

ANALISIS EFISIENSI TURBIN UAP SEBAGAI PENGGERAK GENERATOR PABRIK MINYAK KELAPA SAWIT PT. SYAUKATH SEJAHTERA (GANDAPURA)

Muhammad Arrazi¹, Zamzami², Maimun³

^(1,2,3) Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: marrazi88@gmail.com¹, zamzami@pnl.ac.id², maimun.s210@gmail.com³

ABSTRAK

Dunia industri saat ini mengalami perkembangan pesat. Perkembangan itu ditandai dengan berkembangnya ilmu dan teknologi yang akhirnya akan mengakibatkan bertambahnya persaingan khususnya dikalangan industri, sehingga manusia dituntut untuk mempersiapkan diri dalam menghadapi perkembangan ilmu dan teknologi dibidangnya masing – masing. Sistem pembangkit listrik tenaga uap merupakan sistem pembangkitan energi listrik dari perubahan energi uap yang dihasilkan oleh air yang dipanaskan di dalam boiler (*ketel uap*) sehingga menghasilkan steam. Kemudian uap tersebut menuju turbin sehingga memutar rotor turbin dan rotor pada generator sehingga menghasilkan energi listrik. Pengertian efisiensi turbin adalah kemampuan turbin untuk merubah energi panas yang dikandung uap menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator. Berdasarkan hasil analisis ini, dengan tekanan keluaran dari turbin 2,8 Bar menghasilkan efisiensi thermal turbin uap 7,20 %, Jika tekanan keluar turbin 3 Bar maka dihasilkan efisiensi thermal turbin uap terhitung 6,74 %. Sedangkan ketika untuk tekanan 3,1 Bar dihasilkan efisiensi thermal sebesar 6,66 % , dan untuk tekanan 3,2 Bar menghasilkan efisiensi sebesar 6,60 %.

Kata Kunci: Turbin uap, Steam, Efisiensi.Generator

I. PENDAHULUAN

Dunia industri saat ini mengalami perkembangan pesat. Perkembangan itu ditandai dengan berkembangnya ilmu dan teknologi yang akhirnya akan mengakibatkan bertambahnya persaingan khususnya dikalangan industri, sehingga manusia dituntut untuk mempersiapkan diri dalam menghadapi perkembangan ilmu dan teknologi dibidangnya masing – masing. Saat ini salah satu energi yang sangat dibutuhkan manusia ialah energi listrik. Energi listrik diperlukan manusia untuk berbagai keperluan untuk menunjang aktifitas manusia baik itu untuk keperluan rumah tangga, perkantoran serta industri. Maka pada saat ini dibutuhkan pembangkit listrik yang handal.

Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PMKS) merupakan sebuah unit produksi yang memerlukan sumber energi yang besar untuk menggerakkan mesin-mesin serta peralatan yang lain yang memerlukan tenaga dalam jumlah besar. Kebutuhan energi tersebut dipasok dari ketel uap (boiler) dan generator set (genset). Boiler berfungsi memanaskan air guna menghasilkan uap (steam) yang nantinya akan dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin.

Sistem pembangkit listrik tenaga uap merupakan sistem pembangkitan energi listrik dari perubahan energi uap yang dihasilkan dari air yang dipanaskan di dalam boiler (*ketel uap*) sehingga menghasilkan uap (steam). Kemudian uap tersebut menuju turbin sehingga memutar rotor turbin dan rotor pada generator sehingga menghasilkan energi listrik.

Dimana turbin uap merupakan kelompok pesawat-pesawat konversi. Dengan mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik pada nozel (turbin impuls) dan sudu-sudu gerak (turbin reaksi) .Dan dengan bantuan roda gigi reduksi dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan. Tergantung dengan mekanisme yang digerakan, turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang industri, untuk transportasi, dan untuk pembangkit tenaga listrik. Pabrik minyak kelapa sawit PT.Syaukath Sejahtera memiliki turbin uap yang berkapasitas 1000 kW..

