EFEKTIVITAS SIMULASI PROGRAM *EES* UNTUK ANALISIS KINERJA SISTEM CO_2 *REFRIGERATION*

EFFECTIVITY OF EES SIMULATION PROGRAM FOR PERFORMANCE ANALYSIS OF CO_2 REFRIGERATION SYSYTEM

I Dewa M.C. Santosa[1]*, Sudirman[2], ING Suta Waisnawa[3]
[1,2,3]*Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Badung ,Bali – 80364 Telp. (0361) 701981*

[*]*E-mail: idmcsantosa@pnb.ac.id*

Diterima 09-10-2017	Diperbaiki 09-11-2017	Disetujui 16-11-2017

ABSTRAK

Permasalahan biaya penelitian yang tinggi untuk membangun sebuah alat experimen di bidang sistem refrigerasi karbon dioksida mendorong digunakannya sebuah program simulasi EES (Engineering Equation Solver) untuk menganalisis COP (Coefficinet of Performance) . Refrigerasi karbon dioksida (CO_2) merapakan jawaban dari permasalahan lingkungan yang menjadi prioritas dalam pengembangan sistem pendinginan. Isu utamanya adalah pemanasan global dan penipisan ozon yang disebabkan dari sistem refrigerasi. Salah satu refrigeran alami dan bersih untuk lingkungan adalah karbondioksida (CO_2). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem pendinginan transkritikal CO_2yang dilakukan dengan studi teoritis dan analisis numerik sistem refrigerasi dengan menggunakan program EES (Engineering Equation Solver). Input data dan validasi pemodelan diperoleh dari data eksperimen dan data sekunder. Hasil karakteristik koefisien kinerja (COP) dengan variasi suhu luar menunjukkan bahwa COP menurun dengan peningkatan tempatur lingkungan dengan kisaran suhu lingkungan (ambient temperature) antara 25^{o}C - 40^{o}C ini sesuai dengan data sekunder yang didapatkan sehingga program EES sangat efektif untuk analisis COP sistem refrigerasi CO_2.

Kata kunci: *COP (Coefficient Of Performance), refrigerasi CO_2, EES (Engineering Equation Solver)*

ABSTRACT

A Simulation computer becomes significant important for performance analysis since there is high cost to build an experimental rig, especially for CO_2 refrigeration system. This refrigeration system is a solution of some environmental issues which are global warming and ozone depletion this polluted components are emitted from the conventional refrigeration system. One of the natural and clean refrigerant is carbon dioxide (CO_2). This study aims is to investigate the performance of CO_2 transcritical refrigeration system in high outdoor temperature using theoretical study and numerical analysis of the refrigeration system using the EES (Engineering Equation Solver) program. Data input and modeling validation are obtained from experimental and secondary data. The result of coefficient of performance (COP) characteristic with the outdoor temperature variation showthat COP decrease with temperature increasing, the temperature input range between 25^{o}C – 40^{o}C, this result was agreed by secondary data has been obtained, so that it can be concluded EES Program very effectives to be used in performance analysis for CO_2 refrigeration system.

Keywords: *COP (coefficient of Performance), CO_2 refrigeration system, EES (Engineering Equation Solver)*

PENDAHULUAN

Perkembangan analisis system refrigerasi dengan Analisa numerik sangat penting dilakukan karena dengan membuat sebuah peralatan eksperimen memerlukan biaya yang sangat mahal dan waktu yang relative lama[1] ,[2] .Terlebih-lebih dalam bidang refrigerasi karbondioksida (CO_2), yang merupakan system refrigasi baru dikembangkan sehingga komponen-komponen masih sangat mahal [3]. Hal ini jika dibandingkan dengan system refrigerasi yang sudah umum keberadaannya di Indonesia. Salah satu aplikasi komputer yang sangat

efektif untuk menghitung kinerja sebuah system refrigerasi adalah EES (*engineering Equation Solver*) [4].

Pada saat ini teknologi sistem refrigerasi berkembang sangat pesat karena kebutuhan akan kenyaman udara gedung dan mobil (*air conditioning*), supermarket, maupun distribusi makanan (*food chains*). Terlebih Indonesia yang mempunyai iklim tropis dan juga sedang menggalakkan sistem infrastruktur untuk program ketahanan pangan dimana refrigerasi sangat diperlukan untuk peningkatan kualitas dan proses pengolahan hasil-hasil perikan dan pertanian. Di lain pihak, sistem refrigerasi dengan refrigeran konvensional (R22, R134a, R410a,dll), berdampak luas terhadap permasalahan-permasalahan lingkungan global terutama yang berkaitan dengan kerusakan lapisan *Ozone* dan pemanasan global [5], sebagai akibat dari refrigeran yang terbuang langsung ke atmosfir (*dirrect emission*) dan juga emisi tidak langsung (*indirect emission*) yang berhubungan dengan kebutuhan pembangkit listrik energi yang masih menggunakan bahan bakar fosil [6].

Untuk menanggulangi masalah pencemaran lingkungan utamanya emisi langsung yang tersebut diatas, penggunaan sistem refrigerasi dengan refrigeran alami (*natural refrigerant*) merupakan salah satu solusi yang sangat tepat. Salah satu refrigeran alami yang layak digunakan adalah karbon dioksida (CO_2). Disamping sangat aman bagi lingkungan, karbon dioksida juga memiliki banyak keunggulan terutama sifat *thermo-physic* yang sangat baik seperti misalnya, koefisien perpindahan panas yang tinggi, viskositas yang rendah, masa jenis uap yang tinggi, tidak beracun serta harga yang relatif sangat murah [7] (ASHARE ,2010). Mengingat CO_2 merupakan refrigeran alami yang yang tidak beracun serta tidak berbau maka sangat cocok unutk diterapkan untuk sistem pendinginan makanan di supermarket.

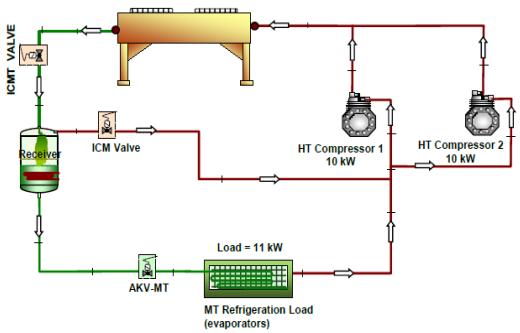
Untuk aplikasi di Indonesia yang mempunyai iklim tropis dengan temperatur lingkungan rata-rata relatif tinggi, sistem refrigerasi dengan karbon dioksida akan beroperasi pada kondisi transcritical dengan tekanan discharge yang relatif tinggi (di atas 73 bar), hal in disebabkan karena karbon dioksida mempunyai temperatur kritis yang relatif rendah (31^{o}C pada tekanan kerja 73 bar). Berdasakan penelitian sebelumnya bahwa switch point temperatur dari subcritical ke transcritical pada kisaran dari 23 ^{o}C sampai 27 ^{o}C berdasarkan dari desain dan kondisi operasional dari sistem [8].

Berdasarkan hal tersebut di atas maka penelitian ini sangat diperlukan untuk menganalisis system refrigerasi CO_2 yang merupakan system refigerasi masa depan yang sangat cocok diterapkan untuk mengganti system konvensional yang sudah tidak ramah terhadap lingkungan. Serta pemamfaatan Program EES sebagai pengganti peralatan experimen yang masihmahal.

METODOLOGI

Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan kajian teoritis dan analisis numerik dari sistem refrigerasi kompresi uap dengan menggunakan program EES (*Engineering Equation Solver*) sebagai pengembangan dari Hukum-Hukum Thermodinamika I dan II didukung dengan data –data hasil survei dan data sekunder sebagai input dan untuk validasi permodelan. Sistem yang diteliti adalah Sistem Refrigerasi CO_2*Transcritical dengan Booster Hotgas Bypass* untuk aplikasi supermarket, seperti ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini



Gambar 1. Sistem Refrigerasi CO_2

- **Identifikasi Variable**

Variabel penelitian terdiri atas variabel terikat dan variabel bebas. Parameter yang termasuk dalam variabel terikat: konsumsi energi (kompresor), kapasitas pendinginan, derajat *sub-cooled* dan *superheated*, *approach temperature gas cooler*/kondensor. Sedangkan parameter yang merupakan variabel bebas meliputi: temperatur refrigeran, temperatur lingkungan, tekanan refrigeran, laju aliran volume/masa refrigeran , COP (*Coefficient of Performance*).

