

# ANALISA EFISIENSI TURBIN PADA BEBAN MAKSIMAL DI PLTU PT. X UNIT 3 KAPASITAS 1 x 60 MW DENGAN PENDEKATAN SIKLUS RANKINE IDEAL REGENERATIF

Arryf Rahmad Subuhqi<sup>1</sup>, Eka Megawati<sup>1\*</sup>, I Ketut Warsa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pengolahan Minyak dan Gas,  
Sekolah Tinggi Teknologi Migas

\*E-mail: ekamegawati89@yahoo.com

## ABSTRACT

*Efficiency is one of the important equations in thermodynamics to find out how well the energy conversion or process is. At the maximum load that will be calculated is from each sample that has been analyzed where this maximum load is the maximum electricity requirement that occurs during a certain time interval, usually occurs at intervals of 15 minutes, intervals of 30 minutes, or in certain cases can take up to 60 minutes. The purpose of this report is to know the turbine efficiency at PLTU PT. X Unit 3 Capacity 1 x 60 MW at maximum load conditions with an ideal Rankine regenerative cycle approach, the methods used are manual calculations and Microsoft excel. Based on the results of data analysis and calculations on 4 samples, it can be concluded that in sample 1 with a generator load of 54.04 MW, the turbine efficiency is obtained at 83.76%, in sample 2 with a generator load of 58.77 MW, the turbine efficiency is obtained at 85.56%. In sample 3 with a generator load of 55.91 MW, the turbine efficiency is 84.82%. In sample 4 with a generator load of 58.03 MW, the turbine efficiency is 86.56%.*

*Keywords: Turbine Efficiency, Maximum Load, Ideal Rankine Cycle regenerative*

## ABSTRAK

Efisiensi merupakan salah satu persamaan yang penting dalam termodinamika untuk mengetahui seberapa baik konversi energi atau proses, pada beban maksimal yang akan dihitung adalah dari masing-masing sampel yang telah dianalisis dimana beban maksimal ini ialah kebutuhan dari listrik secara maksimum yang terjadi selama selang waktu tertentu, biasanya terjadi pada selang waktu 15 menit, selang waktu 30 menit, atau dalam hal tertentu dapat berselang waktu hingga 60 menit. Tujuan dari laporan ini ialah mengetahui efisiensi turbin di PLTU PT. X Unit 3 Kapasitas 1 x 60 MW pada kondisi beban maksimal dengan pendekatan siklus *Rankine ideal regenerative*, metode yang digunakan ialah dengan perhitungan secara manual dan dengan *Microsoft excel*. Berdasarkan hasil analisa data dan perhitungan pada 4 sampel maka dapat disimpulkan bahwa pada sampel 1 dengan beban generator sebesar 54,04 MW, didapatkan efisiensi turbin sebesar 83,76 %, Pada sampel 2 dengan beban generator sebesar 58,77 MW, didapatkan efisiensi turbin sebesar 85,56 %. Pada sampel 3 dengan beban generator sebesar 55,91 MW, didapatkan efisiensi turbin sebesar 84,82 %. Pada sampel 4 dengan beban generator sebesar 58,03 MW, didapatkan efisiensi turbin sebesar 86,56 %.

**Kata kunci:** Efisiensi Turbin, Beban maksimal, Siklus *Rankine ideal regenerative*

## PENDAHULUAN

Saat ini energi listrik di Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat. Hal ini dapat dilihat dari semakin banyaknya sektor pembangunan dibidang industri maupun tempat tinggal masyarakat. Sebagian besar industri sangatlah bergantung pada tenaga listrik sebagai sarana untuk kelangsungan proses produksi maupun pengoperasiannya. Maka dari itu untuk memenuhi kebutuhan listrik, Dibangunlah berbagai macam pembangkit listrik di Indonesia. Salah satu jenis pembangkit listrik adalah Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU) (Rakhman, 2013).

