

## Prediksi Kebutuhan Energi Listrik 25 Tahun Mendatang di Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta

Wayan Suparta<sup>1,\*</sup>), Achmad Badawi<sup>1</sup>, Dulhadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta Jalan Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281, Indonesia

\*)Corresponding author, email: [wayan@itny.ac.id](mailto:wayan@itny.ac.id)

Received 2023-10-23; Revised 2023-11-10; Accepted 2024-02-07

### Abstract

The increasing need for electrical energy in the Gunung Kidul Regency area is caused by the growth of industry and tourism such as housing, cafes, and the start of construction of new factories. To anticipate this situation, this research begins to analyze how the supply of electrical energy for the next 25 years can be met. The analysis was carried out using linear regression, which taking into account the growth in electrical power loads in the social, household, business, industrial and tourism load categories using data from 2019-2021. Results found that in 2046, electricity demand will reach 103,521 MVA where the daily electrical energy demand is 2,112 GWH with an average annual growth of around 1.8%. This means that for the next 25 years, it is necessary to increase electrical power by 31,521 MVA compared to now

**Keywords:** Pertumbuhan energi listrik; kebutuhan pasokan listrik; energi baru dan terbarukan

### 1. Introduction

Kabupaten Gunung Kidul dengan ibukota Wonosari adalah salah satu kabupaten terletak di Pantai Selatan yang ada di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Luas wilayah Kabupaten Gunung Kidul 1.485,36 km<sup>2</sup> atau sekitar 46,63 % dari luas wilayah Provinsi DIY. Kota Wonosari terletak di sebelah tenggara kota Yogyakarta, dengan jarak ± 39 km. Wilayah Kabupaten Gunung Kidul dibagi menjadi 18 kapanewon, 144 desa, dan 1.431 padukuhan [1]. Beberapa nama pantai yang terkenal dan terbaik di sepanjang Pantai Selatan adalah Baron, Indrayanti (Pulangawal), Drini, Krakal, Sadranan, Gesing, dan lain-lain [2]. Pantai-pantai baru di sepanjang wilayah ini terus bertumbuh seiring dengan meningkatnya kunjungan wisatawan domestik dan dari manca negara.

Selain pertumbuhan kawasan wisata baru, maraknya wiraswasta masyarakat di sekitar pantai seperti munculnya kafe-kafe baru, penataan wilayah, dan dimulai adanya desain pabrik-pabrik baru, kebutuhan akan energi listrik di wilayah ini perlu diperhatikan. Kebutuhan energi listrik saat ini dari PT. PLN (Persero) ULP Wonosari masih mencukupi, akan tetapi dengan gencarnya promosi akan keindahan pantai selatan maupun budaya di wilayah Kabupaten Gunung Kidul, diprediksi 10 tahun mendatang kebutuhan energi listrik mulai perlu diantisipasi [3]. Berdasarkan pertumbuhan ini, diperkirakan kebutuhan energi listrik 25 tahun mendatang meningkat secara signifikan sedangkan penyediaan daya listrik untuk Gardu Induk Semanu adalah terbatas. Oleh karena itu, kajian ini akan menghitung kebutuhan energi listrik di wilayah Kabupaten Gunung Kidul termasuk memperhitungkan kemampuan gardu induk sebagai pemasok daya listrik wilayah seluruh Kabupaten Gunung Kidul.

Beberapa studi terhadap sistem peramalan beban listrik telah dilakukan oleh Bawan [4], Sidemen dkk [5], dan Setiabudi [6]. Sedangkan metode analisis yang telah

dikembangkan sebelumnya untuk melakukan peramalaman tersebut antara lain menggunakan metode koefisien energi [7], Smoothing Eksponensial [8], Metode Time Series [9]. Dalam penelitian ini akan digunakan metode kuadrat terkecil (*Least Square Method*) dari tiga teknik interpolasi yaitu interpolasi linier, interpolasi eksponensial, dan interpolasi polinomial. Dasar penggunaan metode ini adalah lebih sederhana, mempunyai akurasi tinggi, dan estimator yang presisi karena mampu meminimalkan residu observasi dan residu parameter.