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

Sistem turbin uap adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan energi kinetik ini selanjutnya diubah menjadi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Dengan kata lain mengubah energi entalpi fluida menjadi energi mekanik.

Turbin uap merupakan salah satu komponen dasar dalam pembangkit listrik tenaga uap, dimana komponen utama dari sistem tersebut yaitu : Ketel, kondensor, pompa air ketel, dan turbin itu sendiri. Uap yang berfungsi sebagai fluida kerja dihasilkan oleh ketel uap, yaitu suatu alat yang berfungsi untuk mengubah air menjadi uap yang akan menghasilkan energi listrik.[1]

Sistem pembangkit listrik tenaga uap merupakan sistem pembangkitan energi listrik dari perubahan energi uap yang dihasilkan dari air yang dipanaskan di dalam boiler (ketel uap) sehingga menghasilkan uap (*steam*). Kemudian uap tersebut menuju turbin sehingga memutar rotor turbin dan rotor pada generator sehingga menghasilkan energi listrik. Dimana turbin uap merupakan kelompok pesawat-pesawat konversi. Dengan mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik pada nozel (turbin impuls) dan sudu-sudu gerak (turbin reaksi). Dan dengan bantuan roda gigi reduksi dihubungkan dengan mekanisme yang digerakkan. Tergantung dengan mekanisme yang digerakkan, turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang industri, untuk transportasi, dan untuk pembangkit tenaga listrik. Pabrik minyak kelapa sawit PT.Syaukath Sejahtera memiliki turbin uap yang berkapasitas 1000 kW.

B. Komponen-Komponen Turbin Uap

Turbin uap sendiri, terdapat cukup banyak komponen yang masing-masing berguna untuk memberikan kinerja yang baik. Masing-masing komponen ini saling menyatu agar bisa menghasilkan uap dalam jumlah yang pas agar bisa dikonversi menjadi listrik. Berikut merupakan bagian dari turbin uap dapat diperhatikan pada Gambar 1.



Gbr 1 Komponen Turbin Turbin

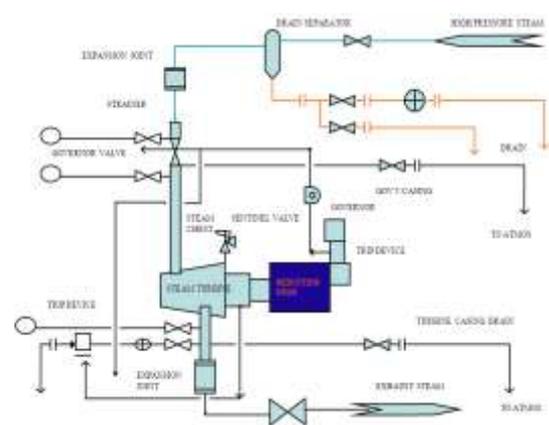
Berikut merupakan komponen-komponen dari turbin uap[2]:

1. Casing.
2. Rotor.
3. Shaft Seal.
4. Turbin Bearing.
5. Main Oil Pump.
6. Glanpacking .
7. Labririn Ring.
8. Impuls Stage.
9. Stasionary Blade.
10. Moving Blade.
11. Turbin Control Valve.
12. Turbin Stop Valve.