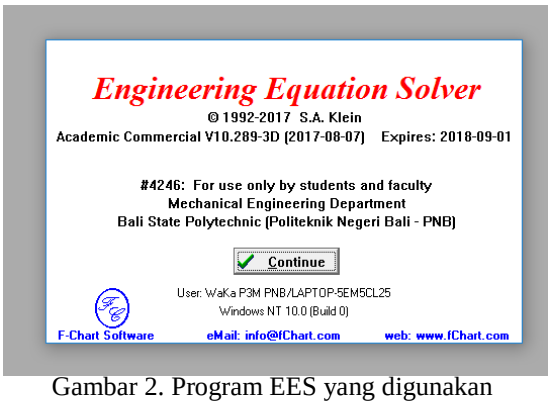
• Instrumen Penelitian

Instrumen dan perlengkapan penelitian yang diperlukan dan digunakan untuk survei adalah daftar kinerja sistem refrigerasi CO_2. Untuk pengolahan data diperlukan program

spread sheet. Sedangkan untuk kajian numerik dan data lingkungan diperlukan instrumen dan perlengkapan yang mencakup: program EES (dengan lisensi), thermokople lengkap dengan display digital, sensor kelembaban udara (*relative humidity*) dengan data yang dapat terekam secara otomatis pada setiap waktu tertentu dengan menggunakan sistem *data logger*.

- **Instrumen Penelitian**

Pengolahan dan analisis data baik dari hasil survei maupun data sekunder akan menggunakan *software Exel* dan EES seperti ditunjukkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Program EES yang digunakan

Data yang diperlukan adalah data hasil survei dan sekunder yang diperoleh dari hasil studi literatur. Data sekunder juga bisa diperoleh dari jurnal dan program aplikasi seperti EES. Sedangkan data survei diperoleh melalui pengamatan dan pengukuran langsung.

.

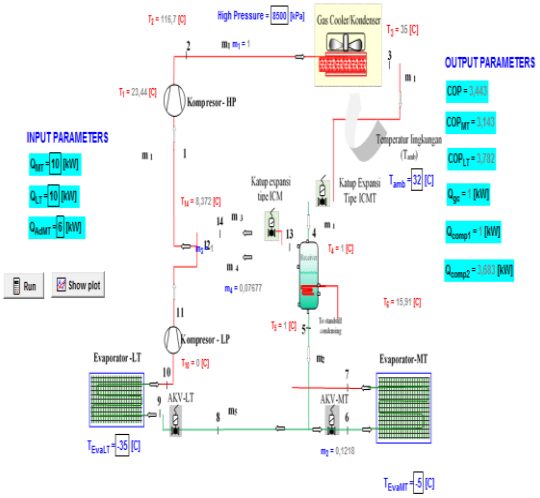
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis thermodinamika yang didapatkan maka dikembangkan persamaan-persamaan untuk simulasi refrigerasi CO_2Gambar 3 berikutini .



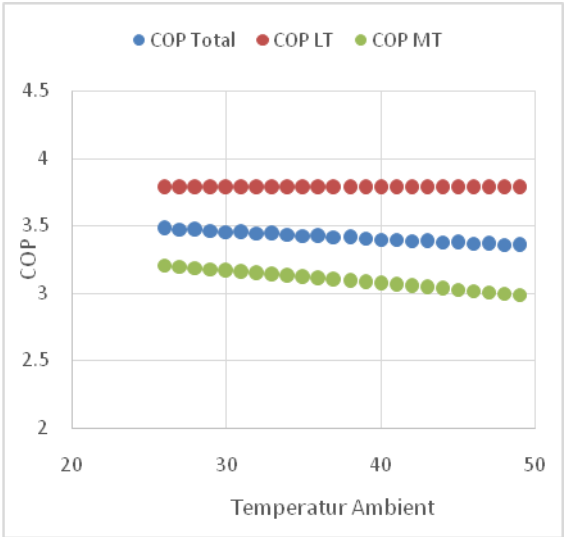
Gambar 3. Hubungan antara waktu dan laju reaksi rata-rata pada berbagai M HCl

Program sudah di running dan sudah menghasikan hasil yang output yang diinginkan dan diperlukan langkah validasi terhadap beberapa hasil, berdasarkan data-data yang diperlukan baik data primer maupun sekunder berikut tampilan program hasil running EES.



Gambar 4. Hasil program EES dengan penampilan dalam bentuk aplikasi window

Analisis awal terhadap COP berdasarkan ambient temperatur didapatkan bahwa ambien temperature yang menurun gradual dari temperatur 26^{o}C sampai dengan 48^{o}C didapatkan penurunan COP secara gradual. COP *Medium Temperatur*e lebih rendah dibandingkan dengan COP *Low Temperature*, hal ini disebabkan karena kondisi transkritikal pada medium temperatur yang kondisi *heat rejection* pada temperatur dan tekanan yang tinggi sehingga effisiensi thermis dan isentropis kompresor lebih rendah. Seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini



Gambar 5. Hubungan antara temperatur dan COP dari sistem refrigerasi CO_2

Program *Engineering Equation Solver* (EES) yang digunakanadalah sistem *Academic Commercial* V10.289-3D, *Mechanical Engineering Department, Bali State Polytechnic* (Politeknik Negeri Bali).

Hal ini sejalan dengan beberapa data sekunder yang telah dikumpulkan dari beberapa jurnal internasional di bidang yang sama terutama dari Gedan Tassou[9],Tao et al.[10], Apreadan Maiorino [11], Gupta et al. [12], sehingga program EES sangat efektif untuk menganalisis COP system refrigerasi CO_2.

KESIMPULAN

Dalam menganggulangi permasalahan biaya yang tinggi dan kerumitan modifikasi serta waktu yang diperlukan dalam membangun peralatan experimen yang baik dalam mendapatkan kinerja sistem CO_2, simulasi komputer EES merupakan pilihan yang sangat tepat untuk menanggulangi permasalah ini. Program EES yang dibuat dengan pengembangan persamaan –persamaan thermodinamika sangat efektif dengan waktu *running* yang singkat dan dalam bentuk /kompatibel dengan Program Window sehingga sangat familier digunakan oleh enginer. Sehingga dengan semakin baiknya simulasi yang dibuat sebelum aplikasi sistem sesungguhnya akan sangat efektif mendapat kan hasil yang dinginkan .

SARAN

Untuk menghasilkan hasil yang lebih baik lagi, terutama dalam memvalidasi dengan data-data yang lebih banyak lagi, sehingga dapat dianalisis lebih detail tentang efektifitas dan juga kelemahan –kelemahan program yang digunakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada DRPM Ristek Dikti yang telah mendanai penelitian ini dalam Skema Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi yang sebelumnya disebut Penelitian Fundamental.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Pérez G. V. , Belman F. J.M., Navarro E. J., Rubio M. C., 2013, Comparative study of transcritical vapor compression configurations using CO2 as refrigeration mode base on simulation, Applied Thermal Engineering, 51: 1038-1046.

[2] Ahammed, M.E., Bhattacharyya, S., Ramgopal, M., 2014. Thermodynamic design and simulation of a CO2 based transcritical vapour compression refrigeration system with an ejector. International Journal of Refrigeration 45, 177-188

[3] Beaver A.C., Yin J.M., Bullard C.W., Hrnjak P.S., 1999. An experimental investigation of transcritical carbon dioxide systems for residential air-conditioning.

[4] EES, 2013. Engineering Equation Solver. www.fChart.com

[5] ASHRAE, 2014. ASHRAE Handbook of Refrigeration. ASHRAE, Inc., Atlanta, 749 pgs.

[6] Tassou, S.A., Ge, Y., Hadawey, A., Marriot, D., 2011. Energy consumption and conservation in food retailing. Applied Thermal Engineering 31, 147 – 156.

[7] ASHRAE, 2010. ASHRAE Handbook of Refrigeration. ASHRAE, Inc., Atlanta, 749 pgs.

[8] Santosa ID.M.C., Suamir, IN., Ge, Y.T., Tsamos, K., Tassou, S.A., 2013. Modelling and analysis of CO2 gas coolers for commercial refrigeration applications. Proc. 2nd Conference on Sustainability and the Cold Chain. Paris, France, ISBN: 978-2-913149-97-7 paper S12-P2.

[9] Ge Y.T, Tassou S.A., 2011. Performance evaluation and optimal design of supermarket refrigeration systems with supermarket model “SuperSim”. Part II: Model applications. International Journal of Refrigeration 34,540-549.

[10] Tao, Y.B., He, Y.L, Tao,W.Q, 2010. Exergetic analysis of transcritical CO2

residential air-conditioning system based on experimental data. Applied Energy 87,3065-3072.

[11] Aprea, C, and Maiorino, A, 2008. An experimental evaluation of the transcritical CO2 refrigerator performances using an internal heat exchanger. International Journal of Refrigeration 31,1006-1011

[12] Gupta, K, Singh, D.K., Dasgupta, M.S., 2010. Environmental effect on gas cooler design for transcritical carbon dioxide refrigeration system in India context. Journal of Advanced Research in Mechanical Engineering , pp.147-152.