



Terbit *online* pada laman web jurnal :
<https://ejournal.sttp-yds.ac.id/index.php/js/index>

Sainstek
(e-Journal)

ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039



Analisa Daya Listrik Generator Pada Turbin Uap Berdasarkan Pemanfaatan Uap Kering di PT.Gandaerah Hendana

Yolnasdi^a, Fadhli Palaha^b, Chrismondari^c, Dandi Basrizal Maidianto^d

^{a,b,c,d} Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Jl. Dirgantara No.4 Arengka Raya, Kota Pekanbaru,

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 13 Juni 2023

Revisi Akhir: 30 Juni 2023

Diterbitkan Online: 30 Juni 2023

KATA KUNCI

Turbin Uap, Energi Potensial, Energi Kinetik, Superheated Steam

KORESPONDENSI

Telepon: 081371137720

E-mail: fadhlyyy@yahoo.com

ABSTRACT

Turbin uap (Steam turbin) merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial pada uap menjadi energi kinetik dan selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran pada poros turbin. Poros turbin, langsung atau dengan dihubungkan dengan roda gigi reduksi, dihubungkan dengan mekanisme yang akan digerakan. Dalam hal ini generator yang digerakan. Dalam menggerakkan turbin, uap yang di gunakan ialah uap kering bertekanan (superheated steam) yang diarahkan oleh nozel ke sudu-sudu yang terdapat pada turbin sehingga turbin berputar. Tekanan dan temperatur sangat berpengaruh terhadap kemampuan uap untuk memutar turbin, jika kerja turbin tidak optimal maka akan berpengaruh terhadap daya output generator dan efisiensi. Efisiensi generator tertinggi diperoleh dari hasil perhitungan berdasarkan data pengamatan sebesar 94% dan yang terendah sebesar 55%

Dari hasil penelitian yang dilakukan, pabrik kelapa sawit (PKS) memiliki beban yang berubah-ubah. Beban tersebut tergantung dari banyaknya jumlah tandan buah segar (TBS) yang akan diolah setiap harinya. Daya yang maksimal yang mampu dihasilkan generator di pabrik kelapa sawit (PKS) Gandaerah Hendana adalah sebesar 1600 kW dan beban di PKS tersebut rata-rata berkisar 1000 kW sampai dengan 1400 kW.

1. PENDAHULUAN

Salah satu dari banyak industri dan perusahaan yang menggunakan sumber pembangkit sendiri sebagai suplai listrik adalah pabrik yang bergerak dalam bidang pengolahan kelapa sawit, yang produksinya setiap tahun semakin meningkat. Hal tersebut dikarenakan penggunaan minyak kelapa sawit yang sangat tinggi dan permintaannya yang banyak bahkan hingga keluar negeri. Hal ini terlihat seiring makin banyaknya pabrik-pabrik yang bergerak dibidang kelapa sawit mengekspor minyak mentah (CPO) ke luar negeri.

PT. Gandaerah Hendana merupakan salah satu perusahaan milik swasta yang bergerak di bidang agroindustri yang menjadikan minyak kelapa sawit (CPO) menjadi komoditas yang di produksi. PT. Gandaerah

Hendana memiliki pabrik untuk pengolahan buah kelapa sawit menjadi minyak kelapa sawit (CPO). Pabrik ini telah dapat menyediakan suplai energi listriknya sendiri dengan memanfaatkan uap dari boiler untuk pembangkit energi listriknya.

Mengingat keberhasilan dari suatu proses pengolahan dari suatu pabrik tidak terlepas dari peranan mesin-mesin pengolahan, untuk memperlancar proses pengolahan tersebut maka mesin-mesin pengolahan tersebut harus didukung dengan ketersediaan daya listrik yang sesuai dengan kebutuhannya. Listrik yang merupakan salah satu energi penggerak mesin-mesin di suatu industri di bangkitkan oleh generator. Maka sangat dibutuhkan suatu turbin uap untuk memutar generator pada pabrik tersebut. Turbin uap termasuk dalam kelompok pesawat-pesawat konversi energi potensial uap menjadi energi mekanik pada poros turbin uap.

Poros turbin uap langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi dihubungkan dengan mekanisme yang di

gerakan[1]. Uap yang dibutuhkan pada turbin uap untuk memutar generator adalah uap kering bertekanan yang berasal dari ketel uap. Uap kering merupakan hasil dari uap basah yang dipanaskan oleh pemanasan lanjut (super heater)[1]. Uap kering digunakan sebagai pemutar turbin, dimana putaran turbin akan di pengaruhi oleh tempratur dan tekanan pada uap tersebut[1]

2. TINJAUAN PUSTAKA

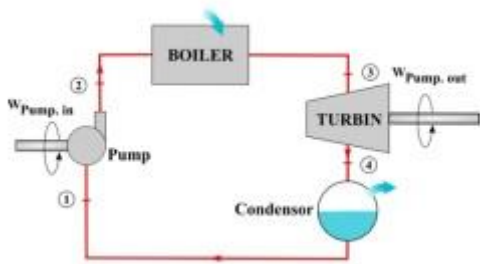
2.1. Turbin Uap

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].

2.2 Sirklus Rankine

Siklus Rankine adalah sebuah siklus yang mengkonversi energi panas menjadi energi gerak. Sistem kerja pada Siklus Rankine, panas disuplay secara eksternal pada aliran tertutup, yang biasanya menggunakan air sebagai fluida yang bergerak. Fluida yang digunakan akan mengalir secara konstan. Aliran fluida terjadi karena adanya masukan panas eksternal dan akan terjadi perubahan tekanan dalam aliran [2].

Siklus Rankine terdiri dari empat komponen dasar yaitu Boiler, Turbin, Kondenser dan Pump (pompa). Boiler berfungsi sebagai tempat penampungan air yang juga akan dikonversi menjadi uap kerja. Turbin berfungsi sebagai alat yang mengkonversi uap kerja menjadi energi gerak[2][3][4]. Kondensor berfungsi sebagai tempat mengkonversikan uap yang telah digunakan menggerakkan Turbin menjadi air kembali. Pompa berfungsi memindahkan air dari Kondensor ke dalam Boiler untuk dipanaskan ulang oleh Boiler menjadi uap. Uap tekanan rendah dari turbin uap mengalir ke Kondensor. Di dalam Kondensor, uap didinginkan dengan media pendingin air hingga berubah fase menjadi air. Kemudian air ditampung di dalam tangki dan dipisahkan dari gas-gas yang tersisa dan siap untuk dipompa ke dalam boiler oleh pompa pengisi boiler[2], [3]. Rangkaian siklus rankine dan diagram T-s dapat dilihat pada gambar:



Gambar 1 Siklus Rankine [2]

2.3 Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin merupakan parameter yang menyatakan derajat keberhasilan komponen atau sistem turbin mendekati desain atau proses ideal dengan satuan (%). Efisiensi turbin dapat dihitung dengan persamaan[4], [5] :

$$\eta = \frac{860}{\text{Hate Rate Turbine}} \times 100\% \tag{1}$$

Keterangan :

dimana 1 KWh = 860 Kilokalori (kcal)

η_{turbine} = efisiensi turbin (%)

2.4 Efisiensi Generator

Dalam generator uap, bahan bakar dibakar di ruang tembak yang dilapisi sebuah boiler untuk memindahkan panas melalui pipa logam ke fluida kerja. Air yang bersirkulasi melalui boiler diubah menjadi uap bertekanan dan bersuhu tinggi. Selama konversi kimia menjadi energi panas, kerugian pada siklus adalah 10%, terjadi karena pembakaran yang tidak lengkap dan hilangnya panas ke atas tumpukan. Steam bertekanan tinggi diperoleh untuk memutar turbin dan poros pada generator, tetapi untuk peningkatan efisiensi dimana uap buang dari turbin bertekanan lebih tinggi dipanaskan kembali dan dikirim ke turbin bertekanan lebih rendah[5]. Efisiensi dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara daya keluaran (output) terhadap daya masukan (input) dalam suatu proses. Efisiensi merupakan persamaan yang penting dalam termodinamika untuk mengetahui seberapa baik konversi energi yang terjadi. Daya masukan generator berupa daya mekanik karena turbin dan generator dikopel dan bekerja bersama untuk menghasilkan daya keluaran menjadi daya listrik. Semakin besar nilai efisiensi generator maka semakin besar juga daya output yang dihasilkan[5]. Untuk menghitung efisiensi generator dapat diperoleh dengan persamaan.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \tag{2}$$

Selain itu efisiensi generator juga akan mempengaruhi kerja dari sistem pembangkit secara keseluruhan. Efisiensi dari generator dapat mengalami penurunan akibat adanya beberapa faktor antara lain rugi-rugi daya yang timbul pada generator, lamanya waktu operasi generator dan proses pemeliharaan. Seperti yang kita ketahui daya masukan generator berupa energi mekanik dari turbin. Sehingga daya masukan generator akan sama dengan daya keluaran turbin, karena generator dan turbin di kopel dan bekerja bersama. Untuk mencari daya yang dihasilkan turbin dapat dicari dengan melakukan perhitungan entalpi dan entropi. Berikut adalah langkah-langkah untuk mencari efisiensi generator dengan metode penurunan entalpi[5] :

1. Mencari h_1 (Kj/Kg) dan S_1 (Kj/Kg K) pada tekanan uap masuk turbin (P_1).
2. Mencari nilai s_f , s_g , s_{fg} (Kj/Kg K), h_f dan h_g (Kj/Kg) pada tekanan uap keluar turbin (P_2).
3. Mencari Fraksi Uap (x)

$$x = \frac{S_1 - S_f}{S_g - S_f} \tag{3}$$

4. Mencari Entalpi Uap keluar Turbin (h_2)

$$h_2 = h_f + (x \cdot h_{fg}) \text{ (Kj/gK)} \tag{4}$$

5. Mencari Kerja Turbin Uap (W_t)
 $W_t = h_1 - h_2 \text{ (Kj/Kg)}$ (5)

6. Mencari Daya Isentropik Turbin (P_{st})
 $P_{st} = \text{Laju air massa uap} \times W_t \text{ (MW)}$
 $P_{st} = m \times W_t \text{ (MW)}$ (6)

7. Daya Aktual Turbin / Daya Input Generator (P_{in})
 $P_{in} = P_{st} \times \text{turbin (MW)}$ (7)

8. Mencari Efisiensi Turbin η_{gen}

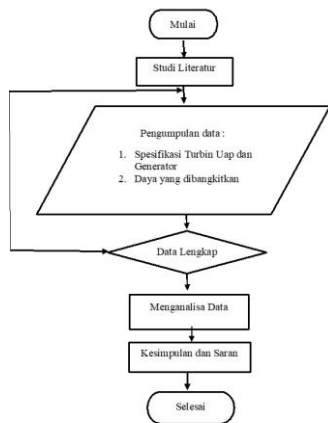
$$\eta_{gen} = \frac{\text{Beban}}{\text{Daya Input Generator}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Beban}}{P_{in}} \times 100\%$$
 (8)

3. METODOLOGI

Dalam pemanfaatan uap kering sebagai penggerak mula atau *prime mover* pada turbin untuk menghasilkan daya listrik di pabrik kelapa sawit (PKS). Adapun pembahasan pertama adalah mengenai komponen-komponen utama dalam proses pembentukan uap, kemudian pembahasan berikutnya mengenai turbin uap dengan penjelasan sesuai dengan hasil penelitian. Untuk tahapan pembahasan berikutnya yaitu mengenai proses pemanfaatan uap kering sebagai *prime mover* turbin uap untuk membangkitkan daya listrik, proses pembentukan uap kering, serta mekanisme pemanfaatan uap sebagai pemutar turbin dan sampai pada pemutaran generator listrik. Kemudian menganalisa kebutuhan daya listrik yang di hasilkan oleh generator melalui turbin yang digerakan oleh uap kering.

Dibawah ini yaitu gambar 2 yaitu gambar alur penelitian yang akan dilakukan



Gambar 2 Diagram Alur Penelitian

Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian di pabrik kelapa sawit (PKS) Gandaerah Hendana sebagai berikut :

1. *Temperatur Gauge*

Temperatur Gauge disebut juga termometer digunakan untuk mengukur suhu atau gradien temperatur. *Temperature gauge* (°C) dipasang dipipa

masuk uap dan dipipa keluaranya uap untuk melihat kondisi temperatur uapnya.



Gambar 3 Temperatur gauge

2. *Preassure gauge*

Preassure Gauge digunakan untuk mengukur tekanan uap masuk maupun keluar turbin uap di pabrik kelapa sawit (PKS) Gandaerah Hendana. *Preassure gauge inlet* (bar) dipasang dipipa masuknya uap turbin. Dan *preassure gauge outlet* (bar) dipasang dipipa keluaranya turbin uap.



Gambar 4 *Pressure gauge*

3. Kontrol Panel

Kontrol panel merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui beban yang di keluarkan oleh generator. Kontrol panel terletak di engine room dan dicek tiap jam selama masa pengolahan berlangsung.



Gambar 5 *Control Panel*

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian di pabrik kelapa sawit (PKS) Gandaerah Hendana sebagai berikut :

1. Turbin Uap

Turbin uap yang digunakan pada PKS Gandaerah Hendana merupakan turbin dengan spesifikasi sebagai berikut.



Gambar 6 Turbin uap

Steam Turbine : Shinko
 Tekanan Kerja : 22 bar
 Speed : 1500 rpm
 Rated power : 1.600 kW

2. Generator

Generator yang digunakan di pabrik kelapa sawit (PKS) Gandaerah Hedana sebagai pembangkit dengan spesifikasi sebagai berikut :



Gambar 7 Generator turbin uap

Merk : Leroy Somer Alternatuer
 Frequency : 50 Hz
 Voltage : 380V
 Speed : 1500 rpm
 Puissance : 1.600 Kw

Data Penelitian

Berikut data hasil penelitian yang dilakukan di pabrik kelapa sawit (PKS) Gandaerah Hendana sebagai berikut :

Tabel 1 Data Pengamatan Tekanan dan Temperatur (PT. Gandaerah Hendana)

No	Pressure in	Temperatur in	Pressure out	Temperatur out	Beban
	Bar	(°C)	Bar	(°C)	
1	19,9	340	3	197	1050
2	19,7	335	2,7	195	990
3	18,5	330	2,2	190	640
4	19,5	340	2,9	195	1150
5	19,6	335	2,6	197	900
6	19,5	330	2,5	197	680

7	20,1	338	3	196	1000
8	19,6	340	2,9	196	1150
9	18,3	335	2,6	190	1150
10	20	340	2,4	190	1000

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data dan pengamatan yang telah dilakukan di pabrik kelapa sawit (PKS) Gandaerah Hendana mengenai turbin dan generator. Maka dengan menggunakan metode asumsi agar mempermudah penulis yaitu sebagai berikut :

- Nilai dari tekanan temperatur pada turbin uap serta beban generator merupakan nilai dari pengukuran rata-rata dalam satu hari selama pabrik berproduksi.
- Efisiensi turbin uap saat penelitian sebesar 85%
- Laju aliran massa uap memiliki nilai rata-rata 20.000 kg/h.

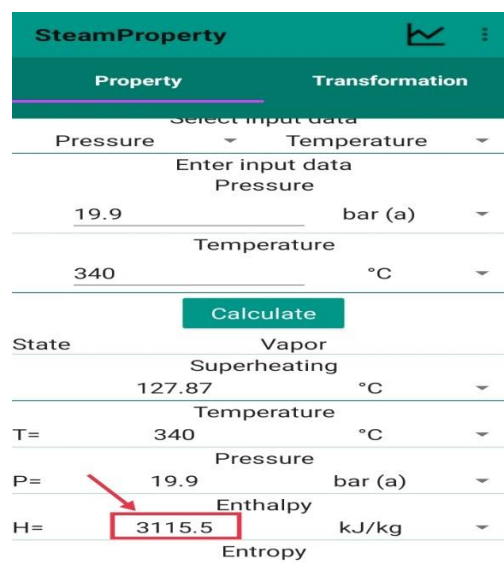
Berikut hasil perhitungan berdasarkan data sampel tabel 1 yang di peroleh selama penelitian di pabrik kelapa sawit (PKS) Gandaerah Hendana.

Perhitungan data sebagai berikut :

Diketahui :

P_1 : 19,9 bar
 T_1 : 340°C
 P_2 : 3 bar
 T_2 : 197°C

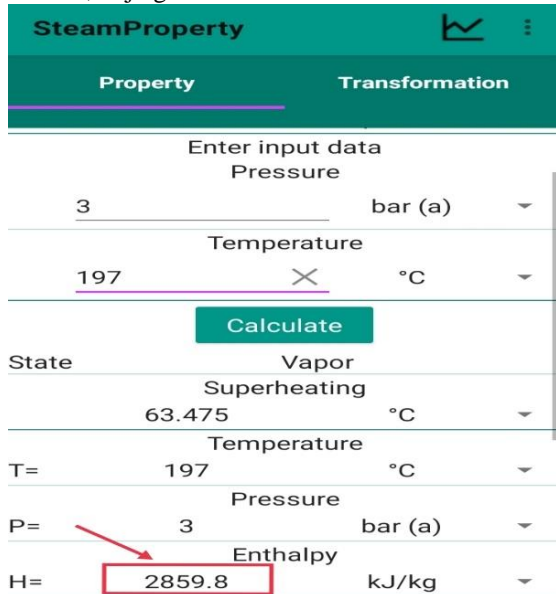
Dari data merupakan data beban tertinggi maka di peroleh tekanan uap masuk (P_1) sebesar 19,9 bar yang terbaca pada alat ukur dengan temperatur (T_1) sebesar 340°C. Dari tekanan dan temperatur tersebut maka diperoleh entalpi masuk turbin (h_3) sebesar 3115,5 kJ/kg dari aplikasi *steam properties*.



Gambar 7 Entalpi uap masuk

Sedangkan untuk tekanan uap keluar (P_2) sebesar 3 bar dengan temperatur (T_2) sebesar 197°C maka

diperoleh entalpi uap keluar turbin (h_4) sebesar 2859,8 kJ/kg.



Gambar 8 Entalpi uap keluar

Dengan diperolehnya nilai entalpi uap masuk (h_3) dan entalpi uap keluar (h_4) maka dapat diketahui kerja dari turbin dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 W_T &= m \times (h_3 - h_4) \\
 &= 20.000 \text{ kg/h} \times (3115,5 \text{ kJ/kg} - 2859,8 \text{ kJ/kg}) \\
 &= 20.000 \text{ kg/h} \times 255,7 \text{ kJ/kg} \\
 &= 5.114.000 \text{ kJ/h} : 3600 \text{ (konversi ke kW)} \\
 &= 1420 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Maka kerja turbin diperoleh dari hasil perhitungan sebesar 1420 kW

Dengan diketahui kerja dari turbin berdasarkan perhitungan diatas, maka dapat di hitung daya yang dihasilkan turbin uap dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 P_T &= W_T \times \eta_{\text{turbin}} \\
 &= 1420 \times 85\% \\
 &= 1207 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Maka daya yang dihasilkan turbin uap dari hasil perhitungan sebesar 1207 kW

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, maka di peroleh entalpi, kerja turbin dan daya keluaran turbin sebagai berikut :

Tabel 2 Kinerja Turbin di PT. Gandaerah Hendana

No Data	Entalpi h_3 (kJ/kg)	Entalpi h_4 (kJ/kg)	$h_3 - h_4$ (kJ/kg)	WT turbin (kJ/h)	WT turbin (kW)	P turbin (kW)
1	3115,5	2859,8	255,7	5.114.000	1420	1207
2	3104,7	2857,2	247,5	4.950.000	1375	1168
3	3096,3	2849,6	246,7	4.930.000	1370	1164
4	3116,4	2856,2	260,2	5.200.000	1445,5	1228,7

5	3105	2861,8	243,2	4.860.000	1351,1	1148,4
6	3094	2861,8	202,2	4.040.000	1123,3	954,8
7	3110,6	2857,7	259,9	5.190.000	1443,9	1227,3
8	3116,2	2857,7	258	5.160.000	1433	1218
9	3107,9	2847,5	260,4	5.200.000	1446,7	1229,6
10	3115,3	2848,5	266,8	5.330.000	1482	1259,7

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka dapat di analisa bahwa besarnya daya yang dihasilkan turbin sebanding dengan entalpi uap yang masuk ke turbin. Semakin besar entalpi uap masuk turbin, maka semakin besar daya yang dihasilkan turbin dan begitupun sebaliknya. Sementara itu selisih antara entalpi uap masuk (h_3) dan entalpi uap keluar turbin (h_4) berpengaruh terhadap kerja dari turbin, semakin besar nilai selisih dari turbin, maka semakin besar nilai kerja dari turbin dan begitupun sebaliknya.

Perhitungan Daya Efisiensi Generator

Untuk daya masukan generator sama dengan daya yang dihasilkan oleh turbin uap, yang mana daya masukan tersebut diperoleh dari hasil perhitungan sebelumnya. Sedangkan daya keluaran generator diperoleh dari hasil pengukuran yang dilakukan pada saat penelitian.

Sedangkan untuk memperoleh nilai efisiensi generator menggunakan persamaan sebagai berikut :

- Perhitungan efisiensi ke 1

$$\begin{aligned}
 \eta_{\text{generator}} &= \frac{1050}{1207} \times 100\% \\
 &= 0,86 \times 100\% \\
 &= 86\%
 \end{aligned}$$

- Perhitungan efisiensi ke 2

$$\begin{aligned}
 \eta_{\text{generator}} &= \frac{990}{1168} \times 100\% \\
 &= 0,84 \times 100\% \\
 &= 84\%
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan perhitungan efisiensi generator yang sama seperti sebelumnya, maka didapatkan hasil perhitungan data pengamatan lainnya pada tabel sebagai berikut :

Tabel 3 Daya dan efisiensi generator PT.Gandaerah Hendana

No	Pin	Pout	$\eta_{\text{generator}}$
	(kW)	(kW)	(%)
1	1207	1050	86%
2	1168	990	84%
3	1164,5	640	55%

4	1228,7	1150	93%
5	1148,4	900	78%
6	1123,3	680	60%
7	1227,3	1000	81%
8	1218	1150	94%
9	1229,6	1150	93%
10	1259,6	1000	79%

Berdasarkan data hasil perhitungan dan pengukuran, maka dapat di analisa bahwa daya masukan generator lebih besar dibandingkan dengan daya keluaran generator. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh terhadap beban pada saat pabrik kelapa sawit (PKS) berproduksi. Begitu juga dengan nilai efisiensi generator yang di pengaruhi oleh daya keluaran generator, yang mana pada saat beban dalam kondisi rendah maka nilai efisiensi juga rendah dan begitupun sebaliknya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Entalpi sangat mempengaruhi daya yang dihasilkan turbin dan generator. Nilai entalpi diketahui dari tekanan dan temperatur yang dibaca dari alat ukur dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semakin besar entalpi uap masuk pada saat menggerakkan turbin maka semakin besar daya yang dihasilkan turbin dan generator. Tekanan uap untuk menggerakkan turbin rata-rata 20 bar dan temperatur rata-rata 340°C dengan laju aliran massa uap sebagai penggerak turbin rata-rata sebesar 20 ton/jam. Nilai efisiensi generator yang digerakan oleh turbin dalam keadaan beban puncak pada saat dilakukan penelitian yaitu sebesar 94% dan efisiensi terendah sebesar 55%. Besar kecilnya nilai efisiensi tergantung pada keadaan beban dan entalpi uap yang menjadi penggerak mula turbin.
2. Uap yang digunakan sebagai *prime mover* turbin merupakan jenis uap kering. Uap kering dibentuk melalui proses air yang dipanaskan di *boiler* sehingga membentuk uap bertekanan dan bertemperatur tertentu, kemudian uap tersebut diarahkan oleh *nozle* ke sudu-sudu turbin sehingga turbin berputar. Sisa uap keluaran turbin kemudian turun ke kondensor dan diubah kembali menjadi air yang siap di panaskan kembali di *boiler*. Proses ini berlangsung terus-menerus. Dengan berputarnya turbin yang digerakan oleh uap, maka *generator* juga ikut berputar, dengan demikian *generator* tersebut dapat menghasilkan daya listrik sebagai penunjang proses produksi di PKS Gandaerah Hendana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Arrazi, "Analisis Efisiensi Turbin Uap Sebagai Penggerak Generator Pabrik Minyak Kelapa Sawit PT.Syaukath Sejahtera (Gandapura)," vol. 7, no. 1, 2023.
- [2] A. Palaka, N. L. Marpaung, F. Teknik, U. Riau, and K. B. Widya, "Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit Pada Pabrik PT. Rama Jaya Pramukti Jom FTeknik, vol. 6, pp. 1–3, 2019.
- [3] N. P. Soelaiman, Sofyan, "Analisa prestasi kerja turbin uap pada beban yang bervariasi," *Turbin Heat Rate*, pp. 1–12, 2009.
- [4] J. Permana and I. Kurniawan, "Analisis Perhitungan Daya Turbin Yang Dihasilkan Dan Efisiensi Turbin Uap Pada Unit 1 Dan Unit 2 Di Pt. Indonesia Power Uboh Ujp Banten 3 Lontar," *Mot. Bakar J. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 2, pp. 1–8, 2017.
- [5] A. K. Wijaya, D. Nugroho, and A. A. Nugroho, "Analisa Efisiensi Kinerja Generator G-101 Pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi," *TRANSISTOR J. Elektro dan Inform.*, vol. 4, no. 1, pp. 43–48, 2022.
- [6] L. O. Musa, A. Rahman, I. Gapshel, and T. Sombokanan, "Analisis Performansi Turbin dan Generator di PLTP Lahendong Unit 1 Tomohon," *J. Sinergi Jur. Tek. Mesin*, vol. 17, no. 1, p. 25, 2019.
- [7] "3h___313691-perancangan-turbin-uap-impuls-981b2dd8.pdf."
- [8] R. Apriandi and A. Mursadin, "Analisis Kinerja Turbin Uap Berdasarkan Performance Test Pltu Pt. Indocement P-12 Tarjun," *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 1, no. 1, pp. 37–46, 2016.
- [9] A. S. Fata and Fajriani, "Analisis siklus uap pltu pangkalan susu pt indonesia power," *J. Hadron*, vol. 1, no. 01, pp. 9–11, 2019.
- [10] A. E. Nur *et al.*, "Pengaruh Perubahan Bebaan Generator Terhadap Efisiensi Pltu The Effect Of Generator Load Changes On PLTU (Study On Pltu Semen Tonasa Unit 35 MW)," vol. 20, no. 1, pp. 62–66, 2022.