

## Analisa Dan Simulasi Efisiensi Energi Listrik PT. XYZ Dengan Menggunakan Regresi Linier

**Ahmad Arif<sup>1</sup>, Muhammad Fitra Zambak<sup>2</sup>, Suwarno<sup>3</sup>, Muchsin Harahap<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Pasca Sarjana Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Jl. Denai No. 217, Medan 20226

<sup>4</sup> Program Studi Teknik Pendingin Dan Tata Udara, Politkenik Tanjungbalai  
Sei Raja, Sei Tualang Raso, Kota Tanjung Balai, Sumatera Utara - 21331  
e-mail: arifdesi2312@gmail.com

**Abstrak**— PT. XYZ memiliki pembangkit energi listrik menggunakan batubara sebagai bahan bakar boiler. Secara sederhana dikatakan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Dengan menggunakan 2 boiler dan 1 turbin generator yang dilakukan secara bergantian yang bertujuan menjaga kestabilan energi uap yang dihasilkan untuk mendapatkan energi listrik yang akan terdistribusi ke bagian lain. Boiler yang digunakan dengan kapasitas steam uap 6.85 Mpa dan temperatur suhu boiler 450oC sedangkan turbin dan generator memiliki kapasitas yang sama yaitu 12 MW. Metode yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode regresi linier untuk mencari peluang penghematan energi bersama dengan memakai aplikasi Hysys dan MS.Excell. Software aplikasi Hysys digunakan merancang/membuat simulasi peningkatan efisiensi thermal boiler yang mendapatkan peluang energi listrik yang dikeluarkan oleh genertor, sedangkan Ms. Excel digunakan untuk perhitungan analisis data yang diambil dari observasi dan analisa perhitungan. Tujuan dari penelitian ini dilakukan untuk menganalisa efisiensi energi pada PT. XYZ dengan menggunakan metode regresi linier. Untuk hasil uji data pada boiler didapat untuk efisiensi boiler A didapatkan nilai efisiensi sebesar 63,6 %. Sedangkan pada hasil simulasi di 62,91%. Hal ini dapat ditemukan selisih antara perhitungan dan simulasi sebesar 0,77 %. Untuk perbandingan hasil uji pada perhitungan turbin HP sebesar 63,08% sedangkan pada simulasi Turbine HP sebesar 63,05 %. Hal ini didapat selisih nilai 0,3 %. Untuk hasil regresi linier nilai a sebesar 129,467 dan nilai b sebesar 0,2340. Hal ini mendapatkan nilai  $Y = 129,4676 + 0,2340x$ . Untuk nilai perhitungan regresi linier pada turbin di dapatkan nilai a sebesar 170,748 sedangkan nilai b sebesar 0,0764x dan didapat nilai  $Y = 170,748 + 0,0764x$ .

**Kata kunci** : Boiler, Regresi Linier, Simulasi Hysys, PT.PHPO

**Abstract**— PT. XYZ has a power plant using coal as boiler fuel. In simple terms, it is said to be a steam power plant (PLTU). By using 2 boilers and 1 turbine generator which are carried out alternately which aims to maintain the stability of the steam energy produced to obtain electrical energy that will be distributed to other parts. The boiler used has a steam capacity of 6.85 Mpa and a boiler temperature of 450oC while the turbine and generator have the same capacity of 12 MW. The method used in this study uses linear regression method to find energy saving opportunities by using Hysys and MS.Excell applications. The Hysys application software is used to design/make a simulation of increasing the thermal efficiency of a boiler that gets the opportunity for electrical energy released by the generator, while Ms. Excel is used for calculation of data analysis taken from observation and calculation analysis. The purpose of this study was to analyze energy efficiency at PT. XYZ using linear regression method. For the results of the test data on the boiler, it is obtained for the efficiency of boiler A, the efficiency value is 63.6%. While the simulation results at 62.91%. It can be found that the difference between the calculation and the simulation is 0.77%. For comparison of test results on the calculation of the HP turbine is 63.08% while the HP Turbine simulation is 63.05 %. This is obtained by the difference in value of 0.3%. For the results of linear regression, the value of a is 129.467 and the value of b is 0.2340. This gets the value  $Y = 129.4676 + 0.2340x$ . For the linear regression calculation value on the turbine, the a value of 170.748 is obtained while the b value is 0.0764x and the value of  $Y = 170.748 + 0.0764x$  is obtained.

**Keywords** : Boiler, Linear Regression, Hysys Simulation, PT.PHPO

### I. PENDAHULUAN

Kita sudah mengetahui bahwa Indonesia memiliki sumber energi yang cukup, yaitu sumber energi tak

terbarukan dan sumber energi terbarikan. Saat ini negara indonesia berusaha terus mengembangkan sumber energi terbarukan dengan dilakukan penelitian dan pengembangan yang baik untuk

penerapan penelitian tersebut. Di Indonesia perkembangan energi terbarukan sudah menanjak naik sejak tahun 2010 dengan 34% untuk minyak bumi atau senilai 489,67 juta SBM dari jumlah seluruh sebesar 20% dari konsumsi energi dan batubara dengan nilai 288,04 juta SBM. Untuk konsumsi energi sektor industri sebesar 34%, dan ini menyebabkan terjadinya pemborosan energi di sektor industri [1].

Dengan kondisi seperti yang di uraikan diatas maka di butuhkan manajemen energi dalam bentuk sistematis serta terencana untuk memberdayakan sumber energi dalam meningkatkan efisiensi dan bentuk pemanfaatannya [2]. Manajemen energi wajib dilakukan karena konsumsi energi tiap tahun mengalami kenaikan sebesar 5,6% per tahun, dengan sumber daya energi terbatas.

PT. XYZ memiliki pembangkit energi listrik menggunakan batubara sebagai bahan bakar boiler. Jadi secara sederhananya bahwa ini dikatakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Untuk komponen utama Pembangkit Listrik Tenaga Uap adalah boiler, turbin, generator, baterai dan pompa dan komponen pendukungnya, conveyor, kondensor fan dan lainnya [3]. Dengan peralatan yang mempunyai kondisi baik sehingga dapat bekerja dengan efisien. Peningkatan efisiensi dapat dilakukan dengan dilakukan perawatan secara berkala dan perlu di lakukan strategi manajemen energi untuk mendapatkan peningkatan efisiensi energi yang banyak mengkomsumsi tenaga.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

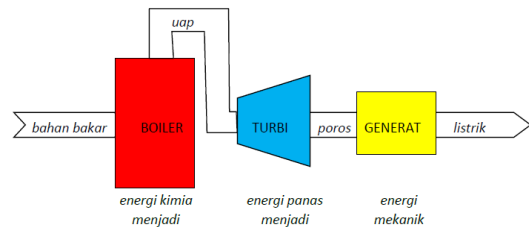
### A. Manajemen Energi Listrik

Sistem Manajemen Energi Listrik (*Electrical energy management system - EEMS*) secara luas mengacu pada sistem komputer yang dirancang khusus untuk kontrol otomatis dan pemantauan tenaga listrik dan utilitas sistem. Cakupannya dapat terbentang dari pusat pengiriman beban hingga sekelompok jaringan listrik [4]. Kebanyakan sistem manajemen energi ini juga menyediakan fasilitas pengambilan keputusan bagi operator di operasi dan kontrol secara real time. Data yang diperoleh dari tindakan tersebut digunakan untuk melatih operator di pusat kendali dan untuk melakukan studi teknik untuk tindakan futuristik seperti perencanaan, pengoptimalan dan penjadwalan pemeliharaan, dll. secara berkala dan untuk menghasilkan tren analisis dan perkiraan konsumsi tahunan. Sistem Manajemen Energi (*Electrical energy management system-EEMS*) adalah kumpulan alat komputerisasi yang digunakan untuk memantau, mengontrol, dan mengoptimalkan kinerja sistem pembangkit dan transmisi [5].

### B. Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit Listrik Tenaga Uap merupakan sebuah pembangkit dengan memanfaatkan energi panas dan

dikonversikan menjadi uap yang digunakan untuk memutar turbin dan menggerakkan generator. Pembangkit Listrik Tenaga Uap menggunakan bahan bakar *primer* seperti batubara, gas, bbm, dan bahan bakar *primer* lainnya [6]. Dalam konversi energi tingkat yang pertama yang terjadi di pembangkit listrik tenaga uap adalah konversi energi *primer* menjadi energi panas (kalor). Hal ini dilakukan dalam ruang bakar dari ketel uap. Energi panas ini kemudian dipindahkan ke dalam air yang ada dalam steam drum. Adapun proses konversi uap pada gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Proses Konversi Uap

#### a. Boiler

Boiler atau Ketel uap adalah suatu peralatan yang digunakan untuk menghasilkan uap (*steam*) untuk berbagai keperluan dengan cara mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi panas. Pada boiler, air dipanaskan oleh panas dari hasil pembakaran bahan bakar sehingga terjadi perpindahan panas yang mengakibatkan temperatur air menjadi naik sampai mencapai keadaan cair jenuh [7].

Pada PT. XYZ menggunakan boiler pipa air dengan ketel yang sudah sangat modern, water tube boiler biasanya dirancang dengan tekanan sangat tinggi dan memiliki kapasitas steam antara 4.500-12.000 kg/jam. Apabila kapasitas boiler lebih besar dari 20 MW atau tekanan operasi boiler lebih besar dari 24 bar. Maka boiler dianggap cocok untuk produksi uap dalam jumlah besar dengan skala industri dengan uap yang dihasilkan yaitu superheated. Adapun pada gambar 2. merupakan Boiler Pipa Air PT. XYZ



Gambar 2. Boiler PT. PHO

### b. Turbin

Pada turbin uap terdapat mesin panas dimana dapat menjadi energi mekanik. Turbin uap yang ada di industri biasanya memiliki 3 bagian tekanan dengan sistem satu poros diantaranya High Pressure (HP), Intermediate Pressure (IP), Low Pressure (LP). Hukum keseimbangan massa dan energi bahwa turbin uap bekerja berdasarkan jumlah massa yang masuk per satuan waktu dan selisih entalpi input-output boiler[8]. Sistem kerja turbin uap dapat di buat dalam suatu rumus persamaan sebagai berikut:

Persamaan pada high pressure turbin:

$$WHP = \dot{m}8 * (h8 - h7)$$

Persamaan pada intermediate pressure turbin:

$$WIP = \dot{m}9 * (h9 - h10)$$

Persamaan pada low pressure turbin:

$$WLP = \dot{m}10 * (h10 - h11)$$

Berdasarkan persamaan maka dapat dinilai sistem kerja total turbin uap pada persamaan berikut:

$$WT = WHP + WIP + WLP$$

Untuk nilai efisiensi dari turbin uap dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\eta_{turbin} = \frac{h_{input\ actual} - h_{output\ actual}}{h_{input\ actual} - h_{output\ isentropik}}$$

Untuk menentukan nilai efisiensi dari generator dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\eta_{generator} = \frac{\text{Daya yang dihasilkan}}{\text{sistem unjuk kerja turbin uap}}$$

### C. Regresi Linier Berganda

Dalam bentuk hubungan sederhana antara variabel X dengan Y berbentuk garis lurus atau hubungan linier disebut regresi linier sederhana atau regresi saja dengan persamaan matematikanya sebagai berikut:

$$\hat{Y} = a + bX$$

dapat diperoleh dengan rumus :

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{\sum Y - b(\sum X)}{n} \text{ atau}$$

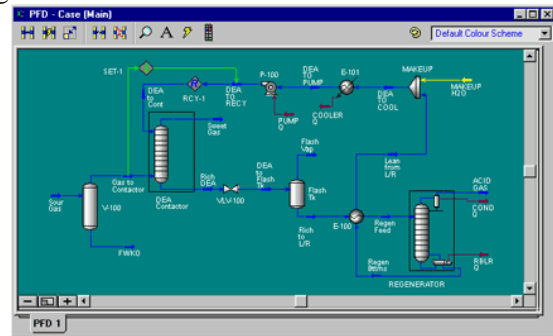
$$a = \frac{\sum Y \cdot \sum x^2 - \sum b \cdot \sum XY}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

### D. Aplikasi Aspen Hysys

Aspen HYSYS (*Hyphothetical System*) adalah simulator proses kimia yang saat ini dikembangkan oleh AspenTech yang digunakan untuk memodelkan proses kimia secara matematis, dari unit operasi hingga pabrik dan kilang kimia penuh [9]. HYSYS mampu melakukan banyak perhitungan inti teknik kimia, termasuk yang berkaitan dengan keseimbangan massa, keseimbangan energi, keseimbangan uap-cair, perpindahan panas,

perpindahan massa, kinetika kimia, fraksinasi, dan penurunan tekanan [10].

Dalam melakukan simulasi, yang harus dibuat yaitu jenis bahan yang akan digunakan, *Process Flow Diagram* (PFD), menghitung keseimbangan massa dan energi. HYSYS juga dapat berfungsi menghitung kinerja suatu peralatan yang ada di plant. HYSYS mempunyai kelebihan seperti tampilan yang interaktif dan mudah dalam memasukkan data HYSYS digunakan secara luas di industri dan akademisi untuk simulasi keadaan-mapan dan dinamis, desain proses, pemodelan kinerja, dan pengoptimalan yang ada pada gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3. Aplikasi Aspen Hysys

