

ANALISIS EKSERGI PADA RUANG BAKAR PADA PLTG TELUK LEMBU 20 MW

Miswandi¹, Awaludin martin²

Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

¹wandi_smiles@yahoo.co.id, ²awaludin01martin@gmail.com

Performance evaluation of the power plants is used by applying the first law of thermodynamics, but this method can not determine the source of irreversibilities. Irreversibility is the factor that caused a process to be irreversible. it is necessary to used exergy analysis. Performance of gas Turbine power plant is evaluated with exergy analysis is very useful in terms of design, evaluation, optimization and improvement of power plant. The result showed that the highest exergy destruction occurred in the combustion chamber reached 21,98 MW (85,21%) and while compressor is the lowest 3,81 MW(14,79%)Based on the calculation, analysis of exergy can determine magnitude, location of the exergy destruction. These will make it easier to conduct optimizations toincrease efficiency

Keywords: Gas turbine power plant, combustion chamber, exergy destruction

1. Pendahuluan

Kinerja pembangkit listrik dievaluasi dan dilakukan dengan hukum termodinamika pertama tetapi sekarang ini performansi eksergi yang berdasarkan hukum termodinamika kedua telah ditemukan sebagai metode yang sangat berguna dalam desain, evaluasi, optimisasi dan peningkatan pembangkit listrik. Analisis eksergi dapat menghitung besar, lokasi dan penyebab irreversibilitas tetapi dapat juga menaksir efisiensi komponen pembangkit [1]) Dengan demikian analisis eksergi memberikan informasi yang diperlukan untuk meningkatkan sistem pembangkitan tenaga secara sistematis dan efisien [2]

Penggunaan analisis eksergi pada pembangkit listrik telah didiskusikan dan dilakukan oleh beberapa penulis [3]. [4] mengembangkan sebuah metode untuk menghitung eksergi kimia dan fisika untuk berbagai komponen. [5] telah menghitung rugi-rugi energi dan eksergi dari masing-masing komponen pada pembangkit listrik berbahan bakar batubara. [6] menganalisis pembangkit listrik kombinasi gas-uap dengan bahan bakar gas alam untuk

mengetahui pengaruh temperatur masuk turbin dan rasio tekanan di efisiensi eksergi. [7] menganalisis pembangkit kombinasi dengan metana sebagai bahan bakar menggunakan hukum pertama dan kedua termodinamika dan analisis eksergi ini menjadi seperti keharusan dalam melakukan performansi pembangkit. Seiring dengan hal tersebut, maka pemanfaatan sumber energi seefisien mungkin perlu dilakukan. Banyak jurnal atau tulisan yang membahas tentang analisis eksergi khususnya pada pembangkit listrik, namun analisis eksergi khusus pada ruang bakar jarang dilakukan. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi besar dan lokasi dari rugi-rugi eksergi pada ruang bakar pada PLTG sehingga dapat meningkatkan sistem, proses dan komponen yang sudah ada atau dapat digunakan untuk mengembangkan proses atau sistem yang baru

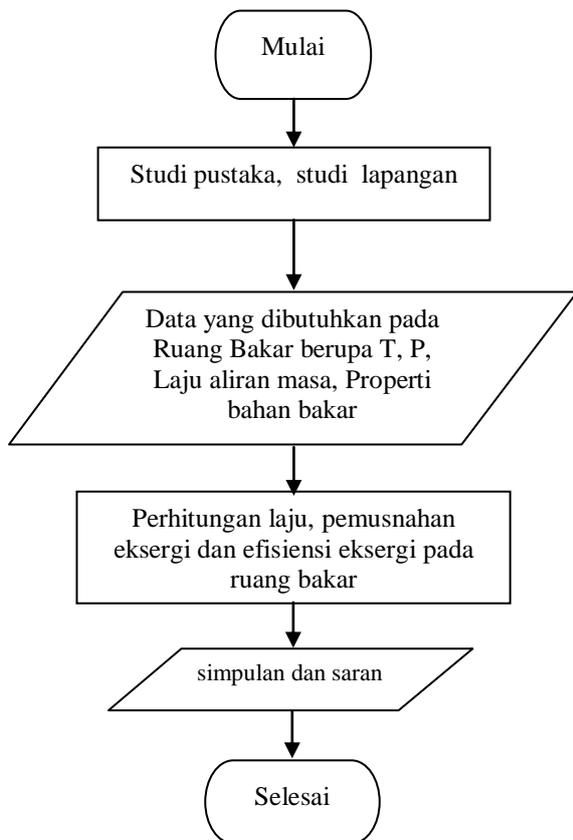
2. Metode

Pada penelitian ini, studi kasus analisis eksergi ini diterapkan pada Ruang Bakar siklus terbuka pembangkit listrik