## 2. Material and methods

Analisis yang digunakan untuk memprediksi kebutuhan energi listrik di Kabupaten Gunung Kidul adalah menggunakan metode interpolasi. Interpolasi adalah suatu cara untuk mencari dan menghitung nilai suatu fungsi yang grafiknya melewati sekumpulan titik yang telah diberikan [10]. Terdapat beberapa cara interpolasi berdasarkan fungsinya yaitu interpolasi linier, interpolasi kuadratik, dan interpolasi polinomial. Di dalam cara interpolasi model ini, ditemukan juga metode interpolasi seperti metode Lagrange dan metode Newton. Kedua metode tersebut menggunakan fungsi polinomial untuk menginterpolasi  $f(x)$  pada titik-titik yang diberikan [11].

Terkait dengan prediksi kebutuhan energi yang akan dilakukan, penelitian ini selanjutnya menggunakan metode kuadrat terkecil untuk menentukan persamaan tren data atau prediksi melalui cara-cara perhitungan statistika dan matematika tertentu untuk mengetahui fungsi garis lurus sebagai pengganti garis patah-patah yang dibentuk oleh data historis. Dengan kata lain, cara interpolasi data dari fungsi yang digunakan di atas akan dilinearkan menjadi sebuah persamaan matematis yang disebut sebagai analisis regresi yaitu suatu analisis yang bertujuan untuk menunjukkan hubungan matematis antara variabel bebas dengan variabel terikat [12]. Metode ini biasanya dibagi ke dalam dua kasus, yaitu kasus data genap dan kasus data ganjil. Tren atau garis dalam metode ini mempunyai sifat-sifat (a) penjumlahan seluruh deviasi vertikal titik-titik data terhadap garis adalah nol; (b) penjumlahan seluruh kuadrat deviasi vertikal data historis dari garis adalah minimum; dan (c) garis melalui rata-rata variabel bebas (misalnya X) dan variabel terikat (misalnya Y).

Prinsip dari metode kuadrat terkecil adalah meminimumkan jumlah kuadrat penyimpangannya nilai variabel bebasnya ( $\sum Y_i$ ) dengan nilai tren/ramalan ( $\sum Y'$ ) atau  $\sum (Y_i - Y')^2$ . Dengan meminimumkan deviasi partial akan diperoleh dua buah persamaan normal sebagai berikut:

$$\sum Y_i = n \cdot a + b \cdot \sum X_i \quad \text{dan} \quad \sum X_i Y_i = a \cdot \sum X_i + b \cdot \sum X_i^2 \quad (1)$$

Kedua persamaan normal di atas diselesaikan secara simultan sehingga nilai  $a$  dan  $b$  dari persamaan tren  $Y' = a + bX$  dapat dihitung. Agar perhitungan menjadi lebih sederhana pemberian kode pada nilai X (periode) diupayakan sedemikian rupa sehingga  $\sum X_i = 0$ , dengan begitu persamaan normal di atas dapat disederhanakan seperti berikut:

$$a = \sum Y_i / n \quad \text{dan} \quad b = \sum X_i Y_i / \sum X_i^2 \quad (2)$$

