

PENDUGAAN KEBUTUHAN DAYA LISTRIK BERBANTUAN METODE LINEARISASI FUNGSI NONLINEAR UNTUK PRODUKSI SEBUAH GENERATOR OKSIGEN

Muhammad Azril Maulana¹⁾ dan Arief Goeritno^{2*)}

¹⁾ PT Poly Jaya Medikal

Jalan Ciliwung No.1, Kampung Kebon Duren RT01/RW01, Desa Kalimulya, Kecamatan Cilodong, Kota Depok
16413, Jawa Barat

²⁾ Electrical Engineering Study Program, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Jalan Sholeh Iskandar km.2, Keduangbadak, Tanah Sareal, Kota Bogor 16164, Jawa Barat

^{*)}E-mail: arief.goeritno@uika-bogor.ac.id

Abstrak

Kebutuhan daya listrik untuk pembuatan suatu peralatan produksi menjadi sangat penting, agar biaya konsumsi daya listrik dapat diantisipasi dan diinternalisasi menjadi biaya produksi. Daya listrik terkonsumsi untuk pembuatan setiap generator oksigen bukan menjadi hal utama, namun keberadaan unsur tersebut tetap harus diperhitungkan. Berdasarkan hal itu, maka pada penelitian ini diprediksi kebutuhan daya listrik untuk produksi sebuah generator oksigen. Prediksi kebutuhan daya listrik dilakukan dengan metode konvensional berbasis deret waktu, sehingga diperlukan penetapan dua sasaran penelitian yang meliputi (i) mengukur nilai tegangan, mengukur nilai arus, dan menghitung daya untuk kebutuhan fase perakitan dan produksi dan (ii) membuat persamaan regresi linear kebutuhan daya listrik dan menguji kevalidan koefisien korelasi berbantuan metode linearisasi fungsi nonlinear. Metode penelitian dilakukan dengan (i) pencatatan nilai tegangan dan arus, dilanjutkan dengan penghitungan daya listrik terkonsumsi saat fase perakitan dan proses produksi; dan (ii) pembuatan persamaan regresi linear melalui tahapan linearisasi fungsi nonlinear untuk perolehan penggambaran suatu hubungan satu variabel bebas (*predictor*, x) dengan suatu variabel tak-bebas (*response*, y), dilanjutkan tahapan perolehan dan uji validitas terhadap koefisien korelasi. Hasil pengukuran tegangan dan arus bervariasi saat fase perakitan maupun saat proses produksi, kemudian dilakukan perhitungan daya listrik dengan hukum Ohm. Saat fase perakitan, setelah melalui proses linearisasi fungsi nonlinear diperoleh persamaan $g(x) = 631,28 \cdot e^{0,39295 \cdot x}$ atau dalam bentuk persamaan regresi linear $y = -0,39295 + 6,4477 \cdot x$, dan nilai koefisien korelasi, r sebesar $-0,86635$. Saat fase proses produksi, setelah dilakukan proses linearisasi fungsi nonlinear diperoleh persamaan $g(x) = 3796,5 \cdot e^{0,1995 \cdot x}$ atau dalam bentuk persamaan regresi linear, yaitu $y = -0,1995 + 8,24184 \cdot x$, dan nilai koefisien korelasi, r sebesar $-0,36831$. Berdasarkan hasil-hasil tersebut dapat disimpulkan, bahwa koefisien korelasi yang diperoleh telah sesuai persyaratan pada kisaran nilai $-1 \leq r \leq 1$, namun terkategori dengan kriteria “hubungan kuat” saat fase perakitan dan kriteria “hubungan lemah” saat fase proses produksi. Kriteria “hubungan kuat” pada fase perakitan, disebabkan oleh jumlah peralatan listrik untuk fase perakitan hanya terdiri atas tiga macam peralatan listrik, sedangkan kriteria “hubungan lemah” pada fase proses produksi, disebabkan oleh jumlah peralatan listrik untuk fase proses produksi sebanyak sepuluh peralatan atau berjumlah tiga kali lipat lebih dari fase perakitan.

Kata kunci: pendugaan kebutuhan daya listrik, metode linearisasi fungsi nonlinear, koefisien korelasi, produksi sebuah generator oksigen.

Abstract

The need for electrical power for the manufacture of production equipment is very important so that the cost of electricity consumption can be anticipated and internalized into production costs. The electrical power consumed for the manufacture of each oxygen generator is not the main thing, but the presence of these elements must still be taken into account. Based on this, in this study, it is predicted that the electrical power required for the production of an oxygen generator is predicted. Prediction of electrical power demand is carried out using a time series-based conventional method, so it is necessary to determine two research objectives which include (i) measuring voltage values, measuring current values, and calculating power for the needs of the assembly and production phases and (ii) making linear regression equations for power requirements electricity and tested the validity of the correlation coefficient with the help of the linearization method of nonlinear functions. The research method is carried out by (i) recording the value of voltage and current, followed by calculating the electrical power consumed during the assembly

phase and production process; and (ii) constructing a linear regression equation through the linearization step of a nonlinear function to obtain a description of a relationship between one independent variable (predictor, x) and a dependent variable (response, y), followed by the acquisition and validity test of the correlation coefficient. The results of voltage and current measurements vary during the assembly phase and during the production process, then the electrical power is calculated using Ohm's law. During the assembly phase, after going through the process of linearizing the nonlinear function, the equation $g(x) = 631,28 \cdot e^{0,39295 \cdot x}$ or in the form of a linear regression equation $y = -0,39295 + 6,4477 \cdot x$ is obtained, and the value of the correlation coefficient, r of $-0,86635$. During the production process phase, after linearization of the nonlinear function, the equation $g(x) = 3796,5 \cdot e^{0,1995 \cdot x}$ or in the form of a linear regression equation is obtained, namely $y = -0,1995 + 8,24184 \cdot x$, and the value of the correlation coefficient, r is $-0,36831$. Based on these results, it can be concluded that the correlation coefficient obtained is in accordance with the requirements in the range of values of $-1 \leq r \leq 1$, but is categorized with the "strong relationship" criteria during the assembly phase and the "weak relationship" criteria during the production process phase. The "strong relationship" criterion in the assembly phase is due to the fact that the number of electrical equipment for the assembly phase only consists of three kinds of electrical equipment, while the "weak relationship" criterion in the production process phase is caused by the number of electrical equipment for the production process phase as many as ten or total three times more than the assembly phase.

