



Analisa penggunaan energi listrik dan biaya pada mesin *chiller* di Transmart Kota Mataram

Analysis of the use of electrical energy and costs in chiller machines at Transmart Mataram City

M. Andrean, M. Wijana, T. Rachmanto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia. HP. 085934617750

*E-mail: muzalliandreaan045@gmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received

Accepted

Available online

Keywords:

Chiller

AHU

FCU

electric power

energy consumption intensity the cost of using electrical energy



Air conditioning is one of the most important things in an industry or building, especially in an office building and shopping center. Because a good air conditioning system will produce fresh air which will provide comfort for humans, machines, and the environment around them. Because with a good level of comfort will increase the performance of the machine used. The incompatibility of the operating pattern of the HVAC system at the time of design with the actual situation is one of the causes of the high consumption of electrical energy, therefore it is necessary to analyze the performance of the HVAC system so that it can be seen whether the energy used is efficient. Consumption of electrical energy in office buildings is needed to support operational activities to run normally. Electrical energy requirements for buildings must be optimized based on the Energy Consumption Intensity (IKE) parameter. The lowest use of electrical energy based on the LWBP value occurred in September, which was 13,889 kWh, while the highest use of electrical energy occurred in December, which was 28,190 kWh. Based on the WBP value, the lowest energy use occurred in September, which was 48,800 kWh, while the highest energy use occurred in December, which was 91,724 kWh. The highest energy consumption intensity occurred in December, which was 33,309 kWh/m², while the lowest energy consumption intensity occurred in September, which was 17,414 kWh/m². The value of energy consumption intensity (IKE) is due to the high consumption of electric power, both the LWBP and WBP values used due to the high number of visitors, where many and few visitors greatly affect the value of energy consumption intensity (IKE). The highest cost of using electricity occurred in December, which was 138,803,842 rupiahs, and the lowest cost of using energy occurred in September, which was 72,124,987 rupiahs.

1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi listrik di dalam gedung perkantoran dibutuhkan untuk menunjang kegiatan operasional dapat berjalan dengan normal. Kebutuhan energi listrik untuk bangunan harus dioptimalkan berdasarkan parameter Intensitas Konsumsi Energi (IKE). Kebutuhan energi listrik paling besar pada gedung perkantoran pada umumnya dipakai oleh sistem tata udara sehingga diperlukan perhatian khusus dalam hal optimalisasi pemakaian energi listrik pada komponen sistem tata udara. Mempertimbangkan bahwa hasil perhitungan IKE gedung Wisma Slipi termasuk dalam kategori boros, penelitian ini bertujuan untuk melakukan audit energi sistem pendingin udara sentral pada gedung tersebut. Hasil perhitungan Intensitas Konsumsi Energi bangunan adalah 19,11, yang dapat dikategorikan sebagai boros. Hasil audit sistem tata udara menemukan bahwa *chiller* tidak lagi beroperasi dalam kondisi optimal dengan COP berkisar antara 2,5 dan 3,0 dikarenakan umur peralatan yang sudah 28 tahun. Demikian pula *Air Handling Unit and Chilled Water Pump* juga menunjukkan tanda-tanda penurunan kinerja karena keausan. Oleh karena itu, audit energi merekomendasikan *chiller* untuk diganti dengan model yang lebih baru karena menggunakan persentase energi tertinggi. Berdasarkan hasil analisis, peluang penghematan energi dari penggantian *unit chiller* adalah sebesar 30,6% dengan *Break Even Point* (BEP) sekitar 4,8 tahun (Soewono dkk, 2022).

Karena tingkat penggunaan energi yang tinggi dan potensi penghematan energi yang besar, sistem pendingin udara seringkali menjadi fokus utama dalam audit energi. Penghematan energi listrik dapat dicapai hanya dengan mengurangi penggunaan energi di berbagai area kantor yang tingkat kehilangan energinya tinggi atau memasang sistem pendingin udara dan *chiller* dengan efisiensi yang lebih baik. Metode penghematan energi potensial lainnya termasuk mengubah parameter operasi *chiller* dan penggunaan pompa variabel dalam sistem pendingin udara. Diharapkan analisis energi audit sistem pendingin udara pada gedung perkantoran dapat menghasilkan penghematan energi yang maksimal (Kaya dkk, 2016).

