

Pengaruh Pembebanan Generator Pada Performa Sistem Organic Rankine Cycle (ORC)

Prabowo, Ary Bachtiar, Wawan Aries, Chrisnanda Anggradiar

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember,
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia
arybach@me.its.ac.id

Abstrak:

Sistem Organic Rankine Cycle (ORC) terdiri dari empat komponen utama yaitu evaporator, turbin, kondensor, dan pompa. Fluida kerja dipompa ke evaporator untuk membangkitkan uap lalu digunakan menggerakkan turbin. Uap hasil ekspansi turbin dikondensasi dan dialirkan oleh pompa kembali ke evaporator. Sistem ini mampu memanfaatkan sumber energi yang memiliki temperatur dan tekanan rendah untuk membangkitkan uap fluida organik. Penelitian ini dilakukan untuk membuat desain sistem Organic Rankine Cycle (ORC) serta bagaimana pengaruh pembebanan generator terhadap performa sistem. Variasi pembebanan generator yang dilakukan pada performansi sistem Organic Rankine Cycle (ORC) dari beban kosong hingga generator tidak lagi berputar dengan indicator penyalan lampu yang akan digunakan untuk mengetahui daya pompa, Q evaporator, Q condenser, daya turbin, efisiensi siklus, heat transfer condensor dengan metode NTU.

Kata Kunci: organik, evaporator, kondensor, turbine, efficiency siklus

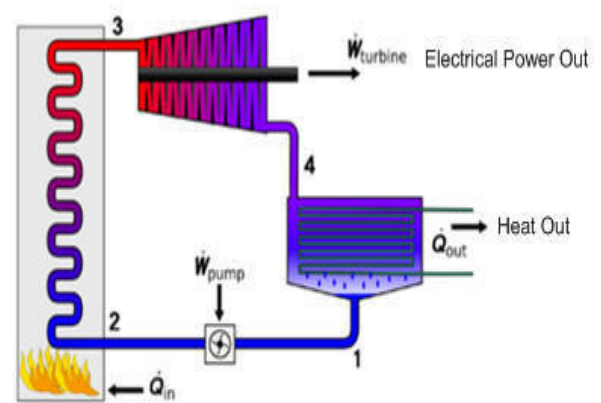
Pendahuluan

Organic Rankine Cycle (ORC) merupakan modifikasi dari siklus Rankine dengan refrigeran sebagai fluida kerja untuk menghasilkan listrik. Sistem ini terdiri dari empat komponen utama yang evaporator, turbin, kondensor, dan pompa. Fluida kerja dipompa ke evaporator untuk memproduksi uap. Uap yang digunakan untuk menggerakkan turbin uap yang kemudian menghasilkan listrik. Uap hasil turbin uap diekspansikan dan dialirkan oleh pompa ke evaporator. Sistem ini terjadi terus menerus. Sistem ini memanfaatkan sumber energi yang memiliki suhu tinggi dan tekanan rendah untuk menghasilkan uap cairan organik. ORC tidak menghasilkan polusi, sehingga tidak merusak lingkungan. Titik didih ORC lebih rendah daripada siklus Rankine sehingga air tidak cocok sebagai fluida kerja. Silion minyak, hidrokarbon, dan fluorocarbon lebih cocok digunakan sebagai fluida kerja untuk sistem ini.

Takahisa Yamamoto, dkk dari Department of Chemical Engineering, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya, Japan dengan jurnal yang berjudul "Design and Testing of the Organic Rankine Cycle" yang dipublikasikan Science Direct, memaparkan hasil penelitian tentang analisa Organic Rankine Cycle dengan working fluid yang berbeda, yaitu air dan HCFC-123. Kinerja dan karakteristik dari ORC yang menggunakan fluida kerja HCFC-123 dan air

telah diamati dan didapatkan simulasi numerik yang menyimpulkan bahwa untuk kondisi operasional dari air, peningkatan suhu masuk turbin akan menghasilkan daya turbin yang tinggi. Untuk HCFC 123 sudah memberikan kondisi terbaik pada temperatur sedikit diatas titik didih

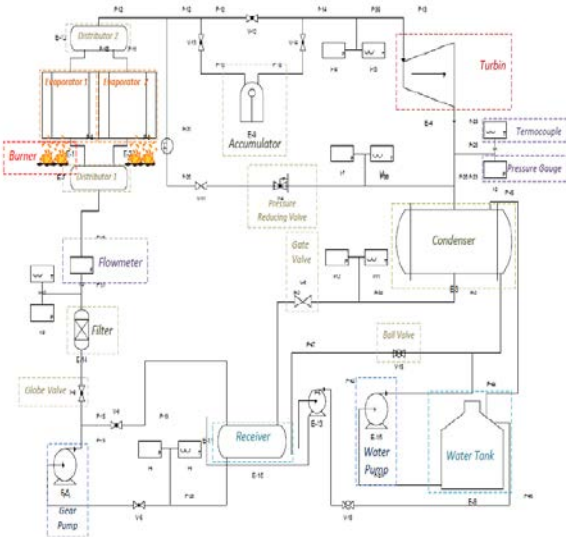
Metode Eksperimen



1. Low Pressure Cool Liquid
2. High Pressure Liquid/Vapor
3. High Pressure Hot Gas
4. Low Pressure Hot Gas

Gambar.1. Skema Organic Rankine Cycle dan Komponen Utamanya

Pertama-tama, dilakukan pengujian kebocoran untuk komponen dan instalasi perpipaan. Jika tidak ditemukan kebocoran, maka peralatan dinyalakan dan proses pengambilan data. Burner digunakan untuk memanaskan evaporator sampai titik didih refrigeran tercapai. Setelah kondisi superheat tercapai dan terdeteksi melalui sight glass, refrigeran dialirkan ke turbin.



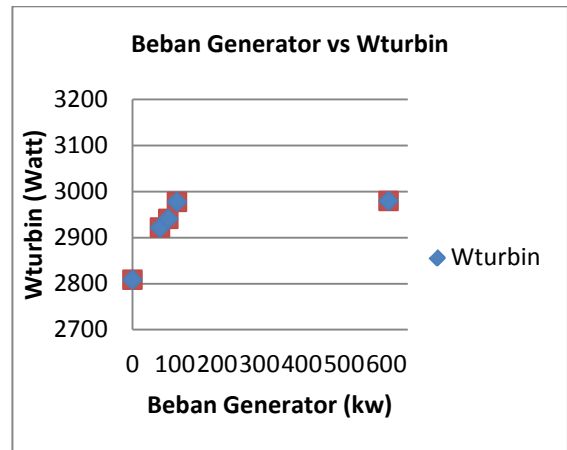
Gambar.2 Desain Penelitian Organic Rankine Cycle (ORC)

Data temperatur diambil dengan menggunakan termocouple jenis T dan tekanan diukur dengan pengukur tekanan pada titik pengamatan. Kemudian secara bertahap mengambil data berikutnya dengan variasi beban 65 watt , 85 watt, 105 watt, dan 605 watt.

Hasil Dan Pembahasan

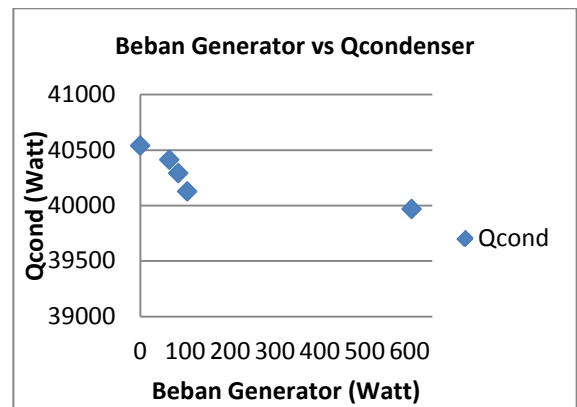
Gambar 3 adalah perubahan daya turbin terhadap variasi beban pada generator. Hasil eksperimen menunjukkan trend yang meningkat pada daya turbin pada setiap kenaikan beban generator. Hal ini dimungkinkan karena dengan kenaikan beban generator ini akan memperberat kerja turbin. Sehingga daya pada turbin akan semakin besar karena mempertahankan putaran turbin tetap konstan. Selain itu temperatur yang masuk pada turbin juga meningkat. Kedua faktor tersebutlah yang akan membuat daya pada turbin meningkat.