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah jenis pembangkit yang merubah energi yang terdapat pada bahan bakar fosil (batubara, minyak, gas alam menjadi tenaga untuk menggerakkan poros yang kemudian menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik (Dwiaji dan Utama, 2020). Fluida kerja pada PLTU adalah air yang mana dapat berbentuk cair maupun uap dalam siklus operasinya. Daya keluaran yang dihasilkan oleh suatu pembangkit akan selalu berubah-ubah sesuai dengan kondisi beban pada saat itu. Daya yang dibangkitkan pula akan semakin besar jika permintaan beban meningkat, begitu juga sebaliknya. Hal ini tentu akan mempengaruhi besar biaya pembangkitan, semakin besar daya keluaran yang dihasilkan maka semakin banyak pula bahan bakar yang dipakai (Hetharia dan Lewerissa, 2018).

Salah satu alat yang digunakan pada (PLTU) ialah turbin, yang dimana Turbin merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengkonversi energi uap yang temperatur tinggi dan tekanan tinggi menjadi energi mekanik (putaran), Dengan adanya energi kinetis uap yang digunakan langsung untuk memutar turbin, maka dapat dikatakan juga disini, bahwa kemajuan teknologi turbin banyak dipengaruhi oleh kondisi uap yang dihasilkan. Air demineral pada siklus PLTU berfungsi sebagai media transfer energi yang terkandung dalam bahan bakar sampai dengan energi listrik yang dihasilkan oleh generator yang seporos dengan turbin. Siklus ini bekerja pada kondisi tekanan dan temperatur yang tinggi. Oleh karena itu air demineraleral harus diolah mengikuti prosedur dan persyaratan yang sesuai dengan kriteria (Pasra dan Hakim, 2015). Uap yang dihasilkan boiler adalah uap superheat dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Jumlah produksi uap tergantung pada luas permukaan pemindah panas, laju aliran, dan panas pembakaran yang diberikan. Boiler yang konstruksinya terdiri dari pipa-pipa berisi air disebut dengan *water tube boiler* (Nurshanti, 2017).

Pada hukum termodinamika II bahwa tidak mungkin membuat mesin bekerja dalam satu siklus menerima kalor dari sebuah reservoir dan mengubah seluruhnya menjadi energi atau usaha. Sehingga pada unit Turbin di PLTU dapat di tentukan kemampuan turbin untuk merubah energi panas yang di kandung uap menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator atau di sebut dengan perhitungan efisiensi turbin (Potter and Craig, 2011).

Salah satu unit pembangkit listrik tenaga uap yang berada di pulau Kalimantan Indonesia adalah PLTU PT. X. Dengan menghasilkan kebutuhan pokok berupa tenaga listrik sebesar 740.504 MW pertahun ke sistem interkoneksi di Kalimantan. Adapun kapasitas bersih perjam Listrik yang dihasilkan dan disalurkan melalui jaringan PLN di sistem kalimantan dengan total sebesar 95 MW.

Siklus Rankine Regeneratif adalah modifikasi siklus Rankine dimana air sebagai fluida kerja dinaikkan temperaturnya dengan memanfaatkan uap ekstraksi dari turbin sehingga kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan fluida kerja pada boiler berkurang (Riska, et al., 2019).

Efisiensi adalah perbandingan antara output terhadap input dalam suatu proses. Efisiensi merupakan salah satu persamaan yang penting dalam termodinamika untuk mengetahui seberapa baik konversi energi atau proses (Riska, et al., 2019).

$$\eta = \text{Energi Berguna} / \text{Energi masuk}$$

Sumber: Syukrillah, et al (2019)

Adapun Efisiensi siklus turbin uap merupakan parameter yang menyatakan derajat keberhasilan komponen atau sistem turbin uap mendekati desain atau proses ideal dengan satuan (%) (Ilham dan aksar, 2021).

## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menganalisa data operasi yang diambil per 30 menit, dimana data sampel 1 diambil pada pukul 10.28, sampel 2 diambil pada waktu pukul 11.00, sampel 3 diambil pada waktu pukul 11.30, dan sampel 4 diambil pada waktu pukul 12.00, bisa dilihat selang waktu pada setiap sampel sehingga data analisis dari setiap sampel ini berbeda. Adapun data design ialah data yang menjadi data standar dari setiap data analisis pada setiap sampel, setelah itu dihitung dengan manual dan di masukkan ke *software Microsoft excel* dengan menggunakan rumus *steam excel* (Said, 2017).

