



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

Fakultas Teknik

No. 38-B/UKI.F6.D/2020

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA TENTANG TUGAS MELAKUKAN KEGIATAN PENELITIAN

Dalam rangka menyelenggarakan kegiatan Penelitian di Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia, Jakarta maka dengan ini Pimpinan Fakultas :

Nama : Ir. Galuh Widati, MSc.
NIP/NIDN : 03.261261.03
Pangkat/Golongan : Lektor/IVA
Jabatan Fungsional : Dekan
Unit Kerja : Fakultas Teknik UKI

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Kristen Indonesia Nomor : 93/UKI.R/SK/SDM.8/2018 tentang pengangkatan Ir. Galuh Widati, MSc. Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia masa kerja 2018-2022 menugaskan:

Nama : Ir. Aryantono, Ph.D.
NIDN : 03-190966-03
Pangkat/Golongan /Ruang : Lektor / III-C
Unit Kerja : Fakultas Teknik UKI

Untuk melakukan Penelitian dengan judul :

- Prediksi Efisiensi Turbin Uap dengan Menggunakan Machine Learning
- Matriks Preblow Pressure dan Blowing Pressure untuk Pembuatan Botol Plastik

Semester Genap Tahun Akademik 2019/2020.

Demikian Surat Tugas ini kami buat untuk dilaksanakan dengan penuh tanggung jawab.

Jakarta, 29 Januari 2020

Dekan,

Ir. Galuh Widati, MSc.





UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

Fakultas Teknik

Jl. Mayjen Sutoyo No.2
Cawang – Jakarta 13630
Indonesia

Tel. 021.8092425, 8009190
Faks. 021 8094074
E-mail: ft-uki@uki.ac.id
<http://www.uki.ac.id>

No : 33/UKI.F.6KJM/FT-UKI/2020
Perihal : Uploud makalah
Lampiran : 1 (satu) set

Kepada Yth,
Ka.UPT Perpustakaan UKI
Edy Wibowo, S.I.P
Di Tempat

Hormat Kami,
Paper dari Bpk. Ir.aryantono Martowidjojo, Ph.D telah dimuat pada
"PREDIKSI EFISIENSI TURBIN UAP DENGAN MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING"
Mohon agar di uploud di perpustakaan Universitas Kristen Indonesia.
Demikian di sampaikan, atas kerjasamanya kami ucapkan terimakasih.

S1. Program Studi Teknik Elektro
S1. Program Studi Teknik Mesin
S1. Program Studi Arsitektur
S1. Program Studi Teknik Sipil
S2. Teknik Elektro

Jakarta, 25 Agustus 2020
Ka.Prodi Teknik Mesin



Dikky Antonius,ST.,M.Sc

Cc.: Dekan

MAKALAH
**PREDIKSI EFISIENSI TURBIN UAP DENGAN
MENGUNAKAN MACHINE LEARNING**



DISUSUN OLEH:
Ir. Aryantono Martowidjojo, Ph.D
JAKARTA, 25 AGUSTUS 2020

PREDIKSI EFISIENSI TURBIN UAP DENGAN MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING

Surya Hernando Silitonga ^{a,*}, Aryantono Martowidjojo ^{a,b}, Sesmaro Yuda ^b
Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia
Jl. Mayjen Sutoyo no.2 Cawang – Jakarta 13630 Indonesia
surya.silitonga@pertamina.com

Abstrak

PLTP Lumut Balai adalah Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi yang terletak di desa Penindaian Kec. Semende Darat Laut, Kab. Muara Enim, merupakan salah satu area kerja PT Pertamina Geothermal Energy dengan daya mampu 1x55 MW. Memprediksi pengaruh kelembaban udara secara terus menerus adalah sangat penting untuk memastikan kinerja turbin pada tingkat yang diinginkan. Pembahasan utama pada makalah ini ialah melakukan prediksi pengaruh kelembaban udara terhadap efisiensi PLTP Lumut Balai 1x55 MW dengan menggunakan orange software. Pengembangan supervised learning model regresi dilakukan dengan menggunakan aplikasi Orange. Data kinerja turbine dapat dengan mudah diakses oleh aplikasi Orange dan dapat digunakan untuk melihat pengaruh kelembaban udara terhadap efisiensi turbin sesuai dengan perkembangan data. Hasil komputasi menunjukkan bahwa kenaikan 1% kelembaban udara pada area Lumut Balai akan menurunkan rata-rata efisiensi turbin uap sebesar 0.079%.

Kata Kunci : kelembaban udara, turbin uap, machine learning, efisiensi, orange

PREDICTING RELATIVE HUMIDITY ON THE STEAM TURBINE EFFICIENCY PLTP LUMUT BALAI 1x55 MW

Abstract

PLTP Lumut Balai is a Geothermal Power Plant located in the village of Penindai Kec. Semende Land Sea, Kab. Muara Enim, is one of the work areas of PT Pertamina Geothermal Energy with a capacity of 1x55 MW. Predicting the effect of air humidity continuously is very important to ensure the performance of the turbine at the desired level. The main discussion in this paper is to predict the effect of air humidity on the efficiency of PLTP Lumut Balai 1x55 MW using orange software. The development of supervised learning regression models is carried out using the Orange application. Turbine performance data can be easily accessed by the Orange application and can be used to see the effect of air humidity on turbine efficiency according to data development. Computational results show that a 1% increase in air humidity in the area of Lumut Balai will reduce the average efficiency of the steam turbine by 0.079%.

Keyword: relative humidity, steam turbine, efficiency, machine learning, geothermal

PENDAHULUAN

Panas bumi merupakan *green energy* yang *sustainable*. Energi panas bumi banyak terdapat pada pegunungan api yang masih aktif oleh karena itu area kerja PLTP banyak berada di dataran tinggi. Semakin tinggi suatu daerah maka semakin tinggi juga kelembapan udaranya. Kelembapan udara adalah konsentrasi uap air pada udara, semakin kecil konsentrasinya maka akan semakin banyak kandungan uap air yang bisa ditampung oleh udara dalam $[g/m^3]$ dan sebaliknya. *heat mass balance* pada menara pendingin PLTP Lumut Balai di design dengan kondisi 80% RH tapi kondisi aktual dilapangan RH bisa mencapai 99,9% [1]. Kondisi kelembapan udara yang tinggi akan mempengaruhi temperature air pendingin, berdasarkan pembahasan Homzah mengatakan bahwa parameter yang dapat mempengaruhi perubahan temperatur pendinginan meliputi *wet bulb temperature* dan kelembapan udara [2]. Ahmad Fahmi Arya Fauzan et al dalam penelitiannya mengatakan bahwa temperature air pendingin memiliki pengaruh terhadap efisiensi turbine uap [3]. Muamer Alus et al. dalam penelitiannya mengatakan temperature air pendingin yang meningkat pada inlet kondenser akan memiliki pengaruh dan berdampak pada

kenaikan kevakuman pada kondenser sehingga akan menurunkan daya yang dihasilkan oleh turbin [4]. Semakin rendah nilai kelembapan udara maka akan semakin rendah temperatur air pendingin yang dihasilkan dan semakin baik kevakuman yang terjadi pada kondenser. Nilai kevakuman pada kondensor akan mempengaruhi *thermal* efisiensi pada turbin uap, semakin tinggi nilai kevakuman pada kondenser maka semakin tinggi efisiensi dari turbin uap, jika kevakuman pada kondensor tinggi maka turbin uap hanya akan memerlukan bahan bakar (*specific steam consumption*) yang rendah dan begitu juga sebaliknya, jika kevakuman pada kondensor rendah maka akan memerlukan bahan bakar atau nilai *specific steam consumption* yang semakin besar pula [5].

Pada turbin uap daya yang dapat dihasilkan bisa diperhitungkan dengan cara menggunakan nilai laju aliran massa daripada uap dan kinerja daripada turbin uap. Kinerja pada turbin uap dapat diperoleh dengan cara melakukan perhitungan pada entalpi uap yang masuk pada *inlet* turbin dan menghitung entalpi uap yang keluar pada *outlet* turbin. Hasil dari perhitungan kinerja tersebut dapat pula diperhitungkan sebagai efisiensi turbin uap. Jadi kelembapan udara akan mempengaruhi

nilai kevakuman pada kondensor melalui perubahan air pendingin yang dihasilkan, dimana ketika nilai kevakuman berubah, kondisi ini dapat mempengaruhi besaran daya yang dihasilkan, kinerja dari turbin uap, bahan bakar yang diperlukan (*Specific Steam Consumption*) dan efisiensi daripada turbin uap. Sama halnya menurut hasil penelitian J.zhang et al. bawah kelembapan suatu udara akan mempengaruhi nilai koefisien perpindahan panas nya secara alami [6]. Akan tetapi seberapa besar pengaruh kenaikan kelembapan udara terhadap efisien turbin uap pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi belum diselidiki lebih lanjut.

PLTP Lumut Balai terletak pada ketinggian 1400 mdpl, dan dikarenakan kelembapan udara yang cenderung tinggi pada area kerja lumut balai, Penulis ingin melakukan penelitian tentang pengaruh kelembapan udara terhadap efisiensi turbin uap PLTP Lumut Balai 1x55 MW dengan data mining dan *machine learning* [7].

METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan laporan tugas akhir ini adalah:

1. *Data-mining*, yaitu mengumpulkan parameter operasi pada PLTP Lumut balai yang berhubungan dengan

kelembapan udara dan mengolahnya menggunakan *machine learning*.

2. Wawancara, yaitu pengajuan pertanyaan kepada pihak yang lebih ahli dalam bidang turbin uap untuk memperkuat data-data yang sudah didapatkan pada proses observasi.
3. Diskusi Kepustakaan, yaitu mencari landasan teori dan metode perhitungan yang dibutuhkan dalam penyusunan tugas akhir. Studi kepustakaan dilakukan di perpustakaan dan mencari jurnal pada situs internet.

Data data mining yang diperlukan diambil pada *Distributed Control System* PLTP Lumut Balai unit 1 dari bulan Januari sampai dengan Juni 2020. Untuk menghitung kinerja turbin, nilai entalpi masuk turbin ($h1$) perlu ditentukan. Nilai ($h1$) didapatkan dari data steam table Japan Society of Mechanical Engineering (JSME) [8] dan dari aplikasi *Steam Tables*, dimana ($h1$) menggunakan parameter temperatur uap masuk turbin dengan satuan [kJ/kg]. Entalpi uap isentropis keluar turbin ($h2s$) dapat dihitung apabila nilai fraksi uap telah dihitung. Nilai fraksi uap (x) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [9];

$$x = \frac{S_2 - S_f}{S_{fg}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

x : Fraksi uap [%]

S_2 : Entropi uap keluaran turbin uap [kJ/kg.K]
 S_f : Entropi uap dalam keadaan saturasi cair (*liquid*) [kJ/kg.K]

S_{fg} : Entropi perubahan dari air ke gas [kJ/kg.K].

Nilai dari $[h_{2s}]$ dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [9]:

$$h_{2s} = h_f + x \cdot h_{fg} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

h_{2s} : Entalpi uap isentropis pada temperature keluar turbin uap [kJ/kg]

h_f : Entalpi uap dalam keadaan saturasi cair (*liquid*) [kJ/kg]

x : Fraksi uap [%]

h_{fg} : Entalpi perubahan dari cair ke gas [kJ/kg]

Kinerja dari turbin uap PLTP dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [9]

$$Kinerja\ turbin = h_1 - h_{2s} \dots\dots(3)$$

Dimana:

h_1 : Entalpi uap pada temperature uap masuk [kJ/kg]

h_2 : Entalpi uap isentropis pada temperature keluar turbin uap [kJ/kg]

Daya aktual turbin bisa dihitung dengan menggunakan persamaan [9];

$$P_{in} = \dot{m} \times (h_1 - h_2) \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

P_{in} : Daya input turbin uap [kW]

\dot{m} : Laju aliran uap massa [kg/s]

h_1 : Entalpi uap pada temperature uap masuk [kJ/kg]

h_2 : Entalpi uap isentropis pada temperature keluar turbin uap [kJ/kg]

Efisiensi Isentropik turbin dapat dihitung dengan persamaan [9];

$$\eta_{isentropik} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

$\eta_{isentropik}$: Efisiensi isentropis turbin uap [%]

P_{out} : Daya output keluar turbin uap [kW]

P_{in} : Daya input turbin uap [kW]

HASIL DAN PEMBAHASAN

LTDS (*Long term data server*) pada DCS (*distributed control system*) diambil parameter operasional PLTP Lumut Balai 1x55 MW bulan Januari sampai dengan Juni 2020. Dari data yang didapat dilakukanlah pemilihan data operasi berdasarkan set-target ALR (*Automatic Load Regulator*) secara konstan, sehingga perbandingan parameter operasi seperti *main steam flow, vacuum pressure, relative humidity, pressure inlet turbine, pressure outlet turbine* dan *efficiency steam turbine*

menjadi relevan.

No	Tanggal	Parameter Operasional				
		Tekanan P1 bar [a]	Tekanan P2 mbar [A]	Temp T1 [°C]	Temp T2 [°C]	Mass flow [ton/hr]
1	24-Feb-20	4.302338	63.18359	153.1049	38.9441	399.6379
2	25-Feb-20	4.303621	63.43555	153.1024	38.96204	399.7716
3	27-Feb-20	4.306333	62.83203	153.1133	38.86828	399.9981
4	28-Feb-20	4.304508	62.70117	153.1167	38.81653	399.7251
5	1-Mar-20	4.302248	62.04	153.1095	38.70997	399.5986
6	3-Mar-20	4.302921	63.17734	153.1298	38.92688	400.0603
7	4-Mar-20	4.303925	62.52345	153.1372	38.77295	399.7966
8	5-Mar-20	4.302808	61.08593	153.1351	38.48255	398.9373
9	6-Mar-20	4.305083	59.60742	153.1462	38.11987	397.8749
10	9-Mar-20	4.303613	62.60938	153.1101	38.83398	399.316
11	10-Mar-20	4.30445	62.36328	153.1067	38.76257	399.4677
12	11-Mar-20	4.302475	62.125	153.1023	38.71716	398.58
13	12-Mar-20	4.304571	64.55079	153.177	39.26318	399.8233
14	13-Mar-20	4.307888	62.57031	153.1359	38.80176	400.5227
15	17-Mar-20	4.315442	61.88476	153.2465	38.70617	399.6109
16	18-Mar-20	4.315342	63.40039	153.237	39.01844	400.5684
17	19-Mar-20	4.319496	62.98828	153.249	38.92358	400.3744
18	20-Mar-20	4.316546	63.08203	153.2281	38.95778	400.1888
19	23-Mar-20	4.318713	63.63478	153.2366	39.09022	400.3438
20	24-Mar-20	4.318733	61.80273	153.2052	38.69616	399.753
21	31-Mar-20	4.317471	63.11132	153.2292	38.93701	399.8154
22	1-Apr-20	4.315746	63.28906	153.2441	38.99952	400.1591
23	2-Apr-20	4.3184	63.4336	153.2541	38.9983	400.1668
24	3-Apr-20	4.316867	63.03125	153.2703	38.92078	399.339
25	6-Apr-20	4.318467	63.08595	153.2371	38.9297	400.392
26	7-Apr-20	4.318617	61.83985	153.2237	38.59252	399.5929
27	8-Apr-20	4.3209	62.00195	153.2409	38.70727	399.5627

Table 1 Data tekanan, laju uap dan temperatur

Dari table 1 menampilkan parameter operasional berikut parameter seperti tekanan *inlet* turbin, tekanan *outlet* turbin, temperature *inlet* turbine dan temperature *outlet* turbin. Dari parameter diatas kita dapat menghitung daya turbin aktual dan efisiensi yang didapatkan pada PLTP Lumut Balai unit 1.

No	Tanggal	Parameter		Efisiensi Generator (%)	Estapi inlet (k1)	Estapi outlet (k2)
		Daya (MW)	Beban (MW)			
1	24-Feb-20	69.99514	59.18598	84.55726	2750.82	2120.293
2	25-Feb-20	70.01449	59.22385	84.59799	2750.83	2120.34
3	27-Feb-20	70.08102	59.25409	84.52229	2750.86	2120.128
4	28-Feb-20	70.04581	59.19753	84.51524	2750.84	2120.014
5	1-Mar-20	70.04512	59.1827	84.49225	2750.82	2119.781
6	3-Mar-20	70.065	59.15486	84.42853	2750.83	2120.34
7	4-Mar-20	70.07949	59.2208	84.50511	2750.84	2119.804
8	5-Mar-20	69.99277	59.19407	84.57169	2750.83	2119.217
9	6-Mar-20	69.88224	59.21094	84.7196	2750.84	2118.541
10	9-Mar-20	69.95789	59.06775	84.43929	2750.83	2120.131
11	10-Mar-20	70.03031	59.03588	84.30018	2750.84	2119.727
12	11-Mar-20	69.85136	58.89563	84.51565	2750.83	2119.928
13	12-Mar-20	69.95732	58.95796	84.27704	2750.85	2120.566
14	13-Mar-20	70.19089	59.23613	84.39279	2750.86	2119.966
15	17-Mar-20	70.03816	59.22398	84.53544	2750.93	2119.793
16	18-Mar-20	70.15392	59.26393	84.47415	2750.93	2120.441
17	19-Mar-20	70.1409	59.29408	84.53567	2750.97	2120.292
18	20-Mar-20	70.10094	59.21045	84.46458	2750.94	2120.329
19	23-Mar-20	70.11076	59.25273	84.51393	2750.96	2120.505
20	24-Mar-20	70.07938	59.20479	84.48222	2750.97	2119.864
21	31-Mar-20	70.03399	59.15873	84.4686	2750.95	2120.353
22	1-Apr-20	70.08175	59.22341	84.50618	2750.94	2120.465
23	2-Apr-20	70.09958	59.21142	84.46757	2750.96	2120.33
24	3-Apr-20	69.95791	59.15618	84.53109	2750.94	2120.277
25	6-Apr-20	70.15295	59.20716	84.39725	2750.96	2120.202
26	7-Apr-20	70.09465	59.29076	84.58672	2750.96	2119.465
27	8-Apr-20	70.04726	59.22688	84.55218	2750.98	2119.865

Table 2 Data daya turbin dan efisiensi

Dari table 2 menampilkan hasil perhitungan daya turbin aktual PLTP Lumut Balai unit 1 dan nilai efisiensi nya. Untuk fraksi pada uap dihitung dengan menggunakan “persamaan 1”, nilai entalpi keluaran turbin dapat dihitung dengan menggunakan “persamaan 2”, untuk beban pada generator diambil pada sensor metering, nilai daya turbin sebenarnya dapat dihitung dengan menggunakan “persamaan 4” dan nilai efisiensi turbine uap dapat dapat dihitung menggunakan persamaan “5”

Hubungan Kelembapan Udara Terhadap Kinerja Turbin Uap PLTP Lumut Balai

Dengan menggunakan *orange software machine learning*, maka pencarian hubungan korelasi antara kelembapan udara terhadap efisiensi dan kinerja turbine uap PLTP Lumut Balai unit 01 bisa dilakukan, dengan menggunakan persamaan *pearson correlation* , *linear regression*

dan *scatter plot* maka ditemukanlah pengaruh nilai korelasi kelembapan udara terhadap sub-sistem pada power plant sehingga membuat kinerja dan efektifitas turbin uap mengalami perubahan. Pengaruh kelembapan udara terhadap kinerja dan efektifitas turbin uap yang ditimbulkan antara lain;

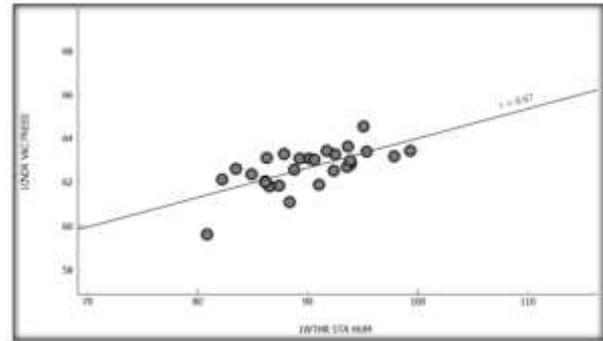
Pengaruh Kelembapan Udara Terhadap Vacuum Pressure PLTP Lumut Balai

Kelembapan udara sangat mempengaruhi kondisi dan keadaan vakum pada kondensor (*hot well*). Itu bisa dilihat dari hasil *data mining machine learning orange 3.26.0*.



Gambar 1 Pearson correlation RH vs Vacuum pressure

Dengan menggunakan *pearson correlation*, Pada gambar 1 kita dapat menilai kekuatan suatu hubungan linear, dari nilai pearson koefisien korelasi kelembapan udara dengan tekanan vakum pada kondensor maka didapatkan nilai signifikansi sebesar $Sig = +0.666$, yang menandakan bahwa kedua parameter memiliki hubungan *direct* positif dan memiliki hubungan linear. Semakin besar angka korelasi mendekati 1 maka semakin besar kesamaan nya atau semakin sempurna hubungan linearnya.



Gambar 2 Scatter plot vs Vacuum pressure

Kelembapan udara pada atmosfer di area lumut balai mempengaruhi kondisi tekanan di dalam kondensor. Apabila kelembapan udara bertambah, maka tekanan di dalam kondensor juga akan bertambah sehingga akan berdampak kepada penurunan nilai efisiensi turbin uap. Gambar 2 menampilkan scatter plot kenaikan kelembapan udara pada atmosfer area lumut terhadap vakum *pressure* pada kondensor, dan ternyata kelembapan udara mempengaruhi nilai kevakuman pada kondensor dengan nilai koefisien determinasi r sebesar $= 0.67$.



Gambar 3 Linear regression vs Vacuum pressure

Hasil analisa regresi linear *orange machine learning* pada gambar 3 menyimpulkan bahwa disetiap kenaikan 1% kelembapan udara pada area lumut balai akan mempengaruhi tekanan pada vakum kondensor sebesar 0.135 [mbarA]. Hal itu juga bisa dilihat dari parameter operasi yang telah diambil dari bulan Januari sampai dengan Juni 2020, bahwa kelembapan udara terendah pada area

lumut balai yakni 80.91% dengan kevacuman terendah pada kondenser PLTP lumut balai mencapai 59.607 [mbarA], sebaliknya kelembapan udara tertinggi pada area lumut balai mencapai 99.375% dengan kevacuman tertinggi pada kondensor mencapai 64.55 [mbarA], ini berarti semakin rendah kelembapan udara pada area lumut balai maka akan semakin rendah pula nilai kevacuman nya dan begitu juga sebaliknya.

Pengaruh Kelembapan udara terhadap Specific Main Steam Consumption & Efisiensi Turbin Uap PLTP Lumut Balai

Kelembapan udara pada area lumut balai juga mempengaruhi nilai *specific main steam consumption* per jam nya yang dibutuhkan oleh PLTP Lumut balai untuk menghasilkan listrik sebesar 55 MW #nett. Itu bisa dilihat dari hasil *data mining machine learning orange 3.26.0*.

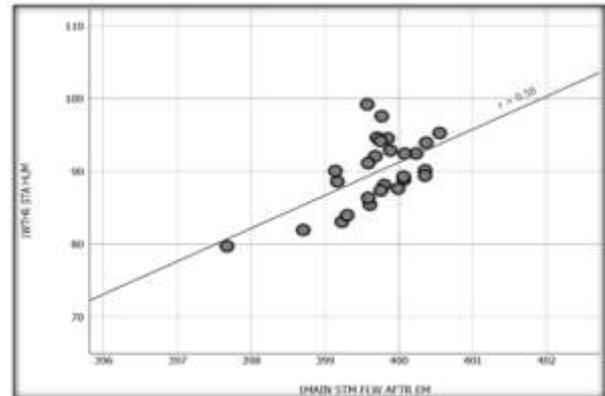


Gambar Error! No text of specified style in document.

Pearson correlation kelembapan udara vs SSC

Dengan menggunakan *pearson correlation*, kita dapat menilai kekuatan suatu hubungan linear, dari nilai pearson koefisien korelasi kelembapan udara dengan *specific main steam consumption*, didapatkanlah nilai signifikansi sebesar $Sig = +0.582$, yang menandakan bahwa ke dua parameter memiliki hubungan *direct* positif dan

memiliki hubungan linear. Semakin besar angka korelasi mendekati 1 maka semakin besar kesamaan nya atau semakin sempurna hubungan linearnya.



Gambar 5 Scatter plot Kelembapan udara vs SSC

Ketika kelembapan udara meningkat itu juga akan mempengaruhi *specific steam consumption*, Apabila kelembapan udara bertambah, maka *specific steam consumption* juga akan bertambah sehingga akan berdampak kepada penurunan nilai efisiensi turbin uap. Gambar 4.6 menampilkan *scatter plot* kenaikan kelembapan udara yang mempengaruhi nilai *Specific steam consumption* PLTP Lumut Balai unit 01 dengan nilai koefisien determinasi r sebesar = 0.58.

The screenshot shows a "Data Table (1)" window with linear regression results. The table lists the intercept and the coefficient for 1WTHR STA HUM.

name	coef
1 intercept	393.014
2 1WTHR STA ...	0.0747107

Gambar 6 Linear regression kelembapan udara vs SSC

Hasil analisa regresi linear pada Gambar 4.7 dapat disimpulkan bahwa disetiap kenaikan 1% kelembapan udara pada area lumut balai akan mempengaruhi *specific steam consumption* sebesar 0.074 [ton/hr]. Hal itu juga bisa dilihat dari parameter operasi yang telah diambil bahwa

kelembapan udara terendah pada area lumut balai yakni 80.91% dengan SSC pada PLTP lumut balai sebesar 397.874 [ton/hr], sebaliknya kelembapan udara tertinggi pada area lumut balai mencapai 99.375% dengan SCC pada PLTP 400.568 [ton/hr], ini berarti semakin rendah kelembapan udara maka semakin rendah pula nilai *specific steam consumption* nya, begitu juga sebaliknya, jika nilai SCC semakin besar maka nilai efisiensi sebuah power plant akan semakin kecil, berikut hasil regresi linear *orange machine learning*, kelembapan udara terhadap efisiensi PLTP Lumut balai.

	name	coef
1	Intercept	123.715
2	1WTHR STA H...	-0.0793776
3	1MAIN STM FL...	-0.0998204
4	Moderasi	0.000217303

Gambar 7 Linear regression Kelembapan udara vs Efisiensi

Dari hasil table *linear regression*, maka dapat disimpulkan bahwa setiap kenaikan 1% kelembapan udara pada area PLTP lumut balai maka akan menurunkan efisiensi turbin uap sebesar 0.079%. Adapun yang mempengaruhi efisiensi turbin, yaitu adanya penurunan kualitas dari sistem pendinginnya. Air pendingin pada inlet kondensor berfungsi sebagai fluida pendingin untuk mengubah fasa uap keluaran turbin menjadi air kondensat. Perubahan maksimal fasa uap menjadi cair akan mempengaruhi kualitas kevakuman didalam kondensor. Vakum kondensor adalah keadaan dimana tekanan kondensor mendekati nol. Nilai tekanan kondensor yang semakin tinggi dapat mengakibatkan penurunan efisiensi turbin uap sehingga akan menambah

besarnya *specific steam consumption* yang diperlukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Bapak Ir. Aryantono Mortowidjojo, Ph.D dan Bapak Ir. Sesmaro Yuda, MT selaku dosen pembimbing yang telah membawa penulis sampai sejauh ini, terimakasih telah memberikan waktu dan perhatiannya sehingga artikel ilmiah ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulistiyardi, Hanifah Bagus. "Basic Design of Lumut Balai 2× 55 MW Geothermal Power Plant Indonesia." *Geothermal Training Program*. The United Nations University, 2010. 615-624.
- [2] Hamzah, Ozkar F. "Analisa Performasi pada Menara Pendingin dengan Menggunakan Analisis Eksergi." *Jurnal Desiminasi Teknologi 2*, no. 1 (2014).
- [3] Fahmi, Ahmad, Robby Arifien, Dianta Kamal, Indra Silanegara, and Pribadi Adhi. 2019. *ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR AIR PENDINGIN TERHADAP KINERJA DAN EFISIENSI TURBIN UAP DI PLTP UNIT 1 DIENG*.
- [4] Muammer Alus ; Mohamed Elrawemi ; Fathi Kawan, "The Effect of the Condenser Inlet Cooling water Temperature on the Combined Cycle Power Performance," *World Wide Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 2017.
- [5] Hariyadi ; Atok Setiyawan, "Analisa Termodinamika Pengaruh Tekanan Vakum

Pada Kondensor terhadap Performa Siklus PLTU,”*Jurnal Teknik POMITS*,2015.

- [6] J. Zhang, A. Gupta, and J. Baker, “Effect of Relative Humidity on the Prediction of Natural Convection Heat Transfer Coefficients,” *Heat Transfer Engineering*, vol. 28, no. 4, pp. 335–342, 2007, doi: 10.1080/01457630601122823.
- [7] S. Sayad, *REAL TIME MACHINE LEARNING*, 2020.
- [8] J. S. o. M. Engineering, 1999 JSME Steam Tables, Japan: JSME, 1999.
- [9] MICHAEL J. MORAN, HOWARD N. SHAPIRO, *Fundamental of engineering Thermodynamics 5th Edition*, Chicester 1993 Chichester: John Wiley & Sons, Inc., 2006
- [10] Yutaka kawaguchi, “COOLING TOWER PERFORMANCE TEST REPORT: Lumut Balai Geothermal FCRS and Power Plant Project,” *Heat Transfer Engineering*, LMB1-Q-2-Q2-IR-AA0-0003, pp. 1–36, 2020.

BAB 1References

- [1] H. B. Sulistyardi, “Basic Design of Lumut Balai 2× 55 MW Geothermal Power Plant Indonesia,” in *Geothermal Training Program: The United Nations University*, 2010, pp. 615–624.