13. Reducing Gear .
14. Balance Piston.
15. Turning Device.

C. Prinsip Kerja Turbin Uap

Uap bertekanan yang dihasilkan boiler, dialirkan melalui pipa menuju Turbin melalui governor valve turbin, disini governor valve berfungsi untuk mengatur seberapa besar volume steam yang dibutuhkan turbin untuk menggerakkan shaft generator yang disesuaikan dengan beban daya yang ditanggung generator, semakin besar beban daya listrik maka semakin besar steam yang dibutuhkan, maka secara otomatis governor valve akan membuka lebih besar agar steam yang masuk juga akan semakin banyak, begitu juga sebaliknya dari governor valve kemudian steam dialirkan melewati nozzle-nozzle yang mengarah langsung ke sudu-sudu pada cakram yang ada pada turbin, yang terhubung langsung ke Input Shaft, disini tekanan steam akan memaksa masuk melewati sudu-sudu, sehingga cakram akan berputar, dan input shaft juga berputar . Kemudian hasil putaran dari Input Shaft in akan diteruskan melalui gear-gear yang ada pada gear box turbin untuk diturunkan menjadi kecepatan putaran (rpm) yang dibutuhkan oleh shaft generator, dan kemudian hasilnya putaran yang sudah dikonversi tersebut akan memutar output shaft yang terhubung ke shaft Rotor pada generator dengan sambungan coupling joint, sehingga akhirnya generator akan menghasilkan listrik. Biasanya rpm pada input shaft turbin masih cukup tinggi bisa mencapai sekitar 5000 rpm, sedangkan kebutuhan rpm generator umumnya hanya 1500 rpm, untuk itulah gearbox berfungsi untuk menurunkan Rom dari 5000 rpm menjadi 1500 rpm.



Gbr 2. Steam Flow Diagram

Dari Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa *high pressure Steam* yang masuk dari boiler melalui pipa kemudian melewati drain separator. Drain separator sendiri berguna untuk menjebak air sebelum masuk ke turbin. Setelah melalui drain separator, uap menuju expansion joint. Expansion joint berguna untuk

antisipasi pergerakan pipa ketika terjadinya perubahan temperature dan tekanan secara tiba-tiba ketika valve dibuka sebelum masuk ke turbin uap terlebih dahulu melewati strainer, strainer sendiri berguna sebagai alat penyaring pada jalur suction line guna menyaring kotoran dari aliran yang masuk. Governor valve mengatur pembukaan umpan sebelum masuk ke turbin. Governor valve memiliki trip device apabila putaran pada turbin over, governor valve langsung menutup jalur masuk uap ke turbin. Steam chest/steam inlet berfungsi untuk mengirimkan sinyal ke governor. Kemudian uap masuk ke steam turbin. Setelah itu uap memutarakan bull gear/ reduction gear mengubah puataran dari 5000 rpm menjadi 1500 rpm pada turbin. Didalam steam turbin terdapat 2 tingkat blade rotor pda turbin yaitu low pressure dan high pressure. Trip devide pada steam turbin berguna untuk menjaga turbin tidak mengalami shock tekanan, over speed, dan low speed. Setelah itu uap menuju expansion joint kemudia dibuang mealui exhaust steam

D. Efisiensi Turbin Uap

Pengertian efisiensi turbin adalah kemampuan turbin untuk merubah energi panas yang dikandung uap menjadi energi mekanik untuk menggerakkan generator. Dalam termodinamika, efisiensi termal adalah ukuran tanpa dimensi yang menunjukkan performa peralatan termal seperti mesin pembakaran dalam dan sebagainya. Panas yang masuk adalah energi yang didapatkan dari sumber energi. Output yang diinginkan dapat berupa panas atau kerja, atau mungkin keduanya. Jadi apabila kapasitas pembangkit besar maka range efisiensi thermal juga akan semakin besar begitu pula sebaliknya. Ketika ditulis dalam presentase, efisiensi thermal harus berada antara 0% sampai 100 %. Faktor -faktor yang mempengaruhi besarnya kerugian di dalam turbin akan mempengaruhi efisiennya. Untuk menghitung efisiensi pada turbin uap maka kita harus mengetahui nilai entalpi dan entropi pada siklus tersebut. Entalpi dalam termodinamika yang menyatakan jumlah energi dalam volume dan tekanan panas dari suatu zat. Satuan dari entalpi adalah joule, namun digunakan juga satuan British thermal unit dan kalori. Total entalpi (h) tidak bisa diukur langsung. Sama seperti pada mekanika klasik, hanya perubahannya yang dapat dinilai. Sedangkan Entropi adalah salah satu besaran termodinamika yang mengukur energi dalam sistem per satuan temperatur yang tak dapat digunakan untuk melakukan usaha entropi. Kerugian yang besar akan membuat efisiesinnya rendah.

Faktor-faktor yang penyebab kerugian di dalam turbin diantaranya :

1. Kerugian uap pada saat meniggalkan moving blade

2. Kerugian pada nozel
3. Kerugian celah
4. Kerugian pada katup
5. Kerugian akibat kebasahan uap
6. Kerugian gesekan

Siklus Rankine setelah diciptakan langsung diterima sebagai standar untuk pembangkit daya yang menggunakan uap (steam). Siklus Renkine nyata yang digunakan dalam instalasi pembangkit daya jauh lebih rumit dari pada siklus rankine ideal asli yang sederhana. Siklus ini merupakan siklus yang paling banyak digunakan untuk pembangkit daya listrik sekarang ini. Oleh karena siklus Rankine merupakan siklus uap cair paling baik . Oleh karena siklus Rankine merupakan siklus uap cair maka paling baik. [3]

III. METODOLOGI

A. Data Penelitian

Data penelitian diperoleh merupakan hasil dari observasi lapangan, manual book, dan record dan sebagainya. Sehingga didapatkan output daya dari turbin dan efisiensi. Berikut merupakan Spesifikasi boiler, Spesifikasi turbin.

Turbin uap yang digunakan ialah turbin uap di Pabrik Minyak Kelapa Sawit PT. Syaokath Sejahtera dengan spesifikasi seperti ditunjukkan dibawah ini.

TABEL I
Spesifikasi Turbin

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Model	RB 4
2	Output	1000 kW
3	Steam Press	20 kg/cm ²
4	Steam Temperatur	214° C
5	Exhaust Press	3,5/cm ²
6	Turbine Speed	5294 rpm
7	Output Shaft	1500 rpm

Pada gambar 3 diperlihatkan foto turbin uap yang digunakan pada Pabrik Minyak Kelapa Sawit.



Gbr 3. Turbin Generator

Control Panel berfungsi untuk mengatur tekanan udara pada dalam ruang tertutup dan juga untuk mengukur tekanan turbin yang berkapasitas 1000 kW. Pada gambar dibawah ini diperlihatkan control panel.



Gbr 4. Control Panel

Berikut merupakan data spesifikasi boiler yang di pakai pada pabrik minyak kelapa sawit PT. Syaukath Sejahtera.

TABEL II
Spesifikasi Boiler

Model	Takuma N900 R
MAX. Steam Evaporation	24 kg/cm ²
MAX. Work Pressure	30.000 kg/h
Serial NO.	1233 S K
Year Built	2011
Steam Temperatur	Saturated

Berikut merupakan foto boiler yang digunakan pada pabrik minyak kelapa sawit PT. Syaukath Sejahtera di perlihatkan pada gambar 5.



Gbr 5. Boiler

B. Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

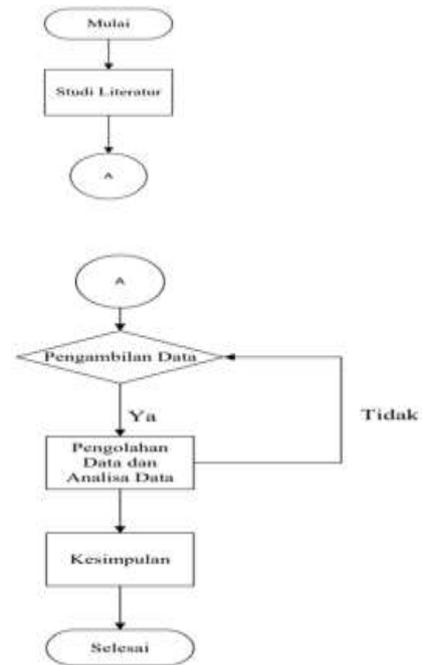
1. Mencatat seluruh kegiatan yang terjadi selama proses di stasiun pembangkit tenaga (*powerplant*) dalam buku harian operator.
2. Mencatat data waktu pengolahan, tekanan steam masuk, daya yang dihasilkan oleh turbin.

3. Melakukan wawancara dengan operator stasiun pembangkit tenaga, serta asisten maintenance terkait dengan proses power plant.

Data yang di ambil adalah data yang sekunder dari buku harian operator mengenai performa stasiun pembangkit tenaga satu (1) hari yaitu pada tanggal 02 Februari 2022.

C. Diagram Tahapan Penelitian

Pada gambar 6 merupakan diagram tahapan penelitian yang dilakukan oleh peneliti:



Gbr 6. Flowchart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Laju Aliran Massa Uap

Pada penelitian ini pabrik minyak kelapa sawit PT. Syaukath Sejahtera (Gandapura) tidak memakai kondensor sebagai pengembun uap melainkan uap yang keluaran turbin langsung di transfer ke back pressure vessel yang berguna untuk penampung dan pendistribusi uap ke alat-alat yang membutuhkan uap seperti di stasiun rebusan, stasiun clarifier, dan stasiun press.

Dari data yang diperoleh diketahui bahwa rata-rata tekanan yang masuk ke turbin adalah 17 Bar dan perbandingan datanya dilakukan selama 1 hari pada tanggal 02 Februari 2022 dan di ambil pada awal bulan dapat dilihat sebagai berikut:

- Temperatur masuk turbin = 214°C
- Tekanan Uap keluar Turbin = 3 Bar = 300 Kpa
- Kapasitas Uap dari Boiler = 20.000 kg/jam

Dari data yang telah diketahui maka kapasitas uap yang dihasilkan boiler sama dengan uap yang laju uap yang dihasilkan boiler dimana untuk mencari uap yang dihasilkan boiler adalah.

$$\begin{aligned} \text{Laju aliran uap} &= \frac{\text{massa air (kg)}}{\text{waktu yang dibutuhkan menjadi uap(s)}} \\ &= \frac{23000}{3600} \\ &= 6,39 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

maka, laju uap yang dihasilkan boiler adalah 6,39 kg/s

B. Perhitungan Entalphi dan Entropi

Pada penelitian ini waktu dari pengoperasian turbin sekitar 19 jam berikut data penelitian dapat dilihat pada tabel 3.

TABEL III
Data Pengoperasian Turbin Uap

No	Jam	Pataran (Rpm)	Temperatur Suhu	Tekanan (Bar)	
				P _{in}	P _{out}
1	08.00	1500	214	17	2,8
2	09.00	1500	214	17	3,2
3	10.00	1500	214	17	3
4	11.00	1500	214	17	3,2
5	12.00	1500	214	17	3,2
6	13.00	1500	214	17	3,2
7	14.00	1500	214	17	3
8	15.00	1500	214	17	3,2
9	16.00	1500	214	17	3,1
10	17.00	1500	214	17	3,2
11	18.00	1500	214	17	3,1
12	19.00	1500	214	17	3,2
13	20.00	1500	214	17	3
14	21.00	1500	214	17	3,1
15	22.00	1500	214	17	3,1
16	23.00	1500	214	17	3
17	24.00	1500	214	17	3
18	01.00	1500	214	17	3
19	02.00	1500	214	17	3,2

Berdasarkan hasil dapat disimpulkan bahwa tekanan keluar pada turbin uap memiliki nilai tertinggi 3,2 Bar dan memiliki tekanan terendah pada nilai 2,8 Bar.

Dari tabel 3 dapat diketahui tekanan masuk turbin adalah sebesar 17 Bar = 1.700 Kpa = 1,7 Mpa, Temperature turbin 214°C, Tekanan keluar turbin 3 bar = 300 Kpa. Berdasarkan tabel uap Appendix-5 hasil yang didapat sebagai berikut:

P₁ = 300 kPa

h₁ = 561,43 kJ/kg

V₁ = 0.001073 m³ / kg

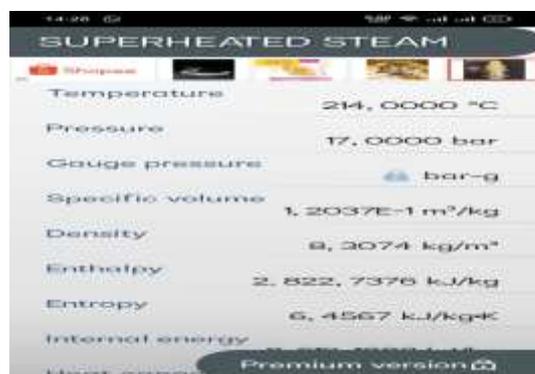
P2 → P3 = Tekanan yang Konstan (Isobar) 17 Bar = 1700 Kpa = 1,7 Mpa (Entropi) S₂=S₁ Kerja spesifik pompa masuk adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W_{\text{pump, in}} &= V_1 (P_2 - P_1) \\ &= 0,001073 \text{ m}^3 / \text{kg} (1700 \text{ Kpa}-300 \text{ Kpa}) \\ &= 0,001073 \text{ m}^3 / \text{Kg} \times 1400 \text{ Kpa} \\ &= 1,5022 \text{ kJ/Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_2 &= h_1 + W_{\text{pump in}} \\ &= 561,43 \text{ kJ/kg} + 1,50 \text{ kJ/kg} \\ &= 562,9322 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_p &= m_s (h_2-h_1) \\ &= 23.000 \text{ kg/jam} (562,93 - 561,43)\text{kJ/kg} \\ &= 34.500 \text{ kJ/jam} \\ &= 9,583 \text{ Kw} \end{aligned}$$

Selanjutnya, tekanan keluar turbin P₃ = 1700 kPa dan temperature T₃ = 214°C, karena nilai tekanan 1700 kPa masih memakai uap jenuh maka harus menggunakan tabel A-5 dan dapat dilihat pada tabel tekanan 1700 tidak diperlihatkan. Maka untuk mendapatkan hasil dari tekanan 1700 kPa dilakukan pengukuran melalui aplikasi steam tabel maka hasilnya sebagai berikut:



Gbr 8. Aplikasi Steam Table

$$\begin{aligned} P_3 &= 1700 \text{ kPa} \\ T_3 &= 214^\circ\text{C} \\ h_3 &= 2882,7 \text{ kJ/kg} \\ S_3 &= 6,4567 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Pada penelitian ini pembangkit tidak menggunakan kondensor maka uap yang keluar dari

turbin langsung digunakan kembali untuk proses lainnya. Jadi uap yang keluar dari turbin adalah 300 kPa.

Pada titik keempat tekanan keluar turbin ($P_4 = 300$ kPa) dan fluidanya dalam keadaan mixture saturated dan tekanannya konstan dan entropi 3 S_3 sama dengan Entropi 4 S_4 maka dari tabel uap A-5 pada lampiran 1 didapat data-data sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Entropi 3 (S3)} &= (\text{S4}) \\ S_f &= 1,6717 \text{ kJ/kg} \\ S_{fg} &= 5,3200 \text{ kJ/kg} \\ S_g &= 6,9917 \text{ kJ/kg} \\ H_{fg} &= 2163,5 \text{ kJ/kg} \\ H_f &= 561,43 \text{ kJ/kg} \\ h_g/h_4 &= 2724,9 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Maka kualitas uap 4 (X_4)

$$\begin{aligned} X_4 &= \frac{S_4 - S_f}{S_{fg}} \\ &= \frac{6,4567 \text{ kJ/kg} - 1,6717 \text{ kJ/kg}}{5,3200 \text{ kJ/kg}} \\ &= 0,8995 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

C. Daya Turbin Uap

Setelah menganalisis ke empat proses siklus tersebut. Didapatkan panas yang masuk pada boiler (Q_{in}).

$$\begin{aligned} Q_{in} &= m_s (h_3 - h_2) \\ &= 20.000 \text{ kg/jam} (2882,7 \text{ kJ/kg} - 562,963 \text{ kJ/kg}) \\ &= 46.394.740 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

Lalu di konversikan dari kJ/jam ke kW. Cara mengkonversi kJ/jam ke kW dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kJ/h} &= 0,00027777778 \text{ kW} \\ &= 46.394.740 \times 0,00027777778 \\ &= 12.887,42 \text{ kW} \\ Q_{out} &= m_s (h_4 - h_1) \\ &= 20.000 \text{ kJ/jam} (2724,9 \text{ kJ/kg} - 561,423 \text{ kJ/kg}) \\ &= 43.269.400 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

Lalu di konversikan dari kJ/jam ke kW. Cara mengkonversi kJ/jam ke kW dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kJ/h} &= 0,00027777778 \text{ kW} \\ &= 43.269.400 \times 0,00027777778 \\ &= 12.019,27 \text{ kW} \end{aligned}$$

Laju uap steam (m_s) yang dihasilkan = 20.000 kg/jam. Daya steam masuk turbin adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} WT_{in} &= m_s \times h_3 \\ &= 20.000 \text{ kg/jam} \times 2882,73 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 57.654.000 \text{ kJ/jam} \\ &= 16.015 \text{ kW} \\ WT_{out} &= m_s \times h_4 \\ &= 20.000 \text{ kg/jam} \times 2724,94 \text{ kJ/kg} \\ WT_{out} &= 54.498.000 \text{ kJ/jam} \\ P &= 15.138 \text{ kW} \end{aligned}$$

Daya yang dihasilkan turbin

$$\begin{aligned} WT &= m_s (h_3 - h_4) \\ &= 20.000 (2882,73 - 2724,68) \\ WT &= 3.161.000 \text{ kJ/jam} \\ P &= 878,055 \text{ kW} \end{aligned}$$

Cos Φ rata-rata = 0.90 (nilai rata-rata Cos ϕ dari hasil pengamatan pada panel turbin). Daya yang dihasilkan oleh turbin dan di alirkan generator adalah:

$$\begin{aligned} W_{TG} &= WT / \cos \Phi \\ &= 878,055 / 0.90 \\ S &= 975,9 \text{ kVA} \end{aligned}$$



Gbr 9. Grafik Daya Turbin Yang Di Alirkan Ke Generator

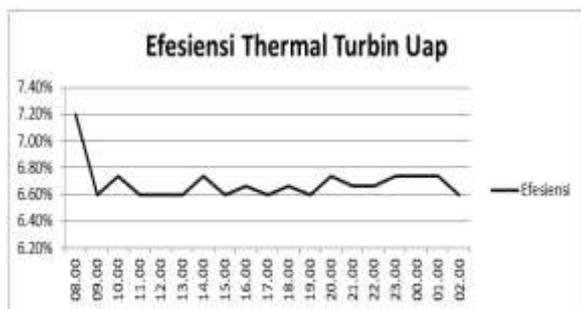
Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa nilai daya turbin yang dialirkan ke generator memiliki nilai tertinggi yaitu 994.01 kVa dan memiliki nilai terendah 955,98 kVa.

D. Efisiensi Turbin Uap

Terakhir kita bias hitung efisiensi thermal siklus. Efisiensi turbin merupakan parameter yang menyatakan derajat keberhasilan komponen atau system turbin mendekati desain atau proses ideal dengan satuan (%) dengan menggunakan persamaan yang dimaksud sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W_{net} &= W_T - W_p \\ &= 878,33 \text{ kW} - 9,597 \text{ kW} \\ &= 868,738 \text{ kW} \\ \eta_{turbin} &= \frac{W_{net}}{Q_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{868,738}{12.887,22} \times 100\% \\ &= 6,74\% \end{aligned}$$

Jadi efisiensi termal yang dihasilkan turbin adalah 6,74 %



Gbr 10. Grafik Efisiensi Thermal Turbin Uap

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi thermal pada turbin uap memiliki nilai tertinggi yaitu 7.20% dan memiliki nilai terendah 6.60%.

