

PENERAPAN PEMROGRAMAN PYTHON DALAM MENENTUKAN WAKTU OVERHOUL KONDENSOR TURBIN UAP

*Application of Python Programming in Determining the Overhaul Steam Turbine
Condenser*

Raihan Muhammad^{1*}, Sulis Yulianto¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jl. Cempaka Putih Tengah 27
Jakarta 10510, Indonesia.

* Email Korespondensi : 20200410470001@student.umj.ac.id

Artikel Info - : Diterima : 26-10-2022; Direvisi : 12-11-2022; Disetujui : 01-12-2022

ABSTRAK

Kondensor sebagai alat utama dan alat penukar kalor di Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) memiliki peran besar dalam menentukan efisiensi siklus PLTGU. Kondensor berfungsi untuk mengubah fase uap pada keluaran *steam turbine* menjadi air kondensasi yang nantinya akan digunakan kembali dalam siklus PLTGU. Kinerja kondensor yang efisien tentu dibarengi dengan perencanaan *overhaul* yang baik dan didukung dengan kajian performa kondensor yang matang. Pada penelitian performa kondensor ini, untuk menentukan perencanaan *overhaul* yang baik digunakan bantuan bahasa pemrograman *python* dengan metode regresi linear. Penggunaan bahasa pemrograman *python* tersebut bertujuan untuk memprediksi waktu kondensor saat harus dilakukan *overhaul*. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa terdapat peningkatan nilai *cleanliness factor condenser* sebelum *overhaul* yaitu 56,69% dan setelah *overhaul* yaitu 57,45%. Setelah dilakukannya regresi linear dengan bantuan pemrograman *python* pada sebaran data dari tahun 2018 yang dibagi menjadi tiga kelompok analisa, didapatkan bahwa kondensor yang saat ini beroperasi akan kotor pada tanggal 24 Agustus 2023.

Kata Kunci: *Cleanliness Condensor, Python, Regresi Linear*

ABSTRACT

Condensers as the main equipment and heat exchangers in a combined cycle power plant have a major effect to determine combined cycle efficiency. The condenser is used to transform saturated steam into water which will be reused in a combined cycle power plant. To acquire high performance, the condenser requires an overhaul plan and calculated performance. In this research, to determine a good overhaul plan, the python programming language with the linear regression method is used. The python programming language aims to predict the condenser when it must be overhauled. From the results of the research, it was found that there was an increase in the value of the cleanliness factor condenser before the overhaul. From 56.69% to 57.45% after the overhaul. After using linear regression in python programming on the distribution data from 2018 which was divided into three groups of analysis, it was found that the condenser must be overhauled on August 24, 2023.

Keywords: *Cleanliness Condenser, Linear Regression, Python*

1. Pendahuluan

Perkembangan industri saat ini sedang gesit-gesitnya menuju ke perkembangan industri 4.0 [1]. Era industri yang berlangsung cepat dengan menghadirkan digitalisasi, otomatisasi dan perpaduan internet dengan manufaktur [2]. Begitu juga perkembangan industri pada pembangkit listrik yang harus berubah sesuai tuntutan jaman. Pembangkit listrik jaman sekarang harus mampu memanfaatkan digitalisasi, penggunaan otomatisasi untuk produksi listriknya dan memanfaatkannya sebagai *internet of things* (IoT).

Beberapa waktu terakhir penggunaan bahasa pemrograman dengan bahasa *python* sudah banyak dilakukan dengan sifat bahasa pemrogramannya yang *open source* mengakibatkan siapa saja dapat memanfaatkan bahasa pemrograman *python*. Pada tahun-tahun ini penggunaan bahasa *python* menjadi semakin relevan dengan analisis data, untuk itu peluang menggunakan bahasa *python* dalam dunia pembangkit listrik semakin terbuka lebar. Studi mengenai penerapan bahasa pemrograman *python* sudah dilakukan dalam berbagai keperluan [3], [4], [5]. Namun, penerapan bahasa *python* dalam dunia pembangkit listrik khususnya kondensor diperlukan usaha untuk memadukan bahasa pemrograman dengan keteknikan.

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap membutuhkan air dalam prosesnya, uap hasil ekspansi dengan turbin akan dikembalikan fasenya menjadi air dengan bantuan kondensor menggunakan air laut [6]. Penggunaan air laut pada kondensor tentu akan mengakibatkan penumpukan kerak air seiring berjalannya waktu. Biota-biota laut akan tumbuh di dalam kondensor dan menempel pada dinding pipa, hal ini akan menyebabkan penyumbatan pada pipa kondensor, menurunkan *mass flow* air laut sehingga perpindahan panas akan lebih sedikit dan menurunkan nilai efisiensi. Untuk itulah kebersihan dari pipa-pipa kondensor ini harus dipelihara dengan pengoperasian sistem *ball cleaning* dan pembersihan pipa kondensor secara manual dengan dilakukannya *overhaul* agar tidak mengalami kerugian. Kasus kerugian produksi listrik akibat tidak terpantaunya performa kondensor sehingga kondensor kotor pernah terjadi di PLTGU Priok pada tahun 2018, kondensor sangat kotor sehingga menurunkan hasil produksi hingga 8.481.866,67 kWh.

Penelitian yang memanfaatkan bahasa pemrograman *python* dengan data *time series* [7] ke dalam menentukan waktu *overhaul* kondensor belum pernah dilakukan sehingga pembuatan bahasa pemrogramannya masih perlu dikembangkan. Oleh karena itu maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui bahasa pemrograman *python* yang paling efektif untuk menentukan waktu *overhaul* kondensor. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan pada aplikasi kondensor dengan memberikan manfaat ekonomis dan evaluasi efisiensi kondensor. Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengalkulasikan secara otomatis dengan bantuan komputer dari performa kondensor dan mampu memperkirakan waktu *overhaul* yang tepat untuk mencegah kerugian.

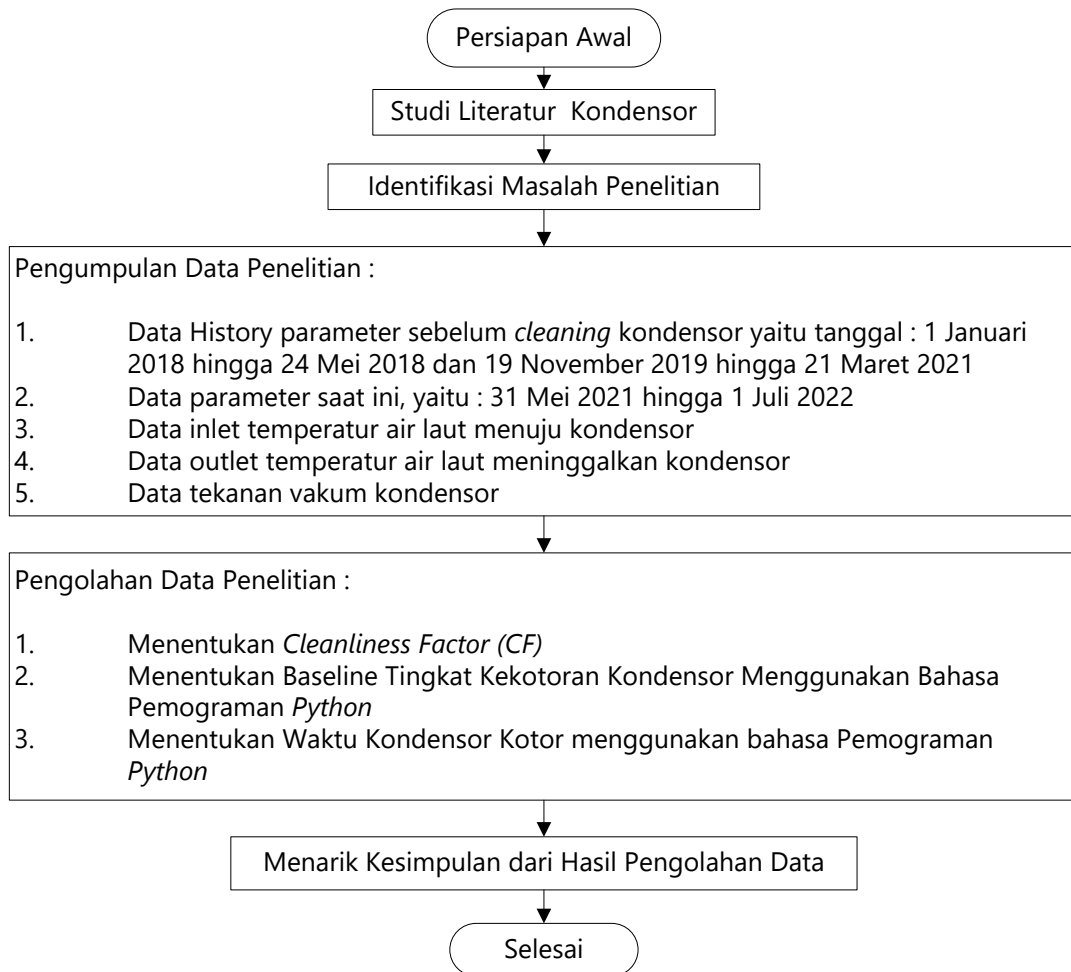
Pengukuran performa kondensor dilakukan dengan metode *cleanliness factor*, dimana metode ini mengukur efektivitas kondensor dengan mempertimbangkan temperatur *inlet* dan *outlet* kondensor [8]. Dalam memperkirakan waktu *cleaning* kondensor menggunakan metode regresi linear [3], dengan bantuan *baseline* baru berdasarkan sejarah *cleaning* kondensor sebelumnya.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di perusahaan X yang bergerak dibidang pembangkit listrik tenaga gas dan uap yang berada di Priok, Jakarta Utara. Metode penelitian ini dilakukan dengan observasi langsung ke perusahaan dan mengumpulkan data primer maupun sekunder dari perusahaan yang digambarkan dalam Gambar 1.

Diagram alir penelitian ini dimulai dari studi literatur mengenai kondensor. Dilanjutkan dengan identifikasi masalah penelitian berkenaan dengan kerugian produksi listrik yang terjadi akibat kotornya kondensor dan sulitnya memantau performa kondensor di perusahaan. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data penelitian diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Data histori parameter sebelum *cleaning* kondensor yaitu tanggal 1 Januari 2018 hingga 24 Mei 2018 dan 19 November 2019 hingga 21 Maret 2021 (data setiap 6 jam).
2. Data parameter saat ini, yaitu: 31 Mei 2021 hingga 1 Juli 2022.
3. Data *inlet* temperatur air laut menuju kondensor.
4. Data *outlet* temperatur air laut meninggalkan kondensor.
5. Data tekanan vakum kondensor.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Data yang terkumpul selanjutnya digunakan untuk mengukur kinerja kondensator dengan menggunakan metode *cleanliness factor* dan memprediksi waktu *cleaning* kondensator dengan regresi linear. Nilai dari *cleanliness factor* dapat ditentukan melalui persamaan berikut [9].

$$CF = \frac{U_f}{U_c} \quad (1)$$

Dimana:

CF = *Cleanliness factor (%)*

U_f = Koefisien *overall heat transfer* dengan *fouling*

U_c = Koefisien *overall heat transfer* tanpa *fouling*

Untuk mendapatkan nilai dari *cleanliness factor* sesuai dengan persamaan (1) terlebih dahulu harus mengetahui nilai dari koefisien *overall heat transfer* (U) dengan persamaan berikut [9].

$$\frac{1}{U.A} = \frac{1}{h_i.A_i} + \frac{\ln(D_o/D_i)}{2\pi kL} + \frac{1}{h_o.A_o} + \left[\frac{R_{f,i}''}{A_i} + \frac{R_{f,o}''}{A_o} \right] [fouling\ factor] \quad (2)$$

$$\frac{1}{U.A} = \frac{1}{h_i.A_i} + \frac{\ln(D_o/D_i)}{2\pi kL} + \frac{1}{h_o.A_o} [no\ fouling\ factor] \quad (3)$$

Dimana:

- U : Overall heat transfer coefficient
 h_o : koefisien konveksi aliran di luar tube (W/m²K)
 h_i : koefisien konveksi aliran di dalam tube (W/m²K)
 r_o : jari-jari luar tube (m)
 r_i : jari-jari dalam tube (m)
 $R_{(f,o)}$: Fouling factor di luar tube (m²K/W)
 $R_{(f,i)}$: Fouling factor di dalam tube (m²K/W)

Pada persamaan (2) dan (3) untuk mendapatkan nilai overall heat transfer coefficient dibutuhkan nilai dari koefisien konveksi aliran di luar tube dan nilai koefisien konveksi aliran di dalam tube untuk itu dapat dicari dengan menggunakan persamaan (4) dan (5) berikut [9].

$$h_i = \frac{Nu_D \times k_f}{d_i} \quad (4)$$

Dimana :

- h_i : Koefisien konveksi didalam tube (W/m² K)
 Nu_D : Nusselt number
k : Konduktifitas termal (W/mK)
D : Diameter luar tube (m)

$$h_o = \frac{Nu_D \times k}{D} \quad (5)$$

Dimana:

- h_o : Koefisien konveksi di luar tube (W/m² K)
 Nu_D : Nusselt number
k : Konduktivitas termal (W/mK)
D : Diameter luar tube (m)

Prediksi dapat diasumsikan sebagai kegiatan untuk memperkirakan apa yang akan terjadi pada masa yang akan datang. Kegiatan ini dilakukan dengan memperhatikan data atau informasi masa sebelumnya atau saat ini baik secara matematik atau statistik. Prediksi bertujuan untuk mengetahui, melihat dan memperkirakan prospek ekonomi atau kegiatan perusahaan [3]. Analisis regresi dapat membuat permodelan dengan data empiris dan menerapkannya dalam forecasting. Metode regresi merupakan sebuah metode statistik yang melakukan prediksi menggunakan pengembangan hubungan matematis antara beberapa variabel, yaitu variabel terikat (y) dengan variabel bebas (x) [10]. Persamaan linear secara umum dapat dituliskan sebagai berikut [11].

$$ax + by + c = 0 \quad (6)$$

Dimana:

- a, b = koefisien;
x,y = variabel
c = konstanta

Pemrograman berbasis python adalah bersifat open-source [12] yang berarti bersifat umum dan dapat dikembangkan oleh siapa pun. Python diinterpretasikan sebagai bahasa tingkat tinggi yang justru menyederhanakan pemrograman yang berorientasi objek melalui pendekatannya. Python merupakan bahasa pemrograman yang paling relevan digunakan untuk para ilmuwan data untuk berbagai aplikasi ilmu data, dan juga memiliki fungsionalitas yang sangat baik untuk menangani matematika, statistik, dan fungsi ilmiah. Salah satu alasan utama mengapa python banyak digunakan di penelitian adalah

karena kemudahan penggunaan dan sintaksisnya yang sederhana yang membuatnya mudah untuk beradaptasi bagi orang yang tidak memiliki latar belakang teknik [13].

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

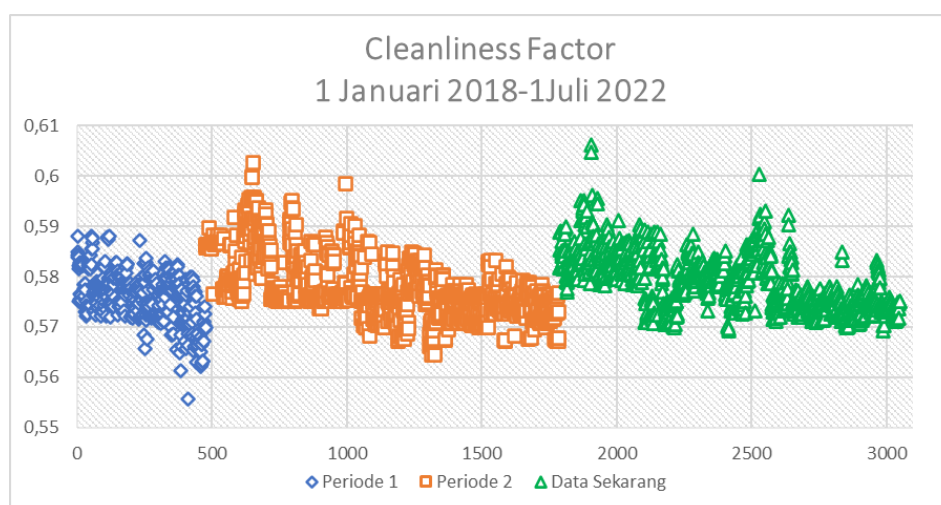
3.1 Nilai Cleanliness Factor (CF)

Nilai *cleanliness factor* adalah nilai perbandingan antara penyaluran panas aktual terhadap penyaluran panas pada kondisi 100 % bersih, setelah mengetahui nilai koefisien konveksi di dalam dan di luar *tube* (h_i dan h_o). Nilai h_i dan h_o tersebut dihitung sesuai dengan persamaan (4) dan (5) guna menentukan nilai dari koefisien *overall heat transfer* (U) yang nantinya digunakan untuk menentukan nilai *cleanliness factor*. Hasil perhitungan beberapa sampel data tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan h_i , h_o , Dan CF Pada Beberapa Waktu

Sebelum Cleaning			Sesudah Cleaning		
Waktu	Parameter	Nilai	Waktu	Parameter	Nilai
26 Mei 2018 pukul 00:00	h_i	4843,085	28 Mei 2018 Pukul 18:00	h_i	4925,53
	h_o	23569,25		h_o	21734,50
	CF	56,67%		CF	57,73%
14 November 2019 pukul 18:00	h_i	4832,46	19 November 2019 pukul 00:00	h_i	4938,83
	h_o	23735,20		h_o	21558,02
	CF	56,69%		CF	57,45%
22 Mei 2021 pukul 18:00	h_i	4755,50	31 Mei 2021 Pukul 12:00	h_i	4956,69
	h_o	24211,65		h_o	21555,28
	CF	56,92%		CF	58,17%

Data nilai *Cleanliness Factor* di dapatkan dari periode waktu 1 Januari 2018 pukul 00:00 – 1 Juli 2022 pukul 23:59 yang dibagi menjadi 3 periode yaitu periode pembersihan pertama pada tanggal 1 Januari 2018 hingga 24 Mei 2018, periode ke 2 pada tanggal 19 November 2019 hingga 21 Maret 20120 dan data kalkulasi sekarang yaitu pada tanggal 31 Mei 2021 hingga Juli 2022. Seluruh nilai dari *cleanliness factor* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai *Cleanlines Factor* Seluruh Rentang Waktu

Data *cleanliness factor* dibagi menjadi tiga periode yang dibedakan dengan warna di grafik *scatter plot*. Pada setiap akhir periode, data mengalami penurunan dengan pola yang mirip. Hal itu mengindikasikan bahwa terdapat penurunan kualitas dari performa kondensator dan harus dilakukan *cleaning*. Setelah kegiatan *cleaning* tampak pada grafik tersebut terjadi peningkatan nilai *cleanliness factor* yang cukup tinggi, hal itu menunjukkan bahwa kegiatan *cleaning* sangat berpengaruh dalam performa kondensator.

3.2 Menentukan Baseline

3.2.1 Baseline Data Periode Pertama

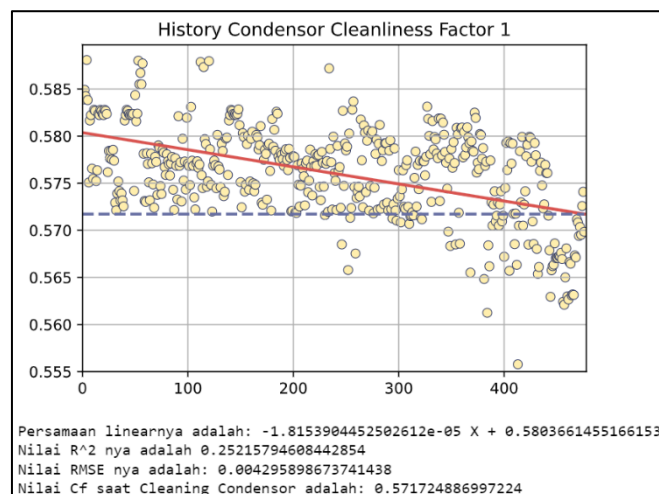
Menentukan *baseline* dari data dilakukan dengan menggunakan regresi linear menggunakan bantuan bahasa pemrograman *python* seperti tampak pada Gambar 3.

```
In [ ]: X1 = df1.iloc[:, 0].values.reshape(-1, 1)
Y1 = df1.iloc[:, 1].values.reshape(-1, 1)
linear1 = LinearRegression()
linear1.fit(X1, Y1)
Y_pred1 = linear1.predict(X1)
r_kuadrat1 = r2_score(Y1, Y_pred1)
mse1 = mean_squared_error(Y1, Y_pred1)
rmse1 = np.sqrt(mse1)
nilai_akhir1 = linear1.coef_[0][0] * len(X1) + linear1.intercept_[0]
df_batas1 = pd.DataFrame(np.repeat(nilai_akhir1, len(X1)))

#plt.axes().set_facecolor('#F0F0F0')
plt.title("History Condensator Cleanliness Factor 2")
plt.grid(True)
plt.scatter(X1, Y1, color="#FFEEAD", linewidths=0.5, edgecolors="#293462")
plt.plot(X1, Y_pred1, color='#D9534F', alpha=1, linewidth = 2, linestyle='--')
plt.plot(df_batas1, color='#676FA3', alpha=1, linewidth = 2, linestyle='--')
plt.xlim(0,1311)
plt.show()
print("Persamaan linearnya adalah: ", linear1.coef_[0][0], "X + ", linear1.intercept_[0])
print("Nilai R^2 nya adalah", r_kuadrat1)
print("Nilai RMSE nya adalah: ", rmse1)
print("Nilai Cf saat Cleaning Condensator adalah: ", nilai_akhir1)
```

Gambar 3. Penerapan Bahasa Pemrograman *Python* pada data *cleanliness factor* kondensator

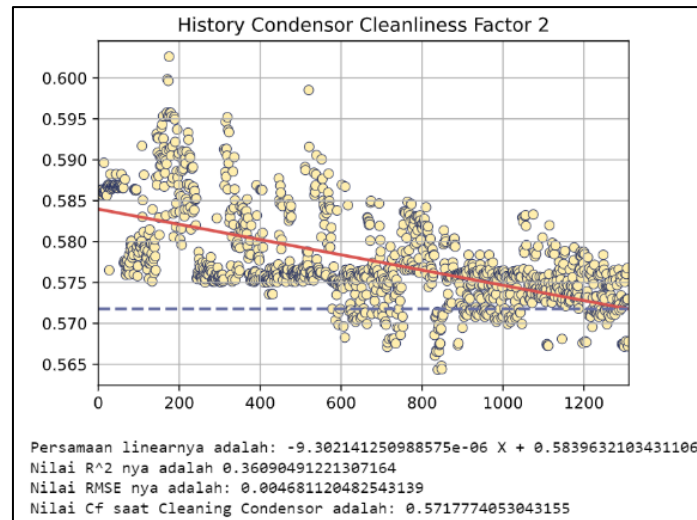
Setelah mendapatkan persamaan garis berdasarkan data periode pertama tersebut maka selanjutnya memasukkan nilai (x) pada persamaan linier tersebut, hingga didapatkan nilai (y) sebagai *baseline*. Data periode pertama dimulai dari 1 Januari 2018 sampai 28 Mei 2018 dengan jumlah data *cleanliness factor* sebanyak 476 data. Rentang data *cleanliness factor* paling kecil yaitu 0,55 dan data paling tinggi yaitu 0,588. Pada Gambar 4. tampak sebaran data periode pertama menggunakan grafik *scatter plot* dengan garis merah sebagai persamaan regresi linear dan garis biru putus-putus sebagai *baseline* baru.



Gambar 4. Output *Python* Pada Data Periode 1

3.2.2 Baseline Data Periode Kedua

Menentukan *baseline* dari data kedua juga dilakukan dengan menggunakan regresi linear menggunakan bantuan Bahasa pemrograman *python* seperti tampak pada Gambar 5. sebaran data periode kedua menggunakan grafik *scatter plot* dengan garis merah sebagai persamaan regresi linear dan garis biru putus-putus sebagai *baseline* baru.



Gambar 5. Output Python Pada Data Periode 2

Hasil dari penentuan *baseline* menggunakan bahasa pemrograman *python* dengan memasukkan nilai (x) pada persamaan linier hasil regresi sehingga didapat nilai (y) dapat dilihat dalam Tabel 2.

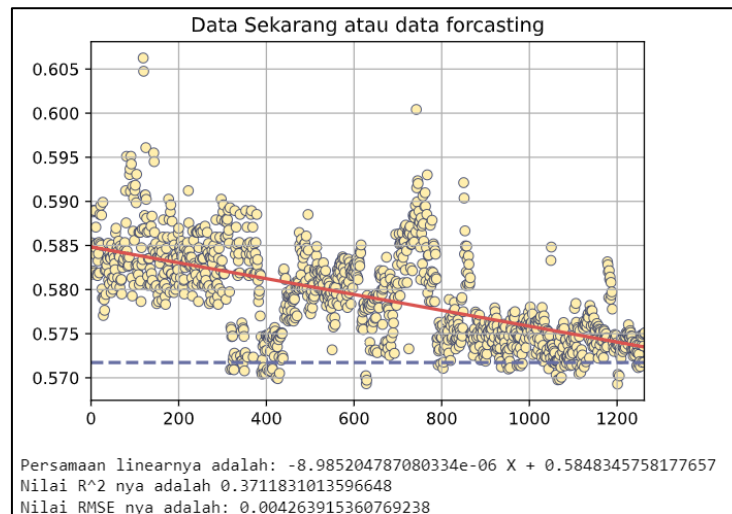
Tabel 2. Data *Baseline* Berdasarkan Analisa *History Cleaning* Kondensor

No	Data	Persamaan Regresi Linear	Nilai <i>Baseline</i>
1	<i>History-1</i>	$y = -1,8153904452502612 \cdot 10^{-5} X + 0,5803661455166153$	$y = 0,571724886997224$
2	<i>History-2</i>	$y = -9,302141250988575 \cdot 10^{-6} X + 0,5839632103431106$	$y = 0,5717774053043155$

3.2 Menentukan Waktu Kondensor Kotor

Berdasarkan hasil penentuan *baseline* $y = 0,5717$ dari dua periode data sebelumnya, maka dengan menggunakan data *cleanliness factor* sekarang yaitu data dari tanggal 31 Mei 2021 hingga 1 Juli 2022 dapat kita tentukan waktu kondensor kotor. Analisa menggunakan metode yang sama yaitu regresi linear terhadap data *cleanliness factor* kondensor lalu memasukkan nilai *baseline* terhadap persamaan regresi linear data sekarang. Menentukan persamaan regresi linear data sekarang menggunakan Bahasa pemrograman *python* yang tampak pada Gambar 6.

Garis merah menunjukkan regresi linear terhadap sebaran data *cleanliness factor* yang sudah di hitung sebelumnya dengan persamaan garis linier $y = -8,98520478708 \cdot 10^{-6} X + 0,58483457581$ Garis biru putus-putus adalah *baseline* yang didapatkan dari data periode satu dan perioda dua. Penentuan hari kondensor kotor dapat dilakukan dengan memasukkan nilai (y) ke dalam persamaan regresi linier dengan hasil jumlah data (x) yang relevan dengan waktu. Penentuan waktu kondensor kotor tampak pada perhitungan berikut.



Gambar 6. Output Python Pada Data Sekarang

Persamaan garis linier $y = -8,985204787080334 \cdot 10^{-6} X + 0,5848345758177657$

Baseline $y = 0,5715$

Maka,

$(0,5715) = -8,985204787080334 \cdot 10^{-6} X + 0,5848345758177657$

$X = 1662,82$

Didapatkan nilai X hasil dari penentuan waktu kondensor kotor menggunakan Bahasa pemrograman *python* adalah 1662,82 jumlah data. Sesuai dengan pengumpulan data bahwa data yang diambil adalah setiap 6 jam sekali, maka setiap data yang terjadi adalah sebesar 6 jam waktu prediksi. Dengan jumlah data hasil perhitungan adalah 1662,82 data, maka waktu prediksi kondensor kotor adalah 415,705 hari ke depan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisa yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa untuk menghindari kejadian berulang rugi produksi listrik akibat dari kotornya kondensor dapat menggunakan analisa dengan bantuan bahasa pemrograman *python* dengan metode regresi linear. Pengelompokan data menjadi tiga bagian yaitu: periode 1, periode 2, dan data sekarang bertujuan untuk mendapatkan *baseline* data sebagai mode uji pada data analisa sekarang. Sehingga didapatkan kesimpulan berupa waktu kondensor kotor yaitu selama 415,075 hari setelah data terakhir diambil pada tanggal 1 Juli 2022, atau pada tanggal 24 Agustus 2023.

5. Daftar Pustaka

- [1] Akmal, "Lebih Dekat Dengan Industri 4.0," Sleman: Deepublish, 2019.
- [2] N. Fonna, "Pengembangan Revolusi Industri 4.0 dalam Berbagai Bidang," Medan: Guepedia, 2019.
- [3] G. N. Ayuni, "Penerapan Metode Regresi Linear Untuk Predisi Penjualan Properti pada PT XYZ," *Jurnal Telematika*, vol. 14 no. 2, pp. 79-86, 2019.
- [4] A. Sukarno and B. Prasetyo, "Analisis Perubahan Tekanan Vakum Kondensor Terhadap Kinerja Kondensor di PLTU Tanjung Jati B Unit 1," *EKSERGI Jurnal Teknik Energi*, vol. 10, no. 2, pp. 65-71, 2014.

-
- [5] N. N. P. Pinata, I. M. Sukarsa, and N. K. D. Rusjyanthi, "Prediksi Kecelakaan Lalu Lintas di Bali dengan XGBoost pada Python," *Jurnal Ilmiah Merpati*, vol. 8, no. 3, pp. 188-196, 2020.
- [6] R. Rajesh and P. S. Kishore, "Thermal Efficiency of Combined Cycle Power Plant," *International Journal of Engineering and Management Research*, vol. 8, no. 3, pp. 229-234, 2018.
- [7] J. Litwin, M. Olech, and A. Szymusik, "Applying Python's Time Series Forecasting Method in Microsoft Excel – Integration as a Business Process Supporting Tool for Small Enterprises," *Technical Sciences*, vol. 24, pp. 115-133, 2021.
- [8] G. Prihandini and M. T. Sinarta, "Analisa Cleanliness Factor Sebagai Nilai Performasi Kondenser," *Jurnal Migasian*, vol. 1, no. 2, pp. 36-39, 2017.
- [9] T. L. Bergman, A. S. Lavine, F. P. Incropera, and D. P. Dewitt, "Fundamentals of Heat Transfer 7th Edition," United States of America: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- [10] J. J. F. E. A. Hair, "Multivariate Data Analysis-Fifth Edition," New Jersey: PrenticeHall, Inc, 2011.
- [11] B. Abraham, "The Regression Model," in *Statistical Methods for Forecasting*, United States of America, John Wiley & Sons, Inc., pp. 8-77, 2005.
- [12] A. S. Saabith, M. Farez, and T. Vinothraj, "Python Current Trend Applications-An Overview," *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, vol. 6, no. 10, pp. 6-12, 2019.
- [13] Chandan07, "GeeksforGeeks," 16 Agustus 2021. [Online]. Available: <https://www.geeksforgeeks.org/python-for-data-science/#:~:text=It%20provides%20great%20libraries%20to,not%20have%20an%20engineering%20background.>