

Perbandingan Performansi Sistem ORC Dengan Varian R-216CA, R-112a, R-141b dan n-Pentane Menggunakan Aspen HYSYS

Siwan Ediamanta Peranginangin^{1,*}, Sindak Hutauruk²

¹Prodi Teknik Mesin, Fak. Teknik, Universitas HKBP Nommensen, Medan 20234

²Prodi Teknik Elektro, Fak. Teknik, Universitas HKBP Nommensen, Medan 20234

* siwan.peranginangin@uhn.ac.id

Abstract

One of the generation systems that are widely used in various power generation industries is the Organic Rankine Cycle. This cycle has the advantage of a low evaporation point compared to the ordinary steam turbine cycle. The use of refrigerants is the key to the ORC system. Refrigerant is a fluid with quite unique characteristics and many types. This study discusses the use of various types of refrigerants used in the ORC system, namely R-216CA, R-112a, R-141b and n-pentane. By using the Aspen Hysys luna device, we can compare the performance of each Refrigerant Variant of the ORC system. With the same input parameters in each variant, namely for the incoming refrigerant temperature is 600C with a pressure of 450 Kpa, the pump exit pressure is 4000 Kpa, the results are obtained from the Pump Work, Q Condenser, Q Boiler and the resulting turbine power. The result is that the ORC system with refrigerant n-Pantene has a high value for Pump Work, Q Condenser, Q Boiler and Turbine Power produced, but when compared to performance, the System with Refrigerant with R-112a has a higher efficiency value when assessed from its performance.

Keywords : Performance, ORC System, ASPEN HYSYS

1. PENDAHULUAN

Organic Rankine Cycle (ORC) merupakan salah satu pembangkit listrik dengan temperatur rendah[1-2], cairan massa molekul tinggi organik dengan cairan-uap perubahan fasa, atau titik didih, terjadi pada suhu lebih rendah dari perubahan fasa air-uap. Prinsip kerja siklus Rankine organik adalah sama dengan siklus Rankine : fluida kerja dipompa ke boiler di mana ia diuapkan[3,6], dilewatkan melalui perangkat ekspansi turbin, sekrup, gulir, atau ekspander lainnya, lalu melalui penukar panas kondensor yang akhirnya akan dikondensasi ulang. ORC saat ini banyak diminati untuk dikembangkan dan diaplikasikan karena penggunaan turbin konvensional digerakan dengan bahan bakar fosil yang dapat menyebabkan permasalahan lingkungan[8-9].

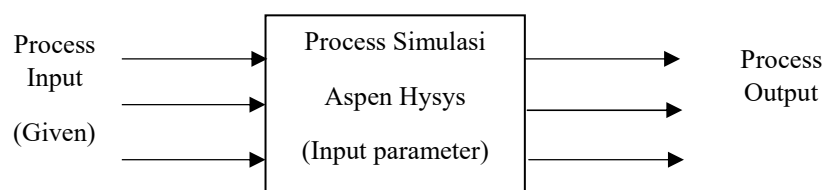
Permasalahan lingkungan yang dapat disebabkan karena polusi udara, pemanasan global, kebocoran lapisan ozon, dan juga Hujan asam. Berbagai penelitian terkait ORC baik secara simulasi maupun eksperimen sudah banyak dilakukan berdasarkan analisis terhadap sumber energi panas, fluida kerja maupun pengembangan design turbin. Salah satu penelitian tersebut adalah penggunaan sumber panas dari sinar matahari dengan panel plat datar, sedangkan fluida kerjanya menggunakan R245fa dan R123[2]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa refrigeran R245fa dan R123 mempunyai performansi efisiensi lebih baik dibandingkan penggunaan refrigerasi Isobutane dan R134a. Kemudian, simulasi dengan perbandingan optimasi untuk 8 fluida kerja, yaitu HFE7000, HFE7100, PF5050, R123, n-pentane, R245fa, R134a dan Isobutane[4,5,10], dimana simulasi ini ditunjukkan untuk sumber panas dari panas matahari, panas bumi, biomass, dan recovery dari panas buang (*thermal waste*).

Hasil dari penelitian berupa susunan efisiensi berdasarkan metode spinal point dari yang tertinggi secara berturut-turut adalah HFE7000, HFE7100, PF5050, R123, n-pentane, R245fa, R134a, Isobuthane. Secara umum banyak jenis refrigerant yang dipakai sebagai fluida kerja untuk ORC[6]. Dalam kasus penelitian ini akan membandingkan beberapa jenis fluida kerja atau refrigerant yang umumnya dipakai di Sistem Pembangkit ORC, hal ini bertujuan agar melihat performansi dari setiap siklus dengan fluida kerja yang berbeda, yang nantinya dapat sebagai dasar untuk diterapkan di dunia industri atau sebagai rujukan untuk penelitian selanjutnya.