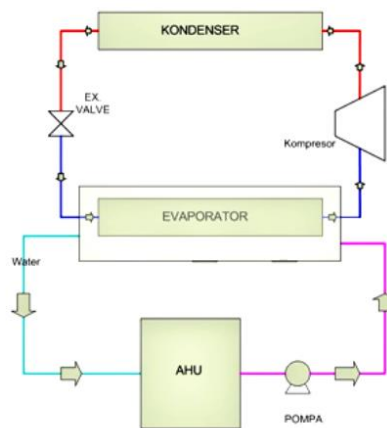
Karena di Nusa Tenggara Barat terdapat banyak sekali gedung-gedung perkantoran dan pusat perbelanjaan yang menggunakan sistem pendingin *chiller* salah satunya adalah di pusat perbelanjaan Transmart Kota Mataram. Seiring dengan pesatnya pertumbuhan ekonomi di Kota Mataram, umumnya diikuti oleh berkembangnya pusat-pusat perbelanjaan. Ramainya pengunjung khususnya pada akhir pekan dan hari-hari libur membutuhkan sarana pendingin ruangan yang menyejukkan banyak ruangan antar lantai baik itu lantai yang lebih tinggi atau pun sebaliknya. Oleh karena itu pendinginan ruangan dengan mesin *chiller* tersebut dibutuhkan energi yang lebih.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Transmart Kota Mataram merupakan penelitian observasi dengan skema aparatus seperti terlihat pada gambar 1 dan gambar 2. Metode yang digunakan berbasis metode observasi kualitatif dan metode analitis dimana pengukuran dan perhitungan konsumsi energi akan dilakukan secara menyeluruh ke seluruh ruangan yang ada pada gedung Transmart. Proses pengambilan data melibatkan tiga langkah utama. Langkah pertama meliputi survei awal bangunan dengan tujuan untuk pengecekan jumlah *chiller* yang beroperasi, AHU dan pompa yang sedang beroperasi dilakukan setiap 1 jam sekali, pengumpulan data primer seperti data sejarah penggunaan energi pada gedung, dan pengumpulan data sekunder (profil perusahaan, jumlah penghuni, jam kerja, jumlah dan spesifikasi peralatan). Tingkat konsumsi energi akan diukur ke seluruh ruangan pada gedung. Namun, untuk menentukan besarnya konsumsi energi tiap ruangan akan digunakan besaran konsumsi energi (kWh) tiap satuan luas (meter persegi).



Gambar 1. Observasi pada mesin chiller



Gambar 2. Skema *water chiller*. 1. kompresor, 2. kondensor, 3. Pipa kapiler, 4. evaporator, 5. AHU, 6. Pompa.

Pada dasarnya prinsip kerja pendingin air atau *air-cooled chiller* sama seperti sistem pendingin yang lain seperti AC dimana terdiri dari beberapa komponen utama yaitu evaporator, kondensor, kompresor serta alat ekspansi. Pada evaporator dan kondensor terjadi pertukaran kalor. Pada *air-cooled chiller* terdapat air sebagai refrigeran sekunder untuk mengambil kalor dari bahan yang sedang didinginkan ke evaporator. Air ini akan mengalami perubahan suhu bila menyerap kalor dan membebaskannya di evaporator. Gambar 2.12 diperlihatkan skema *air-cooled chiller* dimana air dingin yang dihasilkan digunakan untuk mendinginkan ruangan dengan media aliran angin dari sebuah fan. Secara umum prinsip kerjanya adalah sebagai berikut. Refrigeran didalam kompresor dikompresikan kemudian dialirkan ke kondensor. Refrigeran yang mengalir ke kondensor mempunyai tekanan dan temperatur yang tinggi. Di kondensor refrigeran didinginkan oleh udara luar disekitar kondensor sehingga terjadi perubahan fase dari uap menjadi cair. Kemudian refrigeran mengalir menuju pipa kapiler dan terjadi penurunan tekanan. Setelah keluar dari pipa kapiler, refrigeran masuk ke dalam evaporator. Di dalam evaporator refrigeran mulai menguap, hal ini disebabkan karena terjadi penurunan tekanan yang mengakibatkan titik didih refrigeran menjadi lebih rendah sehingga refrigeran menguap. Dalam evaporator terjadi perubahan fase refrigeran dari cair menjadi uap. Pada evaporator ini terjadi perpindahan kalor yang bersuhu rendah, dimana air didinginkan oleh refrigeran. Kemudian refrigeran dalam bentuk uap tersebut dialirkan ke kompresor kembali. Di dalam evaporator, air sebagai bahan pendingin sekunder yang telah didinginkan sampai temperatur tertentu kemudian dialirkan oleh sebuah pompa menuju koil-koil pendingin dalam ruangan. Air ini akan bersirkulasi terus menerus selama sistem pendingin bekerja.

