

# Turnitin Originality Report

Document Viewer

Processed on: 12-May-2023 21:18 AEST  
ID: 2091258851  
Word Count: 3287  
Submitted: 1

Similarity Index	Similarity by Source
16%	Internet Sources: 14% Publications: 9% Student Papers: 4%

Kajian pengaruh temperatur approach evaporator dan kondenser terhadap performansi sistem ac sentral tipe water chillers  
By I Nyoman Suamir

exclude quoted include bibliography excluding matches < 1% mode: quickview (classic) report print refresh  
download

- 5% match (Internet from 29-Apr-2023)  
<https://www.ingentaconnect.com/content/asp/asl/2017/00000023/00000012/art00120>
- 1% match (Internet from 17-Dec-2018)  
<http://jurnal.poltekba.ac.id>
- 1% match (Internet from 04-Dec-2018)  
<http://jurnal.poltekba.ac.id>
- 1% match (Internet from 13-Oct-2022)  
<https://bspace.buid.ac.ae/bitstream/handle/1234/960/2013117041.pdf?isAllowed=y&sequence=3>
- 1% match (Internet from 15-Jan-2023)  
<https://perpustakaan.ft.unram.ac.id/index.php?bid=7965&fid=1241&p=fstream-pdf>
- 1% match (I N Suamir, I B P Sukadana, M E Arsana. "Minimizing temperature instability of heat recovery hot water system utilizing optimized thermal energy storage", Journal of Physics: Conference Series, 2018)  
[I N Suamir, I B P Sukadana, M E Arsana. "Minimizing temperature instability of heat recovery hot water system utilizing optimized thermal energy storage", Journal of Physics: Conference Series, 2018](#)
- 1% match (Mu, Baojie, Yaoyu Li, John E. Seem, and Bin Hu. "A Multi-variable Newton-based Extremum Seeking Control for Condenser Water Loop Optimization of Chilled Water Plant", Journal of Dynamic Systems Measurement and Control, 2015.)  
[Mu, Baojie, Yaoyu Li, John E. Seem, and Bin Hu. "A Multi-variable Newton-based Extremum Seeking Control for Condenser Water Loop Optimization of Chilled Water Plant", Journal of Dynamic Systems Measurement and Control, 2015.](#)
- 1% match (Internet from 15-Dec-2022)  
<https://adoc.pub/efisiensi-pengering-produk-menggunakan-alat-pengering-surya-html>
- 1% match (student papers from 30-Dec-2014)  
[Submitted to University of Hong Kong on 2014-12-30](#)
- 1% match (Internet from 10-Feb-2020)  
<http://docplayer.info>
- 1% match (Internet from 18-Dec-2022)  
[https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10130608/3/Wei\\_A%20review%20of%20optimization%20approaches%20for%20controlling%20wa cooled%20central%20cooling%20systems\\_AAM.pdf](https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10130608/3/Wei_A%20review%20of%20optimization%20approaches%20for%20controlling%20wa cooled%20central%20cooling%20systems_AAM.pdf)
- 1% match ()  
[Tremblay, Véronique. "Ongoing commissioning of heat recovery process in a central heating and cooling plant", 2013](#)
- 1% match (student papers from 01-Mar-2021)  
[Submitted to Hochschule Fulda on 2021-03-01](#)
- 1% match (Internet from 06-May-2023)  
<https://tudr.thapar.edu:8080/jspui/bitstream/10266/2061/3/2061.pdf>

KAJIAN PENGARUH TEMPERATUR APPROACH EVAPORATOR DAN KONDENSER TERHADAP PERFORMANSI SISTEM AC SENTRAL TIPE WATER CHILLERS I Nyoman Gede Baliarta\*, I Nyoman Suamir dan Made Ery Arsana Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, Bali, 80364, Indonesia \*Tel.: +62 361701981, E-mail: baliarta@gmail.com Abstrak: Artikel ini mengkaji secara numerik dan eksperimental pengaruh temperatur approach kondenser dan evaporator terhadap kinerja suatu sistem AC sentral tipe water chiller. Karakteristik kinerja sistem AC sentral dianalisis pada berbagai temperatur approach dan pada berbagai refrigeran seperti R-22, R-134a, R-407c dan R-410a. Empat buah model numeric telah dikembangkan pada sebuah software dengan platform EES (Engineering Equations Solver) untuk mensimulasikan kinerja dari sistem. Semua model telah divalidasi dengan menggunakan data dari hasil eksperimen yang diukur langsung di industry. Hasil dari investigasi numerik dan eksperimental menunjukkan bahwa peningkatan temperatur approach kondenser sebesar 1 K dapat menyebabkan penurunan kinerja sistem AC sentral 3,45%; 3,4%; 3,3% dan 3,6% berturut turut untuk sistem dengan refrigeran R-22, R-134a, R-407c dan R-410a. Paper ini juga menyajikan karakteristik kinerja sistem AC sentral tipe water chiller pada berbagai temperatur approach dan berbagai jenis refrigeran yang dapat memberikan indikasi perlunya perawatan sistem AC untuk menjaga agar kinerja sistem tetap pada kondisi terbaik. Kata kunci: Temperatur approach, kondenser, evaporator, performansi dan AC-sentral Study of Evaporator and Condenser Approach Temperature Effect toward Performance of Water Chiller AC Abstract: This paper presents numerically and experimentally study of the effect of approach temperatures to temperature and energy performances of AC system type water-cooled chillers. Performance characteristics of the AC systems were analyzed at various approach temperatures and different refrigerants including refrigerant R-22, R-134A, R-407C and R-410A. Four numerical models have been developed in EES (Engineering Equations Solver) program to simulate the performances. The models were validated using data obtained from experimental investigation directly in hotel industries. The results showed that the increase of condenser and evaporator approach temperatures could cause the AC system to operate at a lower performance. The increase of condenser approach

[temperature by 1 K could reduce coefficient of performance \(COP\) of about 3.45%, 3.4%, 3.3% and 3.6% respectively for AC system with R-22, R-134A, R-407C and R-410A. This paper also presents the characteristic of condenser and evaporator approach temperatures that can provide indication the necessity of AC system maintenance in order to keep the best possible performance.](#) Keywords: approach temperature, condenser, evaporator, energy performance and water-cooled chillers I. PENDAHULUAN Konsumsi energi nasional untuk sektor komersial termasuk bangunan gedung perkantoran, rumah sakit, hotel, pusat perdagangan, bandara sebesar 3% dari total konsumsi energi nasional. Meskipun secara persentase jumlahnya kecil, pembangunan gedung komersial terus berlangsung dan jumlahnya akan meningkat. Di samping itu, potensi penghematan energi dan penurunan dampak lingkungan untuk sektor komersial masih cukup besar (HAKE, 2014). Untuk bangunan komersial khususnya hotel, fasilitas yang lahap energi adalah sistem pengondisian udara (AC: air conditioning) dan sistem produksi air panas. Kedua sistem ini bisa mencapai 70% dari total energi yang digunakan (AEE, 2014). Pertumbuhan industri hotel di Indonesia relatif cukup tinggi dengan rata-rata pertumbuhan dalam tiga tahun terakhir sekitar 11.2% (BPS, 2013). Dengan demikian, penghematan konsumsi energi atau peningkatan efisiensi penggunaan energi akan berkontribusi sangat signifikan terhadap pengurangan konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca ke lingkungan secara nasional. Menghemat penggunaan energi akan memberi manfaat ganda. Pertama, bagi industri gedung/hotel yang berarti mengurangi biaya operasi dan menambah profit serta daya saing. Kedua, manfaat menghemat energi secara nasional akan dapat mengurangi beban penyediaan energi dan emisi gas rumah kaca atau dampak lingkungannya. Salah satu faktor yang dapat memperparah tidak dapat dicapainya penghematan energi dari sistem AC sentral pada gedung komersial adalah kurangnya pengetahuan operator operasional dan perawatan tentang parameter operasi kritis dari sistem AC khususnya AC sentral tipe water chiller. Parameter operasi kritis yang sangat berpengaruh terhadap Meningkatnya temperatur approach pada kinerja sistem AC sentral adalah temperatur approach kondenser dan evaporator merupakan indikasi bahwa evaporator dan kondenser. perpindahan panas pada kedua komponen ini sudah Temperatur approach evaporator merupakan mulai menurun. Untuk mempertahankan kapasitas beda temperatur chilled water yang keluar evaporator pendinginan dari sistem AC dengan temperatur dengan temperatur evaporasi refrigeran di dalam approach kondenser maupun evaporator yang tinggi evaporator. Temperatur approach kondenser adalah akan diperlukan temperatur kondensasi yang lebih beda temperatur kondensasi refrigeran di dalam tinggi pada kondenser dan temperatur evaporasi yang kondenser dengan temperatur cooling water yang lebih rendah pada evaporator. Sebagai akibatnya, keluar kondenser. Besar kecilnya efek temperatur temperatur lift dari kompresor ( $\Delta T_{lift}$ ) akan meningkat approach terhadap kinerja sistem AC sentral yang disertai dengan peningkatan tekanan kerja dan dipengaruhi oleh jenis refrigeran yang digunakan R- energi yang diperlukan untuk menggerakkan 22, R-134a, R-407c atau R-410a. Konsep temperatur kompresor. Gambar 2 juga menunjukkan posisi approach dalam diagram tekanan entalpi dan pada instrumentasi yang diperlukan untuk memonitor sistem AC disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Temperatur approach sebuah sistem AC sentral tipe water chiller. 200 R-134a 55oC Tekanan (Bar\_a) 35oC 40 2,5oC  $\Delta T_a$ -kond 9,0 3 Tkond 2 TCWL  $\Delta T_{lift}$  3.2 TChWL 4 Tevap 1  $\Delta T_a$ -evap 1,0 Entalpi (kJ/kg)  $\Delta T_a$ -kond = Temperatur approach kondenser = Tcond - TCW Tkond = Temperatur kondensasi, TCWL = Temperatur cooling water leaving  $\Delta T_a$ -evap = Temperatur approach evaporator = Tevap - TChW Tevap = Temperatur evaporasi TChWL = Temperatur chilled water leaving Gambar 1. Konsep temperatur approach pada diagram P-h Dimodifikasi dari ASHRAE (2013)  $v =$  kecepatan Load aliran air Cooling Tower ChW pump  $\Delta T_a$ -evap =  $T_4 - T_{ChWL}$  TChWL Evaporator  $v_{ChW} = 0.914$  m/s  $T_4 =$  Tevap 4 1 CW pump  $T_3 =$  Tkond 3 Kompresor 2 Kondenser  $\Delta T_a$ -kond =  $T_3 - TCWL$  TCWL  $v_{CW} = 1-3.6$  m/s Gambar 2. Konsep temperatur approach pada sistem AC sentral tipe water chiller Dimodifikasi dari York (2010) Temperatur approach juga sangat bermanfaat untuk memonitor kinerja dari evaporator, kondenser, dan sistem AC chiller secara keseluruhan. Dengan melakukan pencatatan temperatur approach kondenser misalnya, sebagai bagian dari program perawatan akan dapat memberikan indikator bahwa sisi air dari pipa kondenser sudah berkerak dan perlu dibersihkan. Zhao et al. (2012) telah melakukan penelitian metode untuk mendeteksi lapisan kerak (fouling) pada permukaan pipa kondenser. Didiskusikan berbagai penyebab kerusakan pada chiller seperti kurangnya cooling water pada kondenser, kurangnya chilled water pada evaporator, kekurangan/kelebihan refrigeran dan kondenser berkerak (condenser fouling). Ditemukan bahwa kondenser fouling berpotensi paling tinggi menjadi penyebab kerusakan sistem AC chiller. Fouling dapat menyebabkan temperatur approach memiliki pengaruh yang lebih kuat terhadap kapasitas perpindahan panas pada kondenser dan kinerja sistem AC chiller. Temperatur approach kondenser memiliki pengaruh yang relatif lebih dominan terhadap kinerja sistem AC sentral. Temperatur approach kondenser menunjukkan kemampuan kondenser untuk membuang panas atau dapat juga menunjukkan seberapa bersih permukaan pipa kondenser. Apabila temperatur approach semakin tinggi akan diperlukan temperatur kondensasi yang semakin tinggi untuk membuang panas ke cooling water. Hal ini menyebabkan tekanan kerja dan konsumsi energi kompresor juga semakin tinggi. Pada kasus dimana temperatur approach kondenser tidak dimonitor dengan ketat akan menyebabkan pipa kondenser meledak dan