Pada gambar 4 akan dibahas pengaruh variasi pembebanan generator terhadap heat transfer kondensor sistem ORC. Dari grafik hasil perhitungan laju panas kondensor diatas menunjukkan trend yang menurun pada setiap kenaikan beban generator.



Gambar.3. Grafik Beban Generator Fungsi daya Turbin

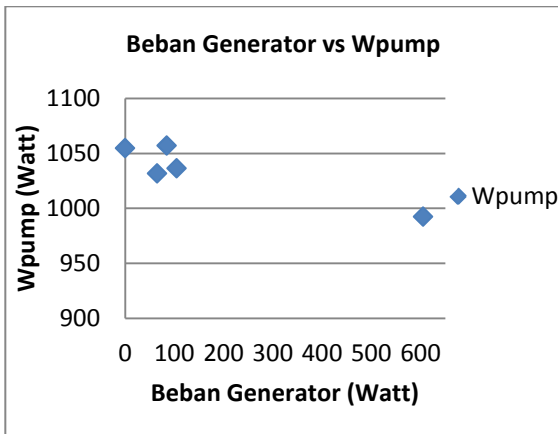
Hal ini bisa disebabkan karena beban generator akan memperberat kerja turbin sehingga akan menurunkan temperatur aliran fluida keluar turbin. Jadi dapat disimpulkan bahwa perubahan beban generator dan sistem pendinginan pada kondenser yang tetap adalah faktor yang dapat mempengaruhi laju panas kondenser.



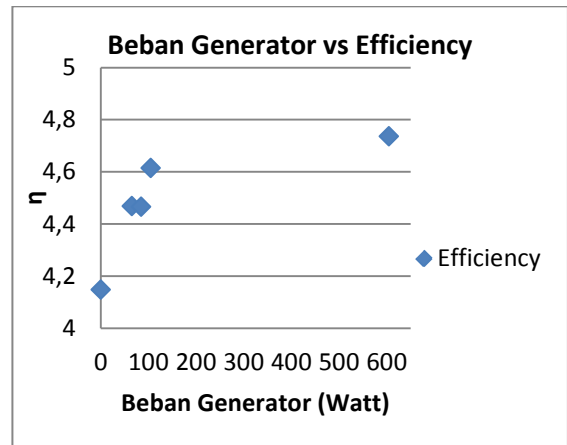
Gambar.4. Grafik Heat Transfer Kondensor Fungsi Beban Generator

Pada gambar 5 berikut ini akan dibahas pengaruh variasi pembebanan generator terhadap daya pompa sistem ORC. Dari grafik tersebut menunjukkan trend yang konstan dengan kenaikan beban generator. Hal ini bisa disebabkan karena pompa bekerja pada tekanan konstan, meskipun terjadi perubahan temperatur yang masuk pada suction pompa tidak memberikan pengaruh pada kerja pompa.

Pada gambar 6 akan dibahas pengaruh variasi pembebanan generator terhadap heat transfer evaporator sistem ORC. Dari gambar diatas menunjukkan trend yang menurun pada setiap kenaikan beban generator.

