

## Analisis peramalan kebutuhan energi listrik sektor industri di Jawa Timur dengan metode regresi linear

Rohmanita Duanaputri<sup>1</sup>, Sulistyowati<sup>2</sup>, Putra Aulia Insani<sup>3</sup>

e-mail: [rohmanitar@polinema.ac.id](mailto:rohmanitar@polinema.ac.id), [sulistyowati@polinema.ac.id](mailto:sulistyowati@polinema.ac.id), [auliaputrainsani@gmail.com](mailto:auliaputrainsani@gmail.com)

<sup>1-3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

### Informasi Artikel

#### Riwayat Artikel

Diterima 2 September 2022

Direvisi 12 Oktober 2022

Diterbitkan 28 Oktober 2022

#### Kata kunci:

Jawa Timur  
Kebutuhan Energi Listrik  
MAPE  
Metode Regresi Linear  
Peramalan

### ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik selalu mengalami peningkatan, diikuti meningkatnya pertumbuhan penduduk. Permasalahan akan muncul apabila kebutuhan energi listrik tidak diperkirakan. Maka perlu dilakukan peramalan kebutuhan energi listrik untuk memprediksikan ketersediaan energi listrik di masa mendatang. Pada penelitian ini, dilakukan peramalan kebutuhan energi listrik menggunakan metode regresi linier pada sektor industri di Jawa Timur untuk tahun 2023-2027. Berdasarkan hasil perhitungan prediksi dan MAPE (2009-2021), didapatkan metode regresi linier masih baik dan layak digunakan menurut standar MAPE. Kemudian dibandingkan hasil prediksi dan MAPE (2010-2020) antara metode regresi linear dengan metode *time series* pada penelitian sebelumnya, didapatkan metode *time series* menghasilkan prediksi dan MAPE lebih baik dibanding metode regresi linier pada pelanggan listrik, sedangkan pada daya tersambung, energi listrik terjual, dan pendapatan penjualan energi listrik didapatkan metode regresi linier menghasilkan prediksi dan MAPE lebih baik dibanding metode *time series*, sehingga peramalan pada sektor industri di Jawa Timur (2023-2027) hanya menggunakan metode regresi linier. Dari peramalan ini dihasilkan akan terjadi kenaikan setiap tahun untuk pelanggan listrik sebesar 5.264 pelanggan, daya tersambung sebesar 328,49 MVA, energi listrik terjual sebesar 580,64 GWh, dan pendapatan penjualan energi listrik sebesar 1.065.266,21 Juta Rupiah.

### ABSTRACT

*The need for electrical energy is always increasing, followed by increasing population growth. Problems will arise if the need for electrical energy is not estimated. So it is necessary to forecast the demand for electrical energy to predict the availability of electrical energy in the future. In this study, forecasting of electrical energy demand using linear regression method in the industrial sector in East Java for the years 2023-2027 is carried out. Based on the results of prediction calculations and MAPE (2009-2021), the linear regression method is still good and feasible to use according to MAPE standards. Then compared the results of predictions and MAPE (2010-2020) between the linear regression method with the time series method in previous studies, it was found that the time series method produced better predictions and MAPE than the linear regression method for electricity customers, while on connected power, electrical energy was sold, and income from sales of electrical energy, the linear regression method produces better predictions and MAPE than the time series method, so forecasting in the industrial sector in East Java (2023-2027) only uses the linear regression method. From this forecast, there will be an increase every year with an average of 5,264 electricity customers, 328.49 MVA connected power, 580.64 GWh of electrical energy sold, and 1,065,266.21 million Rupiah sales of electrical energy.*

#### Keywords:

East Java  
Electrical Energy Needs  
Forecasting  
Linear Regression Methods  
MAPE

#### Penulis Korespondensi:

Rohmanita Duanaputri,  
Jurusan Teknik Elektro,  
Politeknik Negeri Malang,  
Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia.  
Email: [rohmanitar@politeknik.ac.id](mailto:rohmanitar@politeknik.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu kebutuhan mendasar dan sumber daya penting dalam menopang kehidupan yang digunakan orang setiap hari. Permintaan listrik di dunia diantisipasi untuk tumbuh karena ketergantungan pada listrik manusia untuk melakukan tugas yang berbeda. Untuk mempersiapkan pertumbuhan permintaan listrik, diperlukan jaringan listrik [1]-[3].

Jaringan listrik terus berkembang. Saat teknologi yang lebih baru diperkenalkan, perilaku jaringan dan konsumen berubah. Untuk menengahi antara dinamika yang terus berubah dari konsumen jaringan dan listrik, perusahaan listrik melakukan prakiraan beban. Prakiraan ini ditujukan, tetapi tidak terbatas pada, manajemen sisi permintaan, komitmen unit, pergeseran permintaan puncak, dan penjadwalan beban [4]-[6].

Fakta bahwa ada banyak variabel yang berkontribusi terhadap beban listrik membuat prediksi beban listrik yang akurat menjadi proses yang sulit. Variabel-variabel ini melibatkan “ketidakpastian” dan tidak memiliki hubungan langsung dengan beban akhir. Selain itu, beban dicirikan sebagai proses nonlinier dan tidak stasioner yang dapat mengalami perubahan cepat karena variasi cuaca, musim, dan makroekonomi. Jadi linearisasi beban berkontribusi membuat banyak model prediksi klasik tidak sesuai [7]-[9].