Keywords: estimation of electricity demand, nonlinear function linearization method, correlation coefficient, production of an oxygen generator.

1. Pendahuluan

Pendugaan (prediksi) kebutuhan daya listrik untuk pembuatan suatu perangkat produksi menjadi sangat penting, agar biaya konsumsi daya listrik dapat diantisipasi dan diinternalisasi menjadi biaya produksi [1, 2]. Daya listrik terkonsumsi untuk pembuatan setiap generator penghasil gas oksigen (generator oksigen) bukan menjadi hal utama, namun keberadaan daya terkonsumsi tersebut tetap harus diperhitungkan [3]. Daya tersebut digunakan untuk suatu proses pembuatan peralatan produksi melalui pentransformasian menjadi kerja berguna, dalam perwujudan bentuk komposisi produk, termasuk juga limbah dan panas buang [3, 4]. Prediksi kebutuhan daya listrik difokuskan kepada fase perakitan dan proses produksi. Berpedoman kepada keberadaan daya listrik terkonsumsi untuk sebuah produksi peralatan penghasil gas oksigen, maka pada penelitian ini dilakukan prediksi terhadap kebutuhan daya listrik untuk produksi sebuah generator oksigen melalui teknik konvensional berbantuan statistika dan persamaan matematika berbasis deret waktu.

Berdasarkan alinea latar belakang tersebut, maka disusun *state-of-the-art* terhadap sejumlah penelitian terdahulu yang terkait dengan kebutuhan daya listrik untuk produksi peralatan produksi berupa generator oksigen, termasuk pembuatan persamaan regresi linear dari proses linearisasi fungsi nonlinear untuk perolehan koefisien korelasi Pearson [5] dan uji validasi terhadap koefisien korelasi tersebut [6]. Proses manufaktur untuk produk jadi berupa peralatan produksi terdiri atas serangkaian langkah-langkah pemrosesan, dimana untuk situasi produksi berbasis teknologi tinggi biasanya dilakukan secara otomatis. Kebutuhan energi maksimum secara umum pada kisaran 14,8% dari total [7], sedangkan terkait dengan produksi untuk generator oksigen dengan

penurunan persentase kemurnian oksigen dari 99,98% menjadi 95% konsumsi energi berkurang sebesar 10% [9].

Pengembangan model prediksi secara umum dapat dibagi ke dalam dua cara (teknik, metode), yaitu metode konvensional dan kekinian [10]. Metode konvensional didasarkan kepada deret waktu berbasis model matematika atau statistika [11, 12], antara lain *Auto Regressive (AR)*, *Moving Average (MA)*, *Exponential Smoothing, Regression*, dan *Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA atau Box Jenkins)*. Teknik prediksi kekinian didasarkan pada metode berbasis kecerdasan buatan (*artificial intelligence, AI*) [13], seperti *Artificial Neural Network (ANN)*, *Algoritma Genetika (AG, Genetic Algorithm, GA)*, *Simulated Annealing, Genetic Programming, Klasifikasi (Classification)*, dan *Hybrid*.

Penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penggunaan metode regresi linear digunakan untuk analisis peramalan kebutuhan energi listrik PLN area Batam [14]. Daya listrik merupakan sumber daya utama untuk pemenuhan kebutuhan harian rumah tangga hingga perindustrian [15]. Kebutuhan daya listrik bagi sektor industri, termasuk faktor penentu daya saing industri dalam negeri [16]. Pemanfaatan daya listrik di industri digunakan untuk proses produksi dan pabrikan [17]. Daya listrik juga dibutuhkan pada pembuatan generator oksigen (*oxygen generator*), untuk proses perakitan komponen dan produksi komponen pendukung. Metode yang dilakukan untuk perolehan data daya listrik proses perakitan dan proses produksi berbeda-beda [18].

Oxygen generator merupakan sebuah produk dari perusahaan produsen alat kesehatan dengan kebutuhan daya listrik untuk fase perakitan dan fase proses produksi. *Oxygen generator* pada prinsipnya beroperasi sebagaimana prinsip operasi kompresor dalam

penyaringan udara di sekitar alat dan dihasilkan gas oksigen lebih murni [19]. *Oxygen generator* merupakan alat kesehatan yang sangat dibutuhkan pada masa pandemi CoViD-19, terbukti dengan permintaan alat tersebut untuk kebutuhan sekitar tiga ribu rumah sakit, sembilan ribu puskesmas, dan sejumlah klinik swasta pada saat pandemi [20]. Alat *oxygen generator* menjadi solusi kelangkaan gas oksigen medis dalam tabung untuk rumah sakit pada masa pandemi CoViD-19 [21].

Pasien dengan kebutuhan terhadap gas oksigen medis atau oksigen murni [22] dengan kadar sekurang-kurangnya sebesar 90%, seperti ketentuan pada Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Nomor 4 Tahun 2016 untuk pemenuhan kebutuhan pernapasan (respirasi) pasien [23]. Tercatat kebutuhan harian oksigen medis sebesar tiga ratus enam ribu ton pada tanggal 1 bulan Juli tahun 2021, dimana jumlah tersebut bertambah empat puluh delapan persen dibandingkan sebelumnya dengan jumlah dua ratus tujuh ribu ton [24]. Untuk kemudahan pada rumah sakit dalam pemenuhan kebutuhan gas oksigen, biasanya di setiap rumah sakit telah terpasang instalasi gas oksigen medis untuk penanganan kondisi tersebut [25].

Berdasarkan beberapa alinea tentang *state-of-the-art* tersebut, maka ditetapkan rumusan pada artikel, yaitu penggunaan metode prediksi kebutuhan daya listrik dengan teknik konvensional berbasis deret waktu. Teknik prediksi konvensional berbantuan persamaan matematika berupa penggambaran dengan suatu hubungan antara sebuah variabel bebas (*predictor*, X) terhadap suatu *variable* tak-bebas (*response*, Y) [26]. Metode berbasis deret waktu dengan bantuan persamaan matematika, yaitu pembentukan persamaan regresi linear sederhana melalui tahapan linearisasi fungsi nonlinear, yaitu kurva eksponensial dengan nilai berubah-ubah dan kurva linear yang ditandai dengan garis lurus. Metode linearisasi fungsi nonlinear merupakan salah satu penyelesaian alternatif dan praktis untuk pencapaian hubungan antara *predictor variable* dan *response variable*. Pengujian terhadap koefisien korelasi yang diperoleh dilakukan melalui proses penetapan terhadap tabel criteria dari koefisien korelasi.

Berpedoman kepada alinea rumusan masalah tersebut, maka ditetapkan dua sasaran penelitian yang meliputi (i) mengukur nilai tegangan, nilai arus, dan menghitung nilai daya listrik dan (ii) membuat persamaan regresi linear berdasarkan data daya listrik dan melakukan pengujian terhadap koefisien korelasi. Penghitungan daya listrik dilakukan pada fase perakitan dan proses produksi untuk keterwujudan sebuah generator oksigen. Persamaan regresi linear diperoleh melalui proses linearisasi fungsi nonlinear. Pengujian terhadap koefisien korelasi pada

2. Metode

Alat dan bahan penelitian untuk prolehan data daya listrik proses perakitan dan produksi sebuah *oxygen generator*, meliputi peralatan kerja dan alat ukur multimeter dan seluruh komponen untuk perakitan generator oksigen. Metode penelitian merupakan langkah-langkah untuk pencapaian tujuan penelitian melalui pembatasan masalah. Penghitungan daya listrik terkonsumsi oleh peralatan listrik untuk fase perakitan dan proses produksi, berupa perolehan hasil pengukuran tegangan dan arus. Hasil penghitungan terhadap daya listrik terkonsumsi, selanjutnya ditetapkan variabel-variabel untuk proses linearisasi fungsi nonlinear, agar diperoleh koefisien korelasi. Proses akhir berupa uji validasi terhadap koefisien korelasi setelah diperoleh persamaan regresi linear.

Penghitungan daya listrik terkonsumsi digunakan persamaan (1) [27, 28].

$$S = V \cdot I \quad (1),$$

dengan:

S = daya semu, [volt.ampere];

V = tegangan, [volt];

I = arus, [ampere].

Untuk proses linearisasi fungsi nonlinear digunakan persamaan (2) hingga (6) [29-32], agar diperoleh persamaan regresi linear.

$$b = \frac{n \cdot (\sum xi \cdot zi) - (\sum xi) \cdot (\sum zi)}{n \cdot (\sum xi^2) - (\sum xi)^2} \quad (2),$$

$$A = \frac{\sum zi - b \cdot (\sum xi)}{n} \quad (3),$$

$$a = e^A \quad (4),$$

$$g(x) = ae^{bx} \quad (5),$$

$$y = b + Ax \quad (6),$$

dengan:

y = garis regresi (*response variable*),

b = konstanta *intercep*,

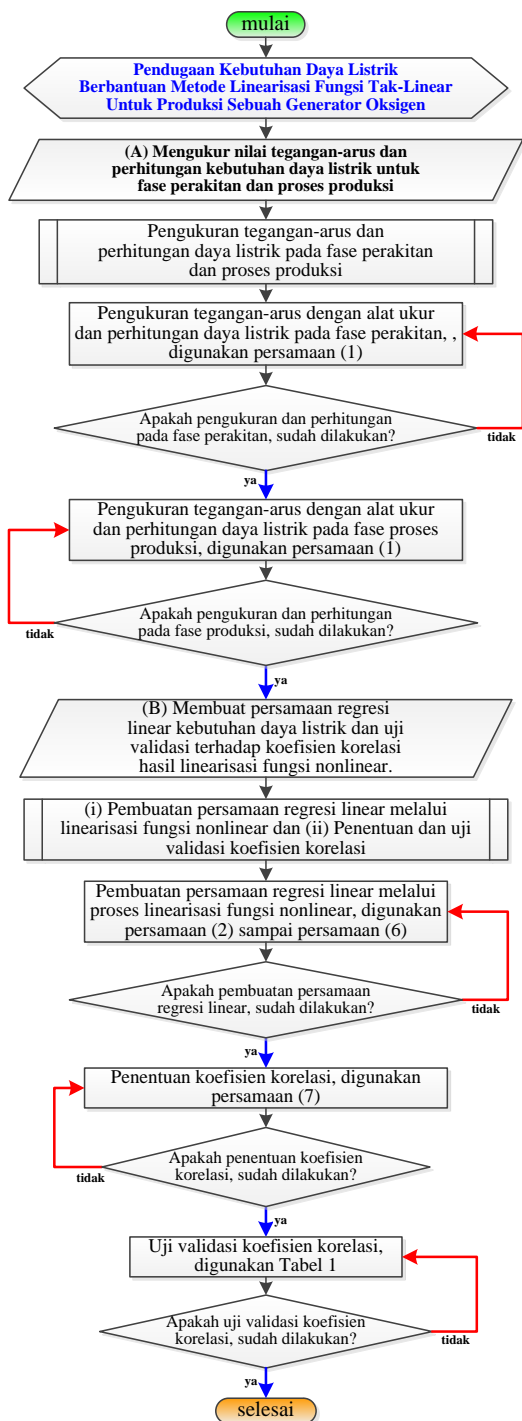
A = konstanta *slope*,

x = variabel bebas (*predictor variable*),

e = bilangan eksponensial, dan

n = jumlah data digunakan.

Untuk keterhubungan antara *predictor variable* dan *response variable* dilakukan proses penghitungan, agar diperoleh koefisien korelasi melalui penggunaan persamaan (7) [5, 6].