Untuk mempermudah penelitian tentang perbandingan sistem pembangkit ORC dengan variasi fluida kerja/Refrigerant, maka digunakan metode simulasi agar mempermudah penyelesaian. Metode ini sudah banyak digunakan, dan terbukti efektif dan efisien. Perangkat lunak yang digunakan untuk membantu menyelesaikan penelitian ini adalah Aspen Hysys[6,7]. Perangkat lunak ini sudah digunakan banyak peneliti untuk mendapatkan hasil yang akurat dalam menyelesaikan persoalan dalam bidang teknik terkhusus bidang teknik kimia dan teknik mesin, dalam hal ini Aspen Hysys berguna untuk membantu menyelesaikan persoalan Sistem Pembangkit ORC yang berhubungan dengan Termodinamika.

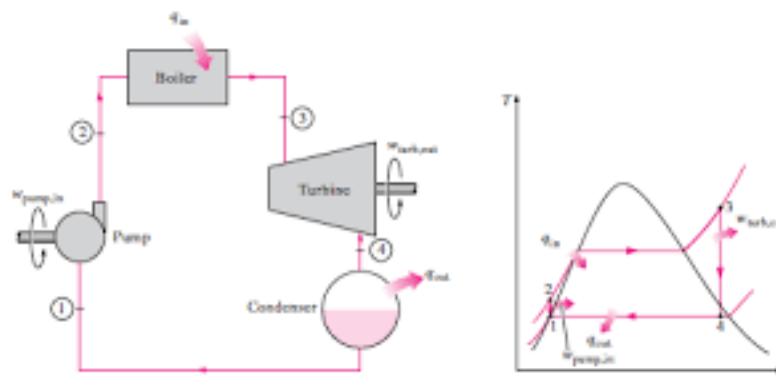
2. METODE

Dalam studi ini Aspen Hysys digunakan untuk memodelkan siklus Rankine Organik sistem ditunjukkan pada gambar 1. Aspen plus adalah perangkat lunak berbantuan komputer yang menggunakan hubungan fisik yang mendasarinya (misalnya, keseimbangan material dan energi kesetimbangan termodinamika, persamaan laju) untuk memprediksi kinerja proses (misalnya, properti aliran, kondisi operasi, dan ukuran ekuilibrium). Analisis proses mungkin melibatkan penggunaan sarana eksperimental untuk memprediksi dan memvalidasi kinerja. Kemudian pada proses simulasi, kita perlu memberikan input proses awal proses awal, flow sheet dan diperlukan untuk memprediksi output proses. Dalam proses simulasi di penelitian ini, menggunakan 3 jenis fluida kerja/Refrigeran yaitu R-216CA, R-112a, R-141b dan n-pentane. Refrigerant jenis ini biasa digunakan untuk fluida kerja Siklus Rankine Organik di setiap pembangkit listrik.



Gambar 1. Proses Keluarga

Skema diagram satu tahap dengan siklus Rankine Organik penukar panas internal ditunjukkan pada gambar 2. Pada gambar tersebut juga disajikan diagram p-h. Terlihat bahwa komponen sistem terdiri dari satu Pompa, kondensor, penukar panas internal, dan evaporator.



Gambar 2. P-h Diagram Siklus Rankine Organik

Pompa berperan penting untuk mensuplai fluida kerja Refrigeran . Persamaan yang mendasari analisis siklus Rankine Organik dapat dihitung dengan.

$$\dot{W}_p = \dot{m}_1 (h_2 - h_1) \quad (1)$$

Di mana untuk menghitung Panas yang diserap Boiler.

$$Q_{in} = \dot{m}(h_3 - h_2) \quad (2)$$

Untuk menghitung Kerja yang dihasilkan oleh Turbin dapat di hitung dengan

$$\dot{W}_T = \dot{m}_1 (h_3 - h_4) \quad (3)$$

Untuk menghitung Panas yang dibuang Kondensor.