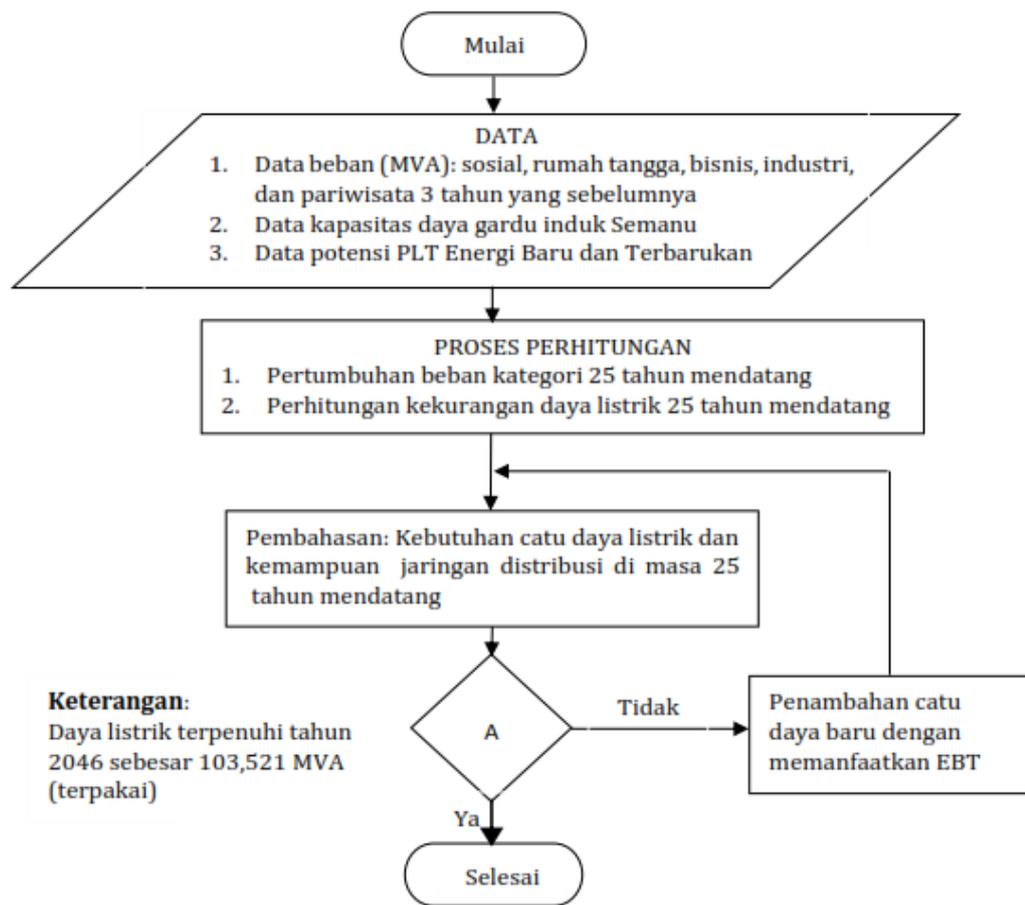
Setelah nilai  $a$  dan  $b$  dihitung dengan persamaan (2), maka persamaan nilai tren liniernya dapat disusun dengan sebuah persamaan linear sebagai berikut:

$$Y = a + bX \quad (3)$$

Dimana Y = nilai tren pada periode tertentu,  $a$  = intersep yaitu besarnya nilai Y bila nilai X = 0,  $b$  = slope garis tren, yaitu perubahan variabel Y untuk setiap perubahan satu unit variabel X, dan X = periode waktu. Untuk membuat nilai  $\sum X_i = 0$  tergantung dari jumlah data periodenya yaitu genap atau ganjil. Pedomannya adalah bila jumlah data periode tidak habis

dibagi dua yaitu ganjil maka dipakai skala  $X = 1$ , maka periode dasar diletakkan pada periode yang di tengah [13].

Selanjutnya, data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data beban sosial, rumah tangga, bisnis, industri dan pariwisata pada tahun 2019, 2020 dan tahun 2021 dan kapasitas Gardu Induk Semanu. Data yang tersedia adalah data bulanan (3 tahun = 36 poin data per kategori). Kemudian Analisa dilakukan terhadap tren grafik fungsi pertumbuhan beban masing-masing yaitu beban sosial, rumah tangga, bisnis, industri, dan pariwisata. Setelah didapatkan kesesuaian metode melalui analisa akurasi data, dilanjutkan dengan menghitung peramalan beban masing-masing untuk 25 tahun mendatang. Hasil perhitungan peramalan beban digunakan untuk menganalisa kemampuan catu daya listrik dan solusi pemenuhan kebutuhan daya listrik 25 tahun mendatang. Selanjutnya dilakukan kajian pemenuhan kebutuhan daya listrik di wilayah kabupaten Gunung Kidul. Gambar 1 memperlihatkan alur kerja yang dilakukan dalam penelitian ini.



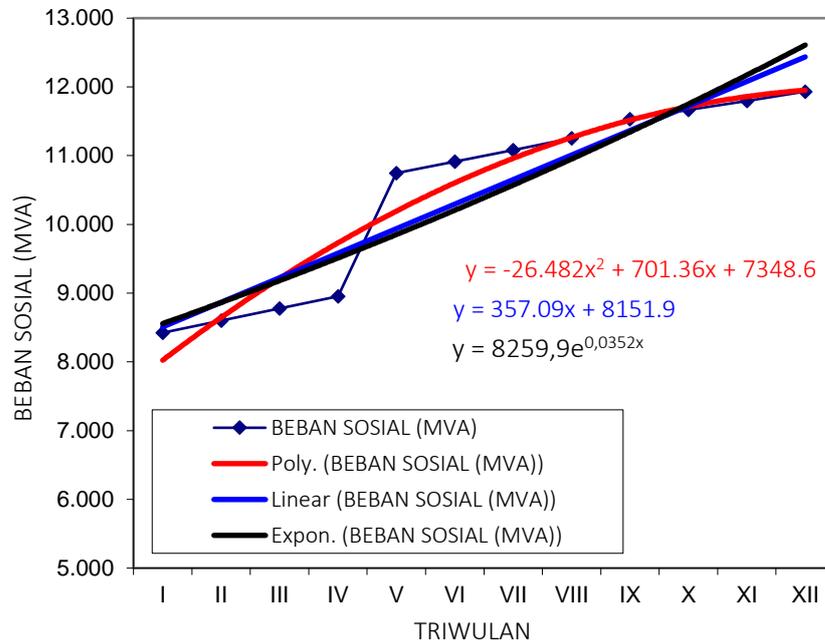
**Gambar 1. Diagram alir analisa kebutuhan beban 25 tahun mendatang**

### 3. Results and discussion

#### Tren pertumbuhan beban sosial

Berdasarkan hasil perhitungan dari tiga tahun data dimana dibagi menjadi data Triwulan (rata-rata 3 bulan), data pertumbuhan beban sosial dengan menggunakan tiga persamaan fungsi yakni linier, polynimoal, dan eksponensial didapatkan persamaan fungsi seperti terlihat pada Gambar 2. Terlihat dengan jelas pada gambar bahwa grafik fungsi atau tren untuk beban sosial sepanjang tiga tahun adalah mengikuti persamaan linier (garis warna hitam) dan diikuti atau dihipit oleh fungsi eksponensial (garis warna biru agak

melengkung ke atas). Selisih rata-rata antara fungsi polinomial dan eksponensial terhadap fungsi linear, masing-masing adalah 2,41% dan 71,17%. Tabel 1 memperlihatkan akurasi data dari tiga pendekatan yang digunakan.



