

Analisis Efisiensi Termal Sistem Unit 1 pada Perubahan Beban di PT. Sari Dumai Sejati

Celvin Putri Ariana^{1*)}, Iwan Kurniawan²⁾

^{1,2)} Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya KM. 12,5, Simpang Baru, Tampan, Pekanbaru 28293, Riau, Indonesia

Telp.: (0761) 63266, Fax: (0761) 63279

*Corresponding author, E-mail: celvin.putri5658@student.unri.ac.id

ABSTRAK

Kerja praktik ini dilaksanakan di PT. Sari Dumai Sejati, perusahaan yang bergerak di bidang pengolahan minyak sawit. Fokus utama dari kerja praktik ini adalah menganalisis efisiensi termal sistem unit 1 di departemen power plant perusahaan, dimana turbin uap di PT. Sari Dumai Sejati berkapasitas 16 MW. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) PT. Sari Dumai Sejati digunakan untuk mengalirkan listrik ke semua plant yang ada di PT. Sari Dumai Sejati. Studi ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi termal sistem unit 1 pada perubahan beban di PT. Sari Dumai Sejati. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa efisiensi termal sistem tertinggi yaitu 76,98% dengan beban 9,49 MW, dimana diperoleh kerja pompa 370,70 kJ/kg, kalor masuk 3125,74 kJ/kg, kerja turbin 2777,05 kJ/kg, kalor keluar 22,01 kJ/kg serta kerja bersih 2406,34 kJ/kg. Sedangkan efisiensi termal terendah yaitu 75,90% dengan beban 8,83 MW, dimana diperoleh kerja pompa 386,69 kJ/kg, kalor masuk 3125,99 kJ/kg, kerja turbin 2759,31 kJ/kg, kalor keluar 20 kJ/kg serta kerja bersih 2372,62 kJ/kg. Kesimpulannya, PLTU di PT. Sari Dumai Sejati bekerja dengan baik tetapi memerlukan perawatan rutin untuk memastikan efisiensi tetap optimal.

Kata kunci: efisiensi termal sistem, power plant, PT. Sari Dumai Sejati.

ABSTRACT

This internship was conducted at PT. Sari Dumai Sejati, a company engaged in palm oil processing. The main focus of this internship is to analyze the thermal efficiency of the unit 1 system in the company's power plant department, where the steam turbine at PT. Sari Dumai Sejati has a capacity of 16 MW. The Steam Power Plant (PLTU) of PT. Sari Dumai Sejati is used to distribute electricity to all plants in PT. Sari Dumai Sejati. This study aims to determine the thermal efficiency of the unit 1 system on changes in load at PT. Sari Dumai Sejati. The results of observations show that the highest thermal efficiency of the system is 76.98% with a load of 9.49 MW, where the pump work is 370.70 kJ/kg, the heat input is 3125.74 kJ/kg, the turbine work is 2777.05 kJ/kg, the heat output is 22.01 kJ/kg and the net work is 2406.34 kJ/kg. Meanwhile, the lowest thermal efficiency is 75.90% with a load of 8.83 MW, where the pump work is 386.69 kJ/kg, the heat input is 3125.99 kJ/kg, the turbine work is 2759.31 kJ/kg, the heat output is 20 kJ/kg and the net work is 2372.62 kJ/kg. In conclusion, the PLTU at PT. Sari Dumai Sejati works well but requires routine maintenance to ensure optimal efficiency.

Keywords: system thermal efficiency, steam turbine, power plant, PT Sari Dumai Sejati.

1. PENDAHULUAN

PT. Sari Dumai Sejati merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri pengolahan kelapa sawit, dengan fasilitas yang dilengkapi dengan berbagai peralatan dan sistem yang mendukung kelancaran operasional. Salah satu komponen penting dalam proses produksi di PT. Sari Dumai Sejati adalah sistem pembangkit listrik yang mengandalkan turbin uap untuk menghasilkan energi yang diperlukan dalam proses pengolahan. Dalam sistem ini, generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin menjadi energi listrik yang digunakan untuk mendukung operasi pabrik.