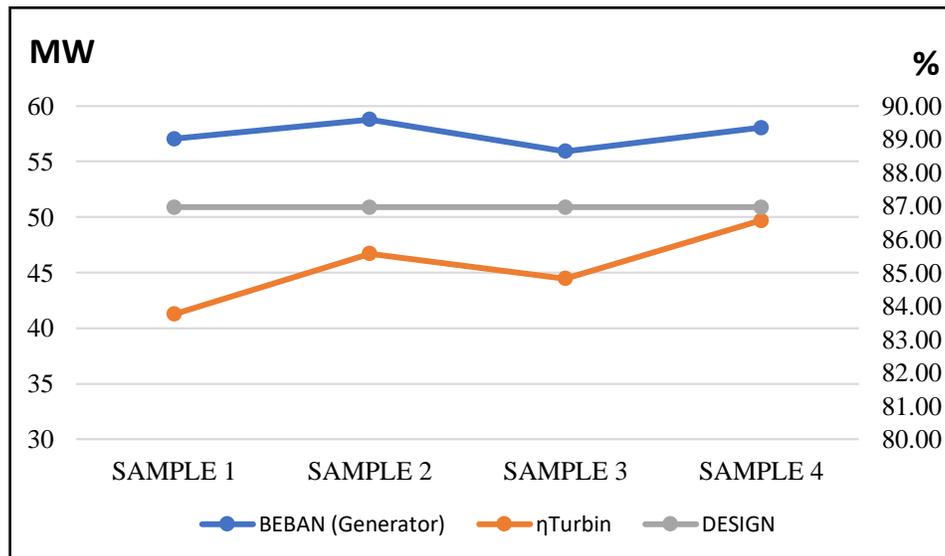
**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Data pengamatan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Hasil Analisis Data Sampel dan Data Design

Sampel	Beban Generator	Daya Aktual		Daya Teoritis		Hasil	
	(MW)	Nilai	Satuan	Nilai	Satuan	$\eta$ Turbin	Satuan
Sampel 1	57,04	6934985	KW	58085,4	KW	83,76	%
Sampel 2	58,77	69943,68	KW	59847,25	KW	85,56	%
Sampel 3	55,91	67121,29	KW	56934,83	KW	84,82	%
Sampel 4	58,03	68266,74	KW	59093,69	KW	86,56	%
Rata-rata	57,44	68670,39	KW	58490,33	KW	85,18	%
Data Design	60,61	70976,98	KW	61720,98	KW	86,96	%

Pada Tabel 1 merupakan hasil perhitungan dari beban generator, daya actual dan daya teoritis untuk mendapatkan nilai efisiensi dari turbin.



**Gambar 1.** Beban Maksimal terhadap Efisiensi Turbin

Pada perhitungan analisis efisiensi turbin digunakan 4 sampel yang berbeda. Pada sampel 1 yang diambil pada pukul 10,28 didapatkan beban generator sebesar 57,04 MW, sehingga didapatkan efisiensi turbin sebesar 83,76 %, Pada sampel 2 yang diambil pada pukul 11.00 didapatkan beban generator sebesar 58,77 MW, sehingga didapatkan efisiensi turbin sebesar 85,56 %. Pada sampel 3 yang diambil pada pukul 11.30 didapatkan beban generator sebesar 55,91 MW,

sehingga didapatkan efisiensi turbin sebesar 84,82 %. Pada sampel 4 yang diambil pada pukul 12.00 didapatkan beban generator sebesar 58,03 MW, sehingga didapatkan efisiensi turbin sebesar 86,56 %. Sedangkan pada data design diketahui beban generator 60,61 MW, maka didapatkan efisiensi pada turbin sebesar 86,96 %. Dapat dilihat dari data design yang menjadi data standar dari hasil perhitungan efisiensi turbin maka hasil perhitungan tersebut benar karena mendekati hasil efisiensi dari standar design, dikatakan benar karena dari standar design didapatkan efisiensi turbin sebesar 86,96 %, sedangkan dari masing-masing sampel tidak ada yang kurang dari 80 % dan lebih dari 86,96 %.