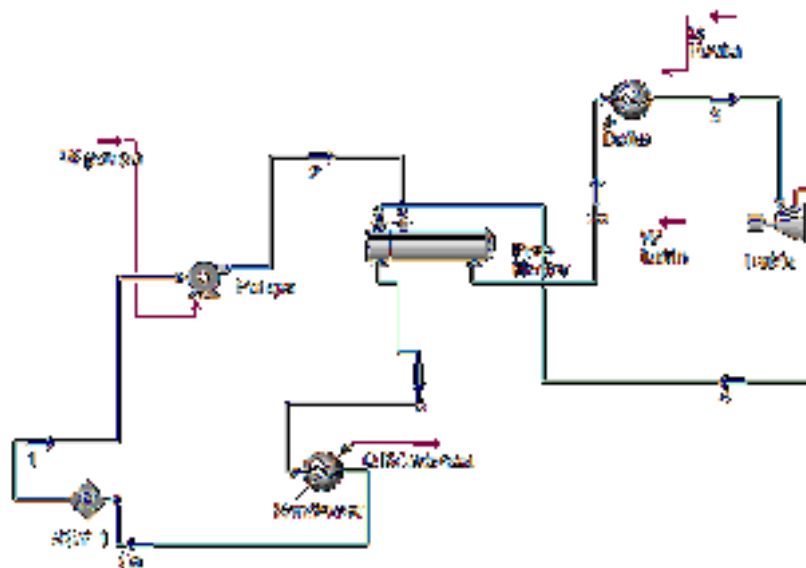
$$Q_{out} = \dot{m}(h_3 - h_2) \quad (4)$$

Efisien thermal siklus Rankine Organik sederhana dapat dihitung :

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_{in}} = \frac{W_T - W_p}{Q_{in}} \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis simulasi di Hysys menggunakan dengan 3 variasi Refrigerant sebagai fluida kerja siklus Rankine Organik. Yaitu R-216CA, R-112a, R-141b dan n-Pentane. Kondisi batas untuk simulasi disetiap varian diperlakukan sama. Untuk temperatur refrigerant masuk adalah 60⁰C dengan tekanan 450 Kpa, Tekanan keluar pompa 4000 Kpa. Simulasi ini menggunakan alat penukar panas yang digunakan sebagai Pre Heater yang bertujuan untuk meningkatkan Efisiensi Siklus Rankine Organik. Untuk kapasitas fluida kerja adalah 40.000 kg/j. Gambar 3. menunjukkan Flow Sheet simulasi Siklus Rankine Organik dengan Pre Heater yang disimulasikan di Software Aspen Hysys.



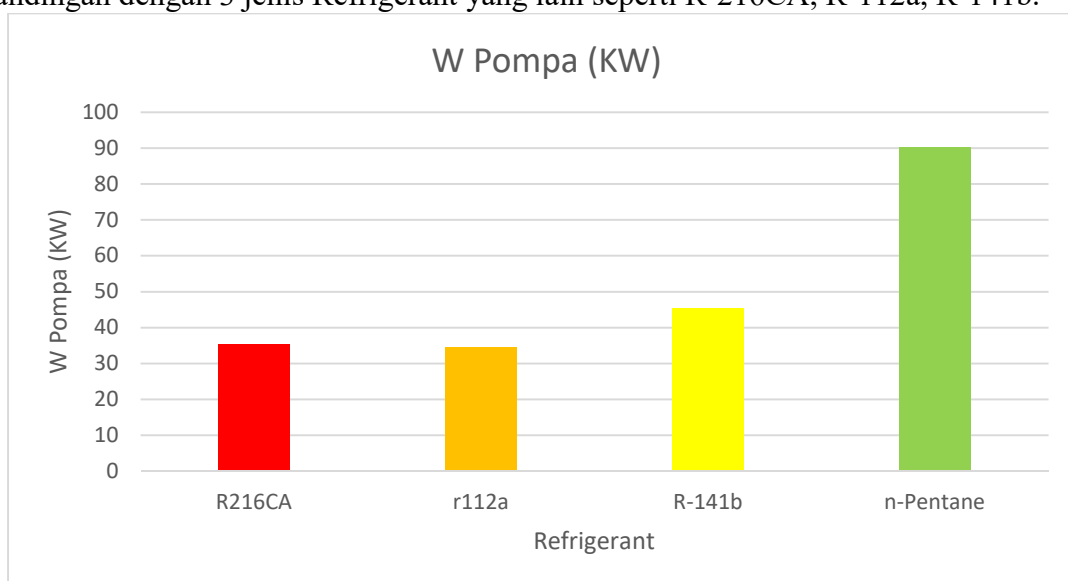
Gambar 3. Flow sheet Siklus Rankine Organik dengan Pre Heater