Kinerja turbin uap sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk beban yang diterima oleh generator. Beban ini dapat bervariasi tergantung pada kebutuhan energi pabrik dan kondisi operasional lainnya. Ketika beban yang diberikan pada generator meningkat, turbin uap harus bekerja lebih keras untuk menghasilkan energi yang cukup. Hal ini tentu mempengaruhi efisiensi dan daya tahan sistem, sehingga penting untuk memahami bagaimana pengaruh beban terhadap kinerja turbin uap agar dapat memaksimalkan performa dan menghindari kerusakan yang tidak diinginkan.

Salah satu masalah yang sering dihadapi dalam operasional turbin uap adalah ketidakseimbangan antara kapasitas turbin dan kebutuhan energi yang dihasilkan. Jika beban yang diberikan melebihi kapasitas turbin, maka kinerja turbin dapat menurun, yang pada akhirnya berpotensi mengurangi efisiensi pembangkit listrik dan meningkatkan biaya operasional. Sebaliknya, jika beban terlalu rendah, turbin mungkin tidak dapat beroperasi pada kapasitas optimal, yang juga dapat mengurangi efisiensi dan meningkatkan biaya produksi. Maka dari itu penulis mengangkat judul “ Analisis Efisiensi Termal Sistem Unit 1 pada Perubahan Beban di PT. Sari Dumai Sejahtera”. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

- a. Untuk mengetahui cara kerja turbin uap sebagai salah satu komponen dari pembangkit listrik.
- b. Untuk mengetahui efisiensi termal sistem unit 1 pada variasi beban tertentu.
- c. Untuk mengetahui hubungan efisiensi termal sistem dengan beban.

2. METODE

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah salah satu jenis pembangkit listrik termal yang menggunakan tenaga uap untuk menghasilkan energi listrik. Secara fundamental, PLTU mengkonversikan energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik melalui serangkaian proses termodinamika yang kompleks. Proses ini dimulai dengan pembakaran bahan bakar seperti batubara, minyak berat, atau gas alam dalam ruang bakar (boiler) untuk menghasilkan panas yang sangat tinggi.

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) memiliki beberapa keunggulan yang signifikan dalam penyediaan listrik. PLTU mampu menghasilkan energi listrik dalam skala besar dan beroperasi secara terus-menerus selama 24 jam tanpa tergantung pada kondisi alam seperti cuaca atau musim. Efisiensi PLTU juga cukup tinggi dibandingkan beberapa pembangkit listrik lainnya, dengan kemampuan menghasilkan daya listrik yang stabil dan dapat diandalkan untuk memenuhi kebutuhan beban dasar.

Dalam sistem PLTU, boiler berperan sebagai komponen utama yang berfungsi mengubah air menjadi uap bertekanan dan bertemperatur tinggi. Air yang dipanaskan dalam boiler mengalir melalui serangkaian pipa yang dirancang khusus untuk memaksimalkan perpindahan panas. Ketika air mencapai titik didih dan berubah menjadi uap, tekanannya meningkat secara signifikan. Uap bertekanan tinggi ini kemudian dialirkan menuju turbin uap melalui sistem perpipaan yang terisolasi dengan baik untuk meminimalkan kehilangan panas.

Sistem pendingin merupakan bagian integral dari PLTU yang berfungsi mengkondensasi uap kembali menjadi air setelah melewati turbin. Proses ini penting untuk mempertahankan efisiensi siklus termal dan memungkinkan air untuk digunakan kembali dalam sistem. Kondensor, yang merupakan alat penukar panas, menggunakan air pendingin dari sumber eksternal seperti laut, sungai, atau menara pendingin untuk mengkondensasi uap. Air yang telah terkondensasi kemudian dipompa kembali ke boiler, melengkapi siklus tertutup yang dikenal sebagai siklus *Rankine*.