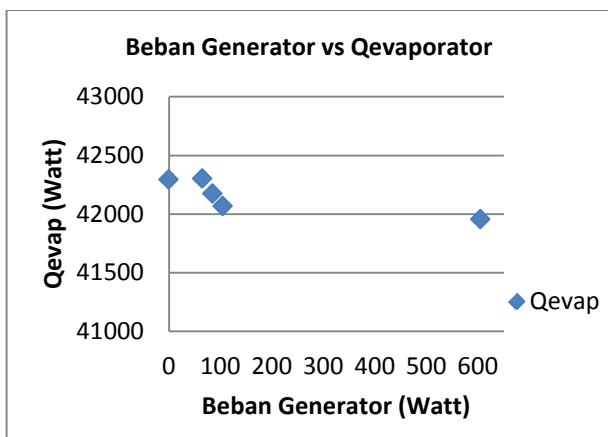


Gambar.5. Grafik daya Pompa Fungsi Beban Generator



Gambar.7. Grafik Efisiensi Siklus Fungsi beban Generator

Hal ini bisa disebabkan karena disaat adanya kenaikan pembebanan pada generator temperatur masuk refrijeran menuju evaporator menurun pada daya burner yang tetap.



gambar.6. Grafik Heat Transfer Evaporator Fungsi Beban Generator

Gambar 7 menunjukkan pengaruh variasi pembebanan generator terhadap efisiensi siklus sistem ORC. Dari grafik hasil perhitungan efisiensi diatas menunjukkan trend yang meningkat pada setiap kenaikan beban generator, namun sedikit turun saat diberi beban 85 watt.

Hal ini bisa disebabkan karena pemberian beban pada generator akan mempengaruhi kinerja pada turbin dan evaporator. Karena daya pompa yang konstan sedangkan daya turbin naik secara konstan serta laju panas evaporator yang turun sehingga meningkatkan efisiensi. Hal ini dapat dilihat pada pada perumusan dibawah ini :

$$\eta = \frac{\dot{W}_t - \dot{W}_p}{\dot{Q}_{in}} \times 100\%$$

Jadi dapat disimpulkan bahwa perubahan beban generator akan mempengaruhi efisiensi siklus.

Kesimpulan

Setelah melakukan instalasi, pengujian, dan pengambilan data pada Organic Rankine Cycle dengan variasi beban generator, maka diperoleh :

1. Pengujian sistem Organic Rankine Cycle (ORC) dengan pembebanan generator dapat menunjukkan karakteristik dari sistem ORC.
2. Perubahan beban pada generator sangat mempengaruhi daya turbin, panas evaporator dan laju pelepasan panas pada kondensor. Sehingga karakteristik efisiensi siklus juga sangat dipengaruhi oleh variasi pada beban

Nomenklatur

- η efisiensi siklus
- \dot{W} daya (watt)
- Q laju perpindahan panas

Subsripts

- t turbin
- p Pompa
- Evaporator

Referensi

- [1] Incropera, F. P. & Dewitt, D. P., 1996, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Fifth Edition, John Wiley and Sons inc, New York.
- [2] Moran, M. J. & Shapiro, H. N., 1996, *Fundamental of Engineering Thermodynamics*, Fifth Edition, John Willey and Sons inc, New York.
- [3] Yamamoto, T., Furuhashi, T., Arai, N. and Mori, K. 2001. "Energy: Design and Testing of the Organic Rankine Cycle".2001.

- [4] Maruli P, Frans Aprio., 2010, Desain Evaporator dan Pemilihan Turbin Uap pada Organic Rankine Cycle dengan Fluida Kerja R-134A, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya, Indonesia.
- [5] Setiawan, Soni Edi., 2011, *Perancangan Kondensor dan Evaporator Untuk Organic Rankine Cycle Dengan Fluida Kerja R-123 Sebagai Pembangkit Listrik*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya, Indonesia.
- [6] Sugiardi, 2011, Perancangan Alat Penukar Kalor Dalam Organic Rankine Cycle Untuk Memanfaatkan Waste Heat Recovery dari Blowdown Rebusan (Sterilizer) Sebagai Pembangkit Listrik 100 KW pada Pabrik Kelapa Sawit, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya, Indonesia.
- [7] Sulistiyono, Oktavianda., 2011, *Perancangan Turbin Uap Untuk Organik Rankine Cycle dengan Fluida Kerja R-123 Sebagai Pembangkit Listrik*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya, Indonesia.