

Menentukan Kerugian Energi pada Komponen Utama PLTU Menggunakan Simulasi *Cycle Tempo*

Romi Djafar¹⁾, Burhan Liputo²⁾, Yunita Djamalu³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Nahdlatul Ulama Gorontalo
Jl. Muchlis Rahim, Desa Ponggulo Barat, Kec. Botupingge, Kab. Bone Bolango, Gorontalo, Indonesia
e-mail: romidjafar84@gmail.com

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) tersusun atas komponen utama *boiler*, turbin, pompa, dan kondensor. Dalam pengoperasian komponen PLTU tersebut akan beroperasi secara terus menerus selama 24 jam apabila tidak terjadi *shutdown* akibat gangguan maupun kegiatan *maintenance* dan lain sebagainya. Kondisi ini akan mempengaruhi performa subsistem PLTU akibat umur pemakaian yang makin lama. Oleh karena itu, perlu adanya kegiatan identifikasi tiap komponen yang sudah tidak standar sehingga terjadi kerugian energi yang mengakibatkan penurunan efisiensi. Tujuan penelitian ini adalah menaksir kerugian-kerugian energi pada subsistem PLTU untuk kondisi desain yang nantinya jadi referensi kondisi eksisting kedepannya. Penelitian ini dilakukan melalui pemodelan simulasi *cycle tempo* menggunakan data desain (*heat balance and mass diagram*) PLTU Molotabu Gorontalo kapasitas 2x12.5 MW. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh efisiensi termal *boiler* yaitu 85,03%, efisiensi *gross electricity* sebesar 23,803% serta efisiensi net sebesar 23.3%. Sedangkan kerugian energi terbesar terjadi pada kondensor sebesar 46,68% dari total energi yang hilang ke lingkungan.

Kata Kunci: Simulasi, PLTU, Cycle Tempo, Energi, Subsistem

ABSTRACT

Steam Power Plant (PLTU) consists of main components like a boiler, turbine, pump, and condenser. In operating the PLTU components will be operate continuously for 24 hours if there is no shutdown due to disturbances or maintenance activities and so on. This condition will be effect the performance of the PLTU subsystem due to the longer service life. Therefore, to identify each component that is not standardized so that energy losses occur which result in a decrease in efficiency. The purpose of this study is to estimate energy losses in the PLTU subsystem for design conditions which will later become a reference for existing conditions in the future. This research was conducted through cycle tempo simulation modeling using design data (*heat balance and mass diagram*) PLTU Molotabu Gorontalo with a capacity of 2x12.5 MW. Based on the simulation results, the boiler thermal efficiency is 85.03%, gross electricity efficiency is 23.803% and net efficiency is 23.3% respectively. While the largest energy loss occurred in the condenser, amounting to 46.68% of the total energy lost to the environment.

Keywords: Simulation, PLTU, Cycle Tempo, Energy, Subsystem

I. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) tersusun atas komponen utama turbin, kondensor, *feedwater heater*, *heat exchanger* pompa, dan *boiler*. Dalam pengeporasiannya semua komponen tersebut akan mengalami penurunan performa seiring dengan waktu penggunaannya yang disebut dengan kerugian energi (*energy losses*). Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kerugian energi pada komponen utama PLTU. Kajian eksperimen evaluasi dan optimasi performa *air preheater* di PLTU Nagarjuna-India (Shruti, dkk., 2014). Hasil percobaan menunjukkan bahwa kerugian energi berupa kebocoran udara terjadi pada pelat radial sub-sistem PLTU tersebut. Analisis energi terbarukan dengan merancang sistem pembakaran berbagai jenis bahan bakar pada software *cycle-tempo* (Woudstra, dkk., 2010). Tujuan penelitian yaitu mengetahui desain sistem pembakaran yang optimal serta menentukan sistem efisiensi eksergi dengan cara membandingkan tiga model sistem.

Selanjutnya analisis pengaruh *excess air* terhadap FBC boiler, (Ghritlahre & Singh, 2014). Tujuan penelitian yaitu untuk meningkatkan efisiensi boiler dengan cara mengurangi kerugian panas pada *flue gas loss*. Hasil analisis bahwa *flue gas* tipe basah (*wet flue gas*) sulit dikontrol dan bergantung pada tipe batubara.