Jadi dapat dilihat pada setiap sampel yang telah di analisa dan dihitung terjadi perbedaan hasil efisiensi pada sampel 1 dan 3 dapat dilihat bahwa beban pada generatornya rendah sehingga menghasilkan efisiensi turbin yang rendah, sedangkan pada sampel 2 dan 4 pada beban generator dapat dilihat cukup tinggi sehingga menaikkan efisiensi turbin tersebut. Artinya beban generator sangat berpengaruh pada efisiensi turbin, dapat dilihat juga pada beban generator didata design yang menjadi standar dalam menentukan efisiensi turbin setiap sampel. Gambar 1 menunjukkan jika beban generator mengalami kenaikan pada efisiensi turbin juga mengalami kenaikan dan begitupun sebaliknya jika data pada beban generator mengalami penurunan maka di efisiensi turbin juga mengalami penurunan, ini bisa disebut pula dengan perbandingan lurus dari suatu grafik sebuah efisiensi turbin terhadap beban generator. Jika nilai pada beban generator lebih tinggi dengan standar atau design dari turbin maka effisiensinya akan mengalami kenaikan suhu dan dapat menyebabkan peralatan turbin akan mudah panas sehingga dapat mempengaruhi kinerja dari turbin tersebut.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan pembahasan yang telah di dapat di simpulkan bahwa, hasil analisa data dan perhitungan pada 4 sampel maka dapat disimpulkan bahwa pada sampel 1 dengan beban generator sebesar 54,04 MW, didapatkan efisiensi turbin sebesar 83,76 %, Pada sampel 2 dengan beban generator sebesar 58,77 MW, didapatkan efisiensi turbin sebesar 85,56 %. Pada sampel 3 dengan beban generator sebesar 55,91 MW, didapatkan efisiensi turbin sebesar 84,82 %. Pada sampel 4 dengan beban generator sebesar 58,03 MW, didapatkan efisiensi turbin sebesar 86,56 %.

## PENGAKUAN DAN UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu sehingga penyusunan artikel dapat terselesaikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dwiaji, C. Y., dan Utama, M. D. (2020). *Analisis Efisiensi Boiler Terhadap Pola Pengoperasian Sootblower di PLTU Surabaya*. Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- Hetharia, M. dan Lewerissa, Y. (2018). *Analisis Energi Pada Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Pltu) Dengan Cycle Tempo*. Jurusan Teknik Mesin Program Studi Diploma IV Politeknik Katolik Saint Paul Sorong.
- Ilham, M., Salimin., dan Aksar, P., (2021). Analisis Pengaruh Nilai Beban Unit Terhadap Efisiensi dan Heat Rate Turbin Pada Pltu Moramo. *ENTHALPY: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 6(3), pp. 107-113.
- Nurshanti, A. V. F. (2017). *Analisis Unjuk Kerja Siklus Rankine Sebelum Dan Sesudah Overhaul Pada PLTU Unit 2 PT. PJB UP Gresik*. Program Studi Diploma III Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Pasra, N., dan Hakim, F. (2015). *Pengoperasian Water Treatment Plant di PT PJB Unit Pembangunan Paiton*. Jurnal Energi & Kelistrikan, 7(1), pp. 41-48.
- Potter, M. C. and Craig, W. S. (2011). *Buku Termodinamika Teknik Edisi Kedua*. Erlangga, Jakarta.
- Rakhman, Alief. (2013). *Fungsi dan Prinsip kerja PLTU*. Dapat pula diakses pada : <http://rakhman.net/fungsi-dan-prinsip-kerja-pltu/>. Diakses pada tanggal 26 Oktober 2021.
- Rakhman, A. (2013). *Prinsip Kerja Kondensor*. Dapat pula diakses pada : <https://rakhman.net/power-plants-id/prinsip-kerja-kondensor/> Diakses Pada tanggal 28 Oktober 2021.
- Riska, Simanjuntak, Y. M., Taufiqurrahman, M. (2019). Studi Nilai Efisiensi Termal Penggunaan Feed Water Heater PT. Indonesia Power UJP PLTU Sanggau. *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, 1(1), pp. 1-7.
- Said, Nur Ali. (2017). *Buku Panduan Operator DCS Unit #3*. Tenggara: PT. Cahaya Fajar Kaltim.
- Syukrillah, M., Khwee, K. H., dan Hiendro, A. (2019). Analisis Perhitungan Efisiensi Energi di Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBM) PT. Harjohn Timber Kubu Raya. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, 7(2), pp. 1-11.