2.2 Komponen Utama PLTU

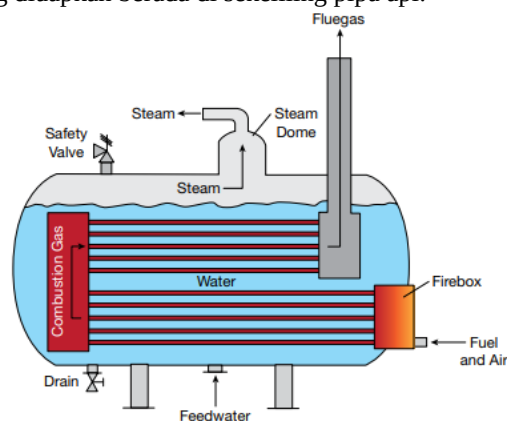
Boiler

Boiler atau ketel uap merupakan peralatan yang memiliki peran penting dalam sistem pembangkit tenaga uap. Boiler berfungsi untuk menghasilkan uap dengan cara memanaskan air hingga mencapai titik didihnya dan mengubahnya menjadi uap bertekanan. Proses ini terjadi melalui transfer panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar di dalam ruang bakar atau *furnace*.

Boiler digunakan untuk merubah *air feed water* menjadi uap (*steam*) yang kemudian mengalir dengan perbedaan massa jenis dimana air yang belum berubah fasa akan mengalir melalui pipa yang tersedia menuju bagian bawah boiler. Berdasarkan fluida kerja yang mengalir didalam pipa, boiler dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

a. Boiler Pipa Api (*Fire Tube Boiler*)

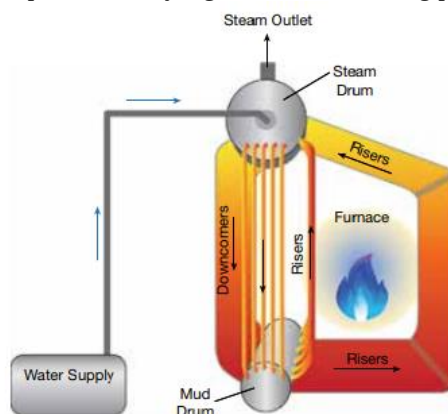
Boiler pipa api adalah boiler yang mengalirkan gas panas hasil pembakaran kedalam pipa, sedangkan air yang diuapkan berada di sekeliling pipa api.



Gambar 1. Fire Tube Boiler

b. Boiler Pipa Air (*Water Tube Boiler*)

Boiler pipa air adalah boiler yang mengalirkan air kedalam pipa. Air yang berada di dalam pipa dipanaskan oleh gas hasil pembakaran yang berada di sekeliling pipa.

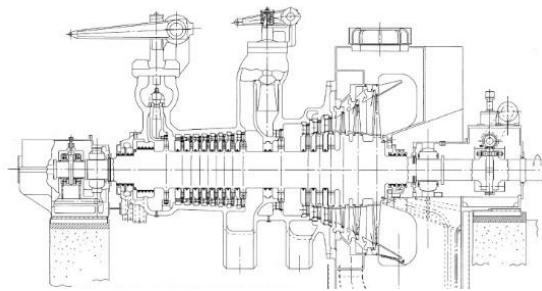


Gambar 2. Water Tube Boiler

Turbin

Turbin uap merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi, dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan.

Konstruksi turbin uap terdiri dari beberapa bagian tingkat (*stage*) yang disusun secara seri untuk mengoptimalkan ekstraksi energi dari uap. Setiap tingkat memiliki dua komponen utama: sudu tetap (*stator*) yang berfungsi mengarahkan aliran uap, dan sudu gerak (*rotor*) yang berputar karena tumbukan uap. Sudu-sudu ini dirancang dengan profil aerodinamis khusus untuk mengoptimalkan transfer energi dan meminimalkan kerugian. Dalam operasinya, uap masuk melalui tingkat tekanan tinggi, kemudian berekspansi secara bertahap melalui tingkat tekanan menengah dan rendah.