Pal, ddk (2014) melakukan simulasi menggunakan software *cycle-tempo* pada *combined cycle* (CCP). Tujuan penelitian untuk mengukur besar kerugian eksergi subsistem dimana suhu lingkungan digunakan untuk pemodelan *cooling* sistem. Penelitian lain yang dilakukan oleh Djafar (2017) disebutkan bahwa berdasarkan hasil analisis

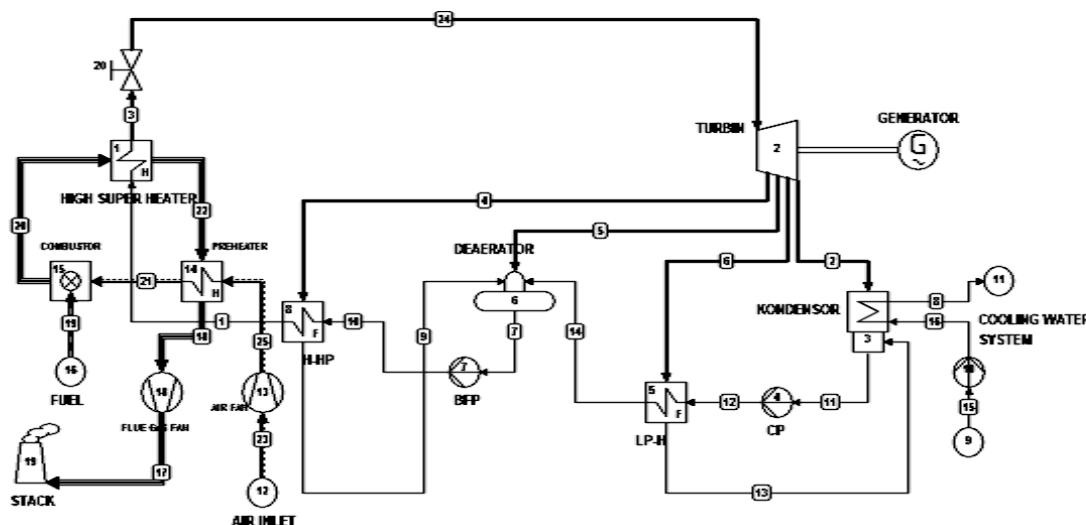
menggunakan software *cycle tempo* variasi rasio ekuivalen 1,0 sampai 1,45, menghasilkan x-ratio yang dapat mempengaruhi efisiensi termal sistem PLTU pada beban turbin yang berbeda-beda.

Model pembangkit yang digunakan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap Molotabu Gorontalo dengan daya *gross* sebesar 2x12,5MW. Komponen utama PLTU terdiri atas satu boiler, satu turbin uap yang dihubungkan dengan generator, kondensor, dua *close feedwater* dan satu *deaerator*. Jenis turbin uap yang digunakan adalah *high pressure turbine* yang memiliki tiga ekstraksi. Ekstraksi pertama dan ketiga menuju *closed feedwaterheater* dan kedua menuju *open feedwater* atau *deaerator*. Pada penelitian ini, analisis kerugian energi difokuskan pada komponen utama turbin.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian simulasi menggunakan software *cycle tempo* yang mengikuti. Tahapan dalam penelitian ini dilakukan melalui langkah-langkah pemodelan sistem sebagai berikut:

1. Pembuatan model sistem PLTU sesuai dengan data *process flow diagram* yang dikombinasi data skema boiler dari data CCR (Gambar 1).
2. Memasukkan *parameter* yang dibutuhkan masing-masing apparatus.
3. Melakukan simulasi sampai konvergen. Ketika proses simulasi terjadi *error* maka dilakukan proses *input data* parameter pada *apparatus* lagi. Ketika, proses simulasi telah diketahui konvergen, selanjutnya dipilih *menu bar*,



Gambar 1. Pemodelan PLTU Molotabu Gorontalo 2x12.5 MW

general data dan *production functions* untuk mengetahui *gross output power*, *net power output*, dan *net thermal efficiency*.

Hasil pemodelan sistem PLTU pada Gambar 1 merupakan pemodelan sistem PLTU pada kondisi normal atau beban turbin 100%. Metode untuk memperoleh pemodelan PLTU pada kondisi normal dapat dicapai dengan cara memasukkan komposisi bahan bakar batubara pada *pipe fuel coal feeder* yang terhubung dengan *combustor*. Kemudian memasukkan kebutuhan udara aktual atau *secondary air* yang diperlukan untuk proses pembakaran yang temperaturnya ditingkatkan pada *air preheater*. Jumlah udara aktual diperoleh dari udara teoritis hasil reaksi pembakaran setiap unsur dari komposisi batubara sebesar 5.519 kg/kg *coal* dan penetapan faktor *excess air* sebesar 25% dengan udara aktual yang diperoleh sebesar 6,89 kg/kg *coal*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi yang dilakukan pada *software cycle tempo*, dapat diketahui dari data efisiensi sistem pada *menu bar*. Hasil data efisiensi sistem dari *cycle tempo* mencakup efisiensi *gross*, *netto*, jumlah energi-eksergi masuk, energi yang diserap,

Sedangkan kerugian energi yang terkecil terdapat pada *low pressure heater* (LPH) yaitu sebesar 0,7 kW. Hasil gabungan antara perhitungan aliran energi dan simulasi *cycle tempo* dari siklus PLTU dapat digambarkan dalam bentuk *Sankey diagram* yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Diagram *Sankey* Gambar 2 menunjukkan bahwa total energi bahan bakar yang masuk (Q_{in}) ke *boiler* sebesar 58796,54 kW basis HHV pada *cycle tempo*. Dari total energi yang masuk *boiler* yang dikonversi menjadi energi listrik sebesar 12500,00 kW pada efisiensi termal *gross* sebesar 23,34%. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi kerugian energi pada masing-masing subsistem PLTU. Hasil pemodelan bahwa kerugian energi terbesar yang terbuang ke lingkungan terjadi pada kondensor sebesar 27680 kW atau 46,68%. Sedangkan kerugian energi besar yang lain terjadi pada *boiler* sebesar 31,459%. Hal ini disebabkan oleh proses pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna pada *bolier*. Sehingga dari neraca energi dapat diketahui bahwa subsistem yang memiliki jumlah *losses* besar direkomendasi untuk dapat dilakukan optimasi subsistem yang kurang efisien, agar menghasilkan performa PLTU yang lebih baik.

Tabel 1. Data Hasil Simulasi *Cycle Tempo*

	No	Apparatus	Type	Energy [kW]	TOTAL	Exergy (kW)	Total (kW)
Absorb Power	30	Fuel Source	10	52515,79	52515,79	58796,54	58796,54
Delivered Gross Power	1	Generator	G	12512,00	12512,00		12512,00
Aux. Power	11	BFP	8	95,64		95,64	
Comsump.	12	CWP	8	5,11		5,11	
	13	CCWP	8	139,21		139,21	
					239,96		239,96
Delivered Net Power					12260,04		12260,04
Eff. system	Gross			23,802%		21,260	
	Net			23,345%		20,852	

daya *output* dan produksi total panas (Tabel 1).

Hasil kesetimbangan energi pada Tabel 1 diperoleh dari data yang dihasilkan oleh pemodelan dengan kondisi pembebanan turbin 100%. Berdasarkan simulasi menunjukkan bahwa efisiensi *gross* sistem PLTU sebesar 23,8% dan efisiensi *net* energi sebesar 23,3%. Hasil simulasi diperoleh nilai kerugian energi Kerugian (Q_{loss}) pada masing-masing subsistem terdapat pada Tabel 2. Kerugian energi terbesar terdapat pada komponen PLTU yaitu sebesar 27680 kW.

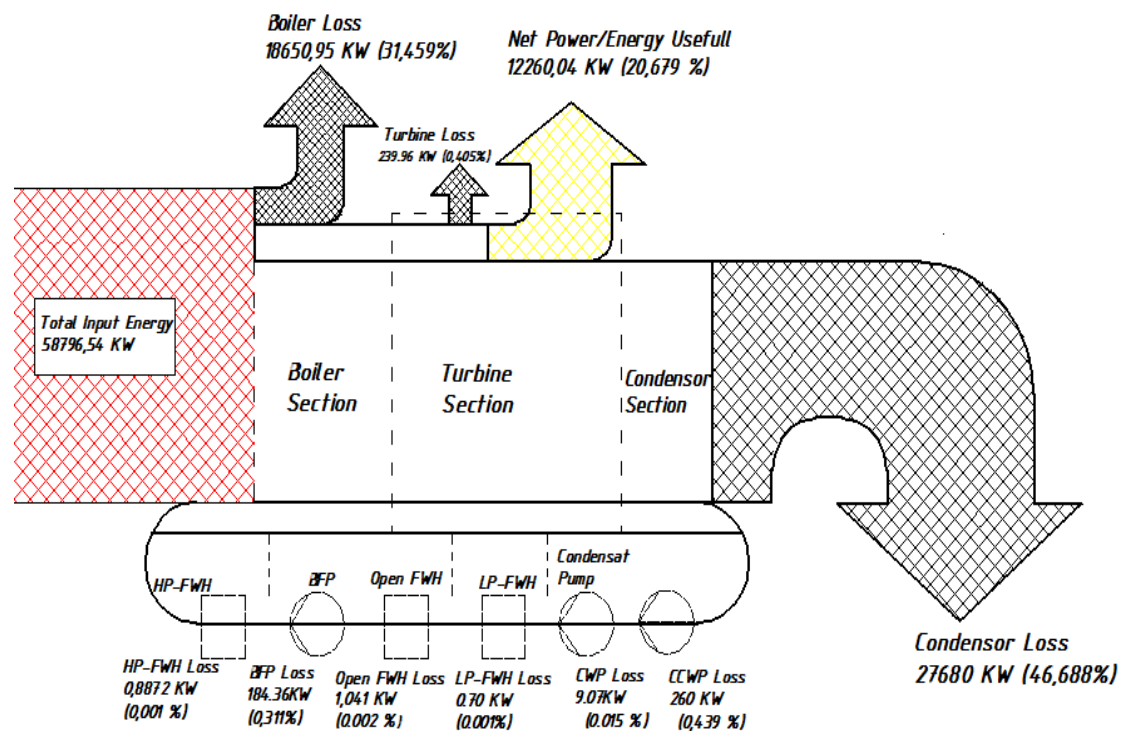
IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil simulasi pada sistem PLTU diperoleh efisiensi berupa daya *gross* sebesar 23,803% dan daya *netto* adalah 23,345%.

Tabel 2. Data Energi Hasil Simulasi *Cycle Tempo*

Main comp.	Mass flow rate (kg/s)	Entalphy (kJ/kg)	Energy (kW)	Energy inlet (kW)	Energy outlet kW	Q loss (kW)
Boiler	14,69	3365,53	49453,10	49453,10	9684,96	18650,95
Turbine	14,69	3365,53	49453,10	49453,10	36940,20	239,96
Condensor	12,19	2445,85	29824,69	155124,42	155887,5	27680
CWP	12,78	175,81	2247,56	2247,56	2251,52	9,07
LP-FWH	0,59	2606,32	1537,73	3789,25	3788,55	0,70
OPEN-FWH	12,78	287,15	3670,93	6407,92	6406,88	1,04107
BFP	14,69	436,02	6406,88	6406,88	6494,60	184,36
HP-FWH	14,69	441,99	6494,60	9865,50	9866,39	0,8872
CCWP	1000	125,83	125830,00	125830,00	125960,0	260,00



Gambar 2. Diagram Sankey Aliran Energi

- Hasil analisis energi kerugian terbesar yang terbuang ke lingkungan terjadi pada komponen kondensor yaitu 46,688%. Sedangkan kerugian energi besar yang lain terjadi pada boiler yaitu 31,459%.
- Menentukan efisiensi boiler kondisi desain yang terdiri dari beberapa subsistem sebaiknya digunakan metode *heat duty heat exchanger multiphase stream* sehingga diperoleh efisiensi boiler mendekati efisiensi data desain.

DAFTAR PUSTAKA

Djafar, R., (2017), Pengaruh X-Ratio Air Preheater terhadap Performa PLTU Kapasitas 2x12,5

MW pada Variasi Beban Turbin 50%, 70%, dan 100% dengan Menggunakan Software Cycle

Tempo
<https://repository.its.ac.id/3596/1/2114202017-Master-Theses.pdf>

Ghritlahre, H., & Singh, T.P., (2014), Effect of Excess Air on 30 TPH AFBC Boiler on Dry Flue gas Losses and its Efficiency, *International Journal of Research in Advent Technology*, Vol. 2, No. 6, hal. 19-23.

Pal, M.K., Arora, A., & Chandra, H., (2014), Energy and Exergy Analysis of Coal Fired Thermal Power Plant, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 3, Issue 2, hal. 2388-2392.

- Shruti, G., Bhat, R., Sheri, G., (2014), Performance Evaluation and Optimization of Air Preheater in Thermal Power Plant, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, Vol. 5, Issue 9, hal. 22-30.
- Woustra, N., Woudstra, T., Pirone, A., & van der Stelt, T., (2010), Thermodynamic Evaluation of Combined Cycle Plants, *Energy Conversion and Management*, 51(2010), hal. 1099-1110.