Tabel 1. Perbandingan performansi ORC dengan Varian Refrigerant

Refrigerant	W Pompa (KW)	Q Kondensor (Kj/jam)	Q Boiler (Kj/jam)	W Turbin (KW)
R-216Ca	35.35	1.05E+07	1.21E+07	468.1
R-112a	34.49	1.05E+07	1.21E+07	500.2
R-141b	45.32	1.21E+07	1.51E+07	859.9
n-Pentane	90.07	3.14E+07	3.62E+07	1334

3.1. Kerja Pompa

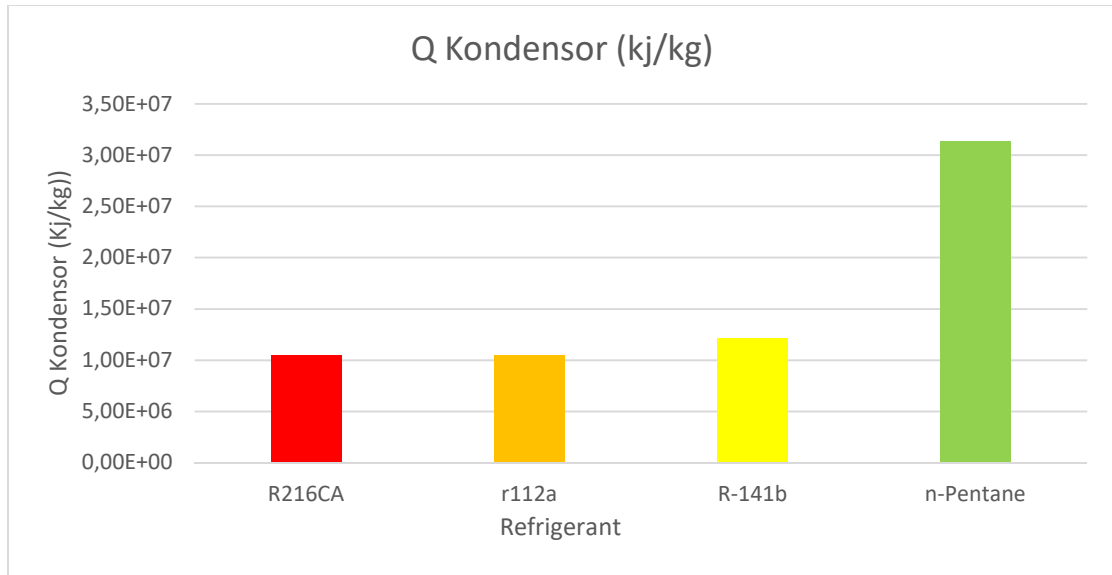
Dari hasil simulasi didapatkan nilai dari kerja pompa untuk siklus rankine organik dengan fluida kerja n-Pentane mempunyai nilai yang lebih tinggi sebesar 90.07 Kw dibandingkan dengan 3 jenis Refrigerant yang lain seperti R-216CA, R-112a, R-141b.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Kerja Pompa ORC

3.2. Panas yang dibuang Kondensor

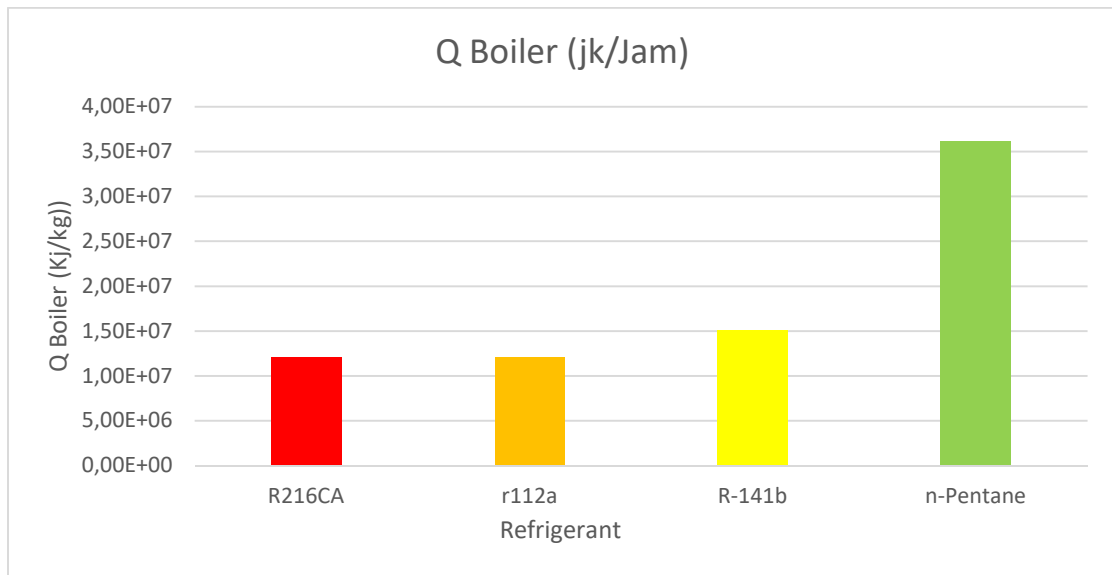
Untuk panas yang dibuang kondensor setiap siklus rankine organik dengan fluida kerja n-Pentane mempunyai nilai yang lebih tinggi sebesar 3.13×10^4 KJ/Jam dibandingkan dengan 3 jenis Refrigerant yang lain seperti R-216CA, R-112a, R-141b.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Q Kondensor ORC

3.3. Panas yang diserap Boiler

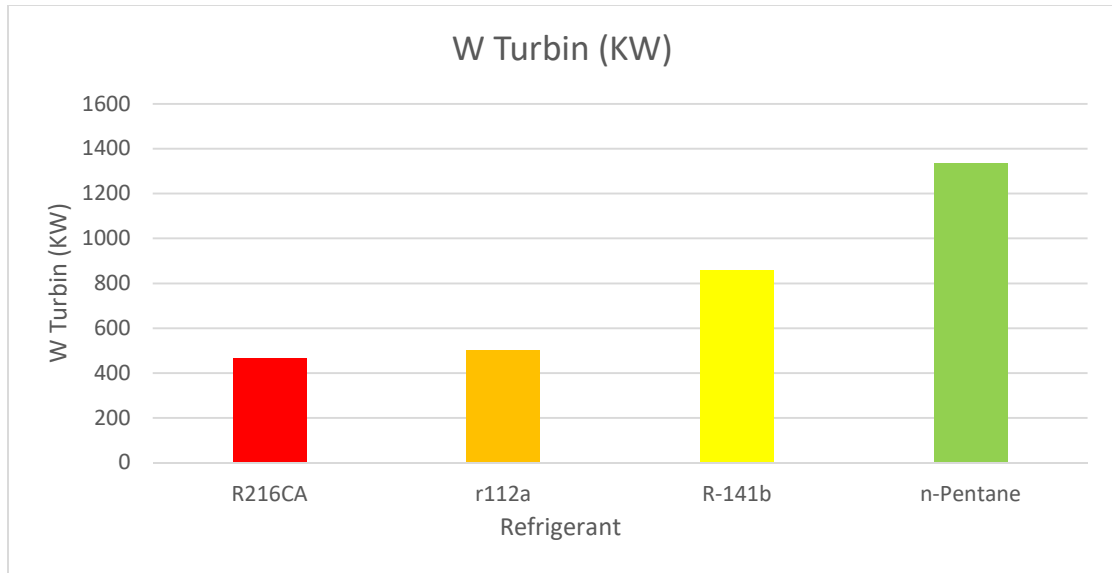
Untuk panas yang diserap boiler setiap siklus rankine organik dengan fluida kerja n-Pentane mempunyai nilai yang lebih tinggi sebesar 3.62×10^4 KJ/Jam dibandingkan dengan 3 jenis Refrigerant yang lain seperti R-216CA, R-112a, R-141b.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Q Boiler ORC