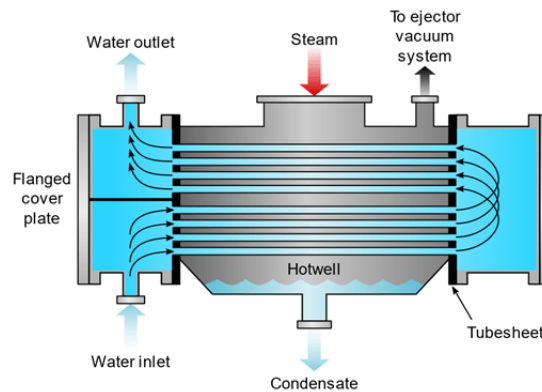


Gambar 3. Turbin

Kondensor

Kondensor merupakan komponen penting dalam sistem pembangkit tenaga uap yang berfungsi untuk mengkondensasikan uap bekas dari turbin menjadi air kondensat. Peralatan ini bekerja berdasarkan prinsip perpindahan panas, di mana uap yang keluar dari turbin didinginkan menggunakan air pendingin hingga berubah fase menjadi air. Proses kondensasi ini juga menciptakan kondisi vakum yang sangat penting untuk meningkatkan efisiensi turbin uap.

Dalam operasinya, kondensor menggunakan sistem sirkulasi air pendingin yang dapat berasal dari sumber air seperti laut, sungai, atau menara pendingin. Air pendingin ini mengalir melalui ribuan pipa-pipa kecil yang terbuat dari material tahan korosi seperti titanium atau stainless steel. Sementara itu, uap bekas dari turbin mengalir di sisi luar pipa-pipa tersebut. Perbedaan temperatur antara uap dan air pendingin menyebabkan uap terkondensasi menjadi air, yang kemudian terkumpul di bagian bawah kondensor.



Gambar 4. Kondensor

Pompa

Pompa merupakan komponen yang menaikkan tekanan atau energi pada fluida kerja. Pompa membutuhkan kerja untuk menaikkan tekanan fluida. Sistem pembangkit menggunakan pompa untuk menaikkan tekanan dan mengalirkan fluida ke ketel sebelum masuk ke turbin. Selain itu pompa juga banyak digunakan pada komponen tambahan untuk mensirkulasikan pendingin atau oli.

Generator

Generator yang dikopel langsung dengan turbin berputar menghasilkan listrik sebagai hasil dari berputar medan magnet dalam kumparan. Generator merupakan salah satu mesin listrik, yang mengubah energi gerak atau mekanik menjadi energi listrik. Generator terdiri atas dua bagian utama yaitu kumparan jangkar dan kumparan medan yang ditempatkan pada stator dan rotor. Stator adalah bagian yang diam/ tetap, dan rotor adalah bagian yang berputar pada mesin.

Sementara itu, Generator tersusun dari dua bagian utama, yaitu bagian yang diam (stator) dan bagian yang berputar (rotor), dan diantara kedua bagian tersebut terdapat celah udara yang sempit. Stator merupakan bagian diam dari suatu generator, terdiri dari rumah/rangka stator, inti besi dan belitan stator. Rotor sebagai bagian yang berputar pada generator, terdiri dari inti rotor, belitan rotor dan sikat-sikat pada slip ring. Rotor pada generator sinkron pada dasarnya adalah sebuah elektromagnet yang besar. Kutub medan magnet rotor dapat berupa kutub menonjol (*salient pole*) dan kutub silinder (*non salient pole*).

2.3 Siklus Rankine

Siklus Rankine merupakan siklus termodinamika yang menjadi dasar operasi pembangkit listrik tenaga uap. Siklus ini terdiri dari serangkaian proses yang mentransformasi air menjadi uap bertekanan tinggi, kemudian mengekstrak energi dari uap tersebut untuk menghasilkan energi listrik, dan akhirnya mengembalikan uap ke fase cair untuk memulai siklus kembali. Siklus rankine ideal menjadi acuan untuk pengembangan dan evaluasi kinerja pembangkit listrik tenaga uap modern.