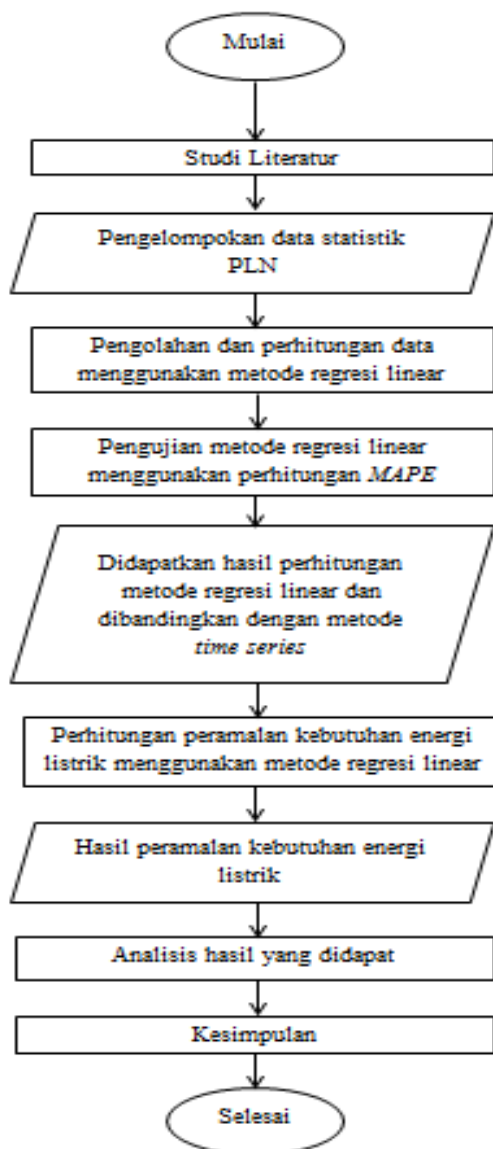
Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu provinsi cukup besar yang ada di Jawa-Bali, dengan jumlah penduduk dan aktivitas perokonomian yang meningkat setiap tahunnya akan mempengaruhi kebutuhan energi listrik sehingga cocok digunakan sebagai objek penelitian dengan tema peramalan kebutuhan energi listrik. Ada berbagai metode yang dapat digunakan untuk peramalan kebutuhan energi listrik, seperti Metode *Regresi Linier* dan Metode *Time Series*. Metode *time series* adalah metode peramalan yang menggunakan analisis data untuk memprediksikan atau meramalkan pada masa mendatang. Pada peramalan *time series* terdapat empat model data, yaitu model horizontal, model tren, model musiman, dan model siklus. Pada metode *time series* terdapat beberapa metode peramalan, antara lain tren *linear*, tren *quadratic*, tren *exponential*, dan tren *s-curve* [10]. Metode *Regresi linear* merupakan suatu metode yang digunakan untuk mendeteksi ada atau tidaknya hubungan sebab akibat antara variabel penyebab (X) terhadap variabel akibat (Y). Metode *regresi linear* dapat mengidentifikasi pengaruh dari variabel penyebab terhadap variabel akibat, sehingga sangat cocok digunakan untuk memprediksi nilai atau peramalan di masa yang akan datang [11].

Hal tersebut yang kemudian perlu dilakukan peramalan kebutuhan energi listrik khususnya sektor industri dengan menggunakan metode regresi linear untuk tahun 2023- 2027. Sebelum itu, membandingkan hasil prediksi dan nilai *MAPE* antara metode *time series* di penelitian sebelumnya dengan metode regresi linear pada sektor industri di Jawa Timur untuk tahun 2010-2020. Menurut penelitian sebelumnya, penelitian sekarang menggunakan data yang sama yaitu data aktual bagian pelanggan listrik, daya tersambung, energi listrik terjual, dan pendapatan penjualan energi listrik. Kemudian perbedaannya dengan penelitian sekarang yaitu penggunaan metode peramalan, meramalkan pendapatan penjualan energi listrik, hasil perhitungan peramalan, dan nilai *MAPE* yang selanjutnya akan dibandingkan.

Berdasarkan data statistik yang sudah diringkas oleh perusahaan PT. PLN (Persero) yaitu data yang tersedia dari tahun 2009 s/d 2021 yang digunakan untuk meramalkan kebutuhan energi listrik jangka panjang hingga tahun 2027. Pemilihan peramalan jangka panjang berdasarkan data yang tersedia berupa data tahunan. Peramalan kebutuhan energi listrik pada sektor industri ini sudah mencakup keseluruhan jenis industri, mulai industri skala kecil hingga skala besar dengan data yang sudah direkap menjadi satu sektor industri.

## 2. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini pengumpulan data didapatkan dari data statistik perusahaan PT. PLN (Persero) yang kemudian diringkas oleh penulis. Data yang sudah dikelompokkan mencakup data pelanggan listrik, daya tersambung, energi listrik terjual, dan pendapatan penjualan energi listrik pada sektor industri di Jawa Timur tahun 2009-2021. Penulis mengolah data-data serta melakukan perhitungan menggunakan metode regresi linear untuk memperkirakan nilai konstanta setiap variabel yang dicari yaitu jumlah pelanggan listrik, daya tersambung, energi listrik terjual, dan pendapatan penjualan energi listrik. Kemudian dilakukan pengujian terhadap hasil perhitungan metode regresi linear untuk mengetahui tingkat kesalahan atau *percentage error* menggunakan perhitungan *MAPE (Mean Absolute Percentage Error)*. Selanjutnya dilakukan perbandingan hasil perhitungan metode regresi linear dengan metode *time series* pada penelitian sebelumnya untuk mengetahui nilai *error* yang lebih baik diantara kedua metode tersebut. Setelah itu, dilakukan perhitungan peramalan kebutuhan energi listrik menggunakan metode regresi linear untuk meramalkan jumlah pelanggan listrik, daya tersambung, energi listrik terjual, dan pendapatan penjualan energi listrik pada sektor industri di Jawa Timur untuk tahun 2023 hingga 2027. Didapatkan hasil peramalan kebutuhan energi listrik serta dianalisis dan disimpulkan yang kemudian dilakukan penyusunan penelitian dengan melihat referensi dan hasil penelitian sebelumnya.



Gambar 1. Flow Chart Pengerjaan

## 2.1 Metode Regresi Linear

Merupakan metode peramalan yang digunakan untuk mendeteksi ada atau tidaknya hubungan sebab akibat antara variabel penyebab ( $X$ ) terhadap variabel akibat ( $Y$ ) untuk memproyeksikan kejadian di masa depan. Metode ini digunakan untuk melakukan peramalan atau prediksi tentang karakteristik kualitas maupun kuantitas. Pada umumnya variabel penyebab disebut *predictor* sedangkan variabel akibat disebut *response* [12].

Adapun persamaannya ditunjukkan sebagai berikut:

$$Y = a + bX \quad (1)$$

Keterangan :

$Y$  = Variabel akibat

$X$  = Variabel penyebab

$a$  = Nilai konstanta regresi

$b$  = Nilai koefisien regresi

$n$  = Banyak periode waktu (tahun)

Nilai-nilai  $a$  dan  $b$  dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$a = \frac{(\sum Y) (\sum X^2) - (\sum X) (\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \tag{2}$$

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \tag{3}$$

**2.2 Ketepatan Metode Peramalan**

Ketepatan peramalan dalam menganalisis data sangat diperlukan untuk mengukur kesesuaian metode peramalan yang digunakan. Setiap peramalan tidak selalu mendapatkan nilai yang akurat sesuai nilai aktualnya. Oleh karena itu, menghitung ketepatan metode yang digunakan merupakan hal yang sangat penting. Pada penelitian ini menggunakan *MAPE (Mean Absolute Percentage Error)* untuk menghitung nilai tingkat kesalahan metode peramalan dari perbandingan data peramalan yang telah dilakukan terhadap data aktual sebagai acuan. Adapun rumus persamaannya sebagai berikut:

$$MAPE = \sum \left| \frac{(Actual - Forecast)}{Actual} \right| \times \frac{100\%}{N} \tag{4}$$

$$PE = \left| \frac{(Actual - Forecast)}{Actual} \right| \times 100\% \tag{5}$$

Keterangan :

*Actual* = Data aktual dari sumber penelitian

*Forecast* = Data ramalan dari hasil peramalan

*N* = Banyaknya waktu periode (tahun)

Metode peramalan bisa dikatakan akurat jika nilai persentase kesalahan pada perhitungan *MAPE* mendekati nol. Terdapat batasan nilai yang menunjukkan layak atau tidaknya nilai *MAPE* [13].

Tabel 1. Standar Nilai Perhitungan *MAPE*

Nilai <i>MAPE</i>	Keterangan
0-10%	Kemampuan metode peramalan sangat baik
10-20%	Kemampuan metode peramalan baik
20-50%	Kemampuan metode peramalan layak digunakan
>50%	Kemampuan metode peramalan tidak layak digunakan

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data sekunder yang berasal dari data statistik perusahaan PT. PLN (Persero) dari tahun 2009 hingga 2021 pada sektor industri di Jawa Timur. Adapun data yang digunakan mencakup data pelanggan listrik, daya tersambung, energi listrik terjual, dan pendapatan penjualan energi listrik [14]-[26].

**3.1. Perhitungan Prediksi dan *MAPE* Metode Regresi Linear (2009-2021)**

Perhitungan prediksi menggunakan metode regresi linear pada pelanggan listrik, daya tersambung, energi listrik terjual, dan pendapatan penjualan energi listrik pada sektor industri di Jawa Timur (2009-2021). Serta perhitungan nilai *error* menggunakan *MAPE (Mean Absolute Percentage Error)* untuk mengetahui tingkat kesalahan metode peramalan. Pertama menghitung persamaan (2) dan (3) untuk menentukan nilai konstanta (a) dan koefisien regresi (b). Setelah itu, menghitung persamaan (1) untuk mencari persamaan regresi linearnya. Kemudian menghitung persamaan (4) dan (5) untuk menghitung nilai *MAPE*.

Mengambil salah satu data tahun 2009 sebagai contoh perhitungan pelanggan listrik sebagai berikut:

Tabel 1. Perhitungan Konstanta (a) dan Koefisien Regresi (b) pada Pelanggan Listrik

Tahun	Periode Tahun (X)	Pelanggan Listrik (Y)	X <sup>2</sup>	X.Y
2009	1	11.114	1	11.114
2010	2	11.333	4	22.666
2011	3	11.658	9	34.974
2012	4	12.287	16	49.148
2013	5	12.926	25	64.630
2014	6	13.625	36	81.750
2015	7	16.272	49	113.904
2016	8	19.896	64	159.168
2017	9	23.726	81	213.534
2018	10	31.593	100	315.930
2019	11	45.766	121	503.426
2020	12	68.022	144	816.264
2021	13	86.510	169	1.124.630

<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>364.728</b>	<b>819</b>	<b>3.511.138</b>
--------------	-----------	----------------	------------	------------------

Berdasarkan persamaan (2) dan (3), untuk menghitung nilai konstanta (a) dan koefisien regresi (b)

Nilai konstanta (a):

$$a = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2}$$

$$a = \frac{(364.728)(819) - (91)(3.511.138)}{13(819) - (91)^2}$$

$$a = \frac{-20.801.326}{2.366}$$

$$a = -8.791,77$$

Nilai koefisien regresi (b):

$$b = \frac{n(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2}$$

$$b = \frac{13(3.511.138) - (91)(364.728)}{13(819) - (91)^2}$$

$$b = \frac{12.454.546}{2.366}$$

$$b = 5.263,97$$

Selanjutnya berdasarkan persamaan (1), maka persamaan regresi linearnya sebagai berikut:

$$Y = a + bX$$

$$Y = -8.791,77 + 5.263,97X$$

Persamaan di atas, untuk menghitung nilai prediksi pelanggan listrik sebagai berikut:

$$Y_{2009} = -8.791,77 + 5.263,97(1) = -3.528$$

Selanjutnya persamaan (5) untuk menghitung nilai *error* sebagai berikut:

$$PE_{2009} = \left| \frac{Actual - Forecast}{Actual} \right| \times 100\%$$

$$PE_{2009} = \left| \frac{(11.114 - (-3.528))}{11.114} \right| \times 100\%$$

$$= 131,74\%$$

Tabel 2. Hasil Prediksi dan *MAPE* Pelanggan Listrik

Tahun	Pelanggan Listrik (Pelanggan)		Error (%)
	Nilai Aktual	Nilai Prediksi	
2009	11.114	-3.528	131,74
2010	11.333	1.736	84,68
2011	11.658	7.000	39,95
2012	12.287	12.264	-0,19
2013	12.926	17.528	35,60
2014	13.625	22.792	67,28
2015	16.272	28.056	72,42
2016	19.896	33.320	67,47
2017	23.726	38.584	62,62
2018	31.593	43.848	38,79
2019	45.766	49.112	-7,31
2020	68.022	54.376	20,06
2021	86.510	59.640	31,06
<b>MAPE</b>			<b>49,55</b>

Mengambil salah satu data tahun 2009 sebagai contoh perhitungan daya tersambung sebagai berikut:

Tabel 3. Perhitungan Konstanta (a) dan Koefisien Regresi (b) pada Daya Tersambung

Tahun	Periode Tahun (X)	Daya Tersambung [MVA] (Y)	X <sup>2</sup>	X.Y
2009	1	3.011,20	1	3.011,20
2010	2	3.318,73	4	6.637,46
2011	3	3.716,45	9	11.149,35
2012	4	4.264,20	16	17.056,80
2013	5	4.419,37	25	22.096,85
2014	6	5.053,34	36	30.320,04
2015	7	5.351,71	49	37.461,97
2016	8	5.639,88	64	45.119,04
2017	9	5.782,92	81	52.046,28
2018	10	6.073,68	100	60.736,80
2019	11	6.424,56	121	70.670,16
2020	12	6.674,78	144	80.097,36
2021	13	6.916,25	169	89.911,25
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>66.647,07</b>	<b>819</b>	<b>526.314,56</b>

Berdasarkan persamaan (2) dan (3), untuk menghitung nilai konstanta (a) dan koefisien regresi (b):

$$\text{Nilai konstanta (a): } a = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2}$$

$$\text{Nilai koefisien regresi (b): } b = \frac{n(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2}$$

$$a = \frac{(66.647,07)(819)-(91)(526.314,56)}{13(819)-(91)^2}$$

$$a = \frac{6.689.325,37}{2.366}$$

$$a = 2.827,27$$

$$b = \frac{13(526.314,56)-(91)(66.647,07)}{13(819)-(91)^2}$$

$$b = \frac{777.205,91}{2.366}$$

$$b = 328,49$$

Selanjutnya berdasarkan persamaan (1), maka persamaan regresi linearnya sebagai berikut:

$$Y = a + bX$$

$$Y = 2.827,27 + 328,49X$$

Persamaan di atas, untuk menghitung nilai prediksi daya tersambung sebagai berikut:

$$Y_{2009} = 2.827,27 + 328,49(1) = 3.155,76$$

Selanjutnya persamaan (5) untuk menghitung nilai *error* sebagai berikut:

$$PE_{2009} = \left| \frac{(Actual - Forecast)}{Actual} \right| \times 100\%$$

$$PE_{2009} = \left| \frac{(3.011,2 - 3.155,76)}{3.011,2} \right| \times 100\%$$

$$= 4,80\%$$

Tabel 4. Hasil Prediksi dan *MAPE* Daya Tersambung

Tahun	Daya Tersambung (MVA)		Error (%)
	Nilai Aktual	Nilai Prediksi	
2009	3.011,20	3.155,76	4,80
2010	3.318,73	3.484,25	4,99
2011	3.716,45	3.812,74	2,59
2012	4.264,20	4.141,23	2,88
2013	4.419,37	4.469,72	1,14
2014	5.053,34	4.798,21	5,05
2015	5.351,71	5.126,70	4,20
2016	5.639,88	5.455,19	3,27
2017	5.782,92	5.783,68	0,01
2018	6.073,68	6.112,17	0,63
2019	6.424,56	6.440,66	0,25
2020	6.674,78	6.769,14	1,41
2021	6.916,25	7.097,63	2,62
<b>MAPE</b>			<b>2,60</b>

Mengambil salah satu data tahun 2009 sebagai contoh perhitungan energi listrik terjual sebagai berikut:

Tabel 5. Perhitungan Konstanta (a) dan Koefisien Regresi (b) pada Energi Listrik Terjual

Tahun	Periode Tahun (X)	Energi Listrik Terjual [GWh] (Y)	X <sup>2</sup>	X.Y
2009	1	8.970,26	1	8.970,26
2010	2	9.838,65	4	19.677,30
2011	3	10.609,40	9	31.828,20
2012	4	12.295,75	16	49.183,00
2013	5	12.737,55	25	63.687,75
2014	6	13.227,12	36	79.362,72
2015	7	13.080,88	49	91.566,16
2016	8	13.838,62	64	110.708,96
2017	9	14.695,72	81	132.261,48
2018	10	15.494,65	100	154.946,50
2019	11	15.695,49	121	172.650,39
2020	12	15.081,36	144	180.976,32
2021	13	16.469,27	169	214.100,51
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>172.034,72</b>	<b>819</b>	<b>1.309.919,55</b>

Berdasarkan persamaan (2) dan (3), untuk menghitung nilai konstanta (a) dan koefisien regresi (b):

Nilai konstanta (a):

$$a = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2}$$

$$a = \frac{(172.034,72)(819)-(91)(1.309.919,55)}{13(819)-(91)^2}$$

$$a = \frac{21.693.756,63}{2.366}$$

$$a = 9.168,96$$

Nilai koefisien regresi (b):

$$b = \frac{n(\Sigma XY) - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{n(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2}$$

$$b = \frac{13(1.309.919,55) - (91)(172.034,72)}{13(819)-(91)^2}$$

$$b = \frac{1.373.794,63}{2.366}$$

$$b = 580,64$$

Selanjutnya berdasarkan persamaan (1), maka persamaan regresi linearnya sebagai berikut:

$$Y = a + bX$$

$$Y = 9.168,96 + 580,64X$$

Persamaan di atas, untuk menghitung nilai prediksi energi listrik terjual sebagai berikut:

$$Y_{2009} = 9.168,96 + 580,64(1) = 9.749,60$$

Selanjutnya persamaan (5) untuk menghitung nilai *error* sebagai berikut:

$$PE_{2009} = \left| \frac{(Actual - Forecast)}{Actual} \right| \times 100\%$$

$$PE_{2009} = \left| \frac{(8.970,26 - 9.749,6)}{8.970,26} \right| \times 100\%$$

$$= 8,69\%$$

Tabel 6. Hasil Prediksi dan *MAPE* Energi Listrik Terjual

Tahun	Energi Listrik Terjual (GWh)		Error (%)
	Nilai Aktual	Nilai Prediksi	
2009	8.970,26	9.749,60	8,69
2010	9.838,65	10.330,24	5,00
2011	10.609,40	10.910,88	2,84
2012	12.295,75	11.491,52	6,54
2013	12.737,55	12.072,16	5,22
2014	13.227,12	12.652,80	4,34
2015	13.080,88	13.233,44	1,17
2016	13.838,62	13.814,08	0,18
2017	14.695,72	14.394,72	2,05
2018	15.494,65	14.975,36	3,35
2019	15.695,49	15.556,00	0,89
2020	15.081,36	16.136,64	7,00
2021	16.469,27	16.717,28	1,51
<b>MAPE</b>			<b>3,75</b>

Mengambil salah satu data tahun 2009 sebagai contoh perhitungan pendapatan penjualan energi listrik sebagai berikut:

Tabel 7. Perhitungan Konstanta (a) dan Koefisien Regresi (b) pada Pendapatan Penjualan Energi Listrik

Tahun	Periode Tahun (X)	Pendapatan Penjualan Energi Listrik [Juta Rupiah] (Y)	X <sup>2</sup>	X.Y
2009	1	5.834.117,27	1	5.834.117,27
2010	2	6.677.638,18	4	13.355.276,36
2011	3	7.519.031,56	9	22.557.094,68
2012	4	8.753.682,20	16	35.014.728,80
2013	5	10.878.410,84	25	54.392.054,20
2014	6	12.848.889,54	36	77.093.337,24
2015	7	14.915.418,68	49	104.407.930,76
2016	8	14.570.818,46	64	116.566.547,68
2017	9	15.836.973,99	81	142.532.765,91
2018	10	16.697.068,47	100	166.970.684,70
2019	11	17.093.426,98	121	188.027.696,78
2020	12	16.308.076,77	144	195.696.921,24
2021	13	17.827.360,81	169	231.755.690,53
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>165.760.913,75</b>	<b>819</b>	<b>1.354.204.846,15</b>

Berdasarkan persamaan (2) dan (3), untuk menghitung nilai konstanta (a) dan koefisien regresi (b):

Nilai konstanta (a):

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$a = \frac{(165.760.913,75)(819) - (91)(1.354.204.846,15)}{13(819) - (91)^2}$$

$$a = \frac{12.525.547.361,60}{2.366}$$

$$a = 5.293.976,06$$

Nilai koefisien regresi (b):

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{13(1.354.204.846,15) - (91)(165.760.913,75)}{13(819) - (91)^2}$$

$$b = \frac{2.520.419.848,70}{2.366}$$

$$b = 1.065.266,21$$

Selanjutnya berdasarkan persamaan (1), maka persamaan regresi linearnya sebagai berikut:

$$Y = a + bX$$

$$Y = 5.293.976,06 + 1.065.266,21X$$

Persamaan di atas, untuk menghitung nilai prediksi pendapatan penjualan energi listrik berikut:

$$Y_{2009} = 5.293.976,06 + 1.065.266,21(1) = 6.359.242,27$$

Selanjutnya persamaan (5) untuk menghitung nilai *error* sebagai berikut:

$$PE_{2009} = \left| \frac{(Actual - Forecast)}{Actual} \right| \times 100\%$$

$$PE_{2009} = \left| \frac{(5.834.117,27 - 6.359.242,27)}{5.834.117,27} \right| \times 100\%$$

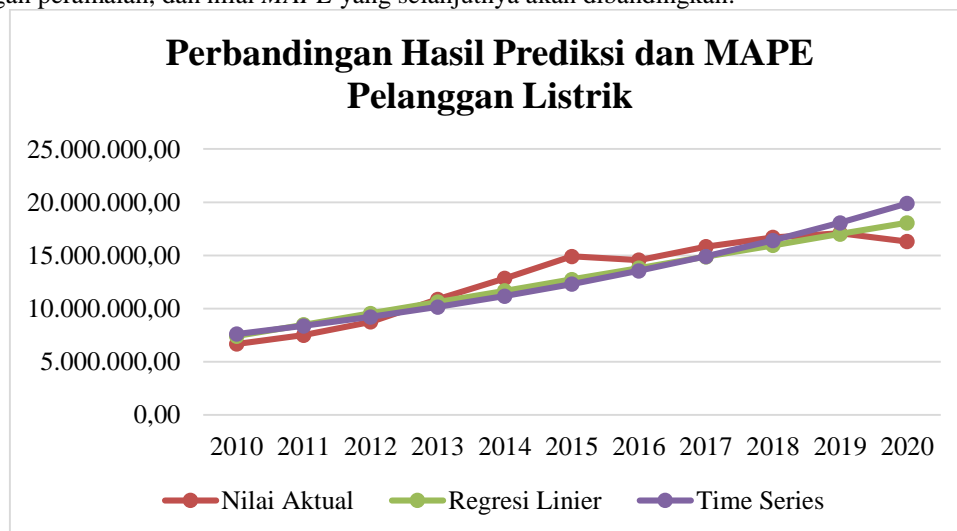
$$= 9,00 \%$$

Tabel 8. Hasil Prediksi dan *MAPE* Pendapatan Penjualan Energi Listrik

Tahun	Pendapatan Penjualan Energi Listrik (Juta Rupiah)		Error (%)
	Nilai Aktual	Nilai Prediksi	
2009	5.834.117,27	6.359.242,27	9,00
2010	6.677.638,18	7.424.508,48	11,18
2011	7.519.031,56	8.489.774,69	12,91
2012	8.753.682,20	9.555.040,89	9,15
2013	10.878.410,84	10.620.307,10	2,37
2014	12.848.889,54	11.685.573,31	9,05
2015	14.915.418,68	12.750.839,52	14,51
2016	14.570.818,46	13.816.105,73	5,18
2017	15.836.973,99	14.881.371,94	6,03
2018	16.697.068,47	15.946.638,14	4,49
2019	17.093.426,98	17.011.904,35	0,48
2020	16.308.076,77	18.077.170,56	10,85
2021	17.827.360,81	19.142.436,77	7,38
<b>MAPE</b>			<b>7,89</b>

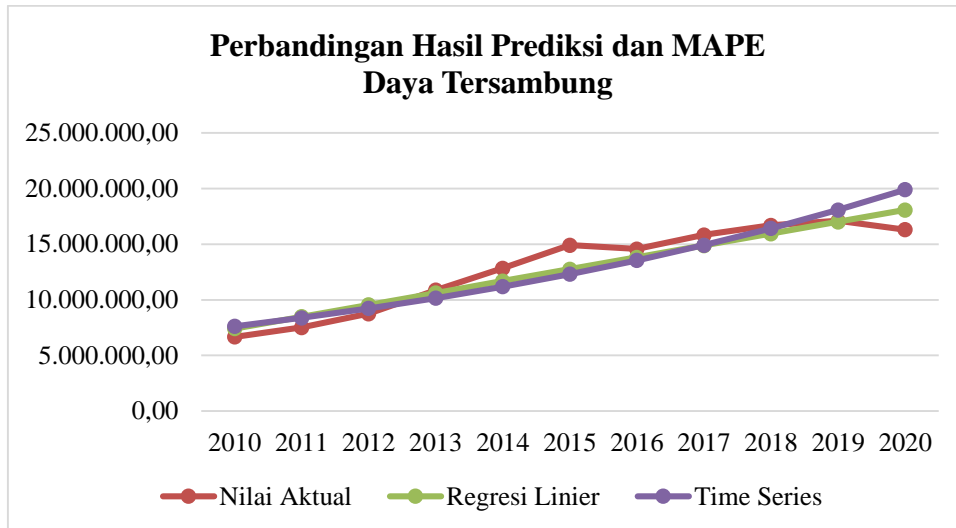
### 3.2. Perbandingan Prediksi dan *MAPE* Metode Regresi Linear dengan *Time Series* (2010-2020)

Perbandingan hasil prediksi dan *MAPE* pada pelanggan listrik, daya tersambung, energi listrik terjual, dan pendapatan penjualan energi listrik pada sektor industri di Jawa Timur (2010-2020) antara metode regresi linear dengan metode *time series* [10]. Menurut hasil penelitian sebelumnya, pada penelitian sekarang menggunakan data yang sama yaitu data aktual bagian pelanggan listrik, daya tersambung, energi listrik terjual, dan pendapatan penjualan energi listrik. Kemudian perbedaan antara penelitian sebelumnya dengan penelitian sekarang yaitu penggunaan metode peramalan, meramalkan pendapatan penjualan energi listrik, hasil perhitungan peramalan, dan nilai *MAPE* yang selanjutnya akan dibandingkan.

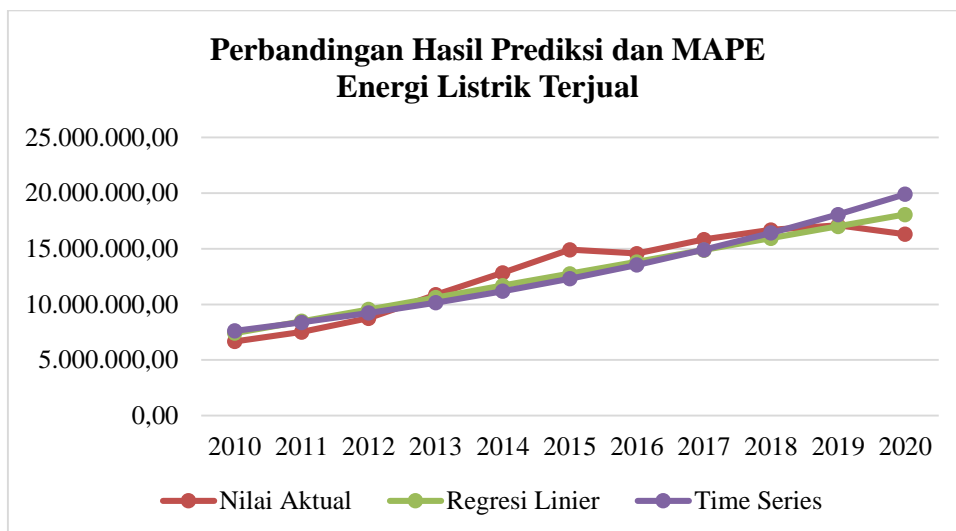


Gambar 2. Perbandingan Hasil Prediksi dan MAPE Pelanggan Listrik

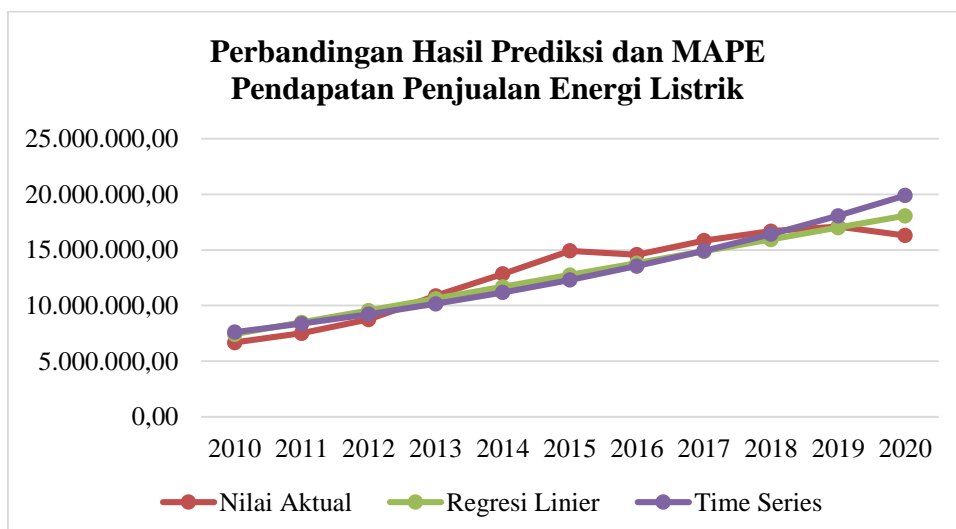




Gambar 3. Perbandingan Hasil Prediksi dan MAPE Daya Tersambung



Gambar 4. Perbandingan Hasil Prediksi dan MAPE Energi Listrik Terjual



Gambar 5. Perbandingan Hasil Prediksi dan MAPE Pendapatan Penjualan Energi Listrik

### 3.3. Perhitungan Peramalan Metode Regresi Linear (2023-2027)

Perhitungan peramalan menggunakan metode regresi linear pada pelanggan listrik, daya tersambung, energi listrik terjual, dan pendapatan penjualan energi listrik pada sektor industri di Jawa Timur (2023-2027). Perhitungan peramalan dimulai dari tahun 2023, dikarenakan tahun 2022 masih berlangsung sekarang. Pertama menghitung persamaan (2) dan (3) untuk menentukan nilai konstanta (a) dan koefisien regresi (b). Setelah itu, menghitung persamaan (1) untuk mencari persamaan regresi linearnya. Kemudian didapatkan hasil perhitungan peramalan kebutuhan energi listrik secara keseluruhan sebagai berikut:

Tabel 9. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Sektor Industri di Jawa Timur (2023-2027)

Tahun	Pelanggan Listrik (Pelanggan)	Daya Tersambung (MVA)	Energi Listrik Terjual (GWh)	Pendapatan Penjualan Energi Listrik (Juta Rupiah)
2023	70.168	7.754,61	17.878,56	21.272.969,19
2024	75.432	8.083,10	18.459,20	22.338.235,39
2025	80.696	8.411,59	19.039,84	23.403.501,60
2026	85.960	8.740,08	19.620,48	24.468.767,81
2027	91.224	9.068,57	20.201,12	25.534.034,02
<b>Kenaikan Per Tahun</b>	<b>5.264</b>	<b>328,49</b>	<b>580,64</b>	<b>1.065.266,21</b>

Menurut hasil perhitungan peramalan kebutuhan energi listrik dari tahun 2023 hingga 2027 yang terus meningkat, maka harus didukung dengan jumlah pasokan energi listrik yang ada dan memerlukan suatu kebijakan mengenai ketersediaan energi listrik agar tercukupi, dengan cara merencanakan pengembangan atau penambahan kapasitas pembangkit listrik yang bertujuan untuk mengantisipasi jika salah satu pembangkit listrik keluar dari sistem atau dalam masa pemeliharaan.

