

KARAKTERISTIK BEBAN TERMAL MESIN PENGKONDISIAN UDARA PADA RUANGAN PEMROSESAN BATERAI LITHIUM

¹ Agus Budihadi, ² Chandrasa Soekardi

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma

²⁾ Program studi Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana

¹Jl. Margonda Raya No. 100, Depok 16424, Jawa Barat,

²Jl. Meruya Selatan No.1, Kota Jakarta Barat 11650, DKI Jakarta

¹agusbdhd@yahoo.co.id, ²csoekardi@gmail.com

Abstrak

Karakteristik termal sirkulasi aliran udara dingin di dalam ruang pemrosesan baterai lithium pada sebuah industri yang berlokasi di Jakarta telah diteliti secara eksperimental. Mesin pengkondisian udara yang dipergunakan pada ruang tersebut sering beroperasi pada kondisi yang berbeda-beda, tanpa diketahui kondisi operasi mana yang paling optimal dalam hal konsumsi energinya. Serangkaian pengujian telah dilakukan dengan mengukur temperatur, kelembaban, dan laju aliran udara di dalam ruang pemrosesan baterai untuk memperoleh gambaran kondisi operasi yang terbaik. Hasil pengukuran dipergunakan untuk mengevaluasi beban termal pada mesin pengkondisian udara. Pengujian dilakukan pada tiga hari yang berbeda, masing-masing dengan kondisi operasi tertentu yang serupa dengan yang seperti yang biasa diterapkan sehari-hari pada mesin tersebut. Hasil rangkaian pengujian, dibandingkan dengan dua kondisi operasi lainnya yang menunjukkan bahwa mesin pengkondisian udara bekerja paling efisien sepanjang hari apabila dioperasikan pada kondisi di mana aliran udara suplai dari evaporator berada pada temperatur 19°C dan kelembaban 66 %, dengan kecepatan rata-rata 2 m/s. Konsumsi energinya paling tinggi terjadi apabila mesin dioperasikan pada kondisi di mana udara suplai temperaturnya 15°C dan kelembaban 53 %.

Kata Kunci: baterai lithium, beban termal, kelembaban, laju aliran, temperatur.

Abstract

The thermal characteristics of cold air flow circulation in the lithium battery processing room in an industry located in Jakarta have been studied experimentally. The air conditioning machines used in these spaces often operate under different conditions, without knowing which operating conditions are the most optimal in terms of energy consumption. A series of tests have been carried out by measuring temperature, humidity, and air flow rate in the battery processing room to get the best picture of operating conditions. The measurement results are used to evaluate the thermal load on the air conditioning machine. The test is carried out on three different days, each with certain operating conditions that are similar to those that are normally applied daily on the machine. The test circuit results, compared with two other operating conditions, show that air conditioning machines work most efficiently throughout the day when operated under conditions where the supply air flow from the evaporator is at 19°C and 66% humidity, with an average speed of 2 m/s. The highest energy consumption occurs when the engine is operated in conditions where the supply air temperature is 15°C and humidity is 53%.

Keywords: flow rate, humidity, lithium battery, temperature, thermal load.

PENDAHULUAN

Efisiensi energi pada mesin-mesin pendingin dan pengkondisian udara menjadi hal yang semakin penting saat ini untuk dilakukan. Efisiensi energi menjadi tuntutan seiring dengan meningkatnya jumlah populasi mesin dan konsumsi energi akibat penggunaan yang semakin luas. Sebuah lembaga energi internasional memprediksi dalam kurun waktu tahun 2016 sampai tahun 2050 di dunia akan terjadi peningkatan lebih dari 5 juta unit mesin pengkondisian udara untuk penggunaan di sektor industri dan bangunan komersial [1]. Hal tersebut menunjukkan lebih dari dua kali lipat jumlah unit mesin pengkondisian udara yang telah dioperasikan pada saat ini.

Di Indonesia, konsumsi energi baik di sektor industri dan transportasi ataupun di sektor bangunan komersial, terus meningkat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan pertumbuhan penduduk. Ketergantungan terhadap sumber energi fosil untuk memenuhi kebutuhan energi nasional juga masih sangat tinggi. Sektor bangunan komersial menyerap kurang lebih 40% sumber energi dunia, dan sektor ini bertanggungjawab terhadap 50% dari total pengeluaran energi atau lebih dari 70% konsumsi energi listrik [2].

Bersamaan dengan upaya pengembangan jenis energi baru dan terbarukan, beragam upaya perekayasa dalam rangka penghematan dan konservasi energi terhadap sistem dan instalasi industri yang menggunakan energi dari sumber bahan

bakar fosil masih perlu terus dilakukan karena populasinya yang sangat banyak.

Berbagai penelitian untuk memperbaiki performance mesin-mesin pengkondisian udara masih perlu terus dilakukan. Sejalan dengan upaya penghematan energi di Indonesia khususnya penurunan konsumsi energi untuk keperluan mesin pengkondisian udara, penelitian ini dilakukan dalam rangka berkontribusi pada upaya-upaya tersebut.

EECCHI menyatakan di negara-negara Eropa, sektor bangunan juga menyerap sejumlah sekitar 40% dari konsumsi energi total dan bertanggung jawab terhadap tingginya emisi gas buang [2,3,4]. Serangkaian simulasi numerik telah dilakukan dengan menggunakan beberapa software untuk mengevaluasi kondisi optimal dari parameter-parameter performance termal sebuah ruang perkantoran dengan beberapa konfigurasi bukaan, orientasi dan posisi jendela yang berbeda-beda [5].

Pengembangan sebuah sistem kontrol berbasis algoritmik untuk meningkatkan efektivitas manajemen energi dalam rangka mencapai kenyamanan dan efisiensi energi Juga telah dilakukan. Implementasi pada sebuah studi kasus memperlihatkan bahwa sistem kontrol berbasis algoritmik tersebut dapat memperbaiki pengelolaan konsumsi energi untuk mencapai keseimbangan antara kenyamanan termal dan efisiensi energi [6]. *Passive daylight techniques* juga telah digunakan untuk memperbaiki kenyamanan visual dan efisiensi energi pada sebuah ruang kelas di Universitas Jordania. Penerapan

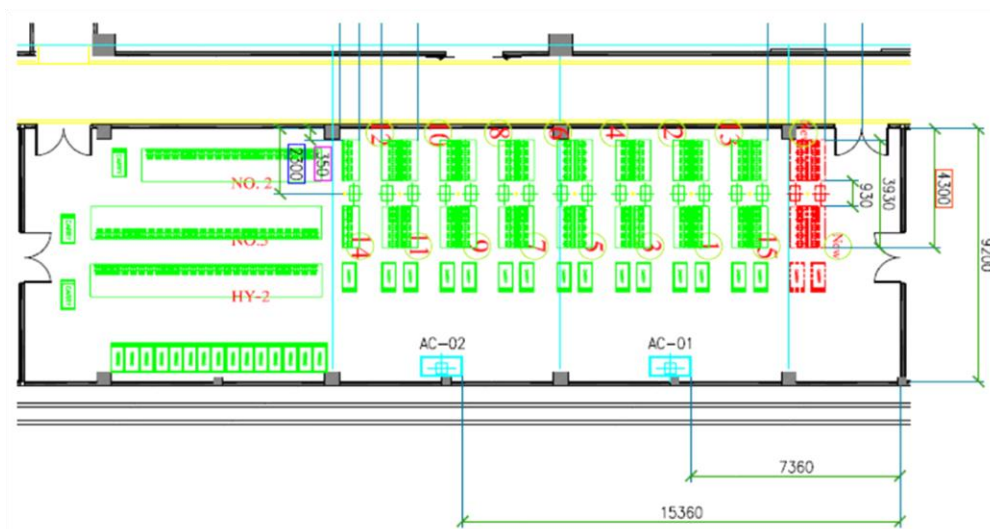
metode tersebut dapat menurunkan tingkat konsumsi energi yang diperlukan bagi keperluan pencahayaan, pemanasan & pendinginan sampai dengan 16,3% [7]. Kajian tentang korelasi antara efisiensi energi dengan kenyamanan pencahayaan telah dilakukan menggunakan sebuah sistem kontrol pencahayaan dengan hasil yang telah dikonfirmasi berdasarkan hasil survey dari para pengguna ruangan. Hasil survey dari pengguna menyarankan perlu dilakukannya rangkaian pengujian terkait dengan kenyamanan termal [8]. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik termal mesin pengkondisian udara sebagai upaya untuk menentukan kondisi dengan konsumsi energi yang paling efisien.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, serangkaian pengukuran parameter-parameter termal aliran udara yang bersirkulasi di dalam sebuah ruang pemrosesan (*pre-charge*) industri baterai lithium telah dilakukan dengan tujuan untuk

memperoleh gambaran karakteristik termalnya. Parameter-parameter termal aliran udara yang diukur meliputi temperatur, kelembaban relatif, dan laju aliran udara yang bersirkulasi di dalam ruangan pemrosesan baterai lithium. Selanjutnya, analisis komprehensif terhadap data hasil pengukuran dipergunakan untuk memperoleh gambaran karakteristik beban pendinginan di dalam ruang pengujian, yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi potensi efisiensi energi yang dapat dilakukan, serta untuk memperoleh gambaran kondisi pengoperasian sistem pengkondisian udara yang optimal sehingga sistem dapat bekerja lebih efisien.

Ruangan yang dijadikan obyek studi merupakan tempat pemrosesan baterai lithium mulai dari *pre discharge* (pengosongan isi) baterai lithium, pengisian ulang hingga tahap pengepakan. Ruangan tersebut memiliki dimensi panjang 30,7 m, lebar 9,2 m dan tinggi 3,2 m. Skema untuk ruang pemrosesan baterai lithium diberikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema ruang *pre-discharge* baterai lithium dan dimensinya

Pada Gambar 1 diberikan skema ruang *pre-discharge* baterai lithium dan dimensinya. Pada ruangan uji terdapat mesin *pre-discharge* sebanyak 20 unit yang terdiri dari 17 unit mesin manual, yang manual sebanyak 17 unit dan yang otomatis sebanyak 3 unit. Sementara itu mesin pendingin yang dipergunakan untuk pengkondisian ruangan adalah unit AC berkapasitas 100.000 Btu/h, merk Panasonic model U- 100 PVY 1HB sebanyak 2 buah yang dioperasikan secara bergantian. Beban termal yang ada di dalam ruangan berasal, selain dari mesin-mesin *pre-discharge*, juga juga berasal dari lampu di mana daya totalnya 2100 W. Sementara itu jumlah pekerja yang ada di dalam ruangan adalah sebanyak 12 orang.

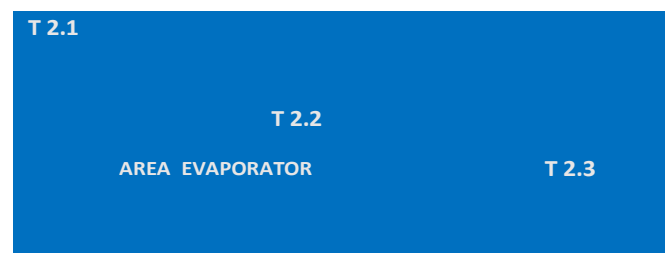
Peralatan ukur yang dipergunakan untuk memperoleh data parameter termal sirkulasi aliran udara di dalam ruangan terdiri

dari 3 macam yaitu anemometer, infrared thermometer, hygrometer dan lux meter. Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara dingin yang keluar dari evaporator. Infra red thermometer digunakan untuk mengukur temperatur udara ruangan dan temperatur udara dingin yang keluar dari evaporator. Hygrometer, dipergunakan untuk mengukur kelembaban udara di ruangan dan evaporator. Lux meter digunakan untuk mengukur lumen lampu yang ada didalam ruangan.

Pengambilan data temperature dan kelembaban sirkulasi udara di dalam ruangan dilakukan pada lokasi sirkulasi aliran udara yang terjauh dari mulut evaporator (T.1.1) dan pada lokasi yang terdekat dengan sumber buangan panas mesin pemrosesan baterai (T.1.2), seperti skema yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi pengukuran temperatur dan kelembaban udara di dalam ruangan



Gambar 3. Lokasi pengukuran temperature, kelembaban dan kecepatan aliran udara suplai dari evaporator

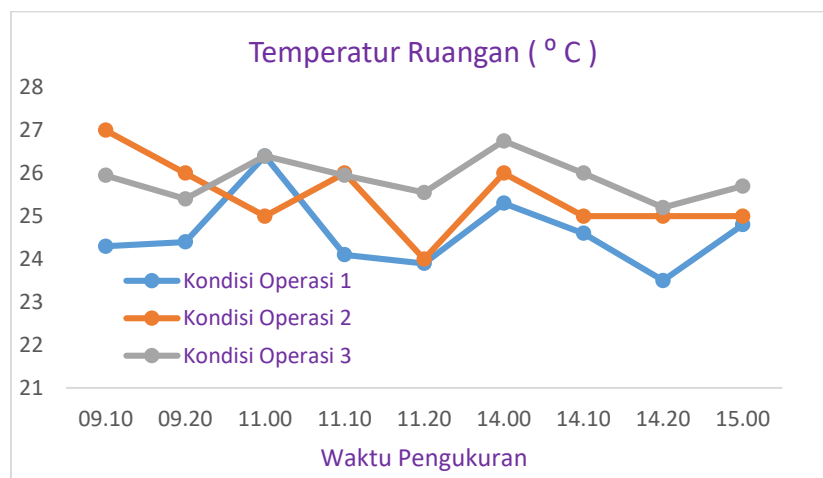
Temperatur dan kelembaban aliran udara suplai yang keluar dari mulut evaporator diukur pada tiga titik yang berbeda. Titik pertama berada pada tengah penampang mulut evaporator. Titik kedua dan ketiga berada pada kedua ujung kiri dan kanan penampang. Ketiga titik posisi pengukuran temperature dan kelembaban aliran udara ditunjukkan pada Gambar 3.

Pengukuran dilakukan selama 3 hari yang berbeda di bulan Desember tahun 2018, dengan kondisi temperatur dan kelembaban udara suplai yang berbeda. Pengambilan data pada ketiga hari yang berbeda tersebut dilakukan pada pukul 09.10, 11.00, 12.00 sampai dengan pukul 14.00. Masing-masing pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali berturut-turut. Pada masing-masing titik pengukuran dengan menggunakan data temperatur dan kelembaban udara dan dengan bantuan tool *Psychrometric Calculations (The Sugar Engineers)* dapat diperoleh data harga enthalpy rata-rata udara yang ada di masing-masing lokasi.

Data massa jenis udara diperoleh dari hasil pengukuran *Tool Psychrometric Calculations (The Sugar Engineers)*. Data kecepatan rata-rata aliran udara diukur menggunakan *Anemometer*. Pada penampang aliran di mulut evaporator besarnya laju aliran massa udara rata-rata yang meninggalkan evaporator dapat diperkirakan besarnya berdasarkan pada data massa jenis udara, data luas penampang aliran pada mulut evaporator dan data kecepatan rata-rata aliran udara. Beban termal atau beban pendinginan pada ruangan dapat dihitung menggunakan data beda enthalpy antara udara yang bersirkulasi di dalam ruangan dengan udara suplai yang berasal dari evaporator, serta menggunakan data laju aliran massa udara.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran temperatur rata-rata sirkulasi udara dari mulai pukul 09.10 sampai dengan pukul 14.00 pada ketiga kondisi operasi yang berbeda diberikan pada Gambar 4.

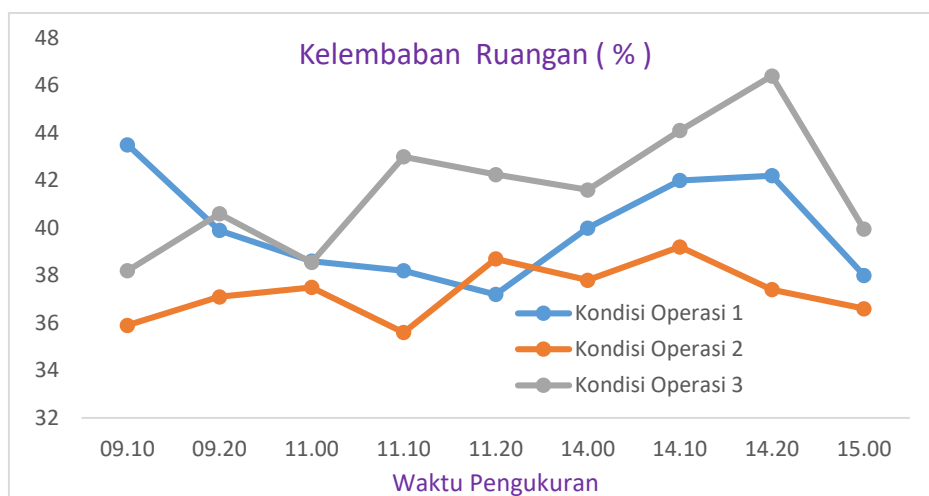


Gambar 4. Karakteristik temperatur sirkulasi udara pada tiga kondisi operasi berbeda

Pada kondisi operasi 1 pengujian dilakukan dengan mempertahankan konstan tingkat keadaan temperatur dan kelembaban udara suplai yang berasal dari evaporator masing-masing pada harga rata-rata 12,5 °C dan 67 % dengan kecepatan rata-rata aliran udara suplai 2 m/s. Pada kondisi operasi 2 pengujian dilakukan dengan mempertahankan konstan tingkat keadaan temperatur dan kelembaban udara suplai masing-masing pada harga rata-rata 15 °C dan 53 % dengan kecepatan rata-rata aliran udara suplai yang sama 2 m/s. Pengujian pada kondisi operasi 3 dilakukan dengan mempertahankan konstan tingkat keadaan temperatur dan kelembaban udara suplai masing-masing pada harga rata-rata 19 °C dan 66 % dengan kecepatan rata-rata aliran udara suplai yang sama yaitu 2 m/s. Hasil pengukuran memperlihatkan bahwa secara rata-rata temperatur udara di dalam ruangan pada saat mesin pengkondisian udara dioperasikan dengan kondisi operasi yang

ketiga lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi operasi yang lainnya.

Adanya fluktuasi temperatur dan kelembaban aliran udara yang bersirkulasi di dalam ruangan selama pengujian berlangsung disebabkan oleh pengaruh beban termal yang berubah-ubah. Beban termal berubah-ubah seiring dengan meningkatnya temperatur udara luar bangunan, berubahnya energi panas yang masuk ke dalam ruangan melalui ventilasi, maupun energi panas yang berasal dari sumber panas internal ruangan, seperti dari mesin-mesin, produk baterai yang diproses, lampu, peralatan listrik, serta orang-orang yang bekerja yang ada di dalam ruangan. Apabila mesin pengkondisian udara dioperasikan pada kondisi operasi 1, maka temperatur rata-rata udara di dalam ruangan 25 °C. Apabila mesin dioperasikan pada kondisi operasi 2 temperatur rata-rata udaranya 25,4 °C dan apabila mesin dioperasikan pada kondisi operasi 3 maka temperatur rata-rata udara 26 °C.



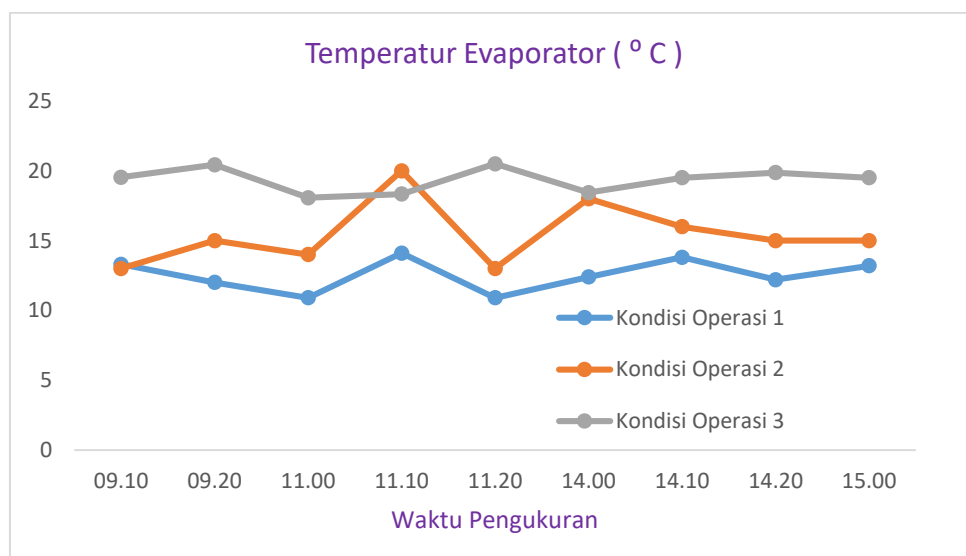
Gambar 5. Karakteristik kelembaban udara ruangan selama pengujian berlangsung

Pengujian dilakukan mulai pukul 09.10 sampai dengan pukul 14.00 pada ketiga kondisi operasi yang berbeda. Pada saat pengujian dilakukan pengukuran temperatur udara, kelembaban relatif dan hasil pengukurannya pada lokasi yang telah ditentukan. Hasil pengujian ketiga kondisi operasi yang berbeda telah dirangkum seperti diberikan pada Gambar 5.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa secara umum kelembaban udara di dalam ruangan paling tinggi rata-rata 42% pada saat mesin pengkondisian udara dioperasikan pada kondisi operasi 3. Apabila mesin dioperasikan pada kondisi operasi 1, kelembaban relatif rata-ratanya berkisar 40%. Pada saat mesin dioperasikan pada kondisi operasi 2, kelembaban relatif rata-ratanya berkisar 37,3%. Sirkulasi aliran udara yang dipergunakan untuk pemroses baterai lithium di dalam ruangan yang menjadi objek studi,

sebelum menyerap energi panas dari sumber panas dari dalam maupun sumber panas dari luar ruangan, masuk ke dalam ruangan dari penampang saluran keluar udara dingin evaporator.

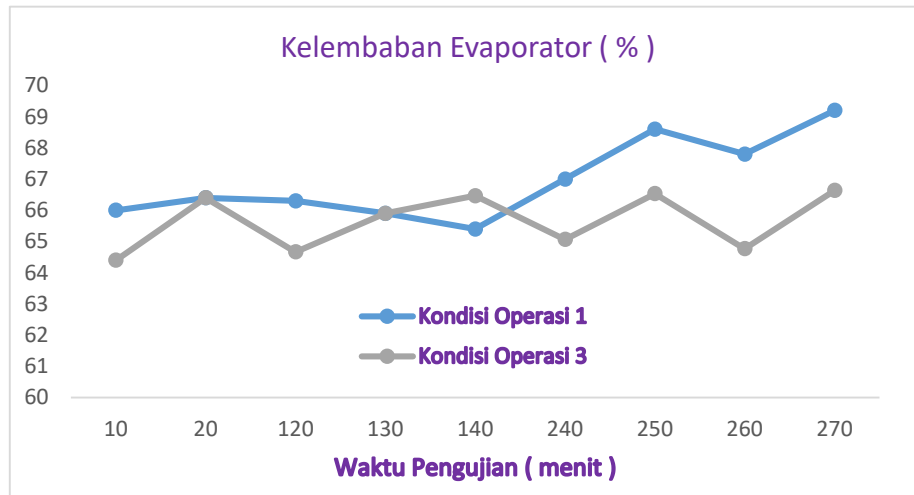
Pada waktu yang bersamaan dengan pengukuran temperatur dan kelembaban udara ruangan dilakukan juga pengukuran temperatur dan kelembaban udara suplai yang mengalir keluar dari evaporator. Seperti halnya pada pengukuran temperatur dan kelembaban udara ruangan, hasil pengukuran kedua parameter tersebut diperlukan untuk memperkirakan besarnya enthalpi udara di lokasi tersebut, yang kemudian memungkinkan diperkiranya harga beban termal ruangan. Karakteristik temperatur dan kelembaban aliran udara suplai yang mengalir keluar dari evaporator selama pengujian berlangsung, pada tiga kondisi operasi berbeda masing-masing diberikan pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Karakteristik temperatur udara suplai dari evaporator

Pada Gambar 6 ditunjukkan hasil pengukuran temperatur evaporator pada tiga kondisi operasi yang berbeda. Temperatur pada kondisi operasi 1 lebih kecil dibandingkan dua kondisi operasi yang lainnya. Hasil pengukuran menunjukkan pada kondisi operasi 1 temperatur rata-rata udara

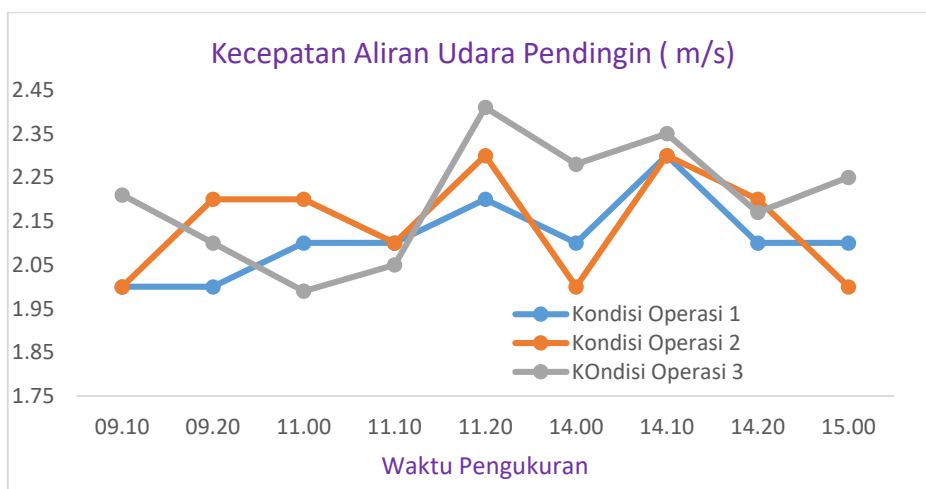
suplai dari evaporator 12,5 °C. Pada kondisi operasi kedua diperoleh hasil pengukuran temperatur rata-rata udara suplai dari evaporator 15 °C. Pada Kondisi operasi 3 diperoleh hasil pengukuran untuk temperatur rata-rata udara suplai dari evaporator yaitu 19 °C.



Gambar 7. Karakteristik kelembaban udara suplai dari evaporator

Pada Gambar 7 diberikan hasil pengukuran kelembaban pada masing-masing kondisi operasi. Pada kondisi operasi 1 diperoleh kelembaban rata-ratanya 67%. Apabila mesin

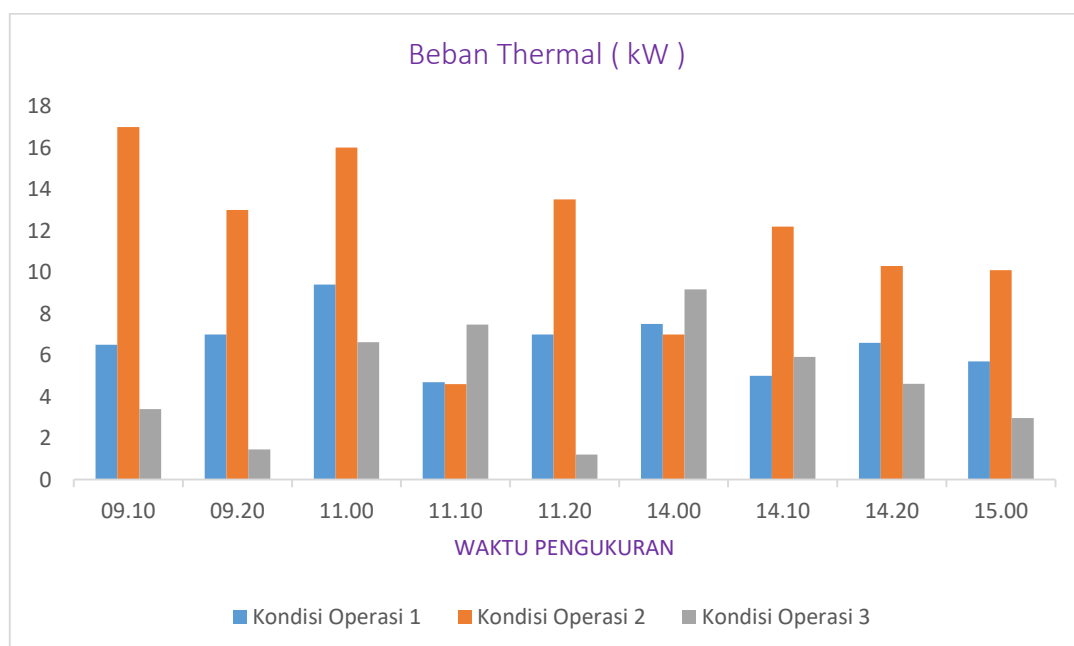
dioperasikan pada kondisi operasi 2 dan kelembaban rata-ratanya 53%. Sementara itu kelembaban rata-ratanya 66% pada saat mesin dioperasikan dengan kondisi operasi 3.



Gambar 8. Karakteristik kecepatan rata-rata aliran udara selama pengujian berlangsung

Pada Gambar 8 diberikan karakteristik kecepatan rata-rata aliran udara suplai yang mengalir keluar dari evaporator. Hasil pengukuran menunjukkan kecepatan rata-rata aliran udara suplai dari evaporator berfluktuasi pada harga yang relative sama berkisar pada harga 2,15 m/s sesuai dengan yang ditetapkan. Berdasarkan data hasil pengukuran temperatur dan kelembaban udara ruangan, dan hasil pengukuran temperatur dan kelembaban aliran udara suplai yang berasal dari evaporator, serta laju aliran massanya maka harga beban termal ruangan dapat diperkirakan. Pada Gambar 9 diberikan karakteristik beban termal selama pengujian berlangsung pada tiga kondisi operasi yang berbeda.