Konsumsi energi listrik adalah banyaknya energi listrik yang digunakan selama beberapa waktu dan hasil perkalian antara besarnya daya dengan lamanya penggunaan. Besarnya energy listrik selalu berubah ubah setiap bulan maupun tahun. Konsumsi energy listrik dapat dihitung menggunakan rumaus :

$$\text{konsumsi perhari} = (\text{Watt} \times \text{Jam penggunaan perhari}) \text{ (kWh)}$$

Dalam mencari nilai konsumsi perbulannya maka dikali dengan jumlah penggunaan selama 1 bulan, dan untuk mencari konsumsi pertahunnya dikali dengan 12 bulan.

Berdasarkan data konsumsi energi dari tahun sebelumnya dan informasi tentang luas bangunan gedung, Intensitas Konsumsi Energi (IKE) tahunan dan bulanan dapat dihitung sebagai berikut:

$$IKE = \frac{\text{Konsumsi listrik total perbulan} \text{ (kWh)}}{\text{Luas total bangunan gedung} \text{ (m}^2\text{)}}$$

Tingkat konsumsi energi akan diukur ke seluruh ruangan pada gedung. Namun, untuk menentukan besarnya konsumsi energi tiap ruangan akan digunakan besaran konsumsi energi (kWh) tiap satuan luas (meter persegi). Berdasarkan Permen ESDM No.13 Tahun 2012 tentang penghematan pemakaian tenaga listrik (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia), standar klasifikasi Intensitas Konsumsi Energi untuk gedung perkantoran yang menggunakan AC dapat dilihat pada Tabel 2.1. Jika nilai IKE lebih besar dari 18,5 maka bangunan dikategorikan boros dalam menggunakan energi listrik dan disarankan untuk menerapkan strategi hemat energi (Ningrum dkk, 2019).

Biaya konsumsi energi listrik tergantung pada harga TDL pada setiap tahunnya. Untuk menghitung biaya energi perlu diketahui jam penggunaannya, karena pada saat malam hari akan dikenakan tarif berbeda yaitu pada saat WBP (Waktu Beban Puncak) adalah waktu beban tertinggi pada PLN selama pukul 17:00 – 22:00 WIB sebesar Rp 1.553,67. Sedangkan waktu LWBP adalah PLN berada pada beban yang masih wajar dimana tarifnya lebih murah yaitu sebesar Rp 1.035,78. (Sukoco, 2020).

Adapun rumus yang digunakan dalam mencari biaya penggunaan energi adalah sebagai berikut:

$$\text{Biaya perbulan} = \text{konsumsi energi total perbulan} \times \text{biaya WBP}$$

Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan pada mesin *chiller* untuk mencari nilai konsumsi listrik dan biaya yang digunakan dalam satuan bulan. Pengukuran daya listrik ini khusus untuk penyalaan AC sentral *chiller* yang mencakup diantaranya adalah *chiller*, AHU, dan pompa *Chiller*.

Berdasarkan standar ASHRAE dan data total luas area gedung Transmart, kapasitas atau beban pendinginan total yang diperlukan sebesar 708,4 TR. Dikarenakan sistem pendingin di gedung Transmart dibagi menjadi 3 lantai Untuk memenuhi kebutuhan beban termal tersebut, disediakan 3 unit *chiller* tipe *Centrifugal Chiller CVE Series* dengan kapasitas pendinginan masing-masing sebesar 320 TR, tiga unit *chilled water pump*, 15 unit *Air Handling Unit* (AHU). Untuk *Air Handling Unit* (AHU), pengoperasian dilakukan manual dengan melakukan pengecekan masing-masing ruangan, jika ruangan tidak digunakan AHU dimatikan. observasi secara berkala setiap jam selama sembilan jam, sejak pukul 11:00 sampai dengan pukul 20:00. Prosedur pengambilan data dapat langsung dilihat dan dicatat pada *display control chiller* dari refrigerator selama periode bulan September sampai dengan bulan Desember 2022.

