan 5 dengan kapasitas pendinginan sebesar $\frac{3}{4}$ PK (0,57kW) serta nomor unit 7 merupakan unit outdoor dari mesin AC-split seperti pada gambar 1.b.

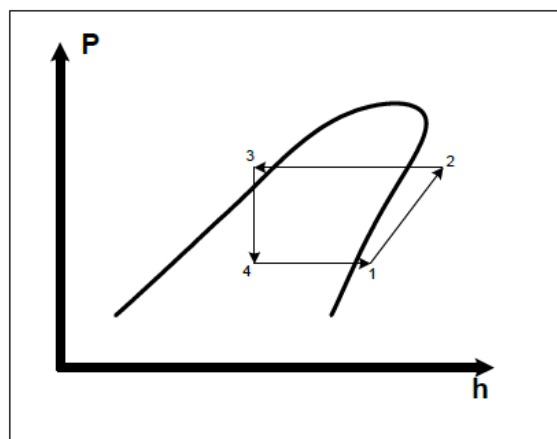


Gambar 1.a. letak unit dari AC-Split
1.b. Outdoor unit dari AC-Split
(Gerbong Penumpang KA Ekonomi-Selero;
Dipo Stasiun Besar Kertapati Kota Palembang, 2016)

Prinsip kerja dari mesin pengkondisi udara tipe terpisah yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem refrigerasi kompresi uap. Sistem ini memiliki empat komponen utama, yaitu kompresor, kondenser, alat ekspansi dan evaporator. Pada gambar 2 ialah skematik dari siklus uap, dan gambar 3 terlihat siklus kerja sistem kompresi uap pada diagram P-h (pressure-entalpi).



Gambar 2. Skema sistem refrigerasi kompresi uap



Gambar 3. Siklus sistem refrigerasi kompresi uap pada diagram P-h

Penelitian ini dilakukan studi kinerja dari mesin pendingin dan pengkondisi udara dengan cara melakukan perhitungan total beban pendinginan di satu ruangan/gerbong penumpang, mendapatkan nilai COP serta menganalisa kinerja dari tiap unit AC-split yang terpasang. Dimana, satu gerbong penumpang KA.Ekonomi Selero memiliki dimensi (PxLxT) sebesar (20,70mx2,99mx2,59m) dan kapasitas maksimum penumpang sebanyak 106 penumpang serta memiliki luas dinding dari kaca sebesar 616,10m². Menurut (*Carrier Air Conditioning, 1965*), adapun cara menghitung total beban pendinginan ruangan ialah:

$$GTH = OASH + OALH + RSH + RLH \quad (1)$$

Dimana:

GTH = Total beban pendinginan (*grand total heat*) (Watt)

OASH = Beban sensibel udara luar (*outdoor air sensible heat*) (Watt)

OALH = Beban laten udara luar (*outdoor air laten heat*) (Watt)

RSH = Beban sensibel ruangan (*room sensible heat*) (Watt)

RLH = Beban laten ruangan (*room laten heat*) (Watt)

Pada pengkondisi udara, umumnya temperatur evaporator dirancang untuk bekerja pada temperatur 5°C sampai 10°C. Parameter yang menunjukkan kinerja mesin pengkondisi udara antara lain efek pendinginan (Q_{evap}), daya input kompresor (W_{kom}), dan COP_{aktual}. Dari gambar 3, dapat mengetahui kinerja dari mesin pengkondisi udara tipe terpisah dapat dicari dengan:

$$COP_{aktual} = \frac{\text{Efek pendinginan (kW)}}{\text{Daya Input kompresor (kW)}} \quad (2)$$

Dimana:

Efek pendinginan = Beban yang dilepas di evaporator

$$(Q_{\text{evap}} = \dot{m}_{\text{ref}} \times (h_1 - h_4) = \text{kW}) \quad (3)$$

Daya input kompresor = daya listrik kompresor

$$(W_{\text{kom}} = V \times I \times \cos \rho = \text{kW}) \quad (4)$$

nilai $\cos \rho = 0,87$ berdasarkan nilai rata-rata alat pengukuran dengan tang ampere.

2. METODOLOGI PENELITIAN

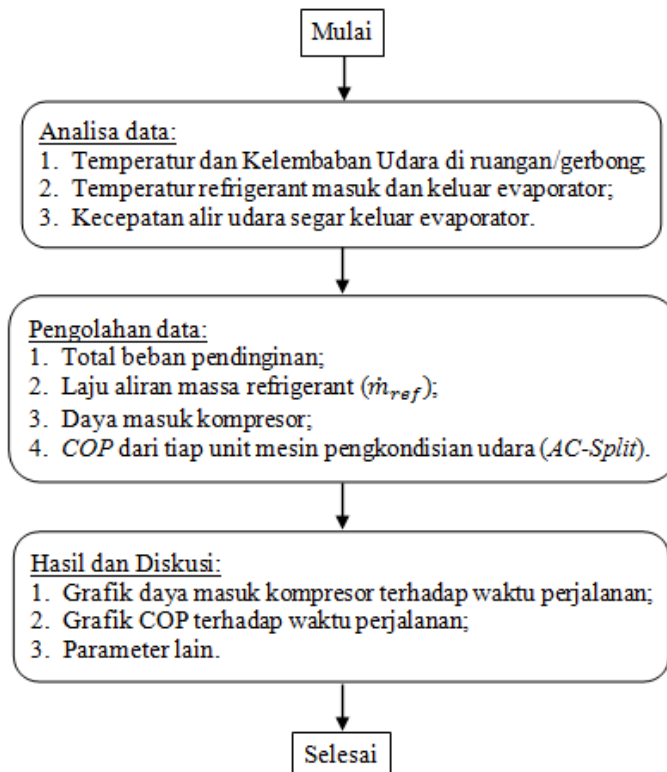
Penelitian ini merupakan studi komparasi dengan menganalisa nilai COP aktual dari tiap unit mesin pengkondisi udara tipe terpisah (*AC-split*) terhadap kondisi jumlah penumpang yang berbeda yaitu 56, 76 dan 106 penumpang. Selain itu, studi ini dilakukan untuk mempelajari parameter yang mempengaruhi perubahan kinerja dari tiap unit *AC-Split* selama proses pendinginan ruangan berlangsung di satu gerbong KA. Ekonomi Selero yaitu selama 8 jam perjalanan dengan waktu keberangkatan 09.30 WIB dan waktu pemberhentian terakhir 16.30 WIB.

I. Alat pengukuran yang digunakan:

- Termokopel digital
- Higrometer
- Tang ampere
- Anemometer
- Tang
- Obeng

II. Bahan yang digunakan:

- 6 unit mesin pengkondisi udara; 2 unit dengan kapasitas pendinginan sebesar 3/4 PK (0,57 kW) dan 4 unit dengan kapasitas pendinginan sebesar 2 PK (1,50 kW).



Gambar 4. Skema Penelitian.

Skema penelitian ini dapat dijabarkan pada gambar 4, terdiri dari 3 proses yaitu analisis data yang dianalisa selama rute perjalanan KA Ekonomi Selero dari stasiun Kertapati (Kota Palembang) menuju stasiun pemberhentian terakhir Kota Lubuk-linggau, pengolahan data yaitu melakukan proses perhitungan matematis serta hasil yang diilustrasikan dalam bentuk grafik hasil terhadap unit mesin pengkondisi udara.

Pada tahap pertama adalah analisis data, dicatat dan dianalisis parameter operasi pada mesin pengkondisi udara yang mencakup temperatur dan kelembaban udara ruangan/gerbong, temperatur rata-rata masuk dan keluar evaporator dari refrigeran, serta debit aliran udara segar (v_{udara}) keluar evaporator. Tahap kedua yaitu pengolahan data dilakukan perhitungan total beban pendinginan ruangan/satu gerbong KA. Ekonomi Selero. Setelah itu melakukan perhitungan daya kompresor dari tiap unit mesin pengkondisi udara. Tahapan ketiga adalah mengilustrasikan hasil perhitungan kedalam grafik, yaitu nilai daya kompresor dan nilai COP (*coefficient of performance*) terhadap unit mesin pengkondisian udara yang dipakai serta menganalisis parameter lain yang dapat mempengaruhi kinerja dari tiap mesin pengkondisi udara. Tabel 1 menunjukkan pengambilan data dan analisa data dari enam unit mesin pengkondisi udara di satu gerbong KA. Ekonomi Selero.

Tabel 1. Data Pengukuran enam unit mesin pengkondisi udara tipe terpisah (AC-Split)

<u>Analisa data:</u> Waktu perjalanan dengan 56 Penumpang; dari stasiun Kertapati (Kota Palembang) ke stasiun Kota Prabumulih							
No. Unit AC-Split	v_{udara} (m/s)	T_{evap} masuk (°C)	T_{evap} keluar (°C)	$T_{ruangan}$ (°C)	$RH_{ruangan}$ (%)	I_{komp} (Amp)	V_{komp} (volt)
1	5	9	29	25	55	7,5	218,4
2	3	9	29	25	55	4,9	215,1
3	5	10	31	25	55	7,8	220,3
4	5	11	30	25	55	7,7	212,6
5	3	4	29	25	55	4,9	218,9
6	5	11	29	25	55	7,5	216,4
<u>Analisa data:</u> Waktu perjalanan dengan 76 Penumpang; dari stasiun Kota Prabumulih ke stasiun Kota Lahat							
No. Unit AC-Split	v_{udara} (m/s)	T_{evap} masuk (°C)	T_{evap} keluar (°C)	$T_{ruangan}$ (°C)	$RH_{ruangan}$ (%)	I_{komp} (Amp)	V_{komp} (volt)
1	5	9	27	25,5	58	7,2	217,7
2	3	8	27	25,5	58	4,7	221,4
3	5	9	29	25,5	58	7,4	219,5
4	5	12	30	25,5	58	8,0	218,3
5	3	5	28	25,5	58	5,0	220
6	5	12	29	25,5	58	7,2	219
<u>Analisa data:</u> Waktu perjalanan dengan 106 Penumpang; dari stasiun Kota Lahat ke stasiun Kota Lubuk-linggau							
No. Unit AC-Split	v_{udara} (m/s)	T_{evap} masuk (°C)	T_{evap} keluar (°C)	$T_{ruangan}$ (°C)	$RH_{ruangan}$ (%)	I_{komp} (Amp)	V_{komp} (volt)
1	3,3	11	28	26,7	65	7,3	220,2
2	0,7	9	19	26,7	65	5,2	216
3	3,3	10	31	26,7	65	7,8	219,5
4	3,2	12	33	26,7	65	8,0	218
5	3,0	7	27	26,7	65	5,2	218
6	3,1	11	29	26,7	65	7,4	216

2.1. Metode Analisa Hasil

Pada penelitian ini penulis melakukan pengambilan data waktu/kondisi yang diperlukan setiap unit mesin pengkondisi udara. Data hasil pengukuran kemudian dikumpulkan untuk digunakan untuk menghitung total beban pendinginan, prestasi mesin pendingin (*COP*), dan daya input (W_{kom}), serta pure refrigeran HCR-22 jenis refrigeran yang digunakan sebagai fluida kerja.

Lalu diilustrasikan pada grafik untuk masing-masing hubungan yang diperlukan dalam melakukan analisis.

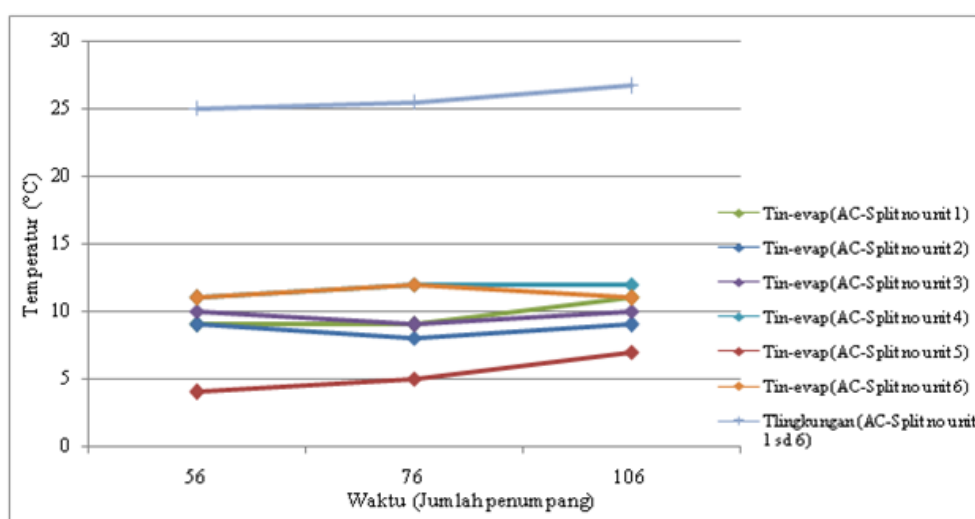
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam melakukan pengolahan data ini untuk menghitung beban pendingin, total beban pendinginan didefinisikan sebagai jumlah total energi panas yang harus dihilangkan dalam satuan waktu dari ruangan yang diinginkan. Beban pendinginan berasal dari beban sensible dan beban laten. Beban sensible antara lain beban kalor yang melalui beban transmisi melalui dinding, atap, langit-langit, dan lantai, beban peralatan elektronik serta beban penghuni (penumpang), lalu beban radiasi matahari melalui kaca, beban partisi, dan beban ventilasi serta infiltrasi ruangan. Sedangkan beban panas laten diakibatkan oleh panas yang timbul karena beban penghuni (penumpang) dan beban kalor pada infiltrasi dalam ruangan. Data tersebut didapat dengan melakukan perhitungan dan hasilnya ditabelkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Total (*GTH*) dari tiga kondisi waktu perjalanan/jumlah penumpang.

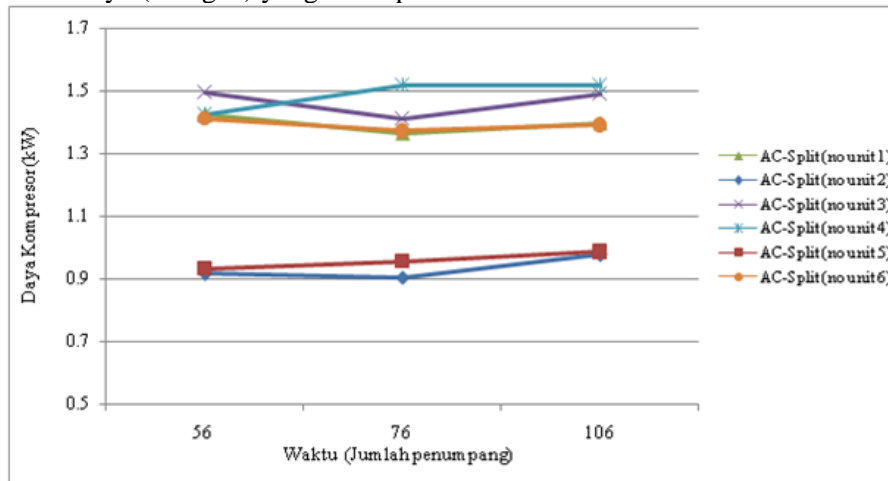
Jumlah Penumpang	<i>RSH</i> (Watt)	<i>RLH</i> (Watt)	<i>OASH</i> (Watt)	<i>OALH</i> (Watt)	<i>GTH</i> (Watt)
56	5.853,34	1.488	220,76	264,10	7.826,20
76	8.097,34	2.542	260,08	311,14	11.210,56
106	9.631,93	3.286	231,41	344,36	13.493,70

Pada tabel 2 menunjukkan nilai total beban pendinginan yang dihasilkan oleh ketiga kondisi waktu atau jumlah penumpang, dari tabel didapat beban pendingin aktual terbesar terdapat pada beban sensible ruangan (*RSH*) dan beban laten ruangan (*RLH*) dari penumpang sebesar 65% ~ 75% dari total beban pendinginan (*GTH*). Hasil perhitungan aktual yang didapat juga menunjukkan penggunaan mesin pengkondisi udara tipe terpisah belum mampu memenuhi total beban pendinginan atau kapasitas pendinginan yang diperlukan oleh satu gerbong KA. Ekonomi Selero sebesar 7,83 kW~13,50 kW untuk setiap kondisi waktu/jumlah penumpang, sedangkan kapasistas pendinginan terpasang hanya sebesar 9,5 PK (7,18 kW) yang terdiri dari 4 unit AC-split 2 PK (1,51kW) dan 2 unit AC-Split 3/4 PK (0,57 kW).



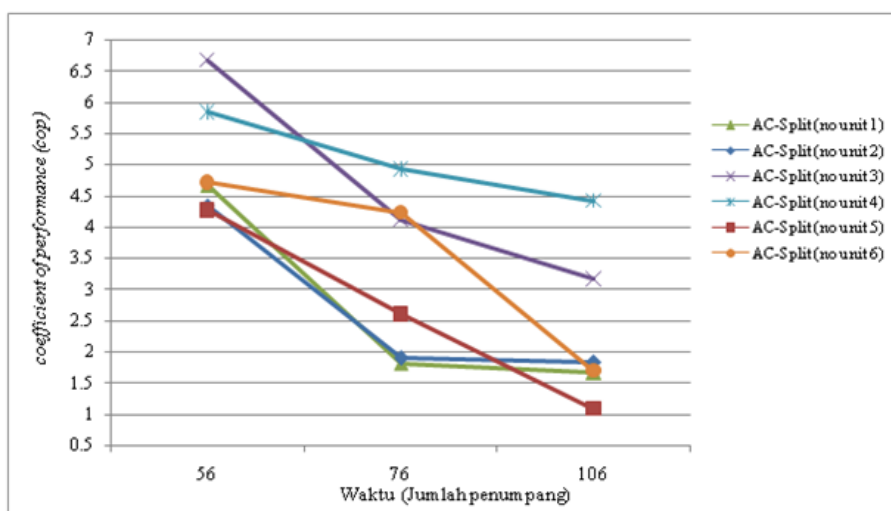
Gambar 5. Grafik pengaruh waktu (jumlah penumpang) terhadap temperatur lingkungan dan temperatur input ke evaporator

Gambar 5 menunjukkan temperature lingkungan atau ruangan dan temperatur input ke evaporator dengan menggunakan 6 unit mesin pengkondisi udara tipe terpisah atau kondisi AC-Split standar. Hasil analisa data menunjukkan bahwa temperatur input ke evaporator turun rendah dari temperature lingkungan. Dari gambar 5 terlihat temperatur input rata-rata ke evaporator sebesar $5,33^{\circ}\text{C}\sim 11,67^{\circ}\text{C}$. Dimana, unit AC-Split no.1;3;4 dan 6 diketahui temperatur input ke evaporator mengalami kenaikan temperatur sebesar $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Hal ini disebabkan makin besar beban pendinginan makin naik temperatur input ke evaporator yang dihasilkan, sehingga makin banyak kalor/beban sekitarnya (ruangan) yang diserap.



Gambar 6. Grafik pengaruh waktu (jumlah penumpang) terhadap Daya Kompresor

Dari gambar 6 di atas diketahui daya kompresor yang dibutuhkan oleh tiap unit mesin pengkondisi udara tipe terpisah selama waktu perjalanan atau jumlah penumpang, dari grafik diketahui daya kompresor terbesar AC-Split berasal dari unit no.4, kemudian disusul unit no.3 dan yang paling rendah pada unit no.2 untuk kondisi waktu atau jumlah penumpang maksimum yaitu 106 penumpang. Dari grafik juga menunjukkan KA. Ekonomi dengan waktu tempuh 8 jam perjalanan (jumlah penumpang), terlihat konsumsi daya rata-rata dari kompresor berurut-urut dari tiap unit sebesar 1,40kW; 0,93kW; 1,47kW; 1,48kW; 0,96kW; 1,40kW. Dimana, daya kompresor menunjukkan angka penggunaan energi listrik untuk mendapatkan tingkat kenyamanan termal ruangan yang di inginkan.



Gambar 7. Grafik pengaruh waktu (jumlah penumpang) terhadap COP

Gambar 7 menunjukkan *coefficient of performance* atau koefisien kinerja dari tiap unit AC-Split yaitu no unit.1;2;3;5 dan 6 mengalami penurunan berurut-urut yang besar yaitu 64,27%; 57,98%; 52,57%; 74,36% dan 63,95%. Sedangkan pada unit no.4 hanya mengalami penurunan sebesar 24,38%. Hal ini menunjukkan makin besar jumlah penumpang atau waktu, maka semakin rendah pula nilai dari koefisien kinerja atau *COP* diperoleh pada AC Split. Hasil penelitian juga menunjukkan pada unit AC-Split no 5 mengalami penurunan kinerja (*COP*) terhadap waktu yang sangat signifikan sebesar 74,36%. Hal ini dapat disebabkan kurang tepatnya penerapan estimasi perhitungan total beban pendinginan dari ruangan serta tata-letak tiap unit yang benar dan tepat dari mesin pengkondisi udara jenis terpisah (*AC Split*) terpasang, untuk memberikan kinerja yang lebih baik Kinerja yang baik akan menghemat penggunaan energi listrik (daya kompresor) pada tingkat kenyamanan termal ruangan yang sama.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Kajian tentang penerapan mesin pengkondisi udara tipe terpisah (*AC Split*) pada ruangan yang bergerak seperti pada Gerbong Kereta Api secara khusus telah dilakukan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja *AC-Split* mengalami penurunan yang sangat besar seiring dengan bertambahnya jumlah penumpang atau beban pendinginan. Semakin besar beban pendinginan ruangan memberikan kenaikan temperature input dan output ke evaporator sehingga koefisien kinerja atau *COP* semakin turun berkisar 52% hingga 75% dan menyebabkan kerugian penggunaan energi listrik. Hal ini disebabkan oleh ketidaktepatan dari perhitungan dan perancangan dari kapasitas pendinginan dari tiap unit *AC-Split*.

4.2. Saran

1. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui tata letak yang tepat dan pemilihan kapasitas pendinginan untuk setiap unit AC-Split secara khusus di gerbong KA. Ekonomi;
2. Perlu kajian lebih lanjut mengenai terdapat celah atau beban tambahan didalam gerbong kereta yang mengakibatkan temperatur ruangan/gerbong KA. Ekonomi tidak terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Carrier Air Conditioning Company., (1965), *Hand Book of Air Conditioning System Design*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Stoecker, W.F., dan Jones, J.W., (1994), *Refrigerasi dan Pengkondisi Udara*, Erlangga, Jakarta.
- ASHRAE., (2013), *Handbook - Fundamentals : Chapter 18, Single Room Example* (p. 18.37)
- Shan K. Wang. (2000), *Hand Book Of Air Conditioning And Refrigeration*. McGraw-Hill.
- Arismunandar Wiranto, Heizo Saito., (1981), *Penyegaran Udara*. Pradnya Paramita, Edisi Enam. Jakarta.
- Agus Susanto, (2008), *Analisa perhitungan beban pendingin dari system pengkondisi udara pada kereta rel listrik tipe 6000, Tugas Akhir*, Universitas Mercu Buana-Jakarta.
- Nuraeni, Tanty., (2010), *Perhitungan Ulang Sistem Pengkondisi Udara pada Gerbong Kereta Api Penumpang Eksekutif Malam (KA.GAJAYANA)*. Skripsi, ITS, Surabaya.
- Ulfa Lustyyah., (2012), *Analisis temperatur dan aliran udara pada sistem tata udara di gerbong kereta api penumpang kelas ekonomi dengan variasi bukaan jendela*, Skripsi, ITS-Surabaya.
- Badan Standar Nasional., (2001), *Tata cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisi Udara pada Bangunan Gedung*. SNI 6572-2001, Standar Nasional Indonesia.
- Operasional data sheet., (Agustus 2016), *Dipo Stasiun Besar Kertapati Kota Palembang* (SumSel).