

Analisis Pengaruh Suhu dan Kelembapan Udara Lingkungan Terhadap Performa Turbin Gas Kapasitas 40 Mw Milik PT. X di Cilegon

Aditya Hariprasetyo^{*)}, Erma Yuniaty, dan Achmad Sjamsu Anwar Yasir

Program Studi Teknik Mesin S1, Fakultas Teknik Industri Universitas Jayabaya
Jl. Raya Jakarta-Bogor No.km 28.8 · (021) 8714823

^{*)} Corresponding author: adityaharip@gmail.com

Abstract

Analysis of the effect of ambient air temperature and humidity on the performance of PT X's 40 MW gas turbine in Cilegon is a useful study to find the value of gas turbine efficiency due to changes in ambient temperature and humidity. This thesis presents the results of research on the effect of ambient air temperature and humidity on the performance of gas turbines where ambient air temperature and humidity greatly affect the performance of gas turbines. Because in gas turbines, ambient air is used as a working fluid in this type of power plant which is used as an oxidizer in the combustion that occurs in the combustion chamber. In the combustion chamber, the presence of oxygen as an oxidizer when a combustion reaction occurs in the combustion chamber. However, the authors do not only suspect that the change in efficiency of the gas turbine does not only come from the temperature and humidity of the ambient air, namely the energy content of natural gas, compressor air pressure and natural gas flow rate which is not always the same every time. Based on the measurement data, data processing is carried out to determine the relationship between the performance of the gas turbine and the ambient air temperature and humidity. The results showed an increase in the performance of the gas turbine if the ambient temperature was lower and the humidity was increasing.

Abstrak

Analisis pengaruh suhu dan kelembapan udara lingkungan terhadap performa turbin gas kapasitas 40 MW milik PT X di Cilegon merupakan penelitian yang bermanfaat untuk mencari nilai efisiensi turbin gas karena perubahan suhu dan kelembapan udara lingkungan. Penelitian ini menyajikan hasil pengamatan pengaruh suhu dan kelembapan udara lingkungan terhadap performa gas turbin dimana suhu udara lingkungan serta kelembapan udara sangat berpengaruh terhadap performa gas turbin. Pada gas turbin, udara lingkungan digunakan sebagai fluida kerja di pembangkit listrik jenis ini yang digunakan sebagai oksidator pada pembakaran yang terjadi di ruang bakar. Di dalam ruang bakar, adanya oksigen sebagai oksidator saat terjadi reaksi pembakaran di ruang bakar. Namun penulis tidak hanya menduga bahwa perubahan efisiensi dari turbin gas tidak hanya berasal dari suhu dan kelembapan udara lingkungan saja yaitu kandungan energi dari gas alam, tekanan udara kompresor dan laju aliran gas alam yang tidak selalu sama setiap waktu. Berdasarkan data pengukuran tersebut dilakukan pengolahan data untuk mengetahui hubungan antara kinerja turbin gas terhadap suhu dan kelembapan udara lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kinerja turbin gas jika suhu lingkungan semakin rendah dan kelembapan udara meningkat.

Kata kunci: Efisiensi, kelembapan udara, PLTGU, suhu lingkungan

PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) adalah gabungan antara PLTG dan PLTU, dimana panas dari gas buang yang berasal dari turbin gas pada PLTG dimanfaatkan kembali untuk memanaskan air hingga menjadi uap yang kemudian akan menggerakkan turbin uap pada PLTU. Komponen utama dalam pengoperasian PLTGU adalah gas turbine generator (GTG), Heat Recovery Steam Generator (HRSG) dan Steam Turbine Generator (STG).

PLTGU sering mengalami perubahan performa ketika terjadi perubahan suhu dan kelembapan udara lingkungan akibat perubahan siang dan malam serta kondisi cuaca. Hal ini mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan PLTGU sehingga beban akan berubah seiring dengan perubahan performa pembangkit. Performa PLTGU yang berubah-ubah akan berpengaruh terhadap kinerja dari tiap-tiap komponennya antara lain Heat Recovery Steam Generator (HRSG), Steam Turbine Generator (STG), pompa-pompa, kondensor, dan gas turbine generator (GTG) itu sendiri. Dalam merespon perubahan beban yang terjadi, maka secara otomatis suplai bahan bakar, udara pembakaran, serta gas buang yang digunakan untuk pembentukan uap untuk STG ikut berubah pula. Dengan mengetahui efisiensi setiap terjadinya perubahan kondisi lingkungan maka dapat diketahui grafik efisiensi pada PLTG sehingga dapat diketahui pada suhu dan kelembapan udara lingkungan berapakah efisiensi PLTG yang paling tinggi.

METODE PENELITIAN

Peneliti melakukan analisa performa turbin gas dengan mengambil data-data sekunder yang ada di lapangan secara *real-time* setiap 1 jam sekali selama 24 jam tanpa henti selama 3 hari untuk meningkatkan keakuratan data. Kemudian penulis melakukan pengolahan data sekunder menjadi data primer yang nantinya dapat diambil analisis dan pembahasannya sehingga penelitian ini dapat menentukan seberapa besar pengaruh perubahan suhu dan kelembapan udara lingkungan terhadap performa turbin gas.

Namun pada penelitian ini peneliti membuat batasan berupa beberapa faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi performa turbin gas seperti kandungan gas alam, tekanan udara dan laju aliran udara dan bahan bakar dianggap stabil atau nilainya sama. Hal ini dilakukan agar perubahan suhu dan kelembapan udara dapat dibuktikan dapat mempengaruhi performa turbin gas atau tidak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data sekunder atau data lapangan yang dibutuhkan untuk penelitian termasuk data suhu dan kelembapan udara lingkungan. Disini peneliti mengukur suhu lingkungan dengan menggunakan termometer bola kering sehingga pada perhitungan data primer nanti peneliti akan merubah kedalam bentuk suhu bola basah. Data sekunder diambil dari tanggal 19 Februari 2021 pukul 01.00 hingga tanggal 21 Februari 2021 pukul 24.00 yang akan diolah dan dianalisis menjadi data primer seperti pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 1. Data Performa Turbin Gas 19 Februari 2021

Jam	Kelembapan [%]	Suhu [°C]	η_{comp} [%]	W_{comp} [kJ/kg]	η_{turb} [%]	W_{turb} [kJ/kg]	P_{nett} [MW]
1:00	97	26,59	82,38	351,92	81,22	625,64	38,46
2:00	97	26,62	82,40	351,88	81,23	625,72	38,47
3:00	97	26,88	82,54	351,63	81,27	626,32	38,60
4:00	98	26,64	82,48	351,73	81,25	626,09	38,55
5:00	91	26,59	81,95	352,75	81,08	623,70	38,07
6:00	91	26,39	81,84	352,94	81,04	623,23	37,98
7:00	90	26,52	81,84	352,96	81,04	623,20	37,97
8:00	95	27,51	82,72	351,27	81,33	627,15	38,76
9:00	90	27,44	82,32	352,05	81,20	625,34	38,40
10:00	83	28,68	82,42	351,84	81,23	625,82	38,49
11:00	80	29,09	82,40	351,89	81,22	625,70	38,47
12:00	72	30,51	82,47	351,76	81,25	626,01	38,53
13:00	68	30,57	82,16	352,34	81,15	624,64	38,26
14:00	68	30,12	81,94	352,76	81,07	623,66	38,06
15:00	69	30,82	82,37	351,94	81,21	625,58	38,45
16:00	69	30,69	82,30	352,07	81,19	625,28	38,39
17:00	71	29,73	82,00	352,65	81,09	623,92	38,11
18:00	71	29,18	81,72	353,17	81,00	622,71	37,87
19:00	75	28,08	81,50	353,60	80,93	621,69	37,67
20:00	88	27,53	82,21	352,25	81,16	624,87	38,30
21:00	90	27,14	82,16	352,34	81,15	624,64	38,26
22:00	91	26,79	82,05	352,55	81,11	624,15	38,16
23:00	92	26,68	82,06	352,52	81,12	624,22	38,17
24:00	93	26,62	82,11	352,44	81,13	624,42	38,21

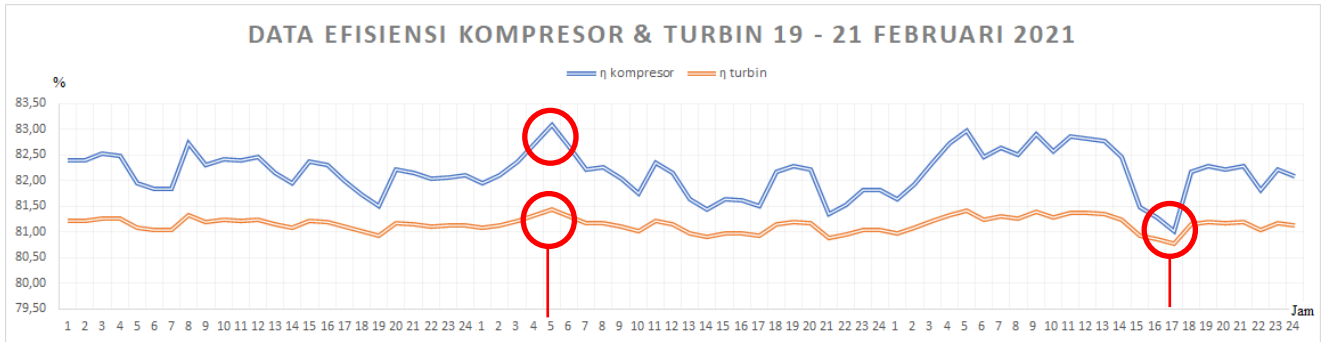
Tabel 2. Data Performa Turbin Gas 20 Februari 2021

Jam	Kelembapan [%]	Suhu [°C]	η_{comp} [%]	W_{comp} [kJ/kg]	η_{turb} [%]	W_{turb} [kJ/kg]	P_{nett} [MW]
1:00	93	26,31	81,95	352,75	81,08	623,69	38,07
2:00	93	26,61	82,10	352,46	81,13	624,38	38,21
3:00	95	26,86	82,38	351,92	81,22	625,63	38,46
4:00	97	27,26	82,74	351,25	81,33	627,21	38,77
5:00	99	27,62	83,08	350,60	81,45	628,74	39,08
6:00	95	27,39	82,66	351,39	81,31	626,87	38,70
7:00	90	27,27	82,22	352,22	81,17	624,93	38,32
8:00	86	27,92	82,26	352,15	81,18	625,09	38,35
9:00	78	28,70	82,04	352,56	81,11	624,12	38,15
10:00	75	28,59	81,75	353,11	81,01	622,84	37,90
11:00	72	30,27	82,35	351,99	81,21	625,48	38,43
12:00	70	30,22	82,16	352,35	81,15	624,63	38,26
13:00	63	30,35	81,63	353,35	80,97	622,28	37,78
14:00	66	29,42	81,44	353,72	80,91	621,41	37,61
15:00	68	29,51	81,64	353,33	80,98	622,33	37,79
16:00	70	29,12	81,62	353,37	80,97	622,22	37,77
17:00	72	28,57	81,50	353,59	80,93	621,72	37,67
18:00	86	27,73	82,16	352,33	81,15	624,67	38,26
19:00	89	27,53	82,29	352,10	81,19	625,21	38,37
20:00	91	27,11	82,21	352,24	81,16	624,89	38,31
21:00	93	25,18	81,36	353,87	80,88	621,06	37,54
22:00	93	25,53	81,54	353,53	80,94	621,86	37,70
23:00	95	25,79	81,82	352,99	81,03	623,12	37,95
24:00	95	25,77	81,80	353,02	81,03	623,06	37,94

Tabel 3. Data Performa Turbin Gas 21 Februari 2021

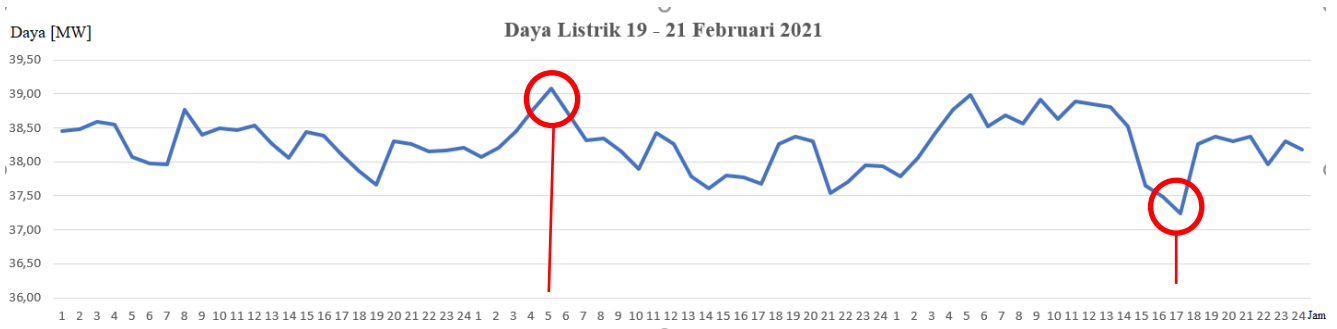
Jam	Kelembapan [%]	Suhu [°C]	η_{comp} [%]	W_{comp} [kJ/kg]	η_{turb} [%]	W_{turb} [kJ/kg]	P_{nett} [MW]
1:00	93	25,72	81,63	353,34	80,97	622,30	37,79
2:00	93	26,29	81,94	352,77	81,07	623,65	38,06
3:00	95	26,78	82,34	352,00	81,21	625,45	38,42
4:00	95	27,53	82,74	351,25	81,33	627,21	38,77
5:00	95	27,99	82,98	350,79	81,41	628,29	38,99
6:00	93	27,29	82,46	351,78	81,24	625,97	38,52
7:00	93	27,64	82,64	351,43	81,30	626,79	38,69
8:00	90	27,79	82,50	351,70	81,26	626,15	38,56
9:00	86	29,17	82,91	350,93	81,39	627,96	38,92
10:00	80	29,44	82,57	351,55	81,28	626,49	38,63
11:00	75	30,81	82,86	351,01	81,37	627,76	38,88
12:00	74	30,88	82,82	351,09	81,36	627,57	38,84
13:00	73	30,96	82,77	351,18	81,35	627,37	38,81
14:00	66	31,52	82,45	351,78	81,24	625,96	38,52
15:00	66	29,51	81,48	353,64	80,92	621,59	37,65
16:00	66	29,12	81,29	354,00	80,86	620,76	37,48
17:00	66	28,57	81,02	354,51	80,77	619,56	37,24
18:00	86	27,73	82,16	352,33	81,15	624,67	38,26
19:00	89	27,53	82,29	352,10	81,19	625,21	38,37
20:00	91	27,11	82,21	352,24	81,16	624,89	38,31
21:00	89	27,53	82,29	352,10	81,19	625,21	38,37
22:00	90	26,50	81,82	352,98	81,04	623,15	37,96
23:00	96	26,40	82,21	352,24	81,16	624,87	38,30
24:00	96	26,14	82,07	352,51	81,12	624,26	38,18

Analisis data primer hasil dari pengolahan data sekunder yang penulis dapat dalam penelitian yang dilakukan penulis didapat berupa grafik kenaikan dan penurunan data efisiensi kompresor & turbin serta grafik daya listrik yang dihasilkan selama 3 hari penelitian yang penulis lakukan setiap jamnya.



Gambar 1. Data Efisiensi Kompresor & Turbin 19-21 Februari 2021

Dapat dilihat pada Gambar 1 efisiensi kompresor dan turbin berada di nilai tertinggi pada tanggal 20 Februari 2021 pukul 05.00 pagi. Saat efisiensi kompresor dan turbin berada di nilai tertinggi yaitu ketika suhu lingkungan $27,55\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan udara lingkungan 99%. Sedangkan efisiensi kompresor dan turbin berada di nilai terendah pada tanggal 21 Februari 2021 pukul 17.00 sore. Saat efisiensi kompresor dan turbin berada di nilai terendah yaitu ketika suhu lingkungan $23,65\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan udara lingkungan 66%.



Gambar 2. Daya Listrik yang dihasilkan 19-21 Februari 2021

Dapat dilihat dari gambar 2 bahwa daya listrik tertinggi yang dapat dihasilkan yaitu pada tanggal 20 Februari 2021 pukul 05.00 pagi yaitu ketika efisiensi kompresor dan turbin tinggi dan daya listrik terendah yaitu pada tanggal 21 Februari 2021 pukul 17.00 sore ketika efisiensi kompresor dan turbin rendah.

KESIMPULAN

Suhu dan kelembapan udara lingkungan sangat berpengaruh terhadap efisiensi turbin di karenakan efisiensi turbin mengalami kenaikan ketika berada pada suhu tinggi dan kelembapan udara tinggi. Dapat dilihat pada perhitungan performa turbin tanggal 20 Februari 2021, efisiensi Turbin yang dihasilkan 81,45 %.

Suhu dan kelembapan udara lingkungan mempengaruhi besarnya daya listrik yang dihasilkan. Daya listrik tertinggi yaitu sebesar 39,08 MW dihasilkan ketika suhu lingkungan yang diukur menggunakan termometer bola basah yaitu $27,55\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan daya listrik terendah yaitu sebesar 37,24 MW dihasilkan ketika suhu lingkungan yang diukur menggunakan termometer bola basah yaitu $23,65\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Perbedaan suhu sebesar $3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ akan membuat perbedaan daya listrik yang dihasilkan sebesar 1,84 MW. Hal tersebut terjadi karena beberapa faktor yaitu perubahan waktu dari siang ke malam yang mempengaruhi perubahan suhu lingkungan dan faktor cuaca seperti curah hujan akan

mempengaruhi jumlah kadar air di lingkungan yang akan mempengaruhi kelembapan udara saat itu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada perusahaan X atas fasilitas dan laboratorium yang diberikan selama menjalani penelitian ini.

DAFTAR NOTASI

h = entalpi pembakaran, kJ/kg

P = daya listrik, MW

η = efisiensi, %

T = suhu, K, °C

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonym, "Gas Turbine Generator Frame 6B Manual," General Electric, 2014. [Online]. Available: <https://www.ge.com/>. [Accessed 28 January 2022].
- [2] L. J. Nayak and D. Mahto, "Effect of Gas Turbine Inlet Temperature on Combined Cycle Performance," in *International Conference on Recent Innovations in Engineering & Technology*, Ranchi, India, 2014.
- [3] K. P. Tyagi and M. N. Khan, "Effect of gas turbine exhaust suhu, stack suhu and ambient suhu on overall efficiency of combine cycle power plant," *International Journal of Engineering and Technology*, vol. 2, no. 6, pp. 427-429, 2010.
- [4] D. K. Mohanty and V. Venkatesh, "Performance Analysis of Combined Cycle Gas Turbine Under Varying Operating Conditions," *Mechanical Engineering: An International Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 11-25, 2014.