3.4. Daya yang dihasilkan Turbin

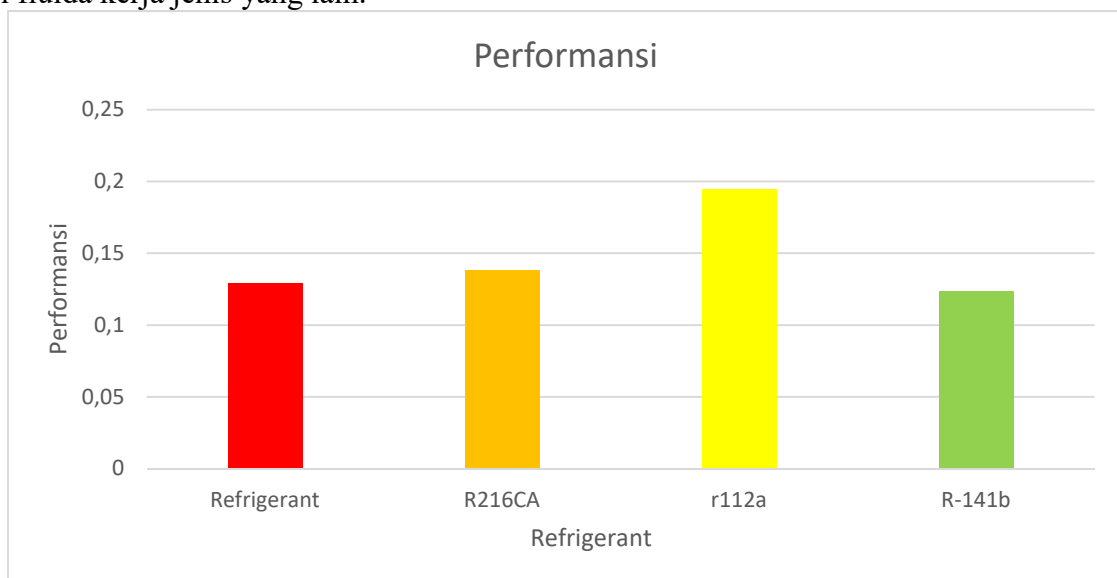
Untuk daya Turbin yang dihasilkan setiap siklus rankine organik dengan fluida kerja n-Pentane mempunyai nilai yang lebih tinggi sebesar 1334 Kw dibandingkan dengan 3 jenis Refrigerant yang lain seperti R-216CA, R-112a, R-141b.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Daya Turbin ORC

3.5. Performansi Setiap Varian Refrigerant

Performansi dari setiap varian Refrigerant siklus rankine organik menunjukkan Siklus ORC dengan fluida kerja R-141b mempunyai nilai performansi yang lebih besar dari fluida kerja jenis yang lain.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Performansi ORC

4. KESIMPULAN

Hasilnya Sistem ORC dengan Refrigerant n-Pantene mempunyai nilai yang tinggi untuk Kerja Pompa, Q Kondensor, Q Boiler dan Daya Turbin yang dihasilkan, tetapi

bila dibandingkan performansinya maka sistem dengan refrigerant dengan R-112a mempunyai nilai efisiensi yang lebih tinggi bila dikaji dari performansinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Torres. Agustin M. Delgado, Lourdes Garcia-Rodriquez. *Journal of Energy Conversion and Management* 51 (2010) 2846 – 2856
- [2] Qiu. Guoquan. *Journal of Renewable Energy* 48(2012) 565 – 570
- [3] Siwan Ediamanta Perangin-angin et all, “Perbandingan Performansi 4 Variasi Siklus Kompresi Uap 2 Tingkat” *SJoME Vol. 2 No. 1, Agustus 2020*
- [4] Wang. Man, Jiangfeng. Wang, Yuzhu. Zhao, Pan.Zhao, Yiping. Dai. *Journal of Applied Thermal Engineering* 50 (2010) 816 – 825
- [5] Qiu. Guoquan. *Journal of Renewable Energy* 48 (2012) 565 – 570
- [6] Wijayanto, Nurheni. *Nurunnajah. Jurnal Silvikultur Tropika* 03 (2012) 8 – 13.
- [7] Zuming Liu, I A Karimi, “Simulation of a Combined Cycle Gas Turbine Power Plant In Aspen HYSYS”, *Energy Procedia* 158 (2019) 3620–3625.
- [8] Oyedepo SO, Fagbenle RO, Adefila SS, Adavbiele SA. Performance evaluation and economic analysis of a gas turbine power plant in Nigeria. *Energy Convers Manage* 2014, 79:431–40.
- [9] Zhang N, Cai R. Analytical solutions and typical characteristics of part-load performances of single shaft gas turbine and its cogeneration. *Energy Convers Manage* 2002, 43:1323–2337.
- [10] Yufei Wang, Qikui Tang, Mengying Wanga, Xiao Feng.”Thermodynamic performance comparison between ORC and Kalinacycles for multi-stream waste heat recovery”. *Energy Conversion and Management* 143 (2017) 482–492.
- [11] Bakalis DP, Stamatis AG. Full and part load exergetic analysis of a hybrid micro gasturbine fuel cell system based on existing components. *Energy Convers Manage* 2012, 64:213–21.
- [12] Lee YD, Ahn KY, Morosuk T, Tsatsaronis G. Exergetic and exergoeconomic evaluation of a solid-oxide fuel-cell-based combined heat and power generation system, *Energy Convers Manage* 2014;85:154–64.