

ANALISA PENGARUH TEKANAN UAP DAN SUHU UAP TERHADAP OUTPUT DAYA HASIL LUARAN TURBIN UAP DI PABRIK KELAPA SAWIT

Ahmad Rafiq Alhariri¹, Gani Supriyanto², Hermantoro²

¹Mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian INSTIPER

²Dosen Fakultas Teknologi Pertanian INSTIPER

Email : rafiqsumsel@gmail.com

ABSTRAK

Turunnya beban *Real* turbin mempunyai berbagai macam faktor, Beberapa parameter yang membutuhkan peninjauan lebih yaitu tekanan uap, dan laju aliran massa uap yang akan masuk turbin karena hal tersebut merupakan yang paling signifikan menyebabkan turunnya daya pembangkitan. penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh tekanan uap terhadap *Output* daya hasil luaran turbin uap dan mengetahui pengaruh suhu uap terhadap *Output* daya hasil luaran turbin uap .

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kuantitatif, mengolah data dengan tabel dan grafik. Penelitian ini dilakukan dengan mengolah data primer, berupa tekanan uap masuk turbin, suhu *Inlet* turbin dan *Output* daya yang dihasilkan turbin uap.

penelitian ini menunjukkan hasil *Output* daya turbin rata-rata yang dihasilkan antara 406,5 kW/jam sampai dengan 554,97 Kw/jam. Tekanan uap masuk turbin berpengaruh terhadap *Output* daya turbin, semakin tinggi tekanan uap masuk turbin, maka semakin besar juga *Output* daya turbin yang dihasilkan. Suhu uap *Inlet* turbin berpengaruh terhadap *Output* daya turbin, semakin tinggi Suhu *Inlet* turbin, maka semakin besar juga *Output* daya turbin yang dihasilkan

Kata Kunci : Tekanan Uap, Suhu Uap, *Output* Daya Turbin, Turbin Uap, Pabrik Kelapa Sawit

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Industri atau perkebunan minyak kelapa sawit sebagai salah satu sektor unggulan Indonesia memiliki kontribusi yang cukup besar terhadap ekspor nonmigas nasional dan setiap tahun cenderung terus mengalami peningkatan. Ekspor CPO Indonesia setiap tahunnya juga menunjukkan tren meningkat dengan rata-rata peningkatan adalah 12,97 persen (Ewaldo, 2015).

Kebutuhan listrik pada industri merupakan hal yang sangat penting, oleh sebab itu diciptakanlah suatu alat yang disebut boiler untuk menghasilkan daya listrik dan uap air. Boiler merupakan pilihan yang menguntungkan untuk memenuhi tujuan ini. Untuk memenuhi kebutuhan energi yang semakin meningkat sementara cadangan bahan bakar yang semakin hari semakin menipis serta tuntutan keamanan yang tinggi bagi manusia dan lingkungan, Boiler menghasilkan *Steam* yang panasnya digunakan sebagai media pemanas, pengering, pengawet proses dan pembangkit energi (Parinduri, Mahrani, Jepri. S, 2019).

Turbin adalah sebuah alat yang berputar dan merubah energi dari aliran fluida. Turbin sederhana memiliki satu bagian yang bergerak, *Assembly Rotor-Blade*. Fluida yang dialirkan menuju turbin mengakibatkan sudu-sudu turbin berputar, sehingga menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor (Santoso, 2018).

Turunnya beban real turbin mempunyai berbagai macam faktor, salah satunya adalah performa turbin uap. Performa turbin uap dapat dilihat dari *Heat Rate*, *Steam Rate*, efisiensi termal, dan efisiensi isentropik turbin uap. penurunan beban generator berbanding lurus dengan efisiensi isentropik turbin. Penurunan beban generator akan mempengaruhi beban real, sehingga diperlukan peninjauan lebih pada parameter-parameter yang menunjang efisiensi isentropik turbin. Beberapa parameter yang membutuhkan peninjauan lebih yaitu tekanan uap pada *Steam Chest*, dan laju aliran massa uap yang akan masuk turbin karena hal tersebut merupakan yang paling signifikan menyebabkan turunnya daya pembangkitan. Indikasi parameter yang paling terlihat pada rata-rata tekanan *Steam Chest* (Anggeraini, Freddy, Setiawan, 2017).

Hilangnya energi dengan jumlah yang besar pada mesin pembangkit listrik dapat terjadi di salah satu atau lebih pada komponen mesin. Untuk mengetahui komponen-komponen tersebut maka perlu dilakukan analisis di setiap komponen sistem pembangkit listrik tersebut. Metode ini telah banyak dilakukan oleh para ilmuwan dan perancang sistem untuk meningkatkan efisiensi pada pembangkit (Zakaria, Effendy, 2018).

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan uap terhadap *Output* daya hasil luaran turbin uap dan untuk mengetahui pengaruh suhu uap terhadap *Output* daya hasil luaran turbin uap.

METODE PENELITIAN

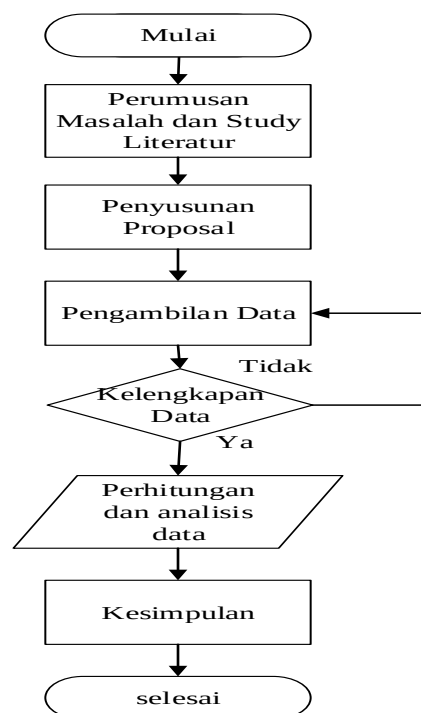
Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PKS Terantam PT. Perkebunan Nusantara V Desa. Kasikan, Kec. Tapung Hulu, Kab. Kampar, Riau. Penelitian ini dilaksanakan selama 15 hari, terhitung mulai dari tanggal 20 Juni 2022 sampai dengan tanggal 04 Juli 2022.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah boiler, turbin uap, *Pressure Gauge*, BPV, ampere meter, volt meter, Kwh meter dan *Thermometer* digital. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah *Steam*.

Tahapan Penelitian



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan data tekanan uap masuk turbin dan tekanan uap keluar turbin dengan melihat *Pressure Gauge* pada *Inlet Steam Valve* dan BPV, data suhu uap *Inlet* dan suhu *Outlet* turbin menggunakan *Thermometer* digital, data arus listrik, tegangan

listrik dan daya listrik dengan mengamati dan mencatat pada *Main Panel (Main Panel Switch Board)*.

Parameter Yang Diamati

pada penelitian ini terdapat beberapa parameter yang diamati yaitu :

1. Tekanan uap,
2. Suhu uap dan
3. *Output* daya turbin uap.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tekanan Uap Masuk Turbin

Menurut Najamudin (2019) Tekanan uap masuk sangat besar pengaruhnya terhadap daya yang dihasilkan turbin. Akibat dari penurunan tekanan uap masuk pada saat operasi maka hasilnya akan menyebabkan daya efektif turbin menurun juga.

Tabel 1. Data Tekanan Uap Masuk Turbin.

No	Tekanan Uap Turbin kapasitas 800 kW (Kg/cm ²)	Tekanan Uap Turbin kapasitas 1000 Kw (Kg/cm ²)
1	14,28	13,78
2	16,78	17,07
3	16,78	16,64
4	16,21	15,92
5	16,5	15,14
6	16,57	16,71
7	17,64	17,42
8	15,92	15,85
9	16,64	16,57
10	16,57	16,5
11	15,07	15,07
12	15,5	14,92
13	16,14	16,21
14	16,42	16,71
15	16,35	16,28

Pada tabel 4.1, menunjukkan angka tekanan uap yang masuk turbin, pada *Inlet Steam* turbin kapasitas 800 kW paling tinggi sebesar 17,64 Kg/cm² dan terendah sebesar 14,28 Kg/cm², Kemudian tekanan uap masuk pada *inlet steam* turbin kapasitas 1000 kW paling tinggi sebesar 17,42 Kg/cm² dan terendah sebesar 13,78 Kg/cm².

Dari tabel 1. menunjukkan terjadi kenaikan dan penurunan tekanan uap yang masuk turbin, hal ini dipengaruhi oleh laju aliran massa uap dari boiler. Apabila laju aliran massa uap dari boiler tinggi maka tekanan uap masuk turbin menjadi tinggi dan penurunan tekanan uap masuk turbin diakibatkan oleh laju aliran massa uap dari boiler rendah.

Suhu Uap Turbin

Berikut tabel data suhu uap *Inlet* dan *Outlet* turbin :

Tabel 2. Data Suhu Uap *Inlet* dan *Outlet* Turbin.

No	Turbin kapasitas 800 Kw		Turbin kapasitas 1000 Kw	
	Suhu Inlet (C°)	Suhu Outlet (C°)	Suhu Inlet (C°)	Suhu Outlet (C°)
1	261	161	255	158
2	271	167	271	166
3	273	169	273	167
4	268	165	265	164
5	265	166	258	159
6	269	170	268	167
7	270	167	269	166
8	264	163	262	162
9	265	165	263	163
10	271	168	270	169
11	262	164	261	161
12	262	160	258	156
13	263	164	263	164
14	269	172	269	169
15	265	165	264	165

Pada tabel 2, menunjukkan angka rata-rata suhu uap harian *Inlet* dan *Outlet* turbin, suhu uap *inlet* turbin kapasitas 800 kW yang paling tinggi sebesar 271 C° dan yang terendah sebesar 261 C°, kemudian suhu uap *Outlet* turbin kapasitas 800 kW paling tinggi sebesar 172 C° dan terendah sebesar 160 C°. Kemudian suhu uap *inlet* turbin kapasitas 1000 kW paling tinggi sebesar 273 C° dan terendah sebesar 255 C°, kemudian suhu uap *Outlet* turbin kapasitas 1000 kW paling tinggi sebesar 169 C° dan terendah sebesar 158 C°.

Dari tabel 2. menunjukkan terjadi kenaikan dan penurunan suhu uap *Inlet* maupun *Outlet* turbin, kenaikan suhu *Inlet* turbin yang masuk turbin dipengaruhi oleh tekanan *Inlet* turbin yang tinggi, sehingga tekanan uap tinggi mengakibatkan temperatur uap menjadi tinggi. Penurunan suhu *Inlet* turbin diakibatkan penurunan tekanan *Inlet* turbin yang mengakibatkan penurunan suhu uap.

Output Daya Turbin Uap

Berikut tabel hasil perhitungan data output daya turbin uap :

Tabel 3. Hasil Perhitungan Data *Output* Daya Turbin Uap.

No	Daya Turbin kapasitas 800 (kW)	Daya Turbin kapasitas 1000 (kW)
1	432,52	458,86
2	485,48	554,97
3	457,12	498,54
4	444,82	507,86
5	482,67	480,98
6	473,28	522,77
7	406,5	517,88
8	470,08	515,63
9	458,43	505,77
10	474,03	514,46
11	423,55	489,8
12	440,9	506,19
13	448,74	524,08
14	473,56	528,87
15	417,75	523

Pada tabel 3. menunjukkan angka rata-rata daya harian yang dihasilkan turbin, daya turbin kapasitas 800 kW paling tinggi sebesar 485,48 Kw dan daya terendahnya sebesar 406,50 Kw, kemudian daya turbin kapasitas 1000 kW paling tinggi sebesar 554,97 Kw dan daya terendahnya sebesar 458,86 Kw.

Daya yang dihasilkan turbin no. 3 dan turbin no. 2 tidak mencapai 1000 Kw dan 800 Kw sebagaimana yang disebutkan dalam spesifikasi masing-masing turbin uap, hal ini dapat dipengaruhi oleh tekanan uap masuk turbin, putaran rotor turbin dan kinerja generator turbin.

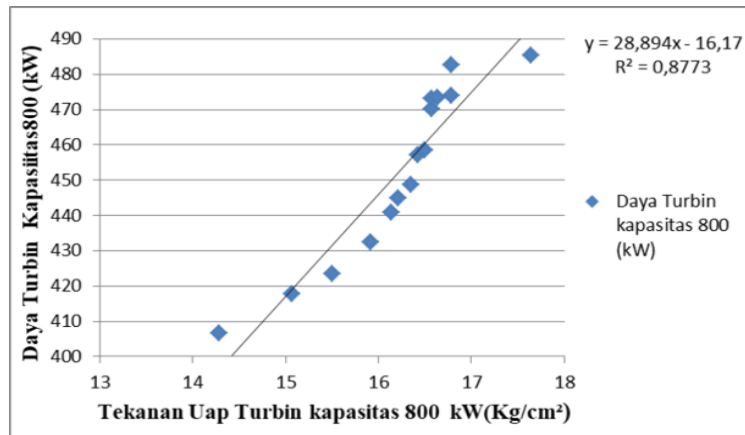
Hubungan Tekanan Uap Terhadap *Output* Daya Hasil Luaran Turbin Uap.

Berikut tabel hasil hubungan tekanan uap terhadap *Output* daya turbin uap :

Tabel 4. Hasil hubungan Tekanan Uap Terhadap *Output* Daya Turbin Uap.

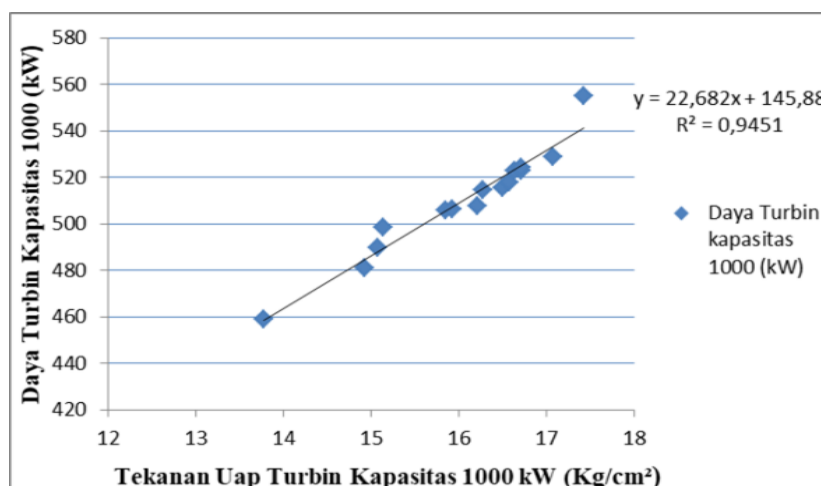
No	Tekanan Uap Turbin kapasitas 800 Kw (Kg/cm ²)	Daya Turbin kapasitas 800 (kW)	Tekanan Uap Turbin kapasitas 1000 kW (Kg/cm ²)	Daya Turbin kapasitas 1000 (kW)
1	14,28	406,5	13,78	458,86
2	15,07	417,75	14,92	480,98
3	15,5	423,55	15,07	489,8
4	15,92	432,52	15,14	498,54
5	16,14	440,9	15,85	505,77
6	16,21	444,82	15,92	506,19
7	16,35	448,74	16,21	507,86
8	16,42	457,12	16,28	514,46
9	16,5	458,43	16,5	515,63
10	16,57	470,08	16,57	517,88
11	16,57	473,28	16,64	522,77
12	16,64	473,56	16,71	523
13	16,78	474,03	16,71	524,08
14	16,78	482,67	17,07	528,87
15	17,64	485,48	17,42	554,97

Dari hasil analisis yang telah diperoleh pada tabel 4. menunjukkan bahwa tekanan uap masuk tertinggi menuju turbin kapasitas 800 kW sebesar 17,64 kg/cm² dengan daya tertinggi sebesar 485,48 kW, kemudian tekanan uap masuk terendah sebesar 14,28 kg/cm² dengan daya terendah sebesar 406,5 kW. Kemudian tekanan uap masuk tertinggi menuju turbin kapasitas 1000 kW sebesar 17,42 kg/cm² dengan daya tertinggi sebesar 554,97 kW, kemudian tekanan uap masuk terendah sebesar 13,78 kg/cm² dengan daya terendah sebesar 458,86 kW. Dari tabel 4.4 menunjukkan bahwa ketika tekanan uap masuk turbin menurun *Output* daya yang dihasilkan juga ikut menurun, dan saat tekanan uap masuk turbin naik *Output* daya yang dihasilkan turbin juga ikut naik.



Gambar 2. Grafik *Linear* Pengaruh Tekanan Uap Terhadap *Output* Daya Turbin Uap kapasitas 800 kW

Pada gambar. 2 di atas menyajikan persamaan regresi *Linear* sebagai berikut $Y = 28,894x - 16,17$. Dapat diartikan bahwa setiap kenaikan satu satuan tekanan uap masuk turbin, akan menaikkan daya turbin sebesar 28,894x. Untuk nilai koefisien determinasi pada variabel hubungan tekanan uap terhadap *Output* daya turbin kapasitas 800 kW adalah $R^2 = 0,8773$, yang mengartikan bahwa variabel *Independent*/bebas tekanan uap (x) secara simultan memiliki pengaruh sangat kuat terhadap output daya (variabel *Dependet*/terikat) yaitu sebesar 87,73%. Keragaman tekanan uap masuk turbin dan rentang 14-18 Kg/cm² dapat menjelaskan 87,73% dari keragaman jumlah *Ouput* daya yang dihasilkan turbin kapasitas 800 kW dalam rentang 400-490 kW. tekanan uap masuk turbin mempengaruhi kenaikan dan penurunan terhadap *Output* daya yang dihasilkan turbin yang dikategorikan sangat kuat.



Gambar 3. Grafik *Linear* Pengaruh Tekanan Uap Terhadap *Output* Daya Turbin Uap kapasitas 1000 kW

Pada gambar. 3 di atas menyajikan persamaan regresi *Linear* sebagai berikut $Y = 22,682x + 145,88$. Dapat diartikan bahwa setiap kenaikan satu satuan tekanan uap masuk turbin, akan

menaikkan daya turbin sebesar 22,682x. Untuk nilai koefisien determinasi pada variabel hubungan tekanan uap terhadap *output* daya turbin kapasitas 1000 kW adalah $R^2 = 0,9451$, yang mengartikan bahwa variabel *Independent*/bebas tekanan uap (x) secara simultan memiliki pengaruh sangat kuat terhadap output daya (variabel *Dependet*/terikat) yaitu sebesar 94,51 %. Ini menunjukkan bahwa tekanan uap masuk turbin mempengaruhi kenaikan dan penurunan terhadap *Output* daya yang dihasilkan turbin yang dikategorikan sangat kuat.

Dari hasil analisa regresi linear sederhana hubungan tekanan uap terhadap *Output* daya turbin kapasitas 800 kW dan hubungan tekanan uap terhadap *Output* daya turbin kapasitas 1000 kW, menunjukkan bahwa tekanan uap berpengaruh terhadap *Output* daya turbin, semakin tinggi tekanan uap masuk turbin, maka semakin besar juga *Output* daya turbin yang dihasilkan.

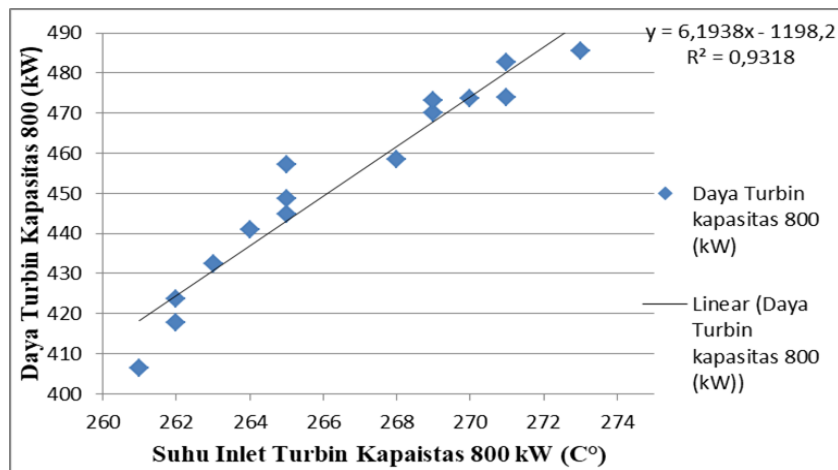
Hubungan Suhu Uap Terhadap Output Daya Hasil Luaran Turbin Uap.

Berikut tabel hasil hubungan suhu uap terhadap *Output* daya turbin uap

Tabel 5. Hasil Hubungan Suhu Uap Terhadap *Output* Daya Turbin Uap.

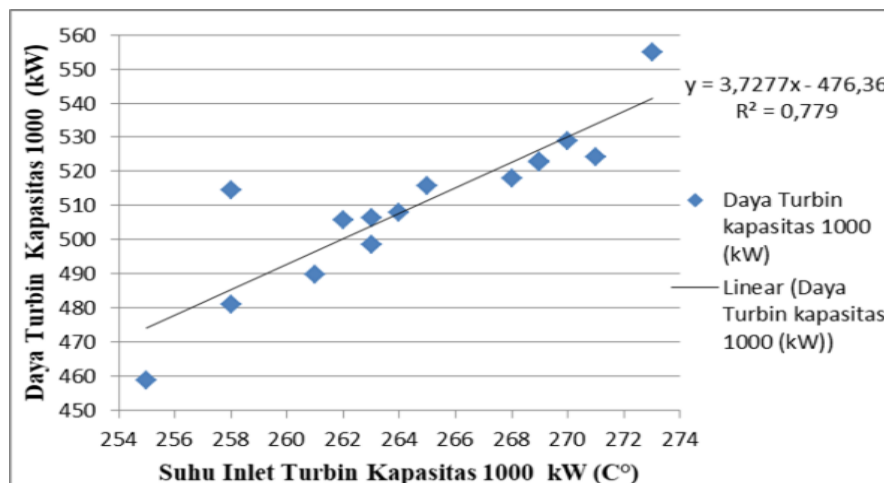
No	Suhu Inlet turbin kapasitas 800 kW (C°)	Daya Turbin kapasitas 800 (kW)	Suhu Inlet turbin kapasitas 1000 kW (C°)	Daya Turbin kapasitas 1000 (kW)
1	261	406,5	255	458,86
3	262	417,75	258	480,98
2	262	423,55	261	489,8
4	263	432,52	263	498,54
5	264	440,9	262	505,77
7	265	444,82	263	506,19
8	265	448,74	264	507,86
6	265	457,12	258	514,46
9	268	458,43	265	515,63
10	269	470,08	268	517,88
11	269	473,28	269	522,77
12	270	473,56	269	523
13	271	474,03	271	524,08
14	271	482,67	270	528,87
15	273	485,48	273	554,97

Dari hasil analisis yang telah diperoleh pada tabel 4.5. menunjukkan bahwa suhu *Inlet* tertinggi menuju turbin kapasitas 800 kW sebesar 273 C° dengan daya tertinggi sebesar 485,48 kW, kemudian suhu *Inlet* terendah sebesar 261 C° dengan daya terendah sebesar 406,5 kW. Kemudian suhu *Inlet* tertinggi menuju turbin kapasitas 1000 kW sebesar 273 C° dengan daya tertinggi sebesar 554,97 kW, kemudian suhu *Inlet* terendah sebesar 255 C° dengan daya terendah sebesar 458,86 kW.



Gambar 4. Grafik *Linear* Pengaruh Tekanan Uap Terhadap *Output* Daya Turbin Uap kapasitas 800 kW

Berdasarkan Gambar 4. didapatkan persamaan regresi *Linear* sebagai berikut $Y = 6,1938x - 1198,2$. Dapat diartikan bahwa setiap kenaikan satu satuan suhu uap *Inlet* turbin, akan menaikkan daya turbin sebesar 6,1938x. Untuk nilai koefisien determinasi pada variabel hubungan suhu uap *Inlet* terhadap *Output* daya turbin kapasitas 800 kW adalah $R^2 = 0,9318$, yang mengartikan bahwa variabel *Independent*/bebas suhu *Inlet* (x) secara simultan memiliki pengaruh sangat kuat terhadap output daya (variabel *Dependent*/terikat) yaitu sebesar 93,18%. Keragaman suhu uap *Inlet* masuk turbin dam rentang 260-275 C° dapat menjelaskan 93,18% dari keragaman jumlah *Ouput* daya yang dihasilkan turbin kapasitas 800 kW dalam rentang 400-490 kW. suhu uap *Inlet* turbin mempengaruhi kenaikan dan penurunan terhadap *Output* daya yang dihasilkan turbin yang dikategorikan sangat kuat.



Gambar 5. Grafik *Linear* Pengaruh Tekanan Uap Terhadap *Output* Daya Turbin Uap kapasitas 1000 kW

Berdasarkan gambar 5. didapatkan persamaan regresi *Linear* sebagai berikut $Y = 3,7277x - 476,36$. Dapat diartikan bahwa setiap kenaikan satu satuan suhu uap *Inlet* turbin, akan menaikkan

daya turbin sebesar $3,7277x$. Untuk nilai koefisien determinasi pada variabel hubungan suhu uap inlet turbin terhadap *Output* daya turbin kapasitas 1000 kW adalah $R^2 = 0,779$, yang mengartikan bahwa variabel *Independent*/bebas suhu uap *Inlet* turbin (x) secara simultan memiliki pengaruh sangat kuat terhadap *Output* daya (variabel *Dependet*/terikat) yaitu sebesar 77,9 %. Keragaman suhu uap *Inlet* turbin dam rentang $254-250\text{ }^{\circ}\text{C}$ dapat menjelaskan 77,9% dari keragaman jumlah *Ouput* daya yang dihasilkan turbin kapasitas 1000 kW dalam rentang 450-560 kW. Suhu uap *Inlet* turbin mempengaruhi kenaikan dan penurunan terhadap *Output* daya yang dihasilkan turbin yang dikategorikan sangat kuat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Tekanan uap berpengaruh terhadap *Output* daya turbin, semakin tinggi tekanan uap masuk turbin, maka semakin besar juga *Output* daya turbin yang dihasilkan.
2. Suhu uap *Inlet* turbin berpengaruh terhadap *Output* daya turbin, semakin tinggi Suhu *Inlet* turbin, maka semakin besar juga *Output* daya turbin yang dihasilkan
3. *Output* daya rata-rata yang dihasilkan turbin uap adalah antara 406,5 kW/jam sampai dengan 482,67 Kw/jam pada turbin uap kapasitas 800 kW dan 458,86 kW/jam sampai dengan 554,97 kW/jam pada turbin uap kapasitas 1000 Kw.
4. Hubungan antara tekanan uap masuk turbin dengan *Output* daya yang dihasilkan turbin uap memiliki persamaan $Y = 28,894x - 16,17$ dengan $R^2 = 0,8773$ pada turbin kapasitas 800 kW dan persamaan $Y = 22,682x + 145,88$ dengan $R^2 = 0,9451$ pada turbin kapasitas 1000 Kw.
5. Hubungan antara suhu uap *Inlet* turbin dengan *Output* daya yang dihasilkan turbin uap memiliki persamaan $Y = 6,1938x - 1198,2$ dengan $R^2 = 0,9318$ pada turbin kapasitas 800 kW dan persamaan $Y = 3,7277x - 476,36$ dengan $R^2 = 0,779$ pada turbin kapasitas 1000 Kw.

Saran

1. Diperlukan peningkatan tekanan uap dari boiler agar tekanan uap masuk turbin, menjadi lebih optimal.
2. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai pengaruh laju aliran massa uap terhadap *Specific Steam Consumption* pada turbin uap.

DAFTAR PUSTAKA

Agustianingsih, W. N., Freddy. K., dan Paulus, Setiawan. (2021). Analisis Ketepatan Pengukur Daya dan Faktor Daya Listrik Berbasis Arduino Uno R3 328P. AVITEC, Vol. 3. No. 1. Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto. Yogyakarta.

- Anggeraini, M., Cecep. S. A., dan Deby, M. (2017). Analisis Pengaruh Turbine Washing Terhadap Performa Turbin Uap Dan Daya Pembangkitan. *Seminar Nasional Teknik Mesin*. ISSN 2085-2762. Politeknik Negeri Jakarta. Jakarta.
- Ewaldo, Ega. (2015). Analisis ekspor minyak kelapa sawit di Indonesia. *Jurnal Perdagangan, Industri dan Moneter* Vol. 3. No. 1. Universitas Jambi. Jambi.
- Jamaludin dan Reza, Pangestu. DH. (2018). Analisis Perhitungan Heatrate Pada Turbin Uap Berdasarkan Performance Test Unit 1 Di Pt. Indonesia Power Uboh Ujp Banten 3 Lontar. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 2. No. 1: 45-50. Universitas Muhammadiyah Tangerang. Tangerang.
- Kurniasari, B., Wiwik. H., dan Slamet. H. (2017). Analisa Efisiensi Turbin Generator Berdasarkan Kualitas Daya Pada PLTU Pabrik Gula Madukismo. *Jurnal Elektrikal*. Vol. 4. No. 2:20-27. Institut Sains & Teknologi AKPRIND. Yogyakarta.
- Najamudin. (2019). Pengaruh Tekanan Masuk Dan Tekanan Keluar Turbin Terhadap Daya Penggerak Generator. *Jurnal Teknik Mesin UBL*. Vol. 6 No. 2. Universitas Bandar Lampung. Lampung.
- Parinduri, L., Mahrani, A., dan Jepri, S. (2019). Analisa Persediaan Limbah Kering Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik PTPN IV Kebun Adolina. *Jurnal Sistem Teknik Industri (JSTI)*. Vol. 21. No. 2:1-21. Universitas Islam Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Risqiawan, D. D., dan Ary, B. K. P. (2013). Studi Eksperimen Perbandingan Pengaruh Variasi Tekanan Inlet Turbin Dan variasi Pembebanan Terhadap Karakteristik Turbin Pada Organic Rankine Cycle. *Jurnal Teknik Pomits*. Vol. 2, No. 3. Institut Teknologi Sepuluh November (ITS). Surabaya.
- Santoso, H. (2018). Optimalisasi Untuk Menghasilkan Efisiensi Ideal Turbin Uap Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Kapasitas 20 MW. *Jurnal String*. Vol. 3 No. 2. Universitas Indraprasta PGRI. Jakarta Selatan.
- Sinaga, H. P. I., Cahyo, T. U., dan Efrata, T. (2022). Analisis Performansi Turbin Uap Kapasitas 1,95 Mw Di Pt Perkebunan Lembah Bhakti Astra Agro Lestari Tbk. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 03. No. 01. <http://ojs.polmed.ac.id/index.php/Sinergi/index>
- Zakaria, M. F., dan Mohamad, Effendy. (2018). Analisa Energi Dan Eksergi Turbin Uap Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Unit 2 Tanjung Awar-Awar. *JTM*. Vol. 06. No. 02. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.