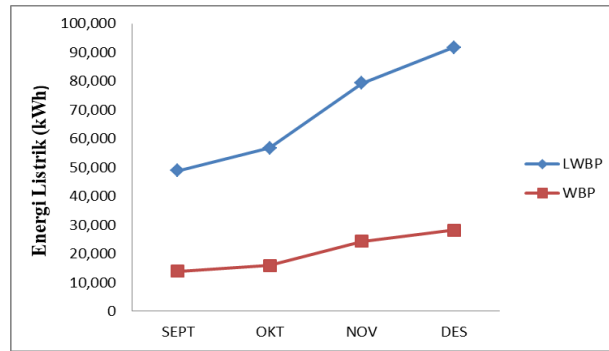
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil observasi yang didapatkan selama 4 bulan di Transmart Kota Mataram pada mesin *chiller*, AHU, dan FCU dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 1. Hasil observasi mesin *Chiller*, AHU, dan FCU

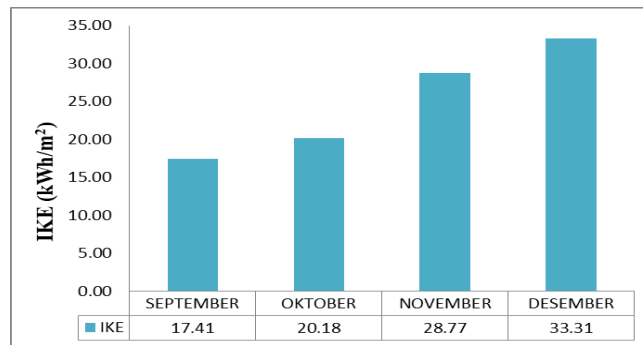
NO	BULAN	DESKRIPSI	LUAS BANGUNAN (m2)	DAYA LISTRIK		TOTAL DAYA	BIAYA (Rp)	
				WBP	LWBP		WBP	LWBP
1	SEPTEMBER	CHILLER + FCU	3600	31.918	9.354	62.689	33.060.026	14.533.029
		AHU		16.882	4.535		17.486.038	7.045.893
		TOTAL		48.800	13.889		72.124.987	
2	OKTOBER	CHILLER + FCU	3600	38.581	10.144	72.633	39.961.428	15.760.428
		AHU		18.149	5,59		18.798.371	8.947.586
		TOTAL		56.730	15.903		83.467.813,41	
3	NOVEMBER	CHILLER + FCU	3600	52.419	15.976	103.585	54.294.552	24.821.432
		AHU		26.799	8.91		27.757.868	13.036.845
		TOTAL		79.218	24.367		119.910.696,9	
4	DESEMBER	CHILLER + FCU	3600	60.430	18.149	119.914	62.592.185	28.197.557
		AHU		31.294	10.041		32.413.699	15.600.400
		TOTAL		91.724	28.190		138.803.842	

Berdasarkan tabel diatas didapatkan data berdasarkan nilai LWBP dan WBP, untuk total nilai LWBP berturut-turut 13.889 kWh, 15.903 kWh, 24.367 kWh, dan 28.190 kWh. Sedangkan untuk total nilai WBP berturut-turut 48.800 kWh, 56.730 kWh, 79.218 kWh, 91.724 kWh. Dari data tersebut didapatkan total penggunaan energi listrik selama empat bulan berturut-turut sebesar 62.689 kWh, 72.633 kWh, 103.585 kWh, dan 199.914 kWh. Berdasarkan total daya yang didapatkan dapat ditentukan harga berdasarkan standar dari PLN berturut-turut sebesar 72.124.987 rupiah, 83.467.813.41 rupiah, 119.910.696,9 rupiah, dan 138.803.842 rupiah.



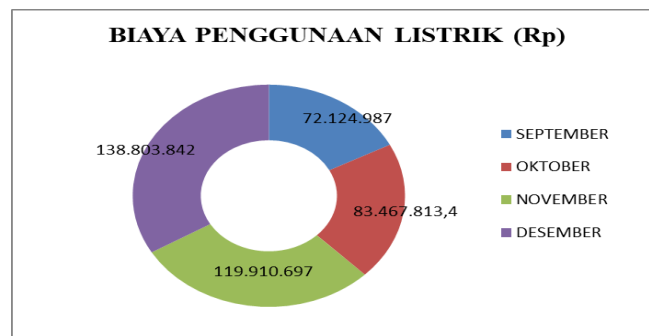
Gambar 3 Grafik penggunaan energi listrik pada mesin *chiller* berdasarkan nilai LWBP dan WBP selama bulan September sampai dengan Desember 2022

Penggunaan energi listrik pada setiap bulan dimulai dari bulan September sampai dengan bulan Desember 2022. Dari grafik diatas terlihat bahwa penggunaan energi listrik paling rendah berdasarkan nilai WBP terjadi pada bulan September yaitu sebesar 13.889 kWh, sedangkan penggunaan energi listrik paling tinggi terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 91.724 kWh. Berdasarkan nilai LWBP penggunaan energi paling rendah terjadi pada bulan September yaitu sebesar 13.889 kWh, sedangkan penggunaan energi paling tinggi terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 28.190 kWh.



Gambar 4 Grafik intensitas konsumsi energi pada mesin *chiller* selama bulan September sampai dengan Desember 2022

Terlihat bahwa intensitas konsumsi energi tertinggi terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 33.309 kWh/m², sedangkan nilai intensitas konsumsi energi paling rendah terjadi pada bulan September yaitu sebesar 17.414 kWh/m². Hal tersebut terjadi karena intensitas konsumsi energi merupakan perbandingan antara total daya listrik yang digunakan dengan luas total bangunan sehingga didapatkan nilai intensitas konsumsi energi (IKE) seperti pada grafik diatas, nilai intensitas konsumsi energi (IKE) disebabkan karena tingginya konsumsi daya listrik baik nilai LWBP dan WBP yang digunakan akibat dari tingginya angka pengunjung sehingga *chiller* beroperasi dalam kondisi beban penuh, dimana banyak dan sedikitnya pengunjung sangat berpengaruh terhadap nilai intensitas konsumsi energi (IKE). Semakin banyak jumlah pengunjung maka penggunaan energi listrik akan semakin besar karena beban pendingin semakin banyak (Afandi, 2020).



Gambar 5 Grafik biaya penggunaan energi listrik selama periode bulan September sampai bulan Desember 2022

Biaya penggunaan energi listrik pada penggunaan *chiller* didapatkan biaya penggunaan energi listrik paling tinggi terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 138.803.842 rupiah, dan biaya penggunaan energi paling rendah terjadi pada bulan September yaitu sebesar 72.124.987 rupiah. Hal tersebut terjadi karena biaya penggunaan energi listrik dilihat dari daya total LWBP dan WBP pada mesin *chiller*, FCU, dan AHU sehingga didapatkan daya listrik total dan dikalikan dengan biaya listrik dari PLN berdasarkan nilai LWBP dan WBP. Biaya konsumsi energi listrik berbanding lurus dengan penggunaan listrik pada mesin *chiller*, semakin besar daya listrik yang digunakan maka semakin besar biaya yang akan dikeluarkan. Sesuai dengan pernyataan (Sukoco, 2020) bahwa hampir 50-60% energi yang ada di sebuah gedung digunakan untuk sistem pengkondisian udara. Sehingga dapat diprediksikan bahwa biaya pemakaian listrik sangat tinggi sesuai dengan kenaikan beban pendinginnya. Pengeluaran biaya energi listrik semakin besar pada jam puncak karena pada jam tersebut tarif listrik lebih tinggi daripada tarif listrik pada jam biasa.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan energi listrik paling rendah berdasarkan nilai LWBP terjadi pada bulan September yaitu sebesar 13.889 kWh, sedangkan penggunaan energi listrik paling tinggi terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 28.190 kWh. Berdasarkan nilai WBP penggunaan energi paling rendah terjadi pada bulan September yaitu sebesar 48.800 kWh, sedangkan penggunaan energi paling tinggi terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 91.724 kWh.
2. Intensitas konsumsi energi tertinggi terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 33.309 kWh/m², sedangkan nilai intensitas konsumsi energi paling rendah terjadi pada bulan September yaitu sebesar 17.414 kWh/m². Nilai intensitas konsumsi energi (IKE) disebabkan karena tingginya konsumsi daya listrik baik nilai LWBP dan WBP yang digunakan akibat dari tingginya angka pengunjung, dimana banyak dan sedikitnya pengunjung sangat berpengaruh terhadap nilai intensitas konsumsi energi (IKE).
3. Biaya penggunaan energi listrik paling tinggi terjadi pada bulan Desember yaitu sebesar 138.803.842 rupiah, dan biaya penggunaan energi paling rendah terjadi pada bulan September yaitu sebesar 72.124.987 rupiah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu baik berupa materi maupun pikiran sehingga penelitian dan paper ini dapat terselesaikan. Yang kedua penulis mengucapkan terimakasih kepada Jurusan Teknik Mesin Universitas Mataram atas fasilitas yang dipergunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arisanto, B., 2012, "Pengoperasian Chiller Untuk Menunjang Management Tata Udara Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif", Hasil Penelitian dan Kegiatan PLTR Pusat Teknologi Limbah Radioaktif.
- Bagas, R., 2009, *Perhitungan Beban Kalor Pada Gedung Aula Universitas Sultan Fatah Demak*, Teknik-UNISFAT, Vol. 5 No. 1., Hal. 54-65.
- Baliarta, I.N.G., Samir, I.N., Arsana, M.A., 2016, Kajian Pengaruh Temperatur Approach Evaporator dan Kondensor Terhadap Performansi Sistem AC Sentral Tipe Water Chiller, *Politeknik Negeri Bali, Jurusan Teknik Mesin, Jurnal Matrix Vol. 6 No. 3*
- Kaya, D., Alidrisi, H., 2016, Energy savings potential in air conditioners and chiller systems. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences.*; 24, p. 935.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. Peraturan menteri energi dan sumber daya mineral Republik Indonesia no. 13 tahun 2012 tentang penghematan pemakaian tenaga listrik.
- Kusuma, G.E., Santoso, M., Mustaghfirin, M.A., Sistem Refrigerasi dan Saluran Udara, Program Studi D4 Teknik Permesinan Kapal, *Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negri Surabaya*.
- Mahendra, 2017, *Ekspansi Valve Berbagai Pengendali Temperatur Chiller*, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
- Ningrum, D.Y., Chamim, A.N., Syahputra, R., Jamaaluddin. Report of energy audit in building F1, F3, F4, and G6 of Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. *Journal of Electrical Technology UMY*. 2019; 3(2), p. 61. <https://doi.org/10.18196/jet.3255>.
- Nugroho, A., 2015, *Analisis Kinerja Refrigerasi Water Chiller Pada PT. GMF AEROASIA*. Universitas Mercu Buana, Jakarta, JTM Vol. 04, No. 1.
- Prasetya, Y. Analisis peningkatan efisiensi penggunaan energi listrik pada sistem pencahayaan dan air conditioning (AC) di gedung perpustakaan umum dan arsip daerah kota malang. *Konsentrasi Teknik Energi Elektrik*. 2014; 2(4), p. 1.
- Samyono, D., 2010, *Analisis Kinerja Instalasi Sistem Pengkondisian Udara Bangunan Komersial*.

Dinamika Teknik Mesin. *Andreas dkk.*: Analisa penggunaan energi listrik dan biaya pada mesin *chiller* di Transmart Kota Mataram

Soeyono, A, D, 2022, Audit Energi Sistem Tata Udara Pada Gedung Perkantoran Wisma Sipil Jakarta, *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 17. No. 1.

Sugeng, U. M., Agung, A.P, 2021, Analisa Potensi Penghematan Energi Pada Sistem Tata Udara Di Gedung Mina Bahari Iii Kantor Pusat Kementerian Kelautan Dan Perikanan, *Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Sains Dan Teknologi Nasional*, Vol. 23. No. 2.

Sukoco, B., 2020, *Analisa Konsumsi Energi Listrik Dan Peluang Penghematan Energi Pada Chiller Di Gedung Telkom Semarang*, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung.