

ANALISIS PENGGUNAAN DDC PADA SISTEM HVAC UNTUK MENINGKATKAN PENGHEMATAN KONSUMSI ENERGI DI HOTEL LANGHAM DISTRICT 8 SCBD JAKARTA

Wibisana Hadi Chandra¹, I.B Alit Swamardika², A.A Gede Maharta Pemayun³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali.

Email: igedewibisana980816@gmail.com¹, gusalit@unud.ac.id², maharta@unud.ac.id³

ABSTRAK

Heating System, Ventilating and Air Conditioning (HVAC) atau sistem tata udara menjadi salah satu kebutuhan dalam gedung bertingkat demi meningkatkan kenyamanan dalam ruangan, perbedaan tingkat kenyamanan masing-masing individu membuat sistem HVAC mengalami perubahan pola beban yang dapat mengakibatkan pemborosan penggunaan energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar penghematan penggunaan energi listrik dengan penggunaan DDC pada sistem HVAC di hotel Langham. DDC dapat mengatur alat penunjang sistem HVAC seperti cooling tower, condenser water pump, chilled water pump dan chiller yang bertujuan meringankan kinerja dari chiller sehingga didapat penghematan penggunaan energi. Dengan menggunakan 2 metode operasi kerja maka didapatkan hasil perhitungan penggunaan energi pada sisi *chiller* di hotel Langham, dengan operasi manual tanpa penggunaan DDC didapatkan total biaya konsumsi sebesar Rp 3.409.290 dan operasi kerja otomatis menggunakan DDC didapatkan total biaya konsumsi sebesar Rp 2.601.990 sehingga didapatkan persentase penghematan sebesar 24%.

Kata kunci : Sistem HVAC, *Chiller, Direct Digital Controller, Building Automatic System*

ABSTRACT

Heating System, Ventilating and Air Conditioning (HVAC) or air conditioning systems become one of the needs in high rise buildings in order to increase comfort in the room, differences in the level of comfort of each individual makes the HVAC system changes in load patterns that can result in wasteful use of electrical energy. This study aims to determine the savings in the use of electrical energy with the use of DDC in the HVAC system at the Langham hotel. DDC can regulate HVAC system supporting devices such as cooling towers, condenser water pumps, chilled water pumps and chillers that aim to reduce the performance of the chillers so that energy savings are obtained. By using 2 work operation methods, the results of the calculation of energy use obtained at the side of the chiller Langham hotel, with manual operation without the use of DDC obtained a total consumption cost of IDR 3,409,290 and automatic work operations using DDC obtained a total consumption cost of IDR 2,601,990 so that it is obtained saving percentage of 24%.

Key Words : HVAC system, *Chiller, Direct Digital Controller, Building Automatic System*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terletak pada garis khatulistiwa dan memiliki iklim tropis dengan suhu rata-rata 28^o C-32^o C, iklim tropis ini menyebabkan tingginya ketergantungan terhadap pendingin ruangan atau *air conditioner* (AC). Penggunaan AC dalam gedung bertingkat pada umumnya menggunakan konfigurasi AC sentral. AC sentral merupakan sistem pendinginan ruangan yang terfokus pada satu tempat dan terdistribusi keseluruh ruangan menggunakan saluran udara (*Ducting*). HVAC merupakan proses pengendalian terhadap temperatur, kelembaban, kebersihan udara, dan pendistribusian udara secara merata ke seluruh ruangan

dengan kebutuhan dan kondisi yang diinginkan (Stoecker 1989). Konfigurasi sistem HVAC terdiri dari beberapa komponen seperti *cooling tower, chiller, air handling unit* (AHU), *fan coil unit* (FCU) dan *ducting*.

Berdasarkan SNI 03-6572-2001 rentang temperatur dibagi menjadi sejuk nyaman (20,5^oC - 22,8^oC), nyaman optimal (22,8^oC - 25,8^oC), hangat nyaman (25,8^oC - 27,1^oC) dengan tingkat kelembaban udara relatif berkisar antara 40% - 60%. Perubahan temperatur berbanding lurus terhadap ketidakstabilan permintaan beban dalam sistem HVAC yang menjadikan konsumsi listrik menjadi tinggi, sehingga kontrol terhadap sistem HVAC dapat

dimanfaatkan dalam upaya penghematan energi, mengatur kestabilan suhu dan kelembapan udara dan dapat berfungsi juga untuk mengatur alur pergerakan udara input dan output agar dapat merata ke seluruh ruangan sebagaimana fungsi ruangan tersebut.

Sistem HVAC di Hotel Langham dapat dikontrol dengan dua operasi kerja yaitu operasi kerja manual dan operasi kerja otomatis dengan bantuan DDC (*Direct Digital Controller*). Operasi kerja secara manual diperlukan adanya operator BAS (*Building Automation System*) yang mengatur kerja dari perangkat HVAC sesuai atau sebatas yang akan dibutuhkan tanpa mengurangi fungsi peralatan yang dipakai.

Pengaruh penggunaan DDC (*direct digital controller*) dapat dilihat melalui perbandingan penggunaan daya listrik pada *chiller* antara pengoperasian sistem HVAC secara manual dengan bantuan operator BAS dan operasi otomatis dengan bantuan DDC. Oleh karena itu, perlunya mengetahui pengaruh penggunaan DDC dalam operasional sistem HVAC di Hotel Langham.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 HVAC

HVAC (*Heating System, Ventilating and Air Conditioning*) atau yang biasa disebut tata udara adalah suatu sistem yang di dalamnya mengatur suhu, temperatur, dan kelembapan udara pada suatu ruangan, agar kondisi udara dalam ruangan dapat di kategorikan nyaman (Husodo,dkk.,2014). Kualitas udara merupakan salah satu hal yang paling penting dalam menunjang aktivitas manusia. Dengan sistem kelola udara bisa menghasilkan kualitas udara yang baik sehingga diperoleh kenyamanan bagi umat manusia.

Menurut penelitian (Stoecker dkk.1994) menyatakan fungsi sistem HVAC pada umumnya dibagi menjadi dua golongan utama, yaitu:

1. Penataan udara untuk kenyamanan
Kualitas udara pada ruangan untuk memberikan kenyamanan kerja bagi orang yang melakukan kegiatan tertentu. Diterapkan pada bangunan atau ruangan dimana manusia merupakan faktor yang dominan dalam peruntukan huniannya seperti gedung

perkantoran, pertokoan, rumah sakit, hotel, apartemen, dan lain-lain.

2. Penataan udara untuk gedung
Kualitas udara dalam ruangan karena diperlukan oleh proses segala kegiatan yang ada didalamnya. Diterapkan pada bangunan atau ruangan dimana aktivitas sehari-hari misalnya dalam apartement dan kegiatan di dalam ruang kerja membutuhkan tingkat kenyamanan yang tinggi sehingga sistem penataan udara harus di lakukan sebaik mungkin.

2.2 Bagian Sistem HVAC

Sistem HVAC dalam gedung tersusun dalam beberapa komponen utama antara lain *cooling tower, condensor water pump, chiller, AHU* atau FCU, semua komponen dioperasikan dengan bantuan panel kontrol DDC (*Direct Digital Control*) yang tergabung dalam sistem BAS (*Building Automatic System*), yang berguna mengatur kerja dari semua komponen agar tercipta sistem pengkondisian udara yang baik.

2.3 Building Automatic System (BAS)

BAS (*Building Automatic System*) adalah suatu sistem pengendalian dan pemantauan yang terpusat dari seluruh peralatan mekanikal dan elektrikal yang terdapat disuatu gedung. BAS terdiri dari beberapa *Direct Digital Control* (DDC) yang mempunyai input dan output baik secara analog ataupun digital. Input dan output tersebut berguna sebagai indikator untuk mengetahui status dari perangkat yang dikontrol (Yamatake, 2006).

Penggunaan BAS dalam sistem HVAC adalah untuk mencapai suatu tingkatan yang optimal dalam pengendalian sistem HVAC dengan penggunaan energi yang seefisien mungkin berikut adalah pengendalian sistem HVAC dalam suatu ruangan:

1. Untuk mengatur sistem sedemikian rupa sehingga kondisi ruangan tetap nyaman bagi pengguna dan sesuai dengan kegunaannya.
2. Mengoperasikan alat pendingin secara efisien, dengan artian bahwa penggunaan energi tidak berlebihan.

Secara umum sistem HVAC didesain untuk menangani beban puncak pendinginan atau pemanasan yang sebenarnya jarang terjadi, terlebih sering terjadinya perubahan pada beban

pendinginan. Oleh karena itu sistem kontrol ini pada dasarnya adalah pengendalian variabel dalam udara dari suatu ruangan agar variabel tersebut berada dalam batas yang diharapkan, melalui unit pengendali sistem yang mengintegritaskan komponen fan, pompa, peralatan heating/cooling, thermostat dan peralatan lainnya. Proses monitoring dan optimasi temperatur, tekanan, kelembaban, dan laju alir udara adalah fungsi penting dari sistem kontrol bangunan yang modern. Penggunaan kontrol otomatis untuk sistem HVAC sebagai pengganti kontrol yang manual. Kontrol otomatis mengeliminasi kebutuhan tenaga manusia yang terus menerus untuk melakukan monitoring dari suatu proses, dan hal ini juga mengurangi biaya tenaga kerja dan menghasilkan kinerja yang lebih baik, konsisten, dan dapat ditingkatkan (Hurry, 2009).

2.4 Direct Digital Controller (DDC)

DDC (*Direct Digital Control*) adalah suatu rangkaian *micro controller* yang digunakan pada sistem kontrol dan pengendalian jarak jauh (*remote station*) dari pusat monitoring untuk mengontrol unit individual. DDC (*Direct digital controller*) yang terpasang pada sistem HVAC di Hotel Langham mempunyai panel tersendiri yang berguna untuk mengatur kinerja dan memonitor status dari komponen-komponen HVAC antara lain *cooling tower*, *condenser Water Pump*, *chiller* dan *chilled water pump* dengan menggunakan dua buah jenis DDC dari ADF yaitu ADF-XTEC-X1 dan ADF XTEC-UC, pada dasarnya kedua DDC ini memiliki fungsi yang sama tetapi dibedakan dalam variable input dan outputnya, berikut adalah gambar panel dari DDC yang terpasang di Hotel Langham.

2.4.1 Cara Kerja Direct Digital Controller (DDC)

Cara kerja pada sistem HVAC yang terpasang di hotel Langham dimulai proses kerjanya dari pengkondisian udara di *cooling tower* menuju *chiller* hingga pendistribusian ke AHU atau FCU menggunakan *ducting*, semua proses ini dapat dilakukan secara manual dan juga otomatis dengan bantuan *software* dan *direct digital controller*, berikut adalah kondisi kerja dari HVAC secara manual dan otomatis dengan bantuan *direct digital controller*.

- A. Kondisi Sistem HVAC Manual
Kondisi manual merupakan kondisi yang standar yang perlu operator BAS untuk menjalankan dan mengatur sistem HVAC dari ruang kontrol, sehingga perlu mengubah *selector switch* menjadi manual pada panel DDC dan menyalakan komponen HVAC dari panel masing-masing secara manual dan dalam kondisi manual operator diharuskan menghidupkan dan mematikan secara manual jumlah *cooling tower* yang bekerja, jumlah *condenser water pump* yang bekerja, jumlah *chilled water pump* yang bekerja, dan jumlah *chiller* yang bekerja, dan menyesuaikan total permintaan beban dari FCU atau AHU dari *screen panel* pada *chiller* sehingga dapat melayani permintaan beban dengan tepat dan tidak menyebabkan pemborosan penggunaan energi listrik.
- B. Kondisi Sistem HVAC dengan DDC Otomatis

Kondisi otomatis merupakan kondisi dimana semua sistem HVAC dikontrol secara otomatis berdasarkan program yang diinputkan pada software DDC yang telah diatur sebelumnya dan dijadwalkan sehingga hanya perlu menyalakan FCU atau AHU sehingga terjadi permintaan beban. DDC dapat membuka MV (*Motorized valve*) pada *header chiller* seketika terjadi permintaan beban dari FCU, dan *chilled water pump* akan beroperasi, lalu setelah *flow switch* pada chiller mendeteksi adanya aliran dan beban yang mencapai nilai minimum 30% dari total kapasitas, maka chiller akan bekerja untuk mensuplai beban menuju FCU atau AHU, apabila beban sudah terpenuhi maka dengan otomatis DDC akan mengurangi persentase pembukaan pada *motorized valve* untuk meringankan kerja chiller. DDC akan mengoptimalkan jumlah *chiller* yang diperlukan sesuai dengan permintaan beban untuk mengoptimalkan penggunaan energi dalam sistem. DDC akan menunggu selama periode waktu tertentu ketika terjadi perubahan permintaan beban dari FCU atau

AHU hingga sistem mencapai kondisi operasi optimal sebelum menyalakan *chiller* lainnya, untuk mencegah *start-up* sementara yang bisa menyebabkan kerusakan pada *chiller*. *Chiller* yang tidak digunakan dan tidak diperlukan secara otomatis dimatikan saat permintaan beban dipenuhi. Saat sistem dalam mode *offline*, DDC memastikan *Chiller*, *chilled water pump*, *condenser water pump* dan *Cooling Tower* mati, setelah sistem dinyalakan pompa *chiller* dan pompa kondensor akan menyala. DDC mengontrol pompa mulai dari RPM rendah hingga RPM yang diperlukan sehingga memastikan operasi dimulai dengan aman dan menghemat penggunaan energi

2.5 Perhitungan Kapasitas Chiller

Kapasitas *Chiller* dapat diketahui melalui perhitungan total beban dari AHU dan FCU yang terpasang pada Langham yang biasa disebut RTH (Room Total Heat), dengan koefisien 12.000 BTU/h = 1 TR (Ton Refrigerant) sehingga kapasitas *chiller* menurut Faizal dkk. (2016) dapat di hitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas Chiller (TR)} = \frac{\text{Total Beban Pendinginan (BTU/h)}}{12000 \text{ (BTU/h)}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

1 TR = 12000 BTU/h

2.6 Penggunaan Daya listrik Chiller

Untuk pemakaian energi listrik dengan pemakaian dan pengoprasian mesin *chiller* secara manual/kontinu dapat mengakibatkan semua mesin refrigrasi bekerja 100% dan mengakibatkan konsumsi daya yang dibutuhkan sangatlah

$$P_{kWh} = P_{mesin} \times \text{Hour} \dots\dots\dots(2)$$

$$P_{total}(\text{manual}) = P_{kWh} \times (\text{Jumlah Mesin Chiller}) \dots\dots\dots(3)$$

besar.

Pemanfaatan sistem BAS pada mesin *chiller* dapat membuat *chiller* bekerja secara bergantian sesuai kebutuhan beban dan dengan estimasi efisiensi kinerja mesin *chiller* sebesar 80% dari total kerja secara

$$P_{total}(\text{otomatis}) = P_{kWh} \times (\text{Jumlah mesin chiller}) \times 80\%(\text{estimasi}) \dots\dots(4)$$

$$\text{Penghematan} = [P_{t}(\text{manual}) - P_{t}(\text{otomatis})] \times Rp \ 1035/\text{kWh} \dots\dots\dots(5)$$

manual maka dapat dihitung penghematan penggunaan energi sebagai berikut:

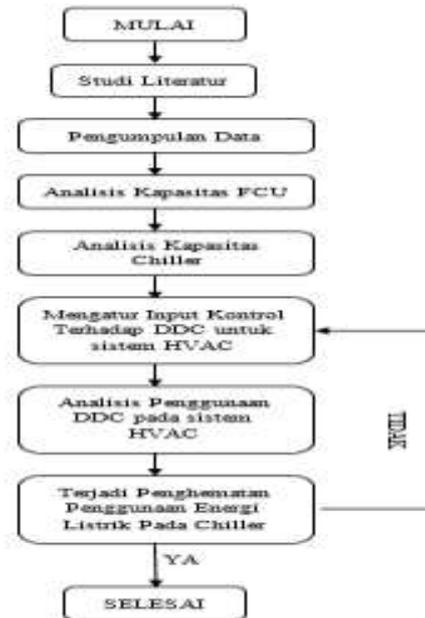
Keterangan:

P : Besar daya listrik (watt)

P_{kWh} : Pemakaian energi pada mesin (Kilo Watt Hour)

P_{mesin} : Besar daya pada mesin (watt)

3. METODOLOGI PENELITIAN



Penelitian ini dilaksanakan di project Apartemen dan Hotel Langham District 8 SCBD Jakarta. Waktu pelaksanaan dimulai dari bulan Januari sampai Maret 2020. Dengan menggunakan dua metode kontrol sistem HVAC secara manual dan otomatis dengan bantuan *direct digital controller* (DDC) dan di bandingkan dalam pemakaian energi listrik.

Gambar 1. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mengetahui hasil penggunaan energi pada sistem HVAC dengan dua metode kerja.

4.1 Analisis Kapasitas FCU dan AHU

Berdasarkan data kapasitas beban pendinginan data dari konsultan perencana yang telah disesuaikan dengan kapasitas FCU atau AHU yang telah terpasang menjadi fasilitas publik hotel Langham. Hasil perhitungan FCU atau AHU secara manual dengan total beban sebesar 10.867.988 BTU, Berdasarkan kapasitas FCU atau AHU yang telah terpasang sebesar 11.775.600 BTU, sehingga selisih

antara perhitungan secara manual dan kapasitas yang telah terpasang sekitar 9% sehingga masih dalam batas kewajaran yang disebabkan oleh beberapa faktor antara lain kapasitas orang pada setiap ruangan yang akan di peruntukan.

4.2 Analisis Kapasitas Chiller

Berdasarkan hasil total kebutuhan BTU (*British Thermal Unit*) yang telah didapatkan secara manual kemudian dikonversikan menjadi satuan TR (*Ton Refrigerant*) untuk menentukan kapasitas dari *chiller*. Proses pemilihan *chiller* berdasarkan beberapa faktor diantaranya semakin besar kapasitas *chiller* maka dimensinya semakin besar sehingga

$$\text{Kapasitas Chiller (TR)} = \frac{\text{Total Beban Pendinginan (BTU/h)}}{12000 \text{ (BTU/h)}}$$

$$\text{Kapasitas Chiller (TR)} = \frac{11.775.600 \text{ (BTU/h)}}{12000 \text{ (BTU/h)}} \quad \text{Kapasitas Chiller (TR)} = \frac{10.667.988 \text{ (BTU/h)}}{12000 \text{ (BTU/h)}}$$

$$\text{Kapasitas Chiller (TR)} = \frac{11.775.600 \text{ (BTU/h)}}{12000 \text{ (BTU/h)}} \quad \text{Kapasitas Chiller (TR)} = \frac{10.667.988 \text{ (BTU/h)}}{12000 \text{ (BTU/h)}}$$

$$\text{Kapasitas Chiller (TR)} = 981 \text{ TR (Terpasang)} \quad \text{Kapasitas Chiller (TR)} = 905 \text{ TR (Manual)}$$

diperlukan penentuan yang tepat untuk menentukan kapasitas *chiller*

Berdasarkan hasil diatas maka diperoleh kapasitas *chiller* sebesar 1500 TR atau sebesar 18.000.000 BTU dengan rincian 3 x 500 TR, dengan penggunaan 2 *running* dan 1 *standby* sebagai back-up apabila salah satu *chiller* mengalami gangguan atau proses *maintenance*.

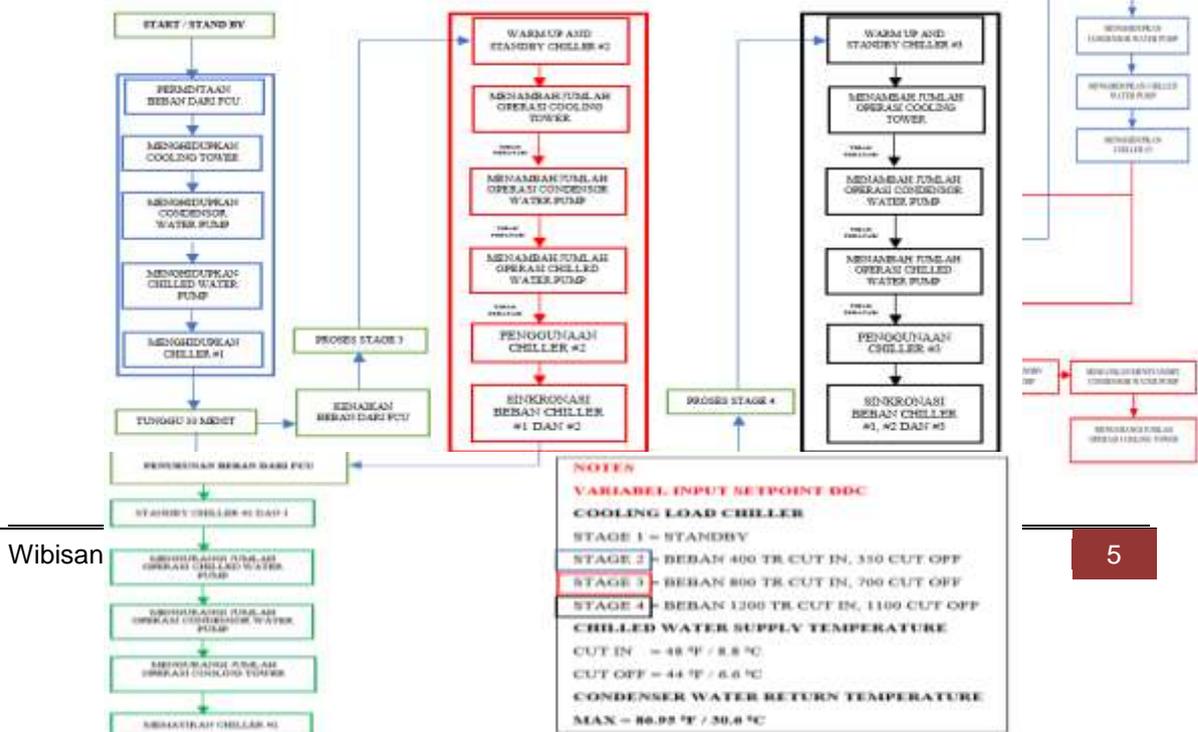
4.3 Skema Kerja Sistem HVAC dengan DDC

Berikut adalah skema kerja dari sistem HVAC yang operasinya secara otomatis dengan bantuan *direct digital controller* (DDC) ditunjukkan pada gambar 2.

Berdasarkan gambar dibawah merupakan skema kerja *direct digital controller* yang terpasang pada sistem HVAC di hotel Langham sebagai alat untuk mengatur kinerja dari sistem HVAC yang secara khusus untuk membantu kinerja dari *chiller*. Apabila terjadi permintaan beban melebihi stage 2 sebesar 400 TR maka langkah pertama DDC akan mulai menghidupkan dan mempersiapkan *chiller* 2 dengan minimal beban 30 % dari total 500 TR kemudian menambah jumlah *cooling tower* yang dihidupkan kemudian semua *motorized valve* dari CWP dibuka dan *condenser water pump* dinyalakan untuk membantu mempercepat sirkulasi air antara *cooling tower* dan *condenser* pada *chiller*. Apabila belum teratasi maka DDC akan membuka *motorized valve* pada CHWP dan menyalakan *chilled water pump* untuk mempercepat sirkulasi antara *return* dari FCU menuju *chiller* dan *supply chiller* menuju FCU, apabila kenaikan beban masih belum teratasi dan mendekati stage 3 maka *chiller* 2 akan membantu suplai beban dan DDC akan mengsinkronasi beban antara *chiller* 1 dan 2, untuk mempercepat penurunan beban sehingga antara *chiller* 1 dan 2 seimbang serta membantu kinerja dari *chiller* sehingga menurunkan penggunaan daya listrik pada *chiller*.

4.4 Skema Kerja Sistem HVAC dengan Operasi Manual

Berikut adalah skema kerja dari sistem HVAC yang operasinya secara otomatis dengan bantuan *direct digital controller* (DDC) ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Skema Kerja HVAC dengan Operasi Manual

Berdasarkan gambar diatas dapat dijelaskan bahwa sistem HVAC yang dikontrol secara manual oleh operator melalui ruang kontrol. Dengan sistem kerja yang hampir sama dengan sistem HVAC menggunakan DDC yang membedakan adalah operator harus memulai dengan mengatur *selector switch* pada panel DDC menjadi *local* untuk mengoperasikan sistem HVAC secara manual. Pertama operator harus membuka MV (*motorized valve*) pada *header chiller* secara manual, selanjutnya operator harus menyalakan *chiller* untuk dapat menampilkan permintaan beban dari FCU, setelah itu operator harus mulai menghidupkan *cooling tower*, *condenser water pump*, dan *chilled water pump* secara manual dari masing-masing panel. Selanjutnya operator harus mulai memperhatikan pola perubahan beban yang ditampilkan pada *screen panel chiller*, apabila terjadi kenaikan beban dari FCU maka operator harus menambah jumlah *cooling tower*, *condenser water pump*, *chilled water pump*, dan *chiller* yang berkerja dan memastikan permintaan beban dari FCU terpenuhi dan tidak menyebabkan *overload* penggunaan pada sisi *chiller* yang dapat menyebabkan pemborosan penggunaan energi listrik. Ketika terjadi penurunan dan kenaikan beban secara mendadak dari FCU maka operator harus mengatur *motorized valve*, *cooling tower*, *condenser water pump* dan *chilled water pump* secara efektif agar tidak terjadi *shutdown* dan *startup otomatis* pada *chiller* yang dapat menyebabkan kerusakan komponen pada *chiller*. Operator harus menghitung secara *realtime* beban dari FCU pada tampilan screentime di *chiller*.

4.5 Hasil Penggunaan Energi pada Chiller

Hasil pengetesan pada *chiller* dengan metode permintaan beban dan zona wilayah serta total kerja jam *chiller* untuk mendapatkan kondisi udara yang diinginkan berdasarkan standar udara untuk hotel Langham. Data yang didapatkan berupa nilai arus pada power panel *chiller* dengan kondisi yang beban penuh pada kedua percobaan untuk mendapatkan perbandingan penggunaan energi dengan menggunakan DDC (*direct digital controller*).

1. Estimasi total biaya konsumsi listrik pada

chiller dengan operasi kerja otomatis menggunakan *direct digital controller* pada kondisi beban penuh

$$\text{Daya (kW)} = 1,73 \times 380V \times 376A \times 0,85$$

$$\text{Daya (kW)} = 210 \text{ kW} \times 6 \text{ Jam}$$

$$\text{kWh} = 1260 \text{ kW} \times \text{Rp } 1035,-$$

$$\text{Rp } 1.304.100$$

$$\text{Daya (kW)} = 1,73 \times 380V \times 375A \times 0,85$$

$$\text{Daya (kW)} = 209 \text{ kW} \times 6 \text{ Jam}$$

$$\text{kWh} = 1254 \text{ kW} \times \text{Rp } 1035,-$$

$$\text{Rp } 1.297.890,-$$

$$\text{Total} = \text{Rp } 2.601.990,-$$

2. Estimasi total biaya konsumsi listrik *chiller* dengan operasi kerja manual tanpa menggunakan *direct digital controller* pada kondisi beban penuh

$$\text{Daya (kW)} = 1,73 \times 380V \times 493,7A \times 0,85$$

$$\text{Daya (kW)} = 275 \text{ kW} \times 6 \text{ Jam}$$

$$\text{kWh} = 1655 \text{ kW} \times \text{Rp } 1035,-$$

$$\text{Rp } 1.707.750$$

$$\text{Daya (kW)} = 1,73 \times 380V \times 491,3A \times 0,85$$

$$\text{Daya (kW)} = 274 \text{ kW} \times 6 \text{ Jam}$$

$$\text{kWh} = 1647 \text{ kW} \times \text{Rp } 1035,-$$

$$\text{Rp } 1.701.540,-$$

$$\text{Total} = \text{Rp } 3.409.290,-$$

V. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis penggunaan DDC (*direct digital controller*) maka hasil perbandingan sistem kerja HVAC dengan operasi manual dengan operator dan operasi otomatis dengan BAS maka didapat penggunaan daya listrik pada sistem HVAC khususnya penggunaan energi listrik pada *chiller* di hotel Langham, dengan mode operasi manual tanpa penggunaan DDC maka didapatkan total biaya konsumsi energi listrik sebesar Rp 3.409.290 dan operasi otomatis dengan penggunaan DDC didapatkan total biaya konsumsi energi listrik sebesar Rp 2.601.990 sehingga didapatkan persentase penghematan sebesar 24%

Faktor-Faktor yang mempengaruhi penghematan energi pada sistem HVAC di hotel Langham adalah DDC (*Direct digital controller*) yang tergabung dalam sistem BAS (*Building Automatic System*) sehingga dapat memonitor dan mengatur secara otomatis beberapa komponen dalam sistem HVAC diantaranya *cooling tower*, *motorized valve (CWP)*, *condenser water pump*, *motorised valve (CHWP)*, *chilled water pump* sehingga secara *realtime* dapat membantu kinerja dari *chiller* dan dapat menyebabkan penghematan daya listrik dari sisi *chiller*.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] PT. SCGU. 2020. Pengambilan data teknis sistem HVAC. Jakarta.
- [2] Afriandi, M. E. 2018, Analisis Perhitungan Arus, Daya, Dan Kecepatan Pada Rangkaian Motor Listrik 3 Phase Dengan Menggunakan Time Delay Relay (Tdr) Dan Tanpa Menggunakan Time Delay Relay (Tdr), Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- [3] Faizal, M. H. 2016, Perancangan Ulang Sistem HVAC Pada Gedung Perkantoran X di Jakarta Dengan Metode CLTD. *Jurnal Bina Teknika* 12(1)
- [4] Firmansyah, A. 2013, Analisa Otomatisasi HVAC (Heating, Ventilating, Air Conditioning) Pada Gedung Wisma Bca Pondok Indah.
- [5] Hurry, I. E. 2009, Studi Sistem Otomatik Pada Gedung Untuk Sistem Hvac (Heating System, Ventilating and Air Conditioning) Berbasis *Direct digital controller* (Studi Kasus Pada Pabrik "X" Di Cibitung), *Skripsi*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- [6] Husodo, B.Y., dan Siagian, N. A. B. 2014, Analisa Audit Konsumsi Energi Sistem HVAC (*Heating, Ventilasi, Air Conditioning*) Di Terminal 1A, 1B, Dan 1C Bandara Soekarno-Hatta. *Jurnal Teknologi Elektro*, 5(1).
- [7] Iryanty, R. D. 2018, Analisa Beban Pendinginan Pada Ruang Operasi Menggunakan Sistem Chilled Water Di Sky Hospital RSUD Tarakan, *Skripsi*, Fakultas Teknik Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi.
- [8] Ismail, 2008, Analisa Sistem Pengaman Motor *Chiller* di Gedung Bertingkat, *Skripsi*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- [9] McDowall, R. 2007, Fundamentals of HVAC Systems SI Edition. Atlanta, USA: ELSEVIER.
- [10] Peraturan Gubernur Provinsi Ibu Kota Jakarta No. 38 Tahun 2012.
- [11] Persyaratan Umum Instalasi Listrik. 2011
- [12] Putra, R. S dan Soekardi, C. 2015, Analisa Perhitungan Beban Cooling Tower Pada Fluida Di Mesin Injeksi Plastik, *JTM*, 4(2).
- [13] Septian, D., Prihartono, J., dan Subekti, P., 2013, Audit Energi dan Analisa Peluang Hemat Energi Pada Bangunan Gedung PT.X, *Jurnal Aptek*, 5(2)
- [14] Septian,A. D., Roza,E., dan Rosalina., 2013, Perancangan *Squencing Chiller* untuk Menstabilkan Temperature Suhu Ruang Menggunakan PLC, *Jurnal Teknoka*.
- [15] Stoecker, W. F., and Jerold, W. J. 1994, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Edisi Ke-2, Erlangga, Jakarta.
- [16] Yamatake. 2006, Instrumentation Guide Comfort Control, Yamatake Corp.