Pada Gambar 9 terlihat bahwa selama pengujian berlangsung setiap hari dari mulai pukul 09.10 sampai pukul 15.00, mesin pengkondisian udara menerima beban termal yang paling rendah, yang berarti bekerja dengan konsumsi energi yang paling rendah, pada saat dioperasikan pada kondisi operasi 3, di mana ruangan disuplai oleh aliran udara dengan temperatur 19 °C dan kelembaban relatif 66 %, serta dengan kecepatan rata-rata aliran 2 m/s. Sementara itu apabila mesin pengkondisian udara dioperasikan pada kondisi operasi 2, yaitu ruangan disuplai oleh aliran udara dengan temperature 15 °C dan kelembaban 53 %, serta dengan kecepatan rata-rata aliran 2 m/s maka konsumsi energinya yang paling tinggi.



Gambar 9. Karakteristik beban termal sirkulasi udara di dalam ruangan

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian yang telah dilakukan memberikan peningkatan pemahaman tentang

kondisi operasi mesin pengkondisian udara yang memberikan performance optimal, yaitu performance sistem dengan konsumsi energi

yang paling minimal. Mesin pengkondisian udara yang ada di dalam ruangan pemrosesan baterai lithium yang menjadi objek studi akan bekerja dengan konsumsi energi yang paling rendah, apabila dioperasikan pada kondisi di mana udara suplai dari evaporator dioperasikan pada temperature 19 °C dan kelembaban 66 %, serta dengan kecepatan rata-rata 2 m/s. Sedangkan apabila dioperasikan pada kondisi di mana udara suplai dari evaporator dioperasikan pada temperature 15 °C dan kelembaban 53 % serta dengan kecepatan rata-rata 2 m/s konsumsi energinya adalah yang paling tinggi di antara ketiga kondisi operasi yang telah diterapkan. Untuk memperoleh hasil analisis yang lebih lengkap maka sebaiknya dilakukan pengujian lanjutan, dengan menerapkan 3 variabel secara bersamaan, yaitu temperatur, kelembaban dan kecepatan aliran udara suplai, untuk mempelajari juga pengaruh kecepatan aliran udara suplai yang berbeda-beda terhadap karakteristik termal sistem sirkulasi aliran di dalam ruangan beserta beban termalnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. International Energy Agency, “the future of cooling – opportunities for energy efficient air conditioning,” 2018. Dapat diakses di: <https://webstore.iea.org/the-future-of-cooling>. (Diakses pada 24 Desember 2018)
- [2]. Republik Indonesia, “Peraturan Menteri ESDM No.13 tahun 2012 tentang Penghematan Pemakaian Tenaga Listrik.” Jakarta: Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2012.
- [3]. Tabrizi TB, Hill G, Aitchison M, “The impact of different insulation options on the life cycle energy demands of a hypothetical residential building,” *Procedia Engineering*, Vol.180, hal.128-135, 2017.
- [4]. Kass K, dkk., “Pre-assesment method for historic building stock renovation evaluation,” *Energy Procedia*, Vol.113, hal.346-353, 2017.
- [5]. Lavinia Chiara Tagliabuea, Michela Buzzetti, Barbara Arosio, “Energy saving through the sun: Analysis of visual comfort and energy consumption in office space,” *Energy Procedia* Vol.30, 2012, hal.693 – 703.
- [6]. Pervez Hameed Shaikh, Nursyafrizal bin Moh.Nor, Perumal Nallagowden, Irraivan Elamua Zuthi, “Intelligent multiobjective optimization building energy and comfort management,” *Journal of King Saud University-Engineering science*, 2016.
- [7]. Baraa J. Al-Khatatbeha, Shouib Nouh Ma’bdeha, “Improving visual comfort and energy efficiency in existing classrooms using passive daylighting techniques,” 4th International Conference on Energy and Environment Research, ICEER 2017, Porto, Portugal, *Energy Procedia*, Vol.136, 2017, hal.102–108.
- [8]. Michaela Reim, Werner Körner, Bharat. Chhugani, Stephan Weismann,

”Correlation between energy efficiency in buildings and comfort of the users,” CISBAT 2017 International Conference – Future Buildings & Districts – Energy Efficiency from Nano to Urban Scale, CISBAT 2017, Lausanne, Switzerland,

Energy Procedia, Vol.122, 2017, p.457–462.

[9]. ASHRAE.. Handbook: Fundamentals, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning. Atlanta: Engineers. Inc. 2009.