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

$$r = \frac{n \cdot (\sum xy) - (\sum x) \cdot (\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2] \cdot [n \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (7).$$

dengan:

r = koefisien korelasi,
 n = jumlah data.

Uji validasi terhadap nilai koefisien korelasi dilakukan melalui proses pencocokan terhadap tabel kriteria keterhubungan, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria nilai koefisien korelasi hasil uji validasi

Nilai r ($-1 \leq r \leq 1$)	Keterangan
$-0,2 \leq r < 0$ atau $0 < r \leq 0,2$	Hubungan sangat lemah
$-0,4 \leq r < -0,2$ atau $0,2 < r \leq 0,4$	Hubungan lemah
$-0,7 \leq r < -0,4$ atau $0,4 < r \leq 0,7$	Hubungan cukup kuat
$-0,9 \leq r < -0,7$ atau $0,7 < r \leq 0,9$	Hubungan kuat
$-1,0 \leq r < -0,9$ atau $0,9 < r \leq 1,0$	Hubungan sangat kuat

Metode penelitian dibuat dalam bentuk diagram alir untuk kedua sasaran penelitian [33-37]. Diagram alir metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1 dapat dijelaskan, bahwa penelitian ini dengan penetapan dua sasaran penelitian dan sejumlah tahapan untuk pencapaian setiap sasaran penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Nilai Tegangan, Arus, dan Daya Listrik pada Fase Perakitan dan Proses Produksi

Generator oksigen merupakan sebuah alat untuk pemurnian kadar gas oksigen dengan pengubahan udara biasa menjadi gas oksigen medis sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, Nomor 4, Tahun 2016. Generator oksigen pada prinsipnya beroperasi seperti kompresor dalam penyaringan udara di sekitar alat dan dihasilkan gas oksigen lebih murni. Komponen utama pada generator gas oksigen, meliputi kompresor, filter udara, pengering udara (*air dryer*), *solenoid valve*, *oxygen analyzer*, *flow meter*, dan beberapa tangki penampungan (*buffer tank*). Penampang fisis perangkat generator oksigen, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Penampang fisis perangkat generator oksigen

3.1.1. Fase perakitan

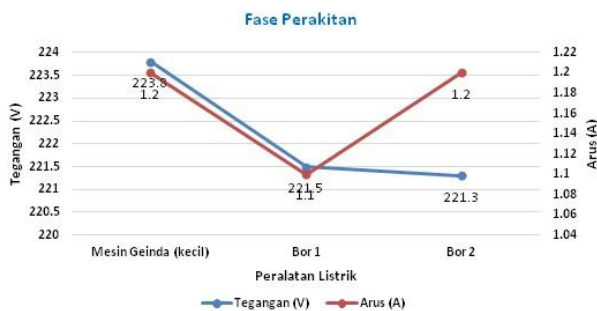
Pengukuran serapan daya listrik untuk peralatan listrik saat proses perakitan, berupa pengukur nilai tegangan dan arus, selanjutnya data tersebut digunakan untuk proses penghitungan serapan daya listrik yang dibutuhkan. Penggunaan persamaan untuk perolehan daya pada peralatan listrik proses perakitan, yaitu daya semu

samadengan tegangan dikali arus ($S=VxI$). Hasil pengukuran tegangan-arus dan perhitungan daya listrik proses perakitan, seperti ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran tegangan-arus dan perhitungan daya listrik fase perakitan

No.	Alat	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (S)
1	Gerinda kecil	223,8	1,20	485,64
2	Bor 1	221,5	1,10	221,50
3	Bor 2	221,3	1,20	221,30
4	Rata-rata	222,2	--	---
5	Σ		3,5	928,44

Berdasarkan Tabel 2 dapat dijelaskan dengan kurva pengukuran tegangan dan arus pada saat fase perakitan. Kurva pengukuran nilai tegangan dan arus pada fase perakitan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva pengukuran nilai tegangan dan arus pada fase perakitan

Berpedoman kepada Tabel 2 dan Gambar 3 dijelaskan lebih lanjut, bahwa hasil perhitungan dan pengukuran daya listrik proses perakitan, didapatkan rata-rata tegangan pada peralatan listrik saat fase perakitan dengan nilai tegangan rata-rata 222,2 volt, jumlah arus 3,5 ampere, dan jumlah daya 928,44 volt ampere.

3.1.2. Fase proses produksi

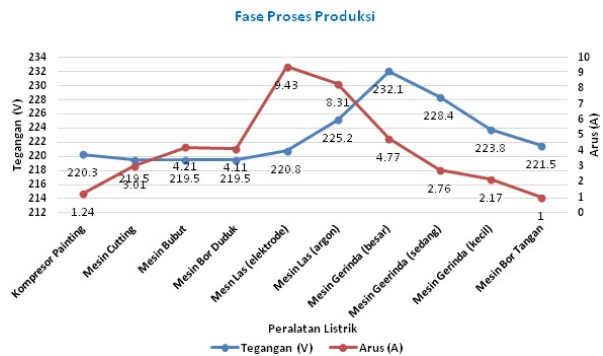
Tabel 3. Hasil pengukuran tegangan-arus dan perhitungan daya listrik fase produksi

No.	Alat	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (S)
1	Kompresor <i>painting</i>	220,3	1,24	818,028
2	Mesin Cutting	219,5	3,01	1.982,09
3	Mesin Bubut	219,5	4,21	2.772,29
4	Mesin Bor Duduk	219,5	4,11	2.706,44
5	Mesn Las Elektroda	220,8	9,43	6.246,43
6	Mesin Las Argon	225,2	8,31	1.871,41
7	Mesin Gerinda (besar)	232,1	4,77	1.107,12
8	Mesin Geerinda (sedang)	228,4	2,76	630,384
9	Mesin Gerinda (kecil)	223,8	2,17	485,646
10	Mesin Bor Tangan	221,5	1	221,5
11	Rata-rata	281,19	----	----
12	Σ		41,01	18.841,34

Pengukuran peralatan listrik untuk fase proses produksi, berupa pengukurun arus dan tegangan untuk diperoleh jumlah daya listrik yang dibutuhkan. Tegangan tiga phase

peralatan listrik dengan perhitungan, tegangan dibagi akar tiga dikali arus, daya dari perhitungan tersebut dikali tiga. Rumus untuk perolehan daya pada peralatan listrik proses produksi dihitung dengan perhitungan satu phase, yaitu daya semu samadengan tegangan dikali arus ($S = V \times I$). Hasil pengukuran tegangan-arus dan perhitungan daya listrik fase produksi, seperti ditunjukkan Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 dapat dijelaskan dengan kurva pengukuran tegangan dan arus pada saat fase perakitan. Kurva pengukuran nilai tegangan dan arus pada fase proses produksi, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva pengukuran nilai tegangan dan arus pada fase proses produksi

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 4 dijelaskan lebih lanjut, bahwa hasil perhitungan dan pengukuran daya listrik proses perakitan, didapatkan rata-rata tegangan pada peralatan listrik proses peroduksi dengan nilai tegangan 281,19 volt, arus 41,01 ampere, dan daya 18.841,34 volt.ampere.

3.2. Persamaan Regresi Linear dan Uji Validasi Koefisien Korelasi

Subbab ini merupakan penjelasan terkait dengan sasaran penelitian kedua, yaitu perolehan persamaan regresi linear berdasarkan hasil linearisasi fungsi nonlinear dan uji validasi terhadap koefisien korelasi.

3.2.1. Persamaan regresi linear hasil dari linearisasi fungsi nonlinear

a) Fase perakitan

Tabel 4. Penetapan variabel untuk proses linearisasi fungsi nonlinear pada fase perakitan

x_i	Y_i	$z_i = \ln y_i$	$x_i z_i$	x_i^2
1	485,64	6,1855	6,1855	1
2	221,5	5,4004	10,8008	4
3	221,3	5,3995	16,1986	9
Σ	6	928,44	16,9854	33,1849

Nilai dari hasil perhitungan daya listrik proses perakitan untuk perolehan nilai regresi. Penetapan variabel untuk proses linearisasi fungsi nonlinear fase perakitan, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4 ditunjukkan, bahwa berdasarkan proses penghitungan diperoleh $\sum x_i = 6$; $\sum y_i = 928,44$; $\sum z_i = \ln y_i = 16,9854$; $\sum x_i \cdot z_i = 33,1849$; $\sum x_i^2 = 14$, dan nilai n sebesar 3.

Untuk proses perakitan, perhitungan untuk perolehan konstanta *intercep*, konstanta *slope*, dan garis regresi dilakukan dengan pentahapan-pentahapan dan digunakan persamaan-persamaan (2) sampai (6).

$$b = \frac{(3) \cdot (33,1849) - (6) \cdot (16,9854)}{3(14) - (6)^2} = \frac{99,5547 - 101,9124}{42 - 36}$$

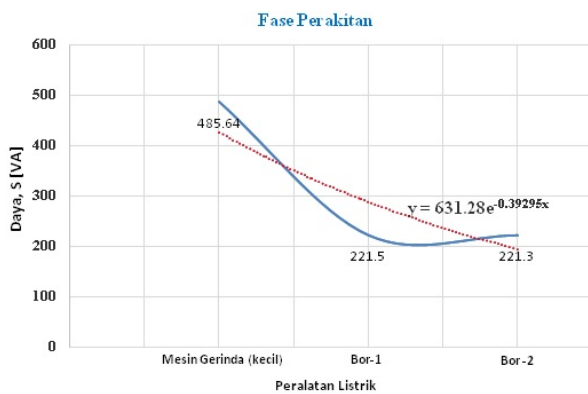
$$b = \frac{-2,3577}{6} = -0,39295$$

$$A = \frac{16,9854 - (-0,39295)(6)}{3} = 6,4477$$

$$a = e^{6,4477} = 631,28$$

Berdasarkan sejumlah konstanta tersebut, diperoleh fungsi $g(x) = 631,28 \cdot e^{0,39295 \cdot x}$, sehingga diperoleh persamaan regresi linear: $y = -0,39295 + 6,4477 \cdot x$

Perolehan nilai *intercep*, *slope*, dan garis regresi berdasarkan proses persamaan linearisasi fungsi non-linear. Kurva linearisasi fungsi non-linear pada fase perakitan, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva linearisasi fungsi nonlinear pada fase perakitan

Berdasarkan Gambar 5 ditunjukkan, bahwa eksponensial ditandai dengan garis warna biru dan linearisasi ditandai dengan garis warna merah putus-putus dengan nilai $y = 631,28 \cdot e^{-0,39295 \cdot x}$.

b) Fase proses produksi

Nilai daya dari hasil perhitungan daya listrik proses produksi untuk perolehan nilai regresi. Penetapan

sejumlah variabel untuk proses linearisasi fungsi nonlinear pada fase produksi, seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Penetapan sejumlah variabel untuk proses linearisasi fungsi nonlinear pada fase produksi

No.	x_i	y_i	$z_i = \ln y_i$	$x_i \cdot z_i$	x_i^2
1	1	819,578	6,7088	6,7088	1
2	2	1.982,09	7,5919	15,1838	4
3	3	2.772,29	7,9274	23,7823	9
4	4	2.706,44	7,9034	31,6136	16
5	5	6.246,43	8,7398	43,6988	25
6	6	1.871,41	7,5344	45,2067	36
7	7	1.107,12	7,0095	49,0666	49
8	8	630,384	6,4463	51,5706	64
9	9	485,646	6,1855	55,6693	81
10	10	221,5	5,4004	54,0042	100
\sum	55	18842,875	71,4474711	376,5047437	385

Berdasarkan Tabel 5 ditunjukkan, bahwa bahwa hasil perhitungan terhadap variabel x_i diperoleh nilai 55, variabel y_i diperoleh nilai 18842,875, variabel $z_i = \ln y_i$ diperoleh nilai 71,4474711, variabel $x_i \cdot z_i$ diperoleh nilai 376,5047437, variabel x_i^2 diperoleh nilai 385, dan nilai n diperoleh 10.

Untuk fase proses produksi, perhitungan untuk perolehan konstanta *intercep*, konstanta *slope*, dan garis regresi dilakukan dengan pentahapan-pentahapan dan digunakan persamaan-persamaan (2) sampai (6).

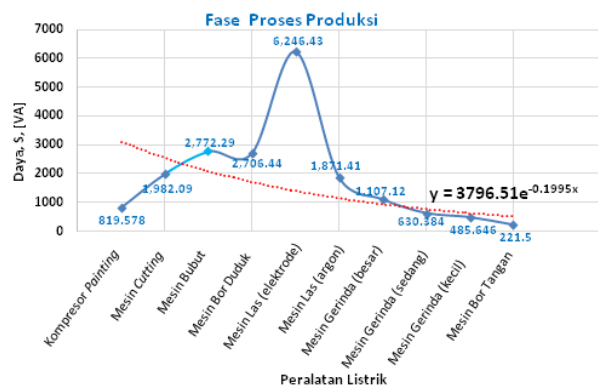
$$b = \frac{10(376,5047) - (55) \cdot (71,44747)}{10(385) - (55)^2} = \frac{3765,047 - 3778,567}{3850 - 3025}$$

$$b = \frac{-164,56385}{825}$$

$$b = -0,1995$$

$$A = \frac{71,44747 - (-0,1995)(55)}{10} = 8,24184$$

$$a = e^{8,24184} = 3796,51$$



Gambar 6. Kurva linearisasi fungsi nonlinier pada fase proses produksi

Berdasarkan sejumlah konstanta tersebut, diperoleh fungsi $g(x) = 3796,5 \cdot e^{-0,1995 \cdot x}$, sehingga diperoleh persamaan regresi linear, $y = -0,1995 + 8,24184 \cdot x$.

Perolehan nilai *intercep*, *slope*, dan garis regresi berdasarkan proses persamaan linearisasi fungsi nonlinear. Kurva linearisasi fungsi nonlinear fase proses produksi, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan, bahwa eksponensial ditandai dengan garis warna biru, dan linearisasi ditandai dengan garis warna merah putus-putus dengan nilai $y = 3796,51 \cdot e^{-0,1995x}$.

3.2.2. Penentuan dan uji validasi koefisien korelasi

Persamaan (7) digunakan untuk penentuan nilai koefisien korelasi yang berkaitan dengan garis regresi (y) dan keterikatan dengan variabel bebas (x), sehingga perlu dilakukan pembuatan sejumlah variabel untuk penentuan koefisien korelasi.

- a) Penentuan dan uji validasi terhadap koefisien korelasi pada fase perakitan

Sejumlah variabel untuk pembentukan nilai koefisien korelasi fase perakitan, seperti ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Sejumlah variabel untuk pembentukan nilai koefisien korelasi fase perakitan

No.	x	y	x ²	y ²	xy
1	1	485,64	1	235846,2	485,64
2	2	221,5	4	49062,25	443
3	3	221,3	9	48973,69	663,9
Σ	6	928,44	14	333882,1	1592,54

Berdasarkan Tabel 6 ditunjukkan, bahwa hasil perhitungan terhadap variabel x diperoleh nilai 6, y diperoleh nilai 928,44, variabel x^2 diperoleh nilai 14, variabel y^2 diperoleh nilai 333882,1, variabel xy diperoleh nilai 1592,54, dan nilai n diperoleh 3. Perhitungan untuk perolehan nilai r dilakukan dengan penggunaan persamaan (7).

$$r = \frac{3(1592,54) - (6)(928,44)}{\sqrt{[3 \cdot 14 - (6)^2] \cdot [333882,1 - (928,44)^2]}}$$

$$r = \frac{4777,62 - 5570,64}{\sqrt{[42 - 36] \cdot [1001646,3 - 862000,83]}}$$

$$r = \frac{-793,02}{\sqrt{[6] \cdot [139645,47]}}$$

$$r = \frac{-793,02}{\sqrt{837872,82}}$$

$$r = \frac{-793,02}{915,35}$$

$$r = -0,86635$$

Perolehan koefisien korelasi dengan nilai r sebesar -0,86635 telah sesuai dengan batas ketentuan, karena syarat yang wajib dipenuhi, yaitu -1 sampai 1 (-1 ≤ r ≤ 1). Selanjutnya tahapan pencocokan dengan kriteria

keterhubungan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan hal itu dapat disimpulkan, bahwa pada fase perakitan digunakan tiga macam peralatan listrik, sehingga diperoleh kriteria “hubungan kuat”.

- b) Penentuan dan uji validasi terhadap koefisien korelasi pada fase proses produksi

Sejumlah variabel untuk pembentukan nilai koefisien korelasi fase produksi, seperti ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Sejumlah variabel untuk pembentukan nilai koefisien korelasi fase produksi

No.	x	y	x ²	y ²	xy
1	1	819,578	1	671708,0981	819,578
2	2	1.982,09	4	3928660,9472	3964,17
3	3	2.772,29	9	7685564,1212	8316,855
4	4	2.706,44	16	7324790,4092	10825,74
5	5	6.246,43	25	39017912,73	31232,16
6	6	1.871,41	36	3502175,3881	11228,46
7	7	1.107,12	49	1225714,6944	7749,84
8	8	630,384	64	397383,9875	5043,072
9	9	485,646	81	235852,0373	4370,814
10	10	221,5	100	49062,2500	2215
Σ	55	18842,88	385	64038824,66	85765,689

Berdasarkan Tabel 7 ditunjukkan, bahwa perhitungan terhadap variabel x diperoleh nilai 55, variabel y diperoleh nilai 18842,88, variabel x^2 diperoleh nilai 385, variabel y^2 diperoleh nilai 64038824,66, variabel xy diperoleh nilai 85765,689, dan nilai n diperoleh sebesar 10. Perhitungan untuk perolehan nilai r dilakukan dengan penggunaan persamaan (7).

$$r = \frac{10(85765,689) - (55)(18842,88)}{\sqrt{[10 \cdot 385 - (55)^2] \cdot [64038824,66 - (18842,88)^2]}}$$

$$r = \frac{857656,89 - 1036358,4}{\sqrt{[3850 - 3025] \cdot [640388246,6 - 355054126,7]}}$$

$$r = \frac{-17701,51}{\sqrt{825 \cdot 285334119,9}}$$

$$r = \frac{-17701,51}{\sqrt{2,354006 \times 10^{11}}}$$

$$r = \frac{-17701,51}{485181,0476}$$

$$r = -0,36831$$

Perolehan koefisien korelasi dengan nilai r sebesar -0,36831 telah sesuai dengan batas ketentuan, karena syarat yang wajib dipenuhi pada kisaran -1 sampai 1 (-1 ≤ r ≤ 1). Selanjutnya tahapan pencocokan dengan kriteria keterhubungan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan hal itu dapat disimpulkan, bahwa pada fase proses produksi digunakan sepuluh macam peralatan listrik, sehingga diperoleh kriteria “hubungan lemah”.

4. Kesimpulan

Berpedoman kepada hasil dan pembahasan yang disesuaikan dengan sasaran penelitian, maka dapat disimpulkan, bahwa kebutuhan daya listrik untuk pemroduksian sebuah generator oksigen dapat terhitung

selama fase perakitan dan produksi. Perolehan nilai tegangan dan arus bervariasi, sehingga daya listrik terkonsumsi dihitung dengan penggunaan kaidah umum, yaitu hukum Ohm. Perolehan garis linearisasi fungsi nonlinear pada fase perakitan sebesar $y = 631,28 \cdot e^{-0,39x}$ dan perolehan garis linearisasi fungsi nonlinear fase proses produksi sebesar $y = 1825,3 \cdot e^{-0,116x}$. Penentuan koefisien korelasi fase perakitan diperoleh nilai r sebesar -0,86635 dan dinyatakan dengan kriteria “hubungan kuat”, karena pada fase perakitan digunakan tiga macam peralatan listrik, sedangkan saat fase proses produksi diperoleh nilai r sebesar -0,36831 dan dinyatakan dengan kriteria “hubungan lemah”, karena pada fase proses produksi digunakan sepuluh macam peralatan listrik. Untuk pelengkap terhadap kesimpulan, maka disampaikan saran untuk penelitian lanjutan, yaitu dapat ditambahkan dan dilakukan analisis dengan persamaan regresi kuadrat.

Referensi

- [1]. Yusuf LA, Popoola K, and Musa H. A review of energy consumption and minimisation strategies of machine tools in manufacturing process. *International Journal of Sustainable Engineering*. 2021; 14(6), pp. 1826-1842, <https://dx.doi.org/10.1080/19397038.2021.1964633>
- [2]. Walther J., and Weigold M. A Systematic Review on Predicting and Forecasting the Electrical Energy Consumption in the Manufacturing Industry. *Energies*. 2021; 14(4), 968, <https://dx.doi.org/10.3390/en14040968>
- [3]. Dimas Rizky Hermanto DR, Burhanuddin Y, Harun S, dan Ibrahim GA. Analisis Konsumsi Energi Listrik Universal Milling Machine pada Berbagai Keadaan Operasi dan Parameter Pemesinan. *Jurnal Mechanical*. 2018; 9(1): 28-32, <https://journal.eng.unila.ac.id/index.php/mech/article/download/990/pdf>
- [4]. Gutowski TG, Dahmus JB, and Thiriez A. Electrical Energy Requirements for Manufacturing Processes. *Proceedings of the 13th CIRP Conference on Life Cycle Engineering*. Leuven. 2006: 623-627.
- [5]. Ratner B. The correlation coefficient: Its values range between +1/-1, or do they? *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing*. 2009; 17(2): 139-142, <https://dx.doi.org/10.1057/jt.2009.5>
- [6]. Haug UA, and Irvine DH. The Use of Correlation Coefficients in Test Validation. *Higher Education*. 1987; 16(1): 33-36, <https://www.jstor.org/stable/3446943>
- [7]. Banaszkievicz T, Chorowski M, and Gizicki W. Comparative analysis of oxygen production for oxy-combustion application. *Energy Procedia*. 2014; 51: 127-134.
- [8]. Allam RJ. Improved oxygen production technologies. *Energy Procedia*. 2009;1(1), 461-470, <https://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2009.01.062>
- [9]. Saidur R, Mekhilef S, Ali MB, Safari A, and Mohammed HA. Applications of variable speed drive (VSD) in electrical motors energy savings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2012; 16: 543-550, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.020>
- [10]. Dankers FJWM, Traverso A, Wee L, and van Kuijk SMJ. Prediction Modeling Methodology. *Fundamentals of Clinical Data Science*. 2018; 101-120, https://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-99713-1_8
- [11]. Rudnitckaia J, and Hruška T. Time Series Analysis and Prediction Statistical Models for the Duration of the Ship Handling at an Oil Terminal. *Reliability and Statistics in Transportation and Communication*. 2018; 127-136, https://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-74454-4_12
- [12]. Kotu V, and Deshpande B. Time Series Forecasting. *Data Science*. 2019; 395-445, <https://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-814761-0.00012-5>
- [13]. Sarker IH. AI-Based Modeling: Techniques, Applications and Research Issues Towards Automation, Intelligent and Smart Systems. *SN COMPUT. SCI*. 2022; 3: 158, <https://dx.doi.org/10.1007/s42979-022-01043-x>
- [14]. Septyawan R. Analisa Peramalan Kebutuhan Energi Listrik PLN Area Batam Menggunakan Regresi Linear. *Tesis*. Yogyakarta, Universitas Islam Indonesia. 2018.
- [15]. Pramudhita AN, dan Mawangi PAN. Smart Grid Untuk Efisiensi Konsumsi Listrik pada Proses Produksi di Industri Manufaktur. *Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*. 2021; 13(1): 7-12, <http://ejournal.uin-malang.ac.id/index.php/saintek/article/view/11566>
- [16]. Kementerian Perindustrian. Penyediaan Energi Listrik Dukung Pertumbuhan Industri. 2020. Tersedia: <https://www.kemenperin.go.id/artikel/22105/Penyediaan-Energi-Listrik-Dukung-Pertumbuhan-Industri>
- [17]. Mulyani D., dan Mulyono D. Pengaruh Efisiensi Energi Listrik pada Sektor Industri dan Komersial terhadap Permintaan Listrik di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*. 2018; 11(1): 1-17, <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jekt/article/download/33095/23989/>
- [18]. Hao X, Wang Z, Shan Z, and Zhao Y. Prediction of electricity consumption in cement production: a time-varying delay deep belief network prediction method. *Neural Comput & Applic*. 2019; 31: 7165-7179, <https://dx.doi.org/10.1007/s00521-018-3540-z>
- [19]. Wulandari, T. (2021, Juli). Detik.com. Apakah Oksigen Medis Bisa Diproduksi Sendiri? Ini Kata Dosen Kimia Unair, <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-5633065/apakah-oksigen-medis-bisa-diproduksi-sendiri>
- [20]. Suyitno, dan Yudha FAK. Studi Awal Perancangan Tempat Tidur Pasien Berbahan Aluminium dengan Metode Elemen Hingga. *Journal of Mechanical Design and Testing*, 2019; 1(1): 73-80, <https://dx.doi.org/10.22146/jmtd.v1i1.46745>
- [21]. Pemerintah Kabupaten Pacitan. Kini RSUD. Dr. Darsono Miliki Instalasi Oksigen Generator. 2021, <https://pacitankab.go.id/kini-rsud-dr-darsono-miliki-instalasi-oksigen-generator/>
- [22]. Novrianti K, Yona S, dan Maria R. Posisi Farmasi Terhadap Oksigenasi Pasien Covid-19 dengan Terapi Oksigen Non-Invasif. *Jurnal Keperawatan Silampari*. 2021; 5(1): 324-337, <https://journal.ipm2kpe.or.id/index.php/JKS/article/view/2953>
- [23]. Admin. (2007). PT Poly Jaya Medikal, <https://www.polymedikal.com/>

- [24]. Lidwina A. Kelangkaan Oksigen Medis di Tengah Ledakan Kasus Covid-19. 2021, <https://katadata.co.id/ariayudhistira/infografik/60e65d79eb147/kelangkaan-oksigen-medis-di-tengah-ledakan-kasus-covid-19>
- [25]. Admin. Kementerian Badan Usaha Milik Negara. Penuhi Kebutuhan Oksigen, RNI Memproduksi Alkes Oksigen Mandiri. 2021, <https://bumn.go.id/post/penuhi-kebutuhan-oksigen-rni-memproduksi-alkes-oksigen-mandiri>
- [26]. Yuliara IM. Modul Regresi Linier Sederhana. 2016; 1-10, https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_pondidikan_1_dir/3218126438990fa0771ddb555f70be42.pdf
- [27]. Willems JL, Ghijselen JA, and Emanuel AE. The Apparent Power Concept and the IEEE Standard 1459-2000. *IEEE Transactions on Power Delivery*. 2005; 20(2): 876-884, <https://dx.doi.org/10.1109/tpwr.2005.844267>
- [28]. IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions. 2010; <https://dx.doi.org/10.1109/ieeestd.2010.5439063>
- [29]. Turgal E, Doganay B. *Include or Exclude a Constant Term in Regression Analysis*. The 3rd International Researchers, Statisticians and Young Statisticians Congress (IRSYSC 2017) Selçuk University. Konya (Turkey). 2017; 3: 2333-245.
- [30]. Siegel AF, Wagner MR. Correlation and Regression: Measuring and Predicting Relationships. *Practical Business Statistics*, 8th ed. Cambridge, MA: Academic Press. 2022: 313-370, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820025-4.00011-7>
- [31]. Mohr DL, Wilson WJ, and Freund RJ. Linear Regression. *Statistical Methods*, 4th ed. Cambridge, MA: Academic Press, 2022; 301-349, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823043-5.00007-2>
- [32]. Loftus SC. Statistics: the world beyond this book. *Basic Statistics with R: Reading Decision with Data*. Cambridge, MA: Academic Press, 2022; 249-254, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820788-8.00033-X>
- [33]. Goeritno A, Nurmansyah D, and Maswan. Safety instrumented systems to investigate the system of instrumentation and process control on the steam purification system. *International Journal of Safety and Security Engineering*. 2020; 10(5): 609-616., <https://doi.org/10.18280/ijss.100504>
- [34]. Goeritno A, Nugraha I, Rasiman S, and Johan A. Injection Current into the Power Transformer as an Internal Fault Phenomena for Measuring the Differential Relay Performance. *Instrumentation Measure Métrologie*. 2020; 19(6): 443-451, <https://dx.doi.org/10.18280/im.190605>
- [35]. Goeritno A, Setyawibawa I, and Suhartono D. Designing a microcontroller-based half duplex interface device drove by the touch-tone signal. *J. INFOTEL*. 2021; 13(4): 205-215, <https://dx.doi.org/10.20895/infotel.v13i4.712>
- [36]. Goeritno A, and Setyawibawa I. An Electronic Device Reviewed by Diagnosing on the Module Embodiment. *International Journal of Electronics and Communications System*. 2021; 1(2): 41-55, <http://ejournal.radenintan.ac.id/index.php/IJECS/article/view/10383/pdf>
- [37]. Prayudyanto MN, Goeritno A, Al Ikhsan SH, and Taqwa FML. Designing a model of the early warning system on the road curvature to prevent the traffic accidents. *International Journal of Safety and Security Engineering*. 2022; 12(3): 291-298, <https://dx.doi.org/10.18280/ijss.12030>