**Gambar 2. Tren grafik fungsi pertumbuhan beban sosial**

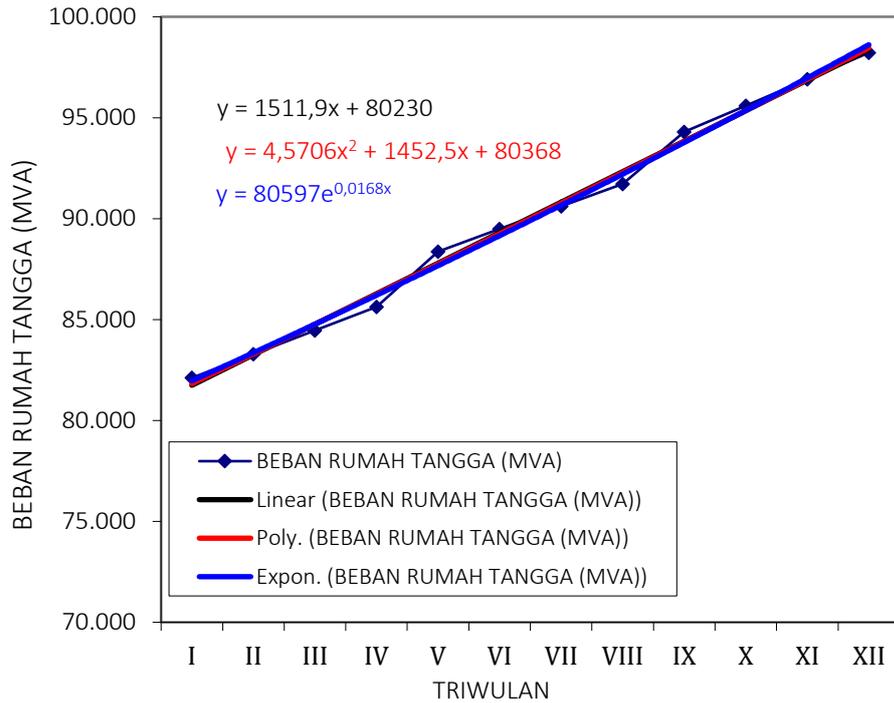
**Tabel 1. Hasil perhitungan akurasi data beban sosial**

x	Beban Sosial (MVA)	Metode Perhitungan			Analisis Tren		
		Linier	Polinomial	Eksponensial	Linier	Polinomial	Eksponensial
1	8,509	8508.99	8023.478	8421.172387	1.00	0.94	0.95
2	8,866	8866.08	8645.392	16842.34477	1.00	0.97	0.51
3	9,223	9223.17	9214.342	25263.51716	1.00	1.00	0.36
4	9,580	9580.26	9730.328	33684.68955	1.00	0.98	0.29
5	9,937	9937.35	10193.35	42105.86193	1.00	0.97	0.24
6	10,294	10294.44	10603.408	50527.03432	1.00	0.97	0.21
7	10,652	10651.53	10960.502	58948.20671	1.00	0.97	0.19
8	11,009	11008.62	11264.632	67369.3791	1.00	0.98	0.17
9	11,366	11365.71	11515.798	75790.55148	1.00	0.99	0.15
10	11,723	11722.8	11714	84211.72387	1.00	1.00	0.14
11	12,080	12079.89	11859.238	92632.89626	1.00	0.98	0.13
12	12,437	12436.98	11951.512	101054.0686	1.00	0.96	0.12

x = rata-rata triwulan data dari 3 tahun (2019 - 2021)

### Tren pertumbuhan beban rumah tangga

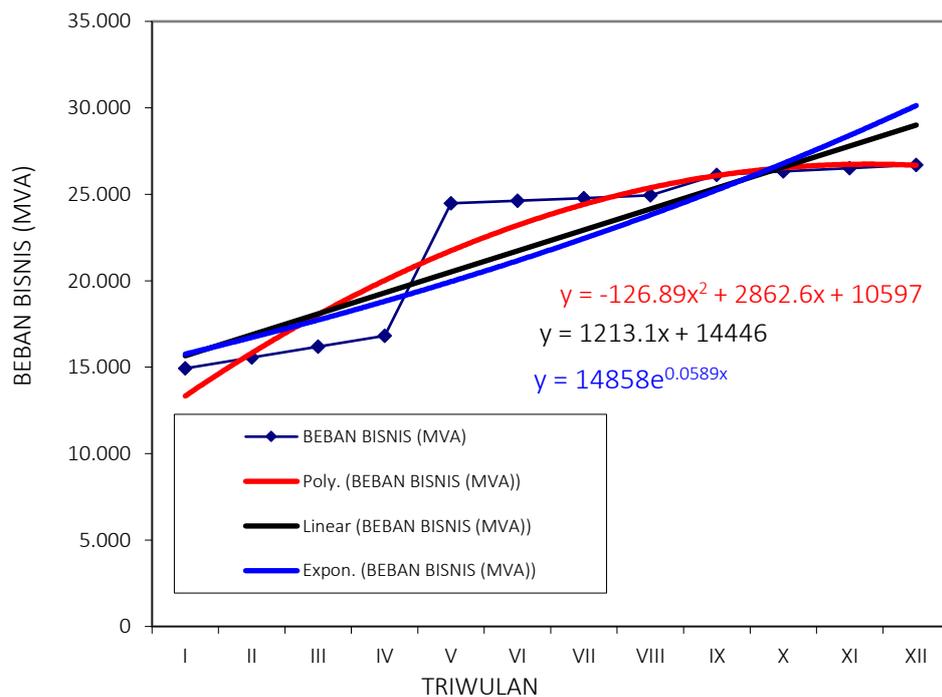
Dengan analisis yang sama seperti halnya pada pertumbuhan beban sosial yaitu menggunakan tiga persamaan fungsi yaitu linier, polinomial dan eksponensial maka diperoleh tren dan persamaan prediksi seperti ditunjukkan Gambar 3. Terlihat dengan jelas bahwa ketiga fungsi interpolasi, hampir kesemuanya terlihat linear. Ini berarti kebutuhan listrik untuk rumah tangga dalam setiap hari atau setiap bulannya adalah konstan atau terjadi pemakaian dalam setiap harinya. Selisih rata-rata antara fungsi polinomial dan eksponensial terhadap fungsi linear, masing-masing adalah 0,045% dan 49,83%.



**Gambar 3. Tren grafik fungsi pertumbuhan beban rumah tangga**

#### Tren pertumbuhan beban rumah tangga

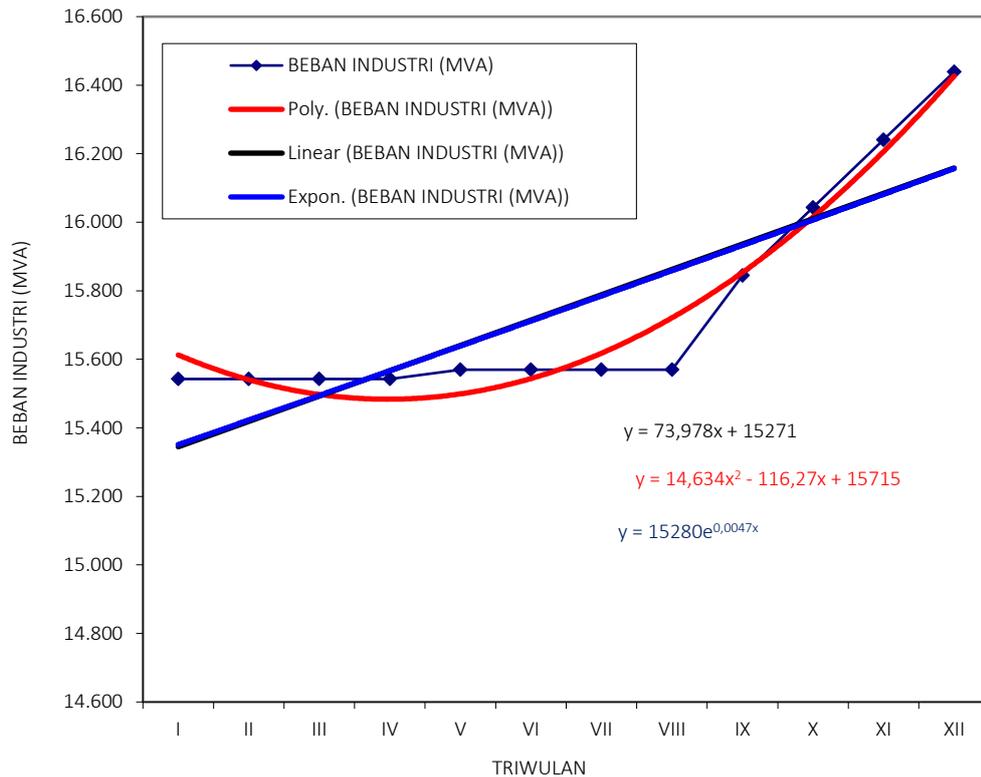
Dengan analisis yang sama seperti pada pertumbuhan beban sosial yaitu menggunakan tiga cara interpolasi maka diperoleh tren dan persamaan prediksi yang ditunjukkan seperti Gambar 4. Terlihat dengan jelas bahwa ketiga fungsi interpolasi termasuk nilai beban rumah tangga, hampir menyerupai tren pada pertumbuhan beban sosial. Selisih rata-rata antara fungsi polinomial dan eksponensial terhadap fungsi linear, masing-masing adalah 5,54% dan 69,67%.



**Gambar 4. Tren grafik fungsi pertumbuhan beban bisnis**

### Tren pertumbuhan beban industri

Dengan analisis yang sama seperti pada pertumbuhan beban sosial yaitu menggunakan tiga metode interpolasi maka diperoleh tren dan persamaan prediksi seperti Gambar 5. Terlihat dengan jelas bahwa ketiga fungsi interpolasi menunjukkan pertumbuhan tren yang berbeda jika dibandingkan dengan pertumbuhan beban sosial, rumah tangga, dan bisnis. Di sini terlihat bahwa persamaan atau fungsi polinomial lebih akurat dibandingkan dengan fungsi linear. Selisih rata-rata antara fungsi linear dan eksponensial terhadap fungsi polinomial, masing-masing adalah 0,0017% dan 73,08%.



Gambar 5. Tren grafik fungsi pertumbuhan beban industri

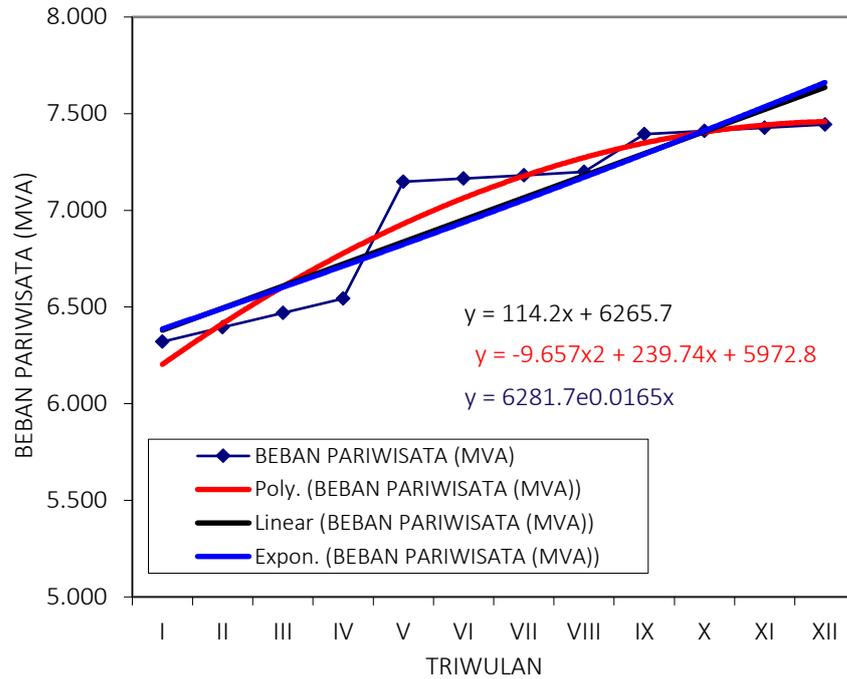
### Tren pertumbuhan beban pariwisata

Dengan analisis yang sama seperti pada pertumbuhan beban social, maka diperoleh tren dan persamaan prediksi yang ditunjukkan seperti Gambar 6. Terlihat dengan jelas bahwa ketiga fungsi interpolasi menunjukkan pertumbuhan tren yang mirip (positif) jika dibandingkan dengan pertumbuhan beban sosial dan bisnis, dan tren terbalik jika dibandingkan dengan pertumbuhan beban industri. Di sini terlihat bahwa persamaan atau fungsi linear kembali lebih akurat jika dibandingkan dengan fungsi polinomial dan eksponensial. Selisih rata-rata antara fungsi linear dan eksponensial terhadap fungsi polinomial, masing-masing adalah 1,31% dan 73,25%.

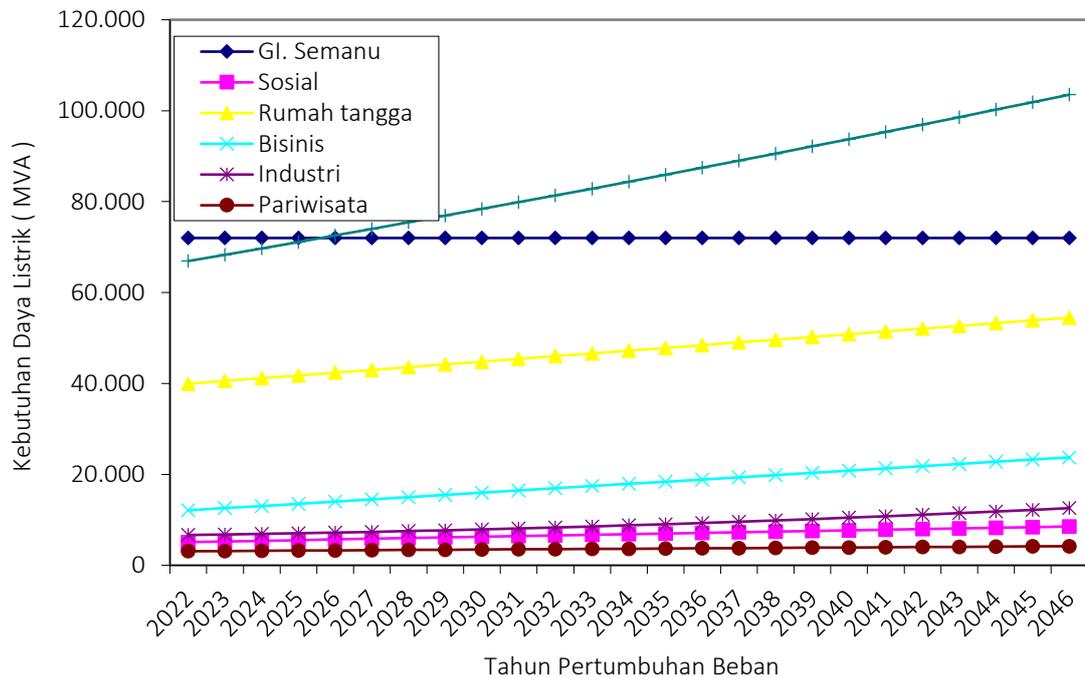
Dari kelima pertumbuhan beban yang dianalisis trennya, maka ditemukan fungsi atau persamaan linear, polynomial, dan eksponensial pada beban sosial, beban rumah tangga, beban bisnis, dan beban pariwisata. Sementara, pertumbuhan beban industri adalah mengikuti tren atau persamaan polinomial. Jadi, mengacu pada tren fungsi masing-masing beban tersebut kemudian dilakukan perhitungan pertumbuhan beