

## Analisa Korelasi Nilai Konduktivitas Air Pendingin Terhadap Efisiensi Turbin Uap PLTP Karaha

Ernanda Ginting<sup>1)\*</sup>, Aryantono Mortowidjojo<sup>2)</sup>, Priyono Atmadi<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia  
Jl. Mayjen Sutoyo No.2, RT.9/RW.6, Cawang, Kec. Kramat jati, Kota Jakarta Timur, DKI Jakarta 13650  
Email: [ernanda.ginting@rocketmail.com](mailto:ernanda.ginting@rocketmail.com); [aryantono@uki.ac.id](mailto:aryantono@uki.ac.id); [priyono.atmadi@uki.ac.id](mailto:priyono.atmadi@uki.ac.id)

doi: <https://doi.org/10.24843/METTEK.2021.v07.i01.p03>

### Abstrak

Uap yang digunakan sebagai penggerak turbin berasal dari sumur produksi dua fasa dengan karakteristik *water dominated*. Selain *water dominated*, uap dari sumur mengandung banyak mineral dari perut bumi seperti Silika, Klorida, Natrium, Kalsium, Sulfate, Potasium, Magnesium, Boron dan Iron. Mineral tersebut ikut terlarut bersama uap yang terkondensasi menjadi kondensat, kondensat yang didinginkan untuk dipakai kembali sebagai air pendingin mengandung zat-zat pengotor yang mempengaruhi proses *heat mass balance* PLTP Karaha 1x30MW. Kondisi tersebut merupakan masalah yang diangkat pada penelitian ini dengan melakukan uji analisa korelasi konduktivitas air pendingin terhadap efisiensi PLTP Karaha 1x30MW dengan menggunakan *software orange 3.27.1*. Dari hasil *analisa pearson correlation*, *scatter plot* dan *distributions* didapatkan korelasi yang cukup kuat antara konduktivitas air terhadap efisiensi turbin dengan nilai koefisien *pearson correlation* yang sebesar -0.436. Konduktivitas air pendingin dengan nilai rata-rata 1181  $\mu\text{S}/\text{cm}$  memiliki efisiensi turbin diatas 71.5%, sedangkan konduktivitas air pendingin dengan nilai rata-rata 1248  $\mu\text{S}/\text{cm}$  memiliki efisiensi turbin dibawah 66.4%. Sehingga dapat disimpulkan kenaikan dan penurunan konduktivitas air pendingin memiliki korelasi dengan efisiensi turbin uap PLTP Karaha 1x30 MW.

**Kata kunci:** Konduktivitas air, turbin uap, efisiensi, analisa korelasi, panas bumi

### Abstract

*The steam used to drive the turbine comes from a two-phase production well with the characteristic of being water dominated. Apart from water dominated, steam from the wells contains many minerals from the bowels of the earth, such as Silica, Chloride, Sodium, Calcium, Sulfate, Potassium, Magnesium, Boron and Iron. These minerals are also dissolved with the steam which condenses into condensate, condensate which is cooled to be reused as cooling water contains impurities that affect the heat mass balance process of PLTP Karaha 1x30MW. This condition is a problem that is raised in this research by analyzing the correlation analysis of cooling water conductivity to the efficiency of Karaha 1x30MW PLTP using orange 3.27.1 software. From the analysis of the pearson correlation, scatter plot and distributions, it was found that there was a strong correlation between water conductivity and turbine efficiency with the pearson correlation coefficient value of -0.436. The conductivity of the cooling water with an average value of 1181  $\mu\text{S} / \text{cm}$  has a turbine efficiency above 71.5%, while the conductivity of the cooling water with an average value of 1248  $\mu\text{S} / \text{cm}$  has a turbine efficiency below 66.4%. So it can be concluded that the increase and decrease in cooling water conductivity has a correlation with the efficiency of the Karaha 1x30 MW PLTP steam turbine.*

**Keywords:** Water conductivity, steam turbine, efficiency, correlation analysis, geothermal

## 1. PENDAHULUAN

Fluida yang mengalir dari perut bumi mengandung mineral yang tersimpan dari batuan reservoir panas bumi. Menurut Saptadji fluida panas bumi terdiri dari kandungan Klorida, Natrium, Kalium, Silika dan mineral lainnya. Kandungan mineral dapat berbeda-beda tergantung karakter batuan, temperatur reservoir serta lokasi sumur panas bumi tersebut [1]. Uap yang mengandung mineral tersebut masuk turbin sebagai media penggerak dan keluar di *last stage* turbin. Selanjutnya uap dikondensasikan di kondensor dengan air pendingin dari menara pendingin. Hasil kondensasi tersebut menghasilkan *Non Condensable Gas* (NCG) yang diekstraksikan, selanjutnya air kondensat didinginkan untuk dimanfaatkan kembali sebagai air pendingin. Namun air pendingin yang berasal dari kondensat ini memiliki kandungan mineral yang terus terakumulasi dan mengendap, semakin banyak dan lama kandungan mineral yang terakumulasi dapat menimbulkan deposit bahkan lebih ekstrem dapat menimbulkan lumut. Kondensat yang disirkulasikan menjadi air pendingin harus dijaga kualitasnya, seperti temperatur, laju aliran, nilai pH dan konduktivitas. Lestari et al menyebutkan bahwa konduktivitas didefinisikan sebagai ukuran suatu larutan dalam kemampuannya menghantarkan arus listrik, sehingga kadar ion maupun zat yang terlarut dalam air pendingin dapat diperkirakan dari nilai konduktivitas nya [2]. Semakin besar nilai konduktivitas menggambarkan semakin banyak unsur pengotor (*impurities*) yang terkandung dalam air pendingin. Unsur-unsur *impurities* ini terdiri dari garam, kalsium, mangan, silika dan lumpur yang dapat mengurangi kemampuan perpindahan panas [3]. Fluida pendingin yang memiliki nilai konduktivitas tinggi berarti memiliki perpindahan panas yang buruk. Djunaidi et al dalam penelitiannya menyebutkan temperatur air pendingin mempengaruhi proses kondensasi yang terjadi di kondensor, semakin rendah temperatur air pendingin maka semakin cepat terjadinya proses kondensasi sehingga kevakuman meningkat [4]. Tingkat kevakuman kondensor dipengaruhi oleh debit air dan temperatur air pendingin yang masuk, semakin vakum kondensor maka dapat memaksimalkan energi panas yang dimanfaatkan untuk memproduksi listrik. Produksi daya listrik yang sama dengan kevakuman yang berbeda dapat berpengaruh dengan laju massa uap atau yang biasa disebut *specific steam consumption*. Semakin sedikit uap yang dibutuhkan maka tingkat efisiensi semakin tinggi.

Komposisi mineral setiap PLTP berbeda-beda sehingga diperlukan analisa korelasi nilai konduktivitas air pendingin terhadap efisiensi turbin uap PLTP Karaha untuk mendapatkan efisiensi turbin. Analisa korelasi melibatkan laju aliran uap, temperatur air pendingin, tekanan kondensor dan konduktivitas air pendingin dilakukan menggunakan *software Orange 3.27.1*.

## 2. METODE

Analisa pengaruh nilai konduktivitas air pendingin terhadap efisiensi turbin diawali dengan pengumpulan data lapangan dan melakukan perhitungan efisiensi turbin. Kalkulasi dilakukan terhadap parameter-parameter lapangan yang telah dikumpulkan dari PLTP Karaha selama bulan Agustus hingga bulan November 2020, data lapangan yang dikumpulkan terdiri dari laju aliran massa uap, tekanan *inlet* turbin, temperatur *inlet*, tekanan *exhaust* turbin, temperatur *exhaust* turbin. Hasil kalkulasi efisiensi turbin diuji korelasi dengan parameter yang memiliki pengaruh terhadap efisiensi turbin seperti konduktivitas air pendingin, temperatur air pendingin dan tekanan kondensor. Uji statistik yang dilakukan adalah dengan analisa korelasi menggunakan *software Orange 3.27.1*.

### 2.1. Perhitungan Efisiensi Turbin

Efisiensi dapat diketahui dengan membandingkan kerja ideal turbin dengan kerja aktual turbin. Persamaan efisiensi turbin uap dapat dilihat melalui persamaan berikut [5]:

$$\eta_{isotropik} = \frac{W_{turbin\ aktual}}{W_{turbin\ ideal}} \times 100\% \quad (1)$$

Selanjutnya untuk mendapatkan besar kerja turbin ideal, dapat dihitung dengan cara menghitung entalpi uap masuk turbin ( $h_1$ ) dengan entalpi uap isentropik keluar turbin ( $h_2$ )

$$Wt = \dot{m} \times (h_1 - h_2) \quad (2)$$

Nilai entalpi uap masuk ke turbin ( $h_1$ ) dapat dicari pada *property steam table*. Nilai ( $h_1$ ) didapat dengan mengacu nilai temperatur uap masuk kedalam turbin. Sedangkan entalpi uap isentropik keluar turbin ( $h_2$ ) dapat dihitung bila nilai fraksi uap ( $x$ ) telah diketahui.

$$h_2 = h_f + x \cdot h_{fg} \quad (3)$$

$$x = \frac{s_2 - s_f}{s_{fg}} \times 100\% \quad (4)$$

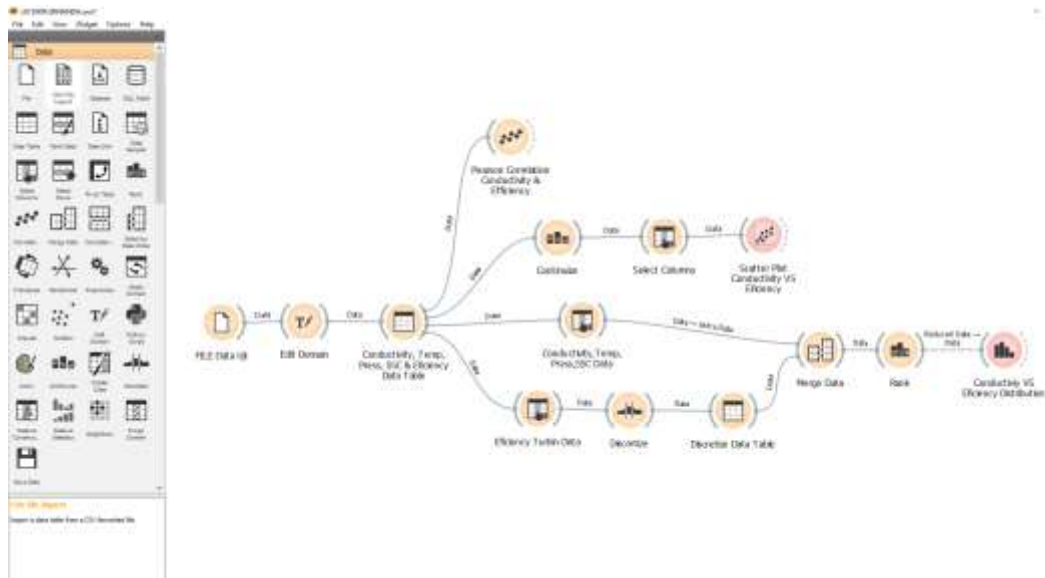
Untuk mendapatkan nilai entropi uap keluar turbin ( $S_2$ ), entropi saturasi fasa *fluid* ( $S_f$ ), entropi saturasi fasa campuran ( $S_{fg}$ ) dapat dicari dari *steam table* dengan mengacu pada tekanan *inlet* turbin dan temperature *exhaust* turbin.

## 2.2. Korelasi Konduktivitas Air & Efisiensi

Konduktivitas air merupakan gambaran kadar ion yang terlarut di dalam larutan. Kadar ion dan unsur pengotor yang tinggi di dalam air akan mengurangi tingkat kemurnian air tersebut. Kondensat dari uap panas bumi mengandung banyak mineral seperti garam, Silika, natrium dan mineral lainnya. Menurut Lestari et al, Silika yang terkandung dalam air pendingin akan mengendap dan mengakibatkan turunnya efisiensi perpindahan panas [2]. Sehingga sebagai air pendingin yang memiliki peran *heat transfer* dalam proses kondensasi di dalam kondensor, memiliki nilai konduktivitas yang tinggi dapat menurunkan performa perpindahan panasnya. Tekanan kondensor yang semakin vakum dapat membantu kerja turbin dalam memaksimalkan energi panas uap yang masuk sehingga konsumsi uap semakin sedikit dalam membangkitkan listrik per kWh-nya. Uap panas bumi yang dikonsumsi semakin sedikit dalam pembangkitan yang sama merupakan gambaran tingkat efisiensi yang baik. Korelasi seluruh parameter yang terlibat terhadap efisiensi turbin tersebut perlu dianalisa sehingga dapat diketahui korelasi terkuat antar parameter.

## 2.3. Pemodelan & Simulasi Korelasi Efisiensi Turbin

Analisa korelasi efisiensi turbin uap PLTP Karaha dengan parameter yang memiliki efektifitas terhadap kerja turbin diuji dengan menggunakan uji analisa *pearson correlation*, *scatter plot* dan *distributions*. Dengan menggunakan metode analisa *pearson correlation* membantu untuk mendeskripsikan hubungan antar variabel uji sehingga dapat diketahui arah dan kekuatan ketergantungan satu dengan yang lainnya [6]. *Scatter plot* membantu menggambarkan sebaran serta visualisasi arah korelasi antar variabel x dan y.



Gambar 1. Pemodelan analisa korelasi

Pemodelan analisa korelasi divisualisasikan pada Gambar 1. Software memberikan nilai koefisien *pearson correlation*, diagram *scatter plot* dan grafik distribusi dari efisiensi turbin terhadap setiap parameter uji.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Perhitungan Efisiensi Turbin

Dari data lapangan yang dikumpulkan dan dilakukan perhitungan didapatkan nilai efisiensi turbin uap PLTP Karaha adalah sebagai berikut. Data tersebut selanjutnya diuji menggunakan *software Orange 3.27.1*.

No.	Date Time	Daya Ideal (MW)	Daya Aktual (MW)	Efficiency turbin (%)
1	30-Nov-20	15.752	9.845	62.500
2	29-Nov-20	16.002	10.083	63.010
3	28-Nov-20	15.852	9.942	62.719
4	27-Nov-20	15.945	10.039	62.959
5	26-Nov-20	16.008	10.155	63.439
6	25-Nov-20	15.770	9.851	62.466
7	24-Nov-20	15.830	9.901	62.545
8	23-Nov-20	18.834	13.083	69.466
9	22-Nov-20	20.054	14.341	71.511
10	21-Nov-20	20.981	15.303	72.938
11	20-Nov-20	21.115	15.439	73.118
12	19-Nov-20	21.385	15.718	73.499
13	18-Nov-20	21.409	15.748	73.558
14	17-Nov-20	21.396	16.313	76.244
15	16-Nov-20	22.206	16.580	74.665
16	15-Nov-20	22.585	17.030	75.405
17	14-Nov-20	23.160	17.600	75.993
18	13-Nov-20	20.763	15.050	72.486
19	12-Nov-20	17.421	11.541	66.249
20	11-Nov-20	16.219	10.296	63.482
21	10-Nov-20	16.284	10.369	63.676
22	09-Nov-20	16.327	10.445	63.972
23	08-Nov-20	16.478	10.636	64.548
24	07-Nov-20	16.294	10.371	63.648
25	06-Nov-20	16.477	10.594	64.297
26	05-Nov-20	16.407	10.526	64.157
27	04-Nov-20	16.855	11.266	66.840
28	03-Nov-20	16.301	10.791	66.199
29	02-Nov-20	16.490	10.942	66.357
30	01-Nov-20	16.613	11.055	66.542
31	31-Oct-20	16.925	11.347	67.043
32	30-Oct-20	17.165	11.544	67.255
33	29-Oct-20	18.889	13.124	69.481
34	28-Oct-20	18.456	12.706	68.845
35	27-Oct-20	18.063	12.322	68.215
36	26-Oct-20	18.463	12.693	68.749
37	25-Oct-20	18.236	12.494	68.513
38	24-Oct-20	18.169	12.440	68.467
39	23-Oct-20	17.891	12.177	68.063
40	22-Oct-20	19.012	13.188	69.366
41	21-Oct-20	19.651	13.790	70.176
42	20-Oct-20	20.193	14.364	71.133
43	19-Oct-20	20.563	14.697	71.472
44	18-Oct-20	20.677	14.812	71.634
45	17-Oct-20	21.226	15.304	72.102
46	16-Oct-20	21.194	15.263	72.015
47	15-Oct-20	22.367	16.354	73.116
48	14-Oct-20	22.699	16.655	73.372
49	13-Oct-20	19.238	13.467	70.003
50	12-Oct-20	19.657	13.865	70.536
51	11-Oct-20	19.999	14.195	70.979
52	10-Oct-20	20.924	15.044	71.899
53	09-Oct-20	16.813	11.331	67.393
54	08-Oct-20	16.993	11.453	67.396
55	07-Oct-20	16.321	10.441	63.973
56	06-Oct-20	17.850	10.410	58.319
57	05-Oct-20	16.424	10.465	63.719
58	04-Oct-20	15.684	10.432	66.512
59	03-Oct-20	16.110	10.635	66.014
60	02-Oct-20	19.099	13.337	69.829
61	01-Oct-20	17.211	13.383	77.758
62	30-Sep-20	17.183	13.276	77.261
63	29-Sep-20	21.531	13.384	62.161
64	28-Sep-20	19.804	13.376	67.543
65	27-Sep-20	20.733	13.643	65.803
66	26-Sep-20	19.647	13.868	70.587
67	25-Sep-20	20.921	14.225	67.994
68	24-Sep-20	15.599	10.774	69.070
69	23-Sep-20	15.863	11.159	70.346
70	22-Sep-20	15.726	11.055	70.297
71	21-Sep-20	15.125	10.808	71.459
72	20-Sep-20	15.125	10.808	71.459
73	19-Sep-20	15.125	10.808	71.459
74	18-Sep-20	15.125	10.808	71.459
75	17-Sep-20	15.125	10.808	71.459
76	16-Sep-20	15.100	10.714	70.953
77	15-Sep-20	19.563	12.588	64.347
78	14-Sep-20	20.118	14.324	71.200
79	13-Sep-20	19.643	14.540	74.021
80	12-Sep-20	21.270	14.805	69.606
81	11-Sep-20	20.946	15.106	72.118
82	10-Sep-20	21.122	15.523	73.491
83	09-Sep-20	19.486	13.484	69.199
84	08-Sep-20	17.340	12.405	71.538
85	07-Sep-20	17.904	11.985	66.939
86	06-Sep-20	19.334	13.481	69.726
87	05-Sep-20	18.221	13.565	74.447
88	04-Sep-20	19.541	13.487	69.018
89	03-Sep-20	19.117	13.788	72.124
90	02-Sep-20	19.186	13.531	70.526
91	01-Sep-20	19.766	13.759	69.610
92	31-Aug-20	21.095	13.599	64.465
93	30-Aug-20	19.486	13.843	71.041
94	29-Aug-20	21.092	14.133	67.008
95	28-Aug-20	18.522	13.638	73.633
96	27-Aug-20	18.944	14.142	74.650
97	26-Aug-20	18.580	14.050	75.621
98	25-Aug-20	18.617	14.086	75.660
99	24-Aug-20	20.775	14.432	69.469
100	23-Aug-20	21.415	14.399	67.239
101	22-Aug-20	20.651	15.079	73.017
102	21-Aug-20	18.919	12.602	66.611
103	20-Aug-20	19.054	13.042	68.448
104	19-Aug-20	21.281	13.044	61.295
105	18-Aug-20	19.058	12.732	66.808
106	17-Aug-20	18.535	12.821	69.173
107	16-Aug-20	16.285	10.8	66.318
108	15-Aug-20	20.481	13.713	66.955
109	14-Aug-20	19.815	13.913	70.216
110	13-Aug-20	19.495	14.464	74.194
111	12-Aug-20	15.541	10.705	68.884
112	11-Aug-20	16.306	10.942	67.106
113	10-Aug-20	14.431	10.895	75.498
114	09-Aug-20	16.569	10.901	65.790
115	08-Aug-20	15.982	10.783	67.468
116	07-Aug-20	15.899	10.786	67.840
117	06-Aug-20	16.115	10.783	66.915
118	05-Aug-20	17.139	10.930	63.773
119	04-Aug-20	20.706	13.678	66.058
120	03-Aug-20	19.852	13.928	70.160
121	02-Aug-20	20.655	13.797	66.799
122	01-Aug-20	19.483	13.972	71.712

Gambar 1. Hasil perhitungan efisiensi turbin uap PLTP Karaha

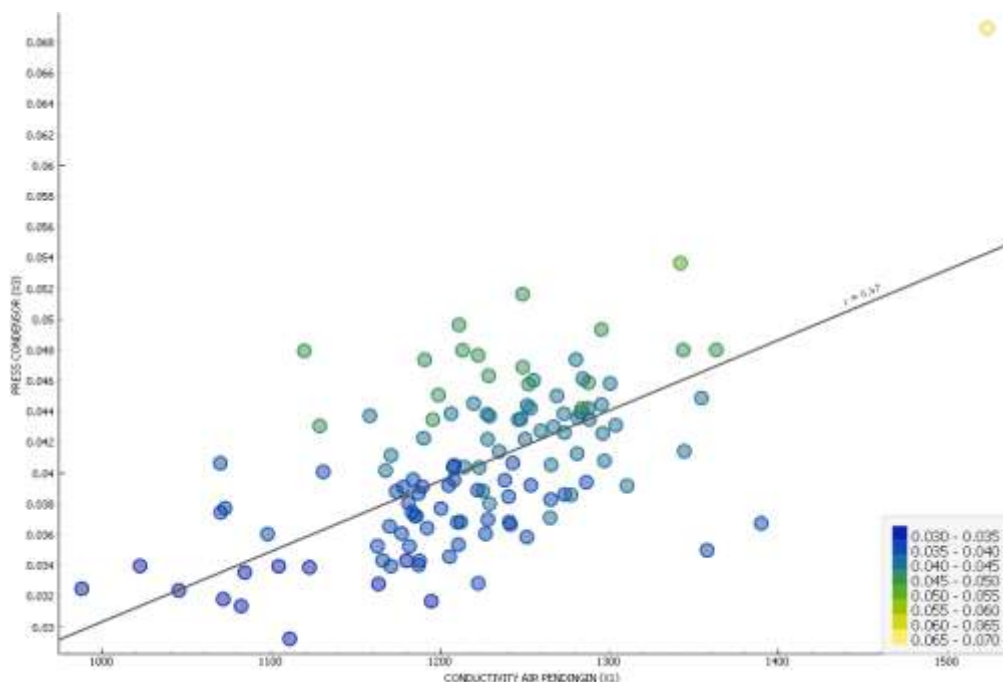
### 3.2. Analisa Korelasi Konduktivitas Air Pendingin

Uji korelasi yang digunakan adalah *pearson correlation* yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2. berikut.



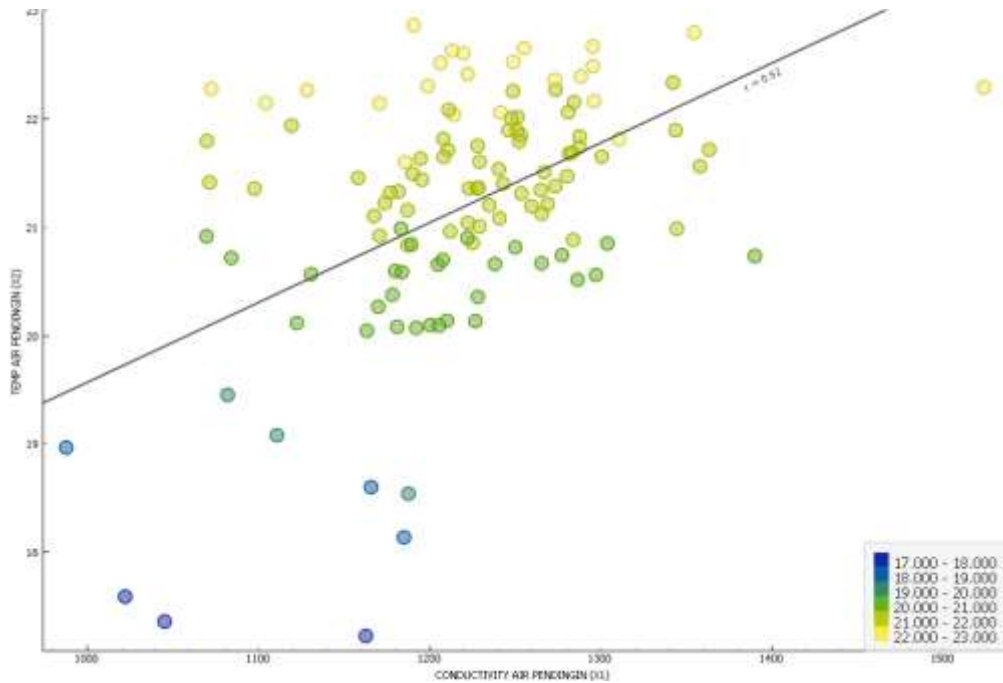
Gambar 3. *Pearson correlation* konduktivitas air

Hasil dari uji *pearson correlation* terhadap konduktivitas air yang ditunjukkan pada Gambar 3, dapat menggambarkan kekuatan korelasi konduktivitas air pendingin dengan tekanan kondensor, temperatur air pendingin, laju aliran uap dan efisiensi turbin. Nilai koefisien korelasi konduktivitas dengan tekanan kondensor sebesar  $r = +0.666$ , nilai tersebut dapat diinterpretasikan bahwa korelasi konduktivitas air pendingin terhadap tekanan kondensor memiliki hubungan yang kuat dan searah. Peningkatan nilai konduktivitas air berkorelasi dengan tekanan kondensor yang semakin meningkat atau kevakuman kondensor memburuk. Jika konduktivitas bertambah, maka tekanan di dalam kondensor juga bertambah sehingga berdampak kepada penurunan nilai efisiensi turbin uap. Hasil ini dibuktikan dari data sampel dengan nilai konduktivitas tertinggi sebesar  $1479 \mu\text{S}/\text{cm}$  dan nilai tekanan kondensor paling buruk sebesar  $0.07 \text{ barA}$ . Visualisasi korelasi keduanya dapat digambarkan pada gambar *scatter plot* berikut.



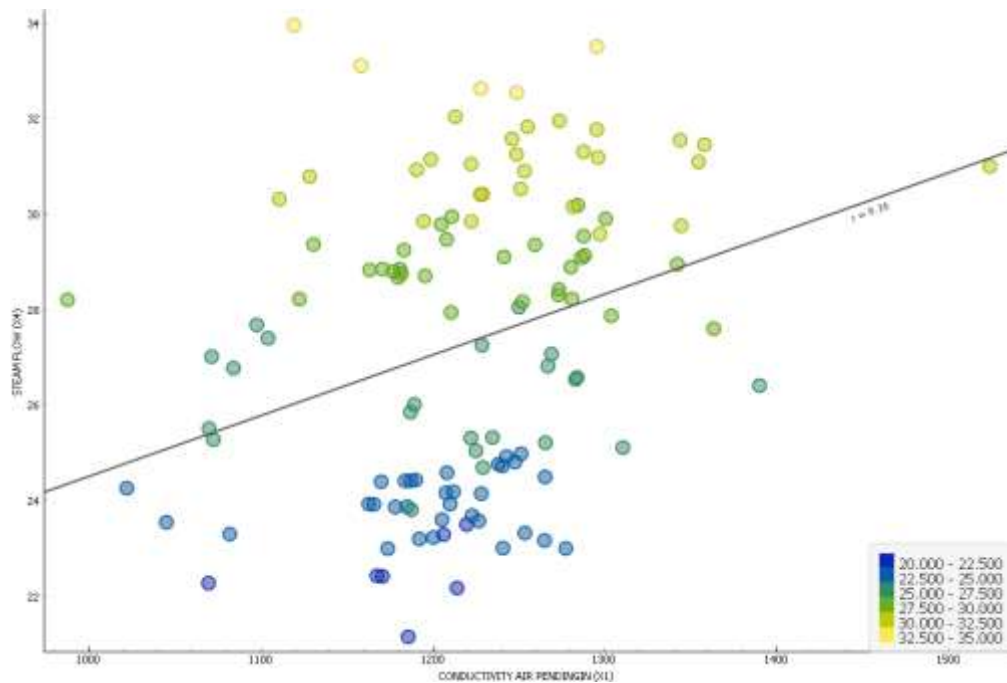
Gambar 4. *Scatter plot* konduktivitas air vs tekanan kondensor

Nilai koefisien korelasi konduktivitas dan laju aliran uap sebesar  $r = +0.52$ , nilai tersebut dapat diinterpretasikan bahwa korelasi konduktivitas air pendingin terhadap temperatur air pendingin memiliki hubungan yang cukup kuat dan searah. Penurunan nilai konduktivitas air berkorelasi dengan temperatur air pendingin yang semakin dingin. Hasil ini dibuktikan dari data sampel dengan nilai konduktivitas terendah sebesar  $994.59 \mu\text{S}/\text{cm}$  dan nilai temperatur air pendingin yang rendah sebesar  $18.9^\circ\text{C}$ . Visualisasi korelasi keduanya dapat digambarkan pada gambar *scatter plot* berikut.



Gambar 5. *Scatter plot* konduktivitas air vs temperatur air pendingin

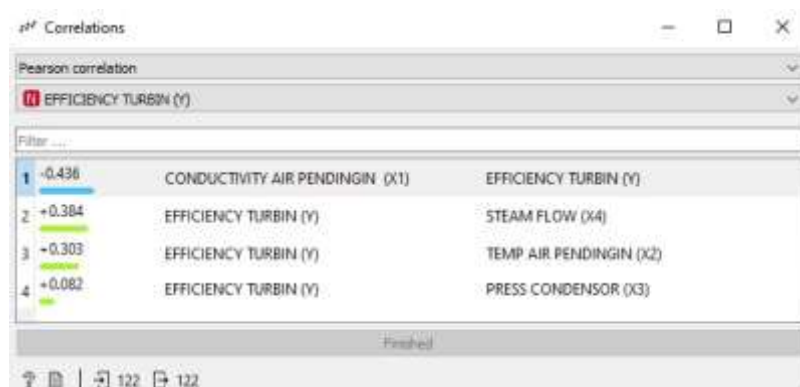
Nilai koefisien korelasi konduktivitas dan laju aliran uap sebesar  $r = +0.302$ , nilai tersebut dapat diinterpretasikan bahwa korelasi konduktivitas air pendingin terhadap laju aliran uap memiliki hubungan yang lemah dan searah. Peningkatan nilai konduktivitas air berkorelasi dengan laju aliran uap yang semakin meningkat walaupun tidak signifikan. Visualisasi korelasi ini dapat dibuktikan pada gambar *scatter plot* berikut.



Gambar 6. Scatter plot konduktivitas air vs laju aliran uap

### 3.3. Analisa Korelasi Efisiensi Turbin

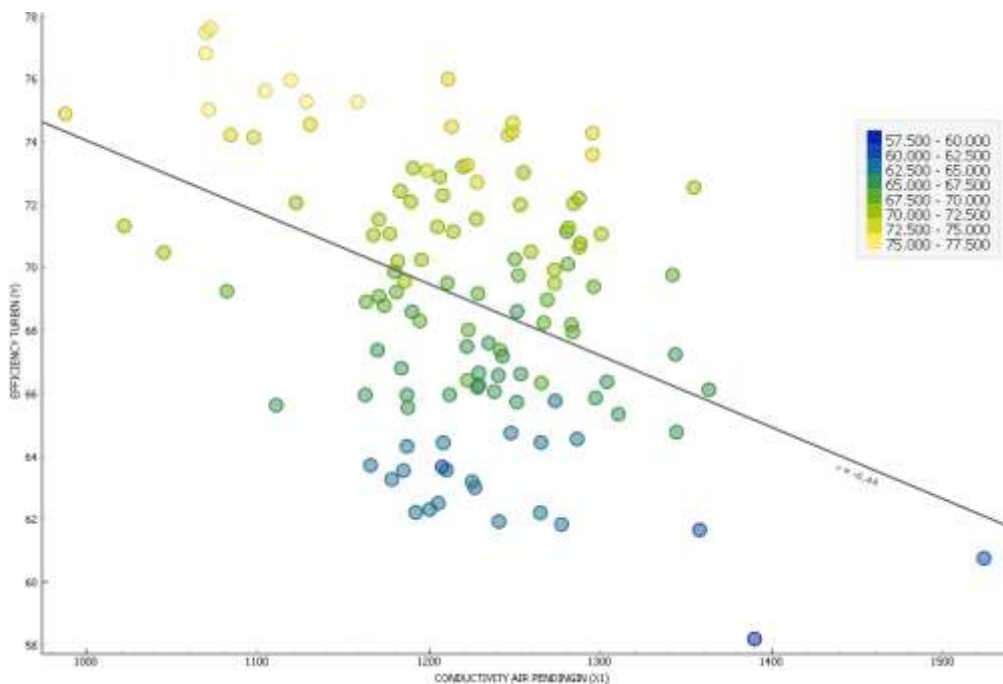
Uji korelasi yang digunakan adalah *pearson correlation* yang hasilnya dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Pearson correlation efisiensi turbin

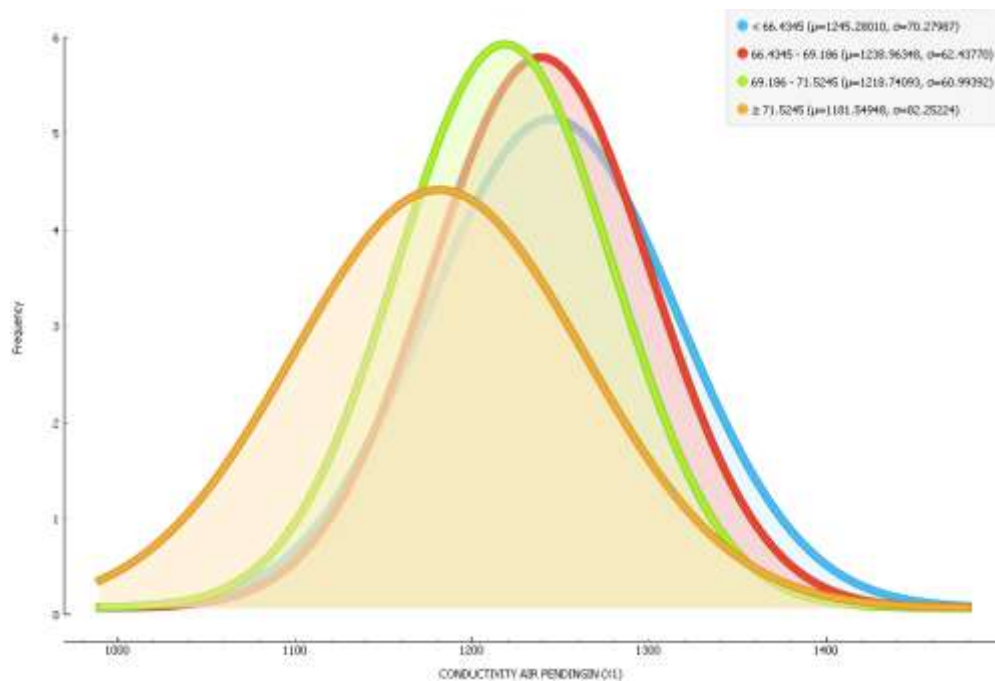
Hasil dari uji *pearson correlation* terhadap efisiensi turbin uap yang ditunjukkan pada Gambar 7., dapat menggambarkan kekuatan korelasi efisiensi turbin uap dengan konduktivitas air, tekanan kondensor, temperatur air pendingin dan laju aliran uap. Korelasi efisiensi terhadap konduktivitas air pendingin memiliki nilai koefisien korelasi terbesar diantara parameter lainnya dengan nilai  $r = -0.436$ , nilai tersebut dapat diinterpretasikan bahwa korelasi konduktivitas air pendingin terhadap efisiensi turbin memiliki hubungan yang cukup kuat dan berlawanan arah. Penurunan nilai konduktivitas air berkorelasi dengan peningkatan efisiensi turbin. Kadar ion dan unsur pengotor yang sedikit dalam air pendingin berkorelasi dengan perpindahan panas yang baik, sehingga perpindahan panas dalam proses kondensasi di dalam kondensator dapat berjalan optimal. Tekanan kondensor yang semakin vakum dapat membantu kerja turbin dalam memaksimalkan energi panas uap yang masuk sehingga konsumsi uap semakin sedikit. Konsumsi uap yang sedikit dalam pembangkitan daya listrik yang sama merupakan peningkatan efisiensi turbin. Hasil ini dibuktikan dari data sampel dengan nilai konduktivitas tertinggi sebesar 1479.45  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dan efisiensi turbin uap yang rendah sebesar 61.2%. Visualisasi korelasi ini dapat dibuktikan pada gambar *scatter plot*

berikut.



Gambar 8. Scatter plot konduktivitas air vs efisiensi turbin

Hasil uji korelasi antara konduktivitas air pendingin dengan efisiensi turbin dapat dikuatkan dengan diagram distribusi konduktivitas air terhadap efisiensi seperti berikut.



Gambar 9. Distributions konduktivitas air vs efisiensi turbin

Kumpulan nilai efisiensi yang lebih besar dari 71.5% berada dalam nilai rata-rata konduktivitas air pendingin dengan nilai 1181  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Sedangkan kumpulan nilai efisiensi yang lebih kecil dari 66.4% berada dalam nilai rata-rata konduktivitas air pendingin dengan nilai 1248  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Sehingga dapat disimpulkan bahwa korelasi konduktivitas air pendingin dengan efisiensi memiliki korelasi yang cukup kuat dan berlawanan arah. Implikasi yang perlu



diperhatikan dari hasil penelitian ini adalah nilai konduktivitas air pendingin harus dikontrol untuk menjaga tingkat keefisienan turbin, dapat dilakukan dengan menginjeksikan cairan kimia untuk mengurangi zat *impurities* pada air pendingin.

#### 4. SIMPULAN

Setelah dilakukan pengumpulan data dari lapangan PLTP Karaha 1x30 MW dengan kondisi pembangkitan rata-rata 30% dari kapasitas yang terpasang dan dilakukan perhitungan serta analisa uji korelasi nilai konduktivitas air pendingin terhadap efisiensi turbin uap PLTP Karaha, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Diantara laju aliran masa uap, tekanan kondensor, temperatur pendingin dan konduktivitas air, nilai koefisien *pearson correlation* terhadap efisiensi paling besar dimiliki konduktivitas air pendingin. Konduktivitas air dengan efisiensi turbin memiliki korelasi yang cukup kuat dan berlawanan arah dengan nilai koefisien *pearson correlation* sebesar -0.436. Konduktivitas air pendingin yang rendah berkorelasi dengan efisiensi yang tinggi.
2. Perubahan konduktivitas memiliki korelasi yang kuat dengan temperatur air pendingin dan kevakuman kondensor, yang berpengaruh terhadap laju aliran uap untuk menghasilkan energi listrik. Terbukti dengan nilai koefisien *pearson correlation* efisiensi terhadap laju aliran uap sebesar +0.384. Semakin tinggi konsumsi uap yang dipakai maka efisiensi turbin uap semakin rendah.
3. Konduktivitas air pendingin dengan nilai rata-rata 1181  $\mu\text{S}/\text{cm}$  memiliki efisiensi turbin diatas 71.5%, sedangkan konduktivitas air pendingin dengan nilai rata-rata 1248  $\mu\text{S}/\text{cm}$  memiliki efisiensi turbin dibawah 66.4%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ir. Aryantono Mortowidjojo, Ph.D dan Ir. Priyono Atmadi, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran dan energinya untuk membimbing, memberi saran hingga terselesaikannya artikel ilmiah ini. Serta seluruh pekerja PT. PGE Area Karaha yang telah banyak membantu penulis dalam pengumpulan data serta diskusi yang dibutuhkan oleh penulis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. M. Saptadji, "Karakterisasi Reservoir Panas Bumi," *Bandung Inst. Teknol. Bandung*, vol. Juli, pp. 6–17, 2009.
- [2] D. Erlina Lestari, "Kajian Awal Perilaku Silika Dalam Air Pendingin Primer Reaktor RSG-Gas," *Kaji. Awal Perilaku Silika Dalam Air Pendingin Prim. Reakt. Rsg -Gas*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2015.
- [3] S. B. U. Djunaidi, "Pemakaian Inhibitor Untuk Pengendalian Korosi Pada Sistem Pendingin Sekunder RSG-GAS," in *Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir. Vol. 4 No. 2, Oktober 2007 : 51-58*, vol. 4, no. 2, 2007, pp. 51–58.
- [4] A. Sukarno, Bono, and B. Prasetyo, "Analisa Perubahan Tekanan Vakum Kondensor Terhadap Kinerja Kondensor di PLTU Tanjung Jati B Unit 1," vol. 10, no. 2, pp. 65–71, 2014.
- [5] M. J. Moran and H. N. Shapiro., *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. 2006.
- [6] N. J. Gogtay and U. M. Thatte, "Principles of correlation analysis," *J. Assoc. Physicians India*, vol. 65, no. MARCH, pp. 78–81, 2017.