bocor. Temperatur approach evaporator lebih dimanfaatkan sebagai indikator ketepatan pengisian refrigeran ke dalam sistem AC sentral yang juga sebagai indikasi seberapa efisien sistem AC beroperasi. Perubahan temperatur approach evaporator sangat kecil dipengaruhi oleh kerak pada permukaan. Pada umumnya permukaan evaporator relatif bebas dari kerak. Menurut York (2010), temperatur approach evaporator dikombinasikan dengan compressor discharge superheat dapat digunakan untuk menentukan jumlah pengisian refrigeran yang paling efisien. Dalam rangka mengurangi efek dari temperatur approach terutama pada kondenser dapat dilakukan optimasi pada temperatur air pendingin (cooling water) dari kondenser. Liu dan Chuah (2011) mengusulkan sebuah kontrol strategi untuk secara rutin (setiap jam) menyet ulang temperatur air pendingin sehingga efek dari temperatur approach tidak berpengaruh kepada temperatur kondensasi. Konsekuensinya apabila temperatur approach semakin tinggi akan diperlukan putaran fan yang tinggi pada cooling tower untuk memenuhi kebutuhan air pendingin kondenser yang berarti ada peningkatan konsumsi energi dari cooling tower. Walaupun demikian kontrol strategi yang diusulkan memiliki potensi penghematan energi sebesar 4% per tahun. Monfet dan Zmeureanu (2012) melaporkan bahwa di dalam gedung komersial, AC chiller mengonsumsi jumlah energi listrik yang besar. Dianjurkan untuk memonitor secara rutin kinerja sistem AC untuk mendeteksi lebih awal penurunan kinerja terhadap waktu yang antara lain bisa disebabkan oleh fouling pada kondenser. Yu dan Chan (2012, 2013) telah melakukan analisis multivariable yang berkorelasi dengan COP dari sistem AC chiller yang antara lain temperatur chilled and cooling water. Studi ini mendemonstrasikan bahwa variable operasi harus selalu dimonitor dengan ketat untuk meningkatkan performansi sistem dengan efisiensi teknis yang lebih besar. Barry et al. (2013) melakukan studi tentang konsumsi energi pada AC chiller di gedung hotel. Pengaruh variabel operasi seperti tingkat hunian, luas lantai, jumlah karyawan, dan temperatur udara luar terhadap performansi sistem AC diinvestigasi. Dilaporkan bahwa temperatur udara luar yang berkorelasi langsung dengan temperatur cooling water dan temperatur approach menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap kinerja sistem AC. Studi ini juga melaporkan bahwa pada gedung-gedung komersial seperti hotel, operasi dari AC chiller mengonsumsi energi listrik paling besar. Studi tentang efek temperatur udara luar terhadap operasi sistem AC chiller juga dilakukan oleh Yu et al. (2012). Observasi yang dilakukan pada berbagai gedung komersial di Indonesia, ditemukan sebagian besar operator operasional dan perawatan tidak menaruh perhatian khusus pada parameter operasi kritis temperatur approach kondenser dan evaporator. Kasus pada MCC (Mercure Convention Center) Ancol, Jakarta, sistem AC sentralnya dibiarkan beroperasi pada temperatur approach kondenser yang tinggi lebih dari 10oC. Kemudian ditemukan kapasitas pendinginan menjadi berkurang dan tidak dapat mencapai temperatur ruangan yang dikehendaki seperti sebelumnya. Di samping itu, konsumsi energi juga dilaporkan meningkat. Kemudian pada Desember 2013 sistem AC diperiksa dan dilakukan descaling pada kondenser. Kondenser kemudian dapat beroperasi pada temperatur approach kondenser di bawah 1oC dan kapasitas pendinginan kembali relatif seperti kondisi sebelumnya. Kasus lebih parah terjadi pada Supermarket Carrefour di Sunset Road Denpasar Bali, pipa kondenser ditemukan meledak, setelah diselidiki diketahui pipa kondenser sangat dipenuhi dengan tumpukan kerak yang sangat tebal. Kasus yang lebih ringan yang menunjukkan adanya pengetahuan tentang pentingnya parameter operasi kritis, terjadi pada Gedung Terminal Internasional Bandara Ngurah Rai. Pada bulan Maret 2014 sudah dilakukan pembongkaran kondenser chiller karena adanya indikasi peningkatan temperatur

approach kondenser. Ditemukan lapisan kerak yang relatif tebal dan selanjutnya kondenser dibersihkan melalui proses descaling. Walaupun chiller di gedung ini relatif sangat baru kurang dari 1 tahun, ternyata kerak sudah sangat tebal. Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas mampu memberikan kinerja sistem AC yang efisien cooling water tidak memenuhi kualitas yang juga akan dianalisis, direkomendasikan. Paper ini akan mengkaji secara teoritik dan II. METODE YANG DITERAPKAN empirik efek dari temperatur approach evaporator Metode penelitian yang diterapkan dan kondenser sebagai parameter operasi kritis terhadap merupakan kajian teoritik dan eksperimental energi performansi dari sistem AC tipe water chiller. parameter operasi kritis dari sistem AC sentral tipe Kajian akan mencakup variasi konsumsi energi dan water chiller pada aplikasi gedung komersial. kapasitas pendinginan AC sentral tipe water chiller Skematik tipikal sistem AC sentral tipe water pada berbagai temperatur approach evaporator dan chiller lengkap dengan sistem pompa cooling water, kondenser. Kajian mencakup empat jenis AC sentral pompa chilled water, cooling tower dan sistem dengan refrigeran yang berbeda R-22, R-134a, R-407c loading pada industri komersial/gedung yang dan R-410a. Rentang temperatur approach untuk diinvestigasi dapat dilihat pada Gambar 3. masing-masing jenis chiller yang dianggap masih Cooling towers Loading system Header pipe Chiller 1 Valves Cooling water Chiller 2 pump system Header pipe Header pipe Chiller 3 Chilled water pump system Gambar 3. Skematik tipikal sistem AC sentral tipe water chiller yang ada di sebuah gedung komersial Variabel yang diinvestigasi [terdiri atas variabel terikat dan variabel bebas. Parameter yang termasuk dalam variabel terikat](#) mencakup [konsumsi energi, kapasitas pendinginan, dan COP \(Coefficient of Performance\), sedangkan parameter yang merupakan variabel bebas meliputi temperatur approach, temperatur refrigeran, temperatur cooling dan chilled water, temperatur lingkungan, tekanan refrigeran, laju aliran volume refrigeran](#), dan air. Instrumen untuk kajian numerik dan eksperimen mencakup : program EES (Engineering Equations Solver), sensor, transducer dan sistem data logger, energy meter dan flow meter. Kajian eksperimen dilakukan dengan melakukan pengujian langsung pada sistem AC sentral di sebuah hotel di Bali. Sistem AC yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 4. Sedangkan data-data yang diperoleh diolah dalam program spread sheet. Hasil eksperimen digunakan untuk memvalidasi model numerik yang dibuat melalui program EES. Gambar 4. Foto sistem AC water cooled chiller yang diinvestigasi III. HASIL DAN PEMBAHASAN Model numerik untuk sistem AC water cooled chiller merupakan salah satu hasil dari kajian yang dilakukan. Empat model numerik telah dibuat masing-masing untuk sistem dengan refrigeran [R-22, R-134a, R-407c dan R-410a](#). Model numerik yang dihasilkan sudah divalidasi dengan hasil eksperimen. Kemudian model numerik tersebut digunakan untuk menyimulasikan pengaruh dari temperatur approach kondenser dan evaporator terhadap kinerja sistem AC. Pada Gambar 5 ditunjukkan karakteristik COP (Coefficient of Performance) pada berbagai temperatur approach kondenser dan evaporator untuk sistem AC chiller yang menggunakan refrigeran R-22. Secara umum COP menurun apabila temperatur approach kondenser maupun evaporator meningkat.  $6.0 \ 5.5 \ 5.0 \ dTe = \text{temperature approach evaporator}$   $4.5 \ COP \ 4.0 \ 3.5 \ 3.0 \ 2.5 \ 2.0 \ dTe = 0.5 \ K \ dTe = 1 \ K \ dTe = 2 \ K \ dTe = 3 \ K \ dTe = 4 \ K \ dTe = 5 \ K \ 0 \ 2 \ 4 \ 6 \ 8 \ 10 \ 12 \ 14 \ 16$  Temperatur approach Kondenser (K) Gambar 5. Karakteristik COP sistem AC Chiller dengan refrigeran R-22 pada berbagai temperatur approach Pada temperatur approach evaporator 0.5 K, COP sistem AC chiller menurun sampai 27.5% apabila temperatur approach kondenser naik dari 0.5 K menjadi 10 K. Penurunan COP akan semakin parah apabila temperatur approach kondenser naik di atas 10 K dan temperatur approach evaporator juga naik dari 0.5 K. 750 Daya Kompresor (kW) 700 650 600 550 500 450 400  $dTe = 2 \ K \ dTe = 4 \ K \ dTe = 0.5 \ K \ dTe = 1 \ K \ dTe = 3 \ K \ dTe = 5 \ K \ dTe = \text{temperature}$  350 approach evaporator 300 0 2 Temperatur approach Kondenser (K) 4 6 8 10 12 14 16 Gambar 6. Karakteristik konsumsi daya sistem AC Chiller dengan refrigeran R-22 pada berbagai temperatur approach Konsumsi daya sistem AC akan meningkat apabila temperatur approach kondenser dan evaporator naik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Konsumsi daya yang disajikan pada gambar, dianalisis pada sistem AC chiller dengan kapasitas pendinginan 650 TR (Ton of Refrigeration, di mana 1 TR setara dengan 12000 BTU/H). Peningkatan daya bisa mencapai 28% apabila temperatur approach kondenser naik sebesar 10 K. Di samping itu, naiknya temperatur approach kondenser ini juga menyebabkan menurunnya kapasitas pendinginan sampai mencapai 7.4%. [6.5 6.0 R-22 R-134a R-407c R-410a](#) 5.5 COP 5.0 4.5 4.0 3.5 3.0 0 2 4 6 8 10 12 14 16 Temperatur approach Kondenser (K) Gambar 7. Karakteristik COP sistem AC Chiller dengan berbagai refrigeran dan temperatur approach kondenser Peningkatan konsumsi daya dan penurunan kapasitas pendinginan mengakibatkan penurunan COP yang sangat signifikan, sehingga menjaga temperatur approach kondenser dan evaporator sekecil mungkin menjadi sangat penting untuk mendapatkan kinerja sistem AC tipe water cooled chiller tetap optimum. 650 Daya Kompresor (kW) 600 550 500 R-22 R-407c R-134a R-410a 450 400 350 300 250 0 Temperatur approach Kondenser (K) 2 4 6 8 10 12 14 16 Gambar 8. Karakteristik konsumsi daya sistem AC Chiller dengan berbagai refrigeran dan temperatur approach kondenser Gambar 7 dan 8 menampilkan karakteristik COP dan konsumsi daya sistem AC chiller pada berbagai jenis refrigeran. Hasil tersebut diamati pada temperatur approach evaporator 0,5 K. Dari kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa efek dari peningkatan temperatur approach kondenser terhadap penurunan COP dan peningkatan konsumsi daya lebih besar pada sistem AC chiller yang menggunakan refrigeran R-22 dan sebaliknya untuk sistem dengan refrigeran R-134a dan R-407c memiliki dampak yang relatif lebih kecil. Setiap peningkatan 1 K temperatur approach kondenser memberikan dampak peningkatan konsumsi daya sebesar 3%, 2,88%, 2,9%, dan 3,0% masing-masing untuk sistem dengan refrigeran [R-12, R-134a, R-407c dan R-410a](#), seperti yang disajikan pada Gambar 9. [3.5 Peningkatan daya \(%\) 3.0 2.5 2.0 1.5 1.0 0.5 0.0 R-22 R-134a R-407c R-410a](#) Refrigeran Gambar 9. Peningkatan konsumsi daya pada sistem AC Chiller dengan berbagai refrigeran pada setiap 1 K kenaikan temperatur approach kondenser Peningkatan temperatur approach kondenser juga berakibat pada penurunan kapasitas pendinginan yang dapat mencapai 1% per 1 K untuk sistem AC dengan refrigeran R-410a, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 10. Pada gambar ini juga dapat diketahui efek dari peningkatan temperatur approach kondenser terhadap COP dari sistem chiller. Sistem yang diinvestigasi pada empat jenis refrigeran diperoleh penurunan COP berkisar antara 3.3% dan 3.6% per 1 K peningkatan temperatur approach kondenser. Penurunan COP dan  $Q_{\text{evap}}$  (%)  $3.5 \ COP \ 4.0 \ 3.0 \ 2.5 \ 2.0 \ 1.5 \ 1.0 \ 0.5 \ 0.0$  [R-22 R-134a R-407c R-410a](#) Refrigeran Gambar 10. Penurunan COP dan kapasitas pendinginan ( $Q_{\text{evap}}$ ) pada sistem AC Chiller dengan berbagai refrigeran pada setiap 1 K kenaikan temperatur approach kondenser Dengan demikian temperatur approach kondenser dan evaporator merupakan parameter yang sangat berguna untuk memonitor kinerja atau performansi kondenser dan evaporator dan pada akhirnya juga berefek pada kinerja sistem AC secara keseluruhan. Dengan melakukan pencatatan rutin sebagai bagian dari program perawatan, hal ini dapat memberikan peringatan bahwa sisi air dari kondenser maupun evaporator sudah kotor dan telah terjadi penurunan kualitas perpindahan panas pada kedua komponen tersebut. Karena pentingnya parameter ini, York (2010) merekomendasikan untuk menjaga temperatur approach kondenser dan evaporator berada di bawah 2 K dan kondenser serta evaporator harus segera dibersihkan apabila temperatur approach mencapai 5 K. IV. KESIMPULAN Sistem Temperatur approach kondenser dan evaporator [memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap kinerja sistem AC dan merupakan parameter operasi kritis yang sangat bermanfaat untuk memonitor kinerja sistem AC tipe water cooled chiller](#). Setiap peningkatan 1 K temperatur approach kondenser dan evaporator menyebabkan me- ningkatkan konsumsi daya sekitar 3% dan penurunan kapasitas pendinginan mencapai 1%. Sistem yang diinvestigasi dengan berbagai jenis refrigeran [R-22, R-134a, R-407c dan R-410a](#) diperoleh penurunan COP berkisar antara 3.3% dan 3.6% per 1 K peningkatan temperatur approach kondenser. V. DAFTAR PUSTAKA [1] [Association of Energy Engineers \(AEE\). "Energy conservation of you need to know](#), [online] available at <http://www.aeecenter.org> [accessed 14/02/2014]. [2] ASHRAE, (2013). ashrae handbook: "Fundamentals, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers", Atlanta, USA. [3] Barry, L. Maka, [B.L., Chana, W.W., Li, D., Liua, L., Wonga, K.F. "Power consumption modeling and energy saving practices of hotel chillers"](#), [International Journal of Hospitality Management](#), **33**: p. 1-5. (2013). [4] [Biro Pusat Statistik \(BPS\), \(2013\). Selected indicators Social-Economic of Indonesia](#) [online] available at: <http://www.bps.go.id> [accessed 12/02/2014]. [5] HAKE, " Program UPLIFT: [Upgrading and Leveraging Indonesia to Fortify Energy Efficiency through Academic and Technical Trainings for Energy Management Professionals](#)". (2014). [6] [Liu, C.W., Chuah, Y.K. "A study on an optimal approach temperature control strategy of condensing water temperature for energy saving](#), [International Journal of Refrigeration](#)", **34**: p. 816- 823. 2011. [7] [Monfet, D., Zmeureanu, R. " Ongoing commissioning of water-cooled electric chillers using benchmarking models"](#),

[Applied Energy, 92: p. 99-108](#). 2012. [8] York. "Rotary screw liquid chillers: installation, operation & maintenance". 2010. [9] [Yu, F.W., Chan, K.T. "Improved energy management of chiller systems by multivariate and data envelopment analyses", Applied Energy, 92: p. 168-174](#). 2012. [10] [Yu, F.W., Chan, K.T. "Improved energy management of chiller systems with data envelopment analysis", Applied Thermal Engineering, 50: p. 309-317](#). 2013. [11] [Yu, F.W., Chan, K.T., Sit, R.K.Y.](#) "Climatic influence on the design and operation of chiller systems serving office buildings in a subtropical climate", *Energy and Buildings*, 55:p. 500-507. 2012. [12] [Zhao, X., Yang, M., Li, H. "A virtual condenser fouling sensor for chillers", Energy and Buildings, 52: p. 68-76](#).2012. BALIARTA : KAJIAN PENGARUH TEMPERATURE APPROACH ... 129 130 [JURNAL MATRIX VOL. 6, NO. 3, NOVEMBER 2016](#) BALIARTA : KAJIAN PENGARUH TEMPERATURE APPROACH ... 131 132 [JURNAL MATRIX VOL. 6, NO. 3, NOVEMBER 2016](#) BALIARTA : KAJIAN PENGARUH TEMPERATURE APPROACH ... 133 134 [JURNAL MATRIX VOL. 6, NO. 3, NOVEMBER 2016](#)