## 4. KESIMPULAN

Menurut hasil perhitungan nilai *MAPE* untuk pelanggan listrik sebesar 49,55%, daya tersambung sebesar 2,60%, energi listrik terjual sebesar 3,75%, dan pendapatan penjualan energi listrik sebesar 7,89%. Berarti ketepatan metode regresi linear masih layak untuk pelanggan listrik dan masih sangat baik untuk daya tersambung, energi listrik terjual, dan pendapatan penjualan energi listrik pada sektor industri di Jawa Timur (2009-2021). Menurut hasil perhitungan peramalan kebutuhan energi listrik dengan metode regresi linear pada sektor industri di Jawa Timur (2023-2027) akan terjadi kenaikan per tahunnya. Untuk pelanggan listrik sebesar 5.264 pelanggan, daya tersambung sebesar 328,49 MVA, energi listrik terjual sebesar 580,64 GWh, dan pendapatan penjualan energi listrik sebesar 1.065.266,21 Juta Rupiah. Maka pasokan energi listrik harus tercukupi dengan merencanakan pengembangan atau penambahan kapasitas pembangkit listrik.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Dinesh Reddy, *Load Forecasting using Linear Regression Analysis in Time series model for RGUKT, R.K. Valley Campus HT Feeder*, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 6 Issue 05, May – 2017
- [2] M. Dinesh Reddy, *Load Forecasting using Linear Regression Analysis and Moving Average Technique in Time Series Model for RGUKT, R.K. Valley Campus HT Feeder*, International Journal of Engineering Science and Computing, Volume 7 Issue No.5, May-2017
- [3] Alfred Rey G. Vasquez, Michael Ernie F. Rodriguez, Roy C. Dayupay, *Energy Consumption Forecasting Model for Puerto Princesa Distribution System Using Multiple Linear Regression*, International Journal of Innovative Science and Research Technology, ISSN No:-2456-2165, Volume 5, Issue 11, November – 2020
- [4] Aneeqe Ahmed Mir, et all, *Short Term Load Forecasting for Electric Power Utilities: A Generalized Regression Approach Using Polynomials and Cross-Terms* †, Licensee MDPI, Basel, Switzerland, 2021
- [5] Hong, T.; Fan, S. Probabilistic electric load forecasting: A tutorial review. *Int. J. Forecast.* 2016, 32, 914–938.
- [6] Mir, A.A.; Alghassab, M.; Ullah, K.; Khan, Z.A.; Lu, Y.; Imran, M. A Review of Electricity Demand Forecasting in Low and Middle Income Countries: The Demand Determinants and Horizons. *Sustainability* 2020, 12, 5931.
- [7] Nazih Abu-Shikhah1, Fawwaz Elkarmi1, Osama M. Aloquili, *Medium-Term Electric Load Forecasting Using Multivariable Linear and Non-Linear Regression*, Scientific Research, Smart Grid and Renewable Energy, 2011, 2, 126-135 doi:10.4236/sgre.2011.22015 Published Online May 2011
- [8] D. Bassi and O. Olivare, “Medium Term Electric Load Forecasting Using TLFN Neural Networks,” *International Journal of Computers, Communications & Control*, Vol. I, No. 2, 2006, pp. 23-32.
- [9] B. Bowerman, R. O’Connell and A. Koehler, “Forecasting, Time Series and Regression: An Applied Approach,” Thomson Brooks/Cole, California, 2005
- [10] M. W. Kristanto, “Peramalan Kebutuhan Energi Listrik UID Jawa Timur Metode Time Series Sektor Industri,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 03, pp. 793-803, 2021.
- [11] M. W. Purnama, “Peramalan Kebutuhan Energi Listrik UID Jawa Timur Metode Time Series Berbasis Minitab v19,” *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 02, pp. 485-495, 2021.
- [12] J. Kasmir, *Studi Kelayakan Bisnis*. Jakarta: Prenada Media, 2003.
- [13] M. A. Maricar, “Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing Untuk Sistem Peramalan Pendapatan Pada Perusahaan XYZ,” *Jurnal Sistem dan Informatika*, vol. 13, no. 02, pp. 36-45, 2019.

- [14] PT. PLN, Statistik PLN 2009. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2010.
- [15] PT. PLN, PLN Statistics 2010. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2011.
- [16] PT. PLN, Statistik PLN 2011. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2012.
- [17] PT. PLN, Statistik PLN 2012. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2013.
- [18] PT. PLN, PLN Statistics 2013. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2014.
- [19] PT. PLN, Statistik PLN 2014. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2015.
- [20] PT. PLN, PLN Statistics 2015. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2016.
- [21] PT. PLN, Statistik PLN 2016. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2017.
- [22] PT. PLN, PLN Statistics 2017. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2018.
- [23] PT. PLN, Statistik PLN 2018. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2019.
- [24] PT. PLN, Statistik PLN 2019. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2020.
- [25] PT. PLN, Statistik PLN 2020. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2021.
- [26] PT. PLN, Statistik PLN 2021. Jakarta: Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), 2022.