tenaga gas Teluk Lembu (PLTG),. Studi ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja dari Ruang bakar siklus PLTG Sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam mengambil langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk meningkatkan peformansi dari sistem tersebut. Data didapatkan berdasarkan data operasional dari *Control Room*, data di lapangan, data dari *manual book* komponen-komponen yang digunakan, serta wawancara sebagai pendukungnya. Pengambilan data dilakukan yaitu pada tanggal 18 Juli 2014.

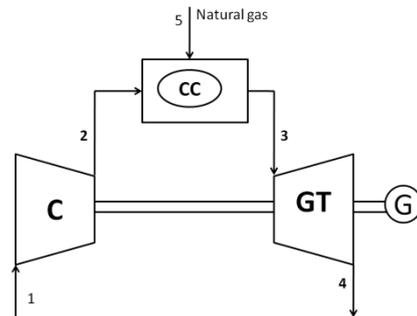
Pada saat pengambilan data dilakukan tiap jam dengan mencatat parameter-parameter yang telah ditentukan. Dari data yang didapatkan tersebut dihitung sehingga dihasilkan perhitungan eksergi pada ruang bakar secara manual.

Tahap pengerjaan tugas akhir yang akan dilakukan dapat digambarkan dalam *flowchart* pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. *Flowchart* Pengerjaan Tugas Akhir

Skema PLTG ditunjukkan pada Gambar 2. Sistem terdiri dari kompresor, ruang bakar dan turbin gas.



Gambar 2. Skema PLTG Teluk Lembu

Udara masuk kompresor adalah 300,03 K dengan tekanan 1,013 Bar. Tekanan meningkat menjadi 8,56 Bar melalui kompresor. Temperatur keluar turbin gas adalah 775,15 K dan penurunan tekanan sepanjang ruang bakar diasumsikan 3%.

Eksergi pada tiap-tiap Komponen

Analisis pembangkit dibagi kedalam beberapa volume atur dan kesetimbangan eksergi di hitung dari tiap-tiapkomponen. Kompoen yang dihitung adalah komponen Kompresor dan ruang bakar saja karena untuk menentukan analisis eksergi padaruang bakar cukup dilakukan perhitungan eksergi pada kompresor dan ruang bakar saja.

Kompresor

Proses kompresi dari 1-2, dari gambar 2 yaitu:

$$\dot{X}_1 = \dot{m}[C_p(T_1 - T_0) - T_0(s_1 - s_0)] \quad 3.1$$

dimana \dot{X}_1 adalah laju eksergi yang masuk ke komponen kompresor.

$$\dot{X}_2 = \dot{m}_{ud} C_p(T_2 - T_0) - T_0(s_2 - s_0) \quad 3.2$$

dimana \dot{X}_2 adalah laju eksergi yang keluar dari komponen kompresor.

Ruang Bakar

Menghitung eksergi pada pada ruang bakar yaitu penjumlahan eksergi fisik dan eksergi kimia.

$$\dot{X}_5 = m_{bb} \left(e_{bb}^{ph} + e_{bb}^{CH} \right) \quad 3.3$$

Untuk bahan bakar hidrokarbon, C_aH_b tabel eksergi kimia dapat digunakan. Hubungan yang paling akurat untuk eksergi kimia bahan bakar da 2 ditetapkan sebagai berikut (Moran 1982):

$$e_{bb}^{CH} = \left[h_F + \left(a + \frac{b}{4} \right) \cdot \dot{h}_{O_2} - a \cdot \dot{h}_{CO_2} - \frac{b}{2} \cdot \dot{h}_{H_2O(g)} \right] T_0, P_0 - T_0$$

$$\left[s_F + \left(a + \frac{b}{4} \right) \cdot \dot{s}_{O_2} - a \cdot \dot{s}_{CO_2} - \frac{b}{2} \cdot \dot{s}_{H_2O(g)} \right] T_0, P_0$$

$$+ R \cdot T_0 \cdot \ln \left[\frac{(X_0)^{a+b/4}}{(X_{O_2,CO_2})^a + (X_{O_2,H_2O(g)})^{b/2}} \right]$$

3.4

Atau formulasi pendekatan untuk eksergi kimia bahan bakar hidrokarbon di berikan sebagai berikut (Moran, 1982):

$$\frac{e_{bb}^{CH}}{LHV} \cong 1,033 + 0,0169 \frac{b}{a} - \frac{0,0698}{a} \quad 3.5$$

Maka laju eksergi yang masuk ke ruang bakar adalah

$$\dot{X}_5 = m_{bb} \left(e_{bb}^{PH} + e_{bb}^{CH} \right) \quad 3.7$$

Untuk menghitung laju aliran eksergi yang keluar ruang bakar atau masuk ke turbin gas di hitung dengan persamaan:

$$\dot{X}_3 = \dot{m}_g [C_p (T_3 - T_0) - T_0 (s_3 - s_0)] \quad 3.8$$

Berdasarkan skema pada gambar 2 maka kehilangan eksergi pada ruang bakar dapat di hitung dengan persamaan:

$$I_{destroyed} : \dot{X}_3 - (\dot{X}_5 + \dot{X}_2) \quad 3.9$$

Efisiensi hukum keduanya didefinisikan sebagai:

$$\eta_{h,cc} = \frac{\dot{X}_3}{\dot{X}_5 + \dot{X}_2} \quad 3.10$$

3. Hasil

Adapun ringkasan hasil analisis eksergi untuk sistem pembangkit dapat digambarkan dalam bentuk grafik maka kehilangan eksergi dan efisiensi eksergi dapat di tunjukkan pada tabel 3.1 berturut-turut dibawah ini.

Tabel 3.1 Kehilangan Eksergi dan Efisiensi Eksergi

Komponen	Kehilangan eksergi (MW)	Efisiensi eksergi (%)
Kompresor	3.81 (14,79%)	82,56%
Ruang Bakar	21.98 (85,21%)	75,71%

4. PEMBAHASAN

Berdasarkan Gambar 4, dapat dilihat bahwa eksergi efisiensi dari kompresor, ruang bakar secara berturut-turut adalah 82,56% dan 75,71 %. Efisiensi merupakan ukuran seberapa besar efektifitas input yang dapat diubah menjadi output, sedangkan kehilangan eksergi seperti yang ditunjukkan Kehilangan eksergi pada kompresor, ruang bakar berturut-turut adalah 3,81 MW(14,79%)21,98 MW(85,21%), Kehilangan eksergi terbesar terjadi pada ruang bakar sementara kehilangan eksergi terkecil terjadi di kompresor.

Laju kehilangan eksergi yang terjadi di ruang bakar di dapat sangat besar jika dibandingkan dengan komponen lainnya yang ini hasil ini sama dengan hasil beberapa peneliti. [9] melakukan analisis eksergi pada siklus gabungan 144 MW Kotri, Pakistan. Hasilnya menunjukkan bahwa kehilangan eksergi (siklus brayton) dari kompresor dan ruang bakar adalah 13.507MW (6.41%) dan 167.943 (79.74) MW, Ruang bakar adalah tempat terjadinya kehilangan eksergi terbesar. [10] melakukan Analisis Eksergi Siklus Kombinasi Turbin Gas-Uap Unit Pltgu Inderalaya dan melaporkan bahwa PLTG (siklus brayton) kehilangan eksergi terbesar terjadi di ruang bakar 47.41MW (7.9%) dan kehilangan eksergi terjadi di kompresor dan turbin gas adalah 5.87(9.78%) dan 7.73 MW(12.88). [11] melakukan analisis eksergi pada PLTG

omothoso dan hasilnya menunjukkan bahwa ruang bakar merupakan tempat terjadinya kehilangan eksergi terbesar 54.15%. [12] melakukan analisis eksergoekonomi PLTG 100 MW GE dan hasilnya menunjukkan bahwa kehilangan eksergi pada kompresor, dan ruang bakar adalah 9.66 MW (3.53%) dan 238.7 MW (86.38%) Berdasarkan hasil perhitungan dari analisis energi dan eksergi, maka ada beberapa saran untuk optimasi kepada perusahaan yang dapat dilakukan. Untuk Kompresor perlu dilakukan pemeriksaan secara rutin dan memberikan lubrikasi yang teratur, Sedangkan pada ruang bakar, tempat terjadinya kehilangan eksergi terbesar perlu mendapat perhatian khusus, untuk mengurangi Pemusnahan ekserginya dapat dilakukan dengan melakukan pemanasan terlebih dahulu udara pembakaran dan mengurangi rasio bahan bakar dan udara. Proses pembakaran akan memberikan dampak kepada kerja dan turbin gas terkait dengan temperatur pembakaran yang di hasilkan. Cara lain yang dapat dilakukan seperti kesimpulan dari beberapa peneliti sebelumnya ini, [13] didalam penelitiannya menyimpulkan bahwa kehilangan eksergi pada ruang bakar meningkat dengan semakin tingginya rasio tekanan tetapi hal ini tidak berpengaruh secara signifikan pada kompresor dan turbin gas. Kehilangan eksergi pada ruang bakar dan turbin gas menurun dengan meningkatnya temperatur masuk

Pada intinya pemeriksaan rutin, perbaikan komponen apabila sudah tidak bekerja dengan optimal adalah salah satu upaya yang dapat di lakukan namun langkah langkah-langkah untuk meningkatkan performansi tersebut selalu mempunyai konsekuensi ekonomi. Hal ini tentunya memerlukan pertimbangan-pertimbangan baik dari sisi ekonomi juga.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari analisis yang dilakukan dapat di ambil kesimpulan bahwa analisis eksergi yang diperoleh di ruang bakar

merupakan lokasi terjadinya kehilangan eksergi yaitu 21,98 (85,21%)

2 Saran

Adapun saran yang bisa di berikan penulis untuk kemajuan dan pengembangan penelitian ini adalah:

1. Penelitian lebih lanjut sangat di harapkan dengan mempertimbangkan komposisi udara dan bahan bakar sehingga hasil pembakaran yang di dapatkan akan lebih akurat.
2. Untuk perusahaan hendaknya melakukan pemeriksaan rutin tiap komponen dalam sistem
3. Perlu dilakukan kajian termoekonomi agar diketahui nilai efisiensi secara ekonomi

Ucapan Terima Kasih

Bapak Iman Sejati, pak Harry, pak Risnandar dan pak Rudolf Sitorus yang begitu ramah dan bersedia direpotkan serta membantu penulis di tempat penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S.C. Kaushik, V. Siva Reddy dan S.K. Tyagi. 2010. Energi and Exergy Analyses of Thermal Power Plants: A review. *Elsevier*, hal. 16,.
- [2] Dios Santoso dan Hasan Basri. 2011. Analisis Eksergi Siklus Kombinasi Turbin Gas-Uap. *Prosiding Seminar Nasional AVoer ke-3*, Palembang,.
- [3] Cengel, A.Yunus. 2002. *Thermodynamics An Engineering Approach Fifth Edition*. McGraw Hill Companies, New York
- [4] Kotas TJ, 1985. The exergy method of thermal power analysis. London: Butterworths:.
- [5] Ganapathy T, Alagumurthi N, Gakkhar RP, Murugesan K, 2009. Exergy analysis of operating lignite

- fired thermal power plant. *Journal of Engineering Science and Technology Review* :2:123–30.
- [6] Reddy BV, Mohamed K. 2007. Exergy analysis of natural gas fired combined cycle power generation unit. *International Journal of Exergy* :4:180–96
- [7] Srinivas T, Gupta AVSSKS, Reddy BV. 2007. Performansi simulation of 210MW natural gas fired combined cycle power plant. *International Journal of Energi, Heat and Mass Transfer* :29:61–82.
- [8] Ika Shanti B, Gunawan Nugroho, Sarwono, 2012. Analisa Termoekonomi Pada Sistem Kombinasi Turbin Gas – Uap PLTGU PT PJB Unit Pembangkitan Gresik, Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- [9] A. G. Memon , K. Harijan, S. F. Shah , R.A. MEMON, M. A. Uqaily. 2013, exergy Analysis of 144 Mw Combined Cycle Power Plant Kotri Pakistan, Si 4 University Research Journal
- [10] A.K.Tiwari, M.M. Hasan, Mohd.Islam. 2013.Exergy Analysis of Combined Cycle Power Plant: NTPC Dadri, India. *International Journal of Thermodynamics (IJoT)*, *Published online*: Mar. 01, 2013
- [11] Egware Henry Okechukwu, Obanor Albert Imuentinyan, 2013. Exergy analysis of Omotosho phase 1 gas thermal power plant. *International Journal of Energy and Power Engineering*. 2013; 2(5): 197-203)
- [12] D. I. Igbong and D.O. Fakorede, 2014. Exergoeconomic Analysis of A 100 MW Unit GE Frame 9 Gas Turbine Plant in Ughelli, Nigeria. *International Journal of Engineering and Technology* Volume 4 No. 8, August, 2014.
- [13] V. tara chand, B Ravi sankar and M. Rangaraya chowdary, 2013. “Exergy analysis of gas turbin power plant” *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 9 september 2013