Dari hasil penelitian ini data yang diperoleh diketahui bahwa rata-rata tekanan yang masuk ke turbin adalah 17 Bar ,tekanan uap keluar Turbin 300 Kpa dan kapasitas Uap dari boiler = 20.000 kg/jam. Pada titik keempat tekanan keluar turbin ($P_4 = 300$ kPa) dan fluidanya dalam keadaan mixture saturated dan tekanannya konstan dan entropi 3 S_3 sama dengan Entropi 4 S_4 . Maka dari hasil perhitungan kualitas uap yang dihasilkan oleh turbin adalah 0,89. Setelah menganalisis ke empat proses siklus tersebut, didapatkan panas yang masuk pada turbin (Q_{in}) dengan hasil perhitungan 46.394.740 kJ/jam. Lalu di konversikan dari kJ/jam ke kW dengan hasil perhitungan 12.887,42 kW. Pada saat panas keluar dari turbin nilai yang didapatkan 43.269.400 kJ/jam, lalu di konversikan dari kJ/jam ke kW dengan hasil perhitungan 12.019,27 kW. Dapat disimpulkan bahwa daya masuk lebih besar dari ada daya keluar. Laju uap steam (m_s) yang dihasilkan 20.000 kg/ jam dengan daya kerja yang masuk 16.015 kW dan daya keluar 15.138 kW sehingga menghasilkan 878,055 kW berdasarkan perhitungan. Uap yang masuk ke turbin sebanyak 17 Bar sehingga menghasilkan daya potensial sebesar 878,055 kW. Cos Φ rata-rata 0.90 (nilai rata- rata Cos Φ dari hasil pengamatan pada panel turbin) dengan nilai 975,9 kW . Setelah melakukan perhitungan kerja pada turbin dan kerja pada pompa sehingga dapat melakukan perhitungan efisiensi siklus termal dengan kerja bersih sebesar 868,738 kW, sehingga efisiensi termal yang dihasilkan berdasarkan perhitungan adalah 6,74 %.

V. KESIMPULAN

Dari hasil dan Analisa diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses Turbin uap khususnya pada pabrik minyak kelapa sawit PT. Syaukath Sejahtera (Gandapura) terdiri dari siklus bahan bakar, siklus uap dan air, serta siklus pembakaran.

2. Tekanan keluar turbin 2,8 Bar menghasilkan daya yang dialirkan ke generator dengan nilai 994,01 kVa, Pada tekanan keluaran turbin sebesar 3Bar menghasilkan daya sebesar 975,90 kva, sedangkan pada tekanan 3,1 Bar dihasilkan daya keluaran yang di alirkan ke generator dengan nilai 965,12 kVa, dan dengan tekanan keluaran turbin 3,2 Bar menghasilkan daya yang dialirkan ke turbin sebesar 955,98 kVa.
3. Dengan tekanan keluaran dari turbin 2,8 Bar menghasilkan efisiensi thermal turbin uap 7,20 %, Jika tekanan keluar turbin 3 Bar maka dihasilkan efisiensi thermal turbin uap terhitung 6,74 %. Sedangkan ketika untuk tekanan 3,1 Bar dihasilkan efisiensi thermal sebesar 6,66 %, dan untuk tekanan 3,2 Bar menghasilkan efisiensi sebesar 6,60%.

REFERENSI

- [1] Sihombing, V., Haryanto, N., & Saodah, S. (2014). **Analisis Perhitungan Ekonomi dan Potensi Penghematan Energi Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Pabrik Kelapa Sawit PT. X**. Jurnal Reka Elkomika, 2(2), 90-120.
- [2] Sumarwo.(2018).**Analisis Perhitungan Heatrate Pada Turbin Uap. Berdasarkan Performace Test Unit 1 Di PT. Indonesia Power Uboh Ujj Banten 3 Lontar**. Motor Bakar : Jurnal Teknik Mesin, 2(1),61-68.
- [3] Gusnita, N., & Said, K. S. (2017). **Analisa Efisiensi dan Pemanfaatan Gas Buang Turbin Gas Alsthom Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Kapasitas 20 Mw**, Sains, Teknologi Dan Industri, 14(2), 209-218.