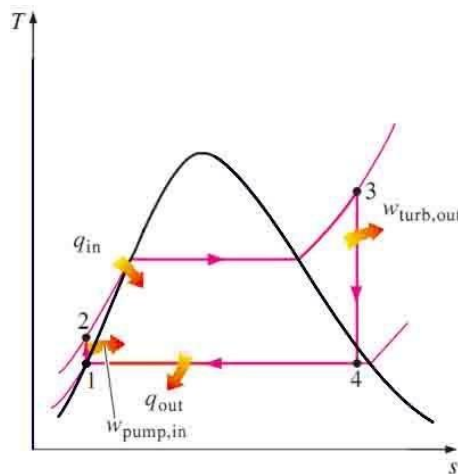
Proses dalam siklus rankine dimulai di pompa air umpan, yang meningkatkan tekanan air kondensat sebelum diumpankan ke boiler. Kenaikan tekanan ini diperlukan untuk mengatasi tekanan operasi boiler dan berbagai tahanan dalam sistem. Meskipun membutuhkan energi, kerja pompa relatif kecil dibandingkan dengan energi yang dihasilkan turbin. Air bertekanan tinggi ini kemudian memasuki *economizer* untuk pemanasan awal sebelum masuk ke boiler.

Di dalam boiler, air mengalami proses pemanasan pada tekanan konstan hingga mencapai titik didih, berubah fase menjadi uap jenuh, dan kemudian dipanaskan lebih lanjut di superheater

menjadi uap panas lanjut. Proses ini membutuhkan input energi panas yang besar, yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar. Uap panas lanjut ini memiliki energi potensial yang tinggi dan siap untuk menggerakkan turbin. Penggunaan uap panas lanjut penting untuk menghindari pembentukan tetesan air yang dapat merusak sudu-sudu turbin.

Uap kemudian berekspansi melalui turbin, di mana energi termal dikonversi menjadi energi mekanik berupa putaran poros. Ekspansi ini idealnya berlangsung secara isentropik, meskipun dalam praktik selalu terjadi kerugian karena irreversibilitas. Putaran poros turbin digunakan untuk menggerakkan generator yang menghasilkan energi listrik. Proses ekspansi di turbin menghasilkan kerja mekanik yang jauh lebih besar dibandingkan dengan kerja yang dibutuhkan pompa.

Setelah melewati turbin, uap bertekanan rendah masuk ke kondensor di mana terjadi proses kondensasi pada tekanan konstan. Di sini, uap melepaskan panas latennya ke air pendingin dan berubah kembali menjadi air kondensat. Kondensor biasanya dioperasikan pada kondisi vakum untuk meningkatkan kerja yang dapat diekstrak oleh turbin. Efisiensi siklus Rankine dapat ditingkatkan melalui berbagai modifikasi seperti pemanasan ulang (*reheating*), regenerasi, dan siklus superkritis. Pemanasan ulang melibatkan ekspansi uap dalam dua tahap dengan pemanasan kembali di antaranya. Regenerasi menggunakan uap ekstraksi dari turbin untuk memanaskan air umpan, sementara siklus superkritis beroperasi di atas titik kritis air untuk meningkatkan efisiensi termal. Pembangkit listrik modern sering mengkombinasikan beberapa modifikasi ini untuk mencapai efisiensi optimal.



Gambar 5. Diagram T-s Siklus Rankine

a. Proses 1-2 Kompresi Isentropik

Fluida kerja dipompa dari tekanan rendah ke tekanan tinggi. Pada tahap ini fluida kerja berfasa cair. Proses penekanan secara isentropis dipompa oleh boiler *feed water pump*. Pada proses ini kerja masuk ke dalam sistem (W_p).

$$W_p = h_2 - h_1 \quad (1)$$

Dimana:

W_p = Kerja pompa (kJ/kg)

h_1 = Entalpi air masuk pompa (kJ/kg)

h_2 = Entalpi air umpan boiler (kJ/kg)

b. Proses 2-3: Proses Pemanasan Isobarik

Air bertekanan tinggi nantinya akan memasuki boiler untuk dipanaskan, air berubah fasa menjadi uap jenuh. Lalu uap jenuh yang telah dihasilkan nantinya akan berubah menjadi uap kering

atau *superheated steam*. Proses tekanan konstan di dalam boiler. Dalam proses ini kalor yang masuk ke dalam boiler (Q_{in}).