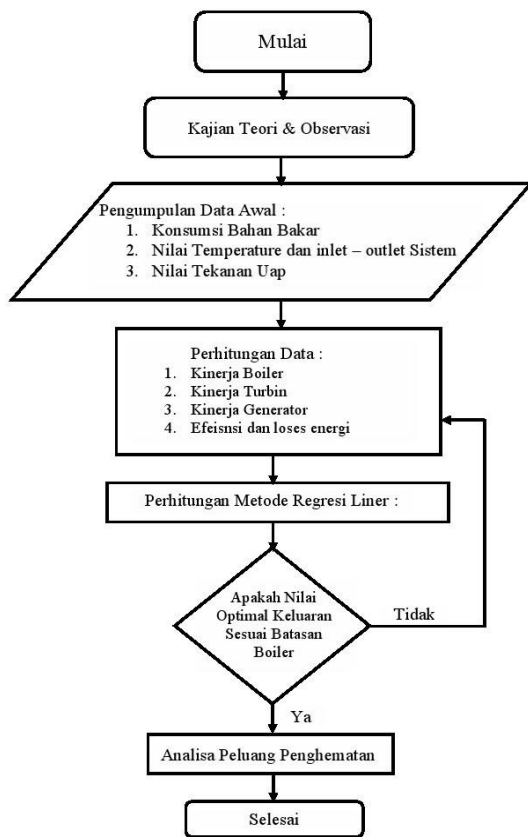
## III. METODE

### A. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan pada penelitian yang dilakukan berupa: (1) data spesifikasi boiler dan turbin, (2) data operasional boiler dan turbin, (3) Data generator. Dimana data ini dibutuhkan pada saat pelaksanaan perhitungan dan observasi

### B. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur pada penelitian yang dilakukan sebagai berikut:



Gambar 2. Prosedur Penelitian

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Regresi Linier pada boiler dan Turbin

###### a. Boiler

Nilai a :

$$a = \frac{\sum Y \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum XY}{n(\sum X^2) - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(10.329 \times 1.786.291) - (10.387 \cdot 1.762.930)}{(61 \times 1.786.291) - (107.889.769)}$$

$$a = \frac{18.450.599.739 - 18.311.553.910}{108.963.751 - 107.889.769}$$

$$a = 129,4676$$

Nilai b :

$$b = \frac{n(XY) - (\sum X)(\sum y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{61(1.762.930) - (10.387)(10.329)}{61(1.786.291) - (107.889.769)}$$

$$b = \frac{107.538.730 - 107.287.323}{108.963.751 - 107.889.769}$$

$$b = 0,2340$$

Jadi persamaan regresi liniernya seagai berikut:

$$Y = 129,4676 + 0,2340 x$$

###### b. Turbin

Nilai a :

$$a = \frac{\sum Y \cdot \sum x^2 - \sum x \cdot \sum XY}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{(10.822 \times 512.912) - (5.320 \times 947.558)}{(61 \times 512.912) - (28.302.400)}$$

$$a = \frac{(5.550.733.664) - (5.041.008.560)}{(31.287.632) - (28.302.400)}$$

$$a = 170,7489$$

Nilai b :

$$b = \frac{n(XY) - (\sum X)(\sum y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{61(947.558) - (5.320)(10.822)}{61(512.912) - (28.302.400)}$$

$$b = \frac{57.801.038 - (57.573.040)}{31.287.632 - (28.302.400)}$$

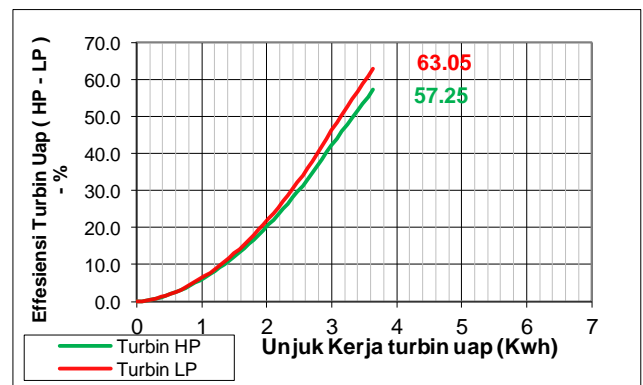
$$b = 0,0764$$

Jadi persamaan regresi liniernya seagai berikut:

$$Y = 170,7489 + 0,07645x$$

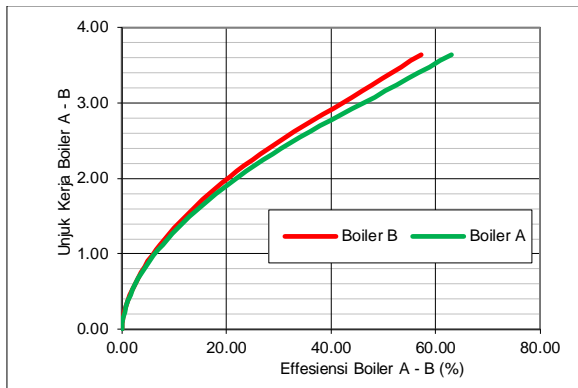
##### B. Menggunakan Aplikasi Hysys

Pada hasil simulasi hysys yang dilakukan pada nilai efisiensi turbin dalam keadaan posisi HP (*High Pressure*) sebesar 63,05% dan posisi LP (*Low Pressure*) sebesar 57,25% yang terlihat pada gambar 6 dibawah ini:



Gambar 6. Grafik Effesisni Turbin Keadaan HP - LP

Pada hasil simulasi hysys yang dilakukan pada nilai efisiensi boiler A sebesar 62, 91% dan Boiler B sebesar 58,90% yang terlihat pada gambar 7 dibawah ini:



Gambar 7. Grafik Nilai Effisiensi Boiler A - B

## V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan di dapatkan hasil observasi dan perhitungan untuk mendapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk nilai perhitungan regresi linier sederhana pada boiler dapat didapat nilai a sebesar 129,467 dan nilai b sebesar 0,2340. Hal ini mendapatkan nilai  $Y = 129,4676 + 0,2340x$ . Untuk nilai perhitungan regresi linier pada turbin di dapatkan nilai a sebesar 170,748 sedangkan nilai b sebesar 0,0764x dan didapat nilai  $Y = 170,748 + 0,0764x$ .
2. Pada hasil simulasi hysys yang dilakukan pada nilai efisiensi turbin dalam keadaan posisi HP (High Pressure) sebesar 63,05% dan posisi LP (Low Pressure) sebesar 57,25%. Sedangkan hasil simulasi hysys yang dilakukan pada nilai efisiensi boiler A sebesar 62,91% dan Boiler B sebesar 58,90%.
3. Untuk Untuk hasil uji data pada boiler didapat untuk efisiensi boiler A didapatkan nilai efisiensi sebesar 63,6%. Sedangkan pada hasil simulasi di 62,91%. Hal ini dapat ditemukan selisih antara perhitungan dan simulasi sebesar 0,77%. Untuk perbandingan hasil uji pada perhitungan turbin HP sebesar sebesar 63,08% sedangkan pada simulasi Turbine HP sebesar 63,05%. Hal ini didapat selisih nilai 0,3%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. S. J. D. E. Nasional, "Outlook Energi 2016," in Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2016, pp. 1–83.
  - [2] S. N. RI, "UU No 30 tahun 2007, Tentang Energi," in ESDM, 2007, p. 20.
  - [3] B. P. dan P. Teknologi, "Perencanaan Efisiensi dan Elastisitas Energi 2012," in ESDM, 2012.
  - [4] P. A. Hohne, K. Kusakana, and B. P. Numbi, "Improving energy efficiency of thermal processes in healthcare institutions: A review on the latest sustainable energy management strategies," *Energies*, vol. 13, no. 3, 2020, doi: 10.3390/en13030569.
  - [5] R. C. Dugan, M. F. McGranaghan, S. Santoso and H. W. Beaty, "Electrical powersystems quality."
  - [6] K. Hernawan, "Peluang Penghematan Energi pada Boiler di PT Indo Bharat Rayon," *J. Tek. Energi*, vol. 10, no. 1, pp. 19–23, 2021, doi: 10.35313/energi.v10i1.2314.
  - [7] D. A. Putra, "Optimalisasi Suplai Uap Cogent Plant Terintegrasi Dengan Sistem Kendali PLC pada PT. MNA Kuala Tanjung," 2019.
  - [8] H. Abbas, J. Jamaluddin, M. Arif, and A. Amiruddin, "Analisa Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Tenaga Uap Di Pltu," *ILTEK J. Teknol.*, vol. 14, no. 01, pp. 2024–2028, 2019, doi: 10.47398/iltek.v14i01.362
  - [9] H. E. G. Prasetya, "Sistem Pengendalian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Menggunakan Metode Plantwide Control," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 10, no. 1, pp. 49–64, 2021, doi: 10.36055/setrum.v10i1.11225.
  - [10] A. Soputra, P. I. Siregar, and E. Ekawati, "Perancangan Sistem Simulasi HYSYS & Integrasi dengan Programmable Logic Controller-Human Machine Interface: Studi Kasus pada Plant Kolom Distilasi Etanol-Air," *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2015, doi: 10.5614/joki.2014.6.1.1
- Arrillaga, J., Watson N.R., "Power System Harmonics. Wiley", Chichester. 2003.