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

Dimana:

Q_{in} = Panas yang masuk (kJ/kg)

h_1 = Entalpi air umpan boiler (kJ/kg)

h_3 = Entalpi uap masuk turbin (kJ/kg)

c. Proses 3-4: Proses Ekspansi Isentropis

Uap kering berekspansi pada turbin sehingga menghasilkan kerja berupa putaran turbin. Proses ekspansi isentropis yang berlangsung di dalam turbin uap. Pada proses ini terjadi kerja turbin (W_T).

$$W_T = h_3 - h_4 \quad (3)$$

Dimana:

W_T = Kerja turbin (kJ/kg)

h_2 = Entalpi uap masuk turbin (kJ/kg)

h_4 = Entalpi air keluar turbin (kJ/kg)

d. Proses 4-1: Proses Pendinginan Isobarik

Exhaust dari turbin lalu dialirkan ke kondensor. Didalam kondensor uap akan dikondensasikan. Proses pada tekanan konstan yang berlangsung di dalam kondensor. Pada proses ini kalor keluar dari sistem (pembuang kalor) (Q_{out}).

$$Q_{out} = h_4 - h_1 \quad (4)$$

Dimana:

Q_{out} = Panas yang keluar (kJ/kg)

h_1 = Entalpi air masuk pompa (kJ/kg)

h_4 = Entalpi uap keluar turbin (kJ/kg)

Adapun parameter lain untuk menghitung efisiensi termal yaitu sebagai berikut:

a. Kerja yang Berguna (W_n)

Kerja yang berguna adalah kerja efektif yang dihasilkan oleh instalasi turbin uap. Dapat dicari dengan perbandingan antara kerja turbin dikurangi dengan kerja pompa.

$$W_n = W_T - W_p \quad (5)$$

Dimana:

W_n = Kerja yang berguna (kJ/kg)

W_T = Kerja turbin (kJ/kg)

W_p = Kerja pompa (kJ/kg)

b. Efisiensi Termal (η_{th})

Efisiensi termal menunjukkan perbandingan daya yang dihasilkan dengan jumlah energi bahan bakar yang dibutuhkan.

$$\eta_{th} = \frac{W_n}{Q_{in}} \quad (6)$$

Dimana:

η_{th} = Efisiensi termal (%)

W_n = Kerja yang berguna (kJ/kg)

Q_{in} = Panas yang masuk (kJ/kg)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Spesifikasi Turbin

Spesifikasi turbin yang digunakan adalah turbin uap sebagai berikut:



Gambar 6. Condensat Extraction Steam Turbine

Tabel 1. Spesifikasi Turbin

<i>Specification</i>	<i>Unit 1</i>
<i>Type</i>	C16-4.90/1.5
<i>Rated Output</i>	16 MW
<i>Main Steam Pressure</i>	4.9 Mpa
<i>Rated Extraction Pressure</i>	1.5 Mpa
<i>Rated Speed</i>	3000 rpm
<i>Power</i>	12.8 MW
<i>Temperature</i>	470°C
<i>Pressure</i>	4.8 Mpa
<i>Steam Extraction</i>	1.23 Mpa
<i>Rated Extraction Flow</i>	63 t/h
<i>Exhaust Pressure</i>	7 Kpa
<i>Cooling Water Temperature</i>	28.8°C
<i>Steam Extraction</i>	1.23 Mpa

3.2 Spesifikasi Generator

Spesifikasi generator yang digunakan adalah turbin uap sebagai berikut:



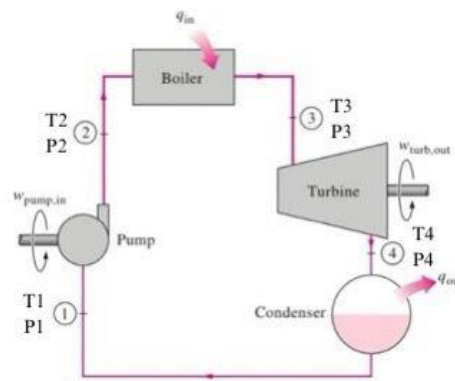
Gambar 7. Generator

Tabel 2. Spesifikasi Generator

Specification	Unit 1
Type	QFW 18-2
Rated Power	18 MW
Rated Output	4.9 Mpa
Rated Speed	22.5 MVA
Rated Speed	3000 rpm
Standart	GB/T 7046
Rated Voltage	10.5 kV
Power Factor	0.8
Frequency	50 Hz
Rated Current	1237 A
Exciter Current	340 A

3.3 Pengambilan Data

Data yang diperlukan yaitu beban, laju aliran massa, temperatur, serta tekanan.



Gambar 8. Skematik Siklus Rankine

Pengambilan data dilakukan dari tanggal 28 Januari 2025 sampai dengan tanggal 31 Januari 2025, dimana data-data yang diperlukan tersebut diperoleh dari *Distributed Control System (DCS)* di Departemen Power Plant PT. Sari Dumai Sejati. Guna memenuhi persyaratan kerja praktek di kampus.

Tabel 3. Data Pengamatan Termal Sistem Unit 1

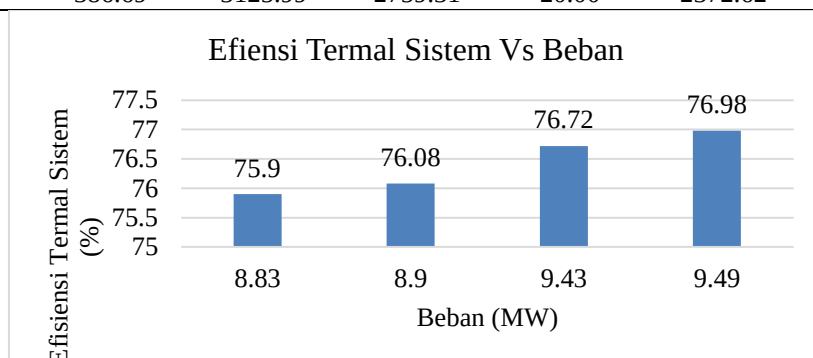
Date	Load MW	$\dot{m}_{\text{uap}}$ t/h	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
					°C				Mpa	
28/01	9.43	73.15	55.3	143.9	475.82	60.3	0.46	7.1	4.86	
29/01	9.49	73.24	56.4	144.1	477.7	61.66	0.45	7	4.87	
30/01	8.9	69.34	54.85	145.5	47.73	58.96	0.47	7	4.89	-0.08
31/01	8.83	67.97	55.36	146.8	475.19	60.14	0.44	7.1	4.89	
28/01	9.43	73.15	55.3	143.9	475.82	60.3	0.46	7.1	4.86	

3.4 Hasil Pengamatan

Dari perhitungan yang telah dilakukan telah didapatkan data hasil pengamatan sebagai berikut:

Tabel 4. Data Pengamatan Termal Sistem Unit 1

Date	W _P	Q _{in}	W _T kJ/kg	Q _{out}	W _n	η_{th} %
28/01	374.43	3127.16	2773.66	20.92	2399.23	76.72%
29/01	370.70	312.74	2777.05	22.01	2406.34	76.98%
30/01	383.21	3132.18	2766.17	17.20	2382.96	76.08%
31/01	386.69	3125.99	2759.31	20.00	2372.62	75.90%



Gambar 9. Grafik Efisiensi Sistem Vs Beban

Gambar 9. diatas menunjukkan pengaruh beban terhadap efisiensi termal sistem. Dimana hubungan antara beban dengan efisiensi termal sistem berbanding lurus, semakin besar beban maka semakin besar juga efisiensi termal sistem.

Pada sistem unit 1 diperoleh efisiensi termal system tertinggi yaitu 76,98% dengan beban 9,49 MW, dimana diperoleh kerja pompa 370,70 kJ/kg, kalor masuk 3125,74 kJ/kg, kerja turbin 2777,05 kJ/kg, kalor keluar 22,01 kJ/kg serta kerja bersih 2406,34 kJ/kg. Sedangkan efisiensi termal terendah yaitu 75,90% dengan beban 8,83 MW, dimana diperoleh kerja pompa 386,69 kJ/kg, kalor masuk 3125,99 kJ/kg, kerja turbin 2759,31 kJ/kg, kalor keluar 20 kJ/kg serta kerja bersih 2372,62 kJ/kg.

Dari hasil yang telah didapatkan efisiensi termal sistem unit 1 dapat disimpulkan bahwa efisiensi termal sistem meningkat seiring dengan peningkatan beban. Semakin besar beban yang diterapkan, pembagian kerja dalam siklus sistem menjadi lebih optimal sehingga menghasilkan efisiensi termal yang lebih tinggi. Hal ini terbukti dari perbandingan antara beban 9,49 MW dengan efisiensi termal 76,98% dan beban 8,83 MW dengan efisiensi 75,90%.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang telah didapatkan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Turbin uap adalah mesin yang mengubah uap bertekanan tinggi menjadi energi mekanis berupa putaran. Energi mekanis yang dihasilkan pada sebuah turbin uap dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik dengan menggunakan generator.
2. Efisiensi termal sistem unit 1 tertinggi 76,98% dengan beban 9,49 MW sedangkan yang terendah 75,9% dengan beban 8,83 MW.
3. Hubungan antara efisiensi termal sistem dengan beban yaitu berbanding lurus, Dimana semakin tinggi efisiensi termal sistem maka beban akan semakin besar, begitupun sebaliknya semakin rendah efisiensi termal sistem maka beban akan semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh apabila beban yang dihasilkan besar maka konsumsi bahan bakar serta air yang dibutuhkan akan semakin meningkat sehingga panas yang dihasilkan akan semakin tinggi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Banu Wahyudi, 2019, “Analisis Efisiensi Turbin Uap Terhadap Kapasitas Pembangkit Listrik”, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Medan.
- [2] Cengel, Y. A. & Boles, M. A., 2016, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 5th ed., New York: McGraw-Hill.
- [3] Danial & Taufiqurrahman, 2021, “Analisa Efisiensi Water Tube Boiler dengan Menggunakan Metode Langsung”, Vol. 2, Issue 2.
- [4] Elvionita C. Topuh, 2019, “Aplikasi Pembelajaran Interaktif Pembangkit Listrik Tenaga Uap”, Teknik Elektro, Sam Ratulangi, Manado.
- [5] Habibul Khairi, 2019, “Analisa Pengaruh Beban Generator terhadap Unjuk Kerja Turbin Uap di PLTU Tenayan Raya PT. PLN Wilayah Riau dan Kepulauan Riau”, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.
- [6] Mustangin, 2018, *Buku Turbin Uap*, Politeknik Perkebunan Yogyakarta Berkarakter.
- [7] El-Wakil, M. M., 1988, *Powerplant Technology*.
- [8] Pratama, Y., Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi Jurusan Teknik Elektro, P. & Negeri Lhokseumawe, P., 2023, “Analisis Beban Generator Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)”, *Jurnal Tektro*, Vol. 7(1).
- [9] Teguh, N. H., Darmadi, D. B. & Yuliati, L., 2022, “Simulasi Perubahan Beban Pembangkit Listrik Tenaga Uap, Studi Kasus di Makassar”.
- [10] Purnomo, J. & Effendy, M., 2020, “Analisa Pengaruh Load Capacity Pembangkit Listrik Tenaga Uap Tanjung Awar-Awar 350 MW terhadap Efisiensi Turbin Generator QFSN-350-2 Unit 1”.
- [11] Santiatma Ika, 2020, “Pemodelan dan Analisa Boiler Menggunakan Kesenjangan Massa dan Energi”.
- [12] Wildani, F., Thaha, S., Elektro, T. & Negeri Ujung Pandang, P., 2021, “Analisa Efisiensi Generator pada Unit 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap 2x25 MW PT. Reind Daya Mamuju”, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, Makassar.
- [13] Wisnaningsih, 2019, “Perencanaan Turbin Uap Penggerak Generator dengan Daya 100 MW pada 3000 RPM”, *Jurnal Teknika Sains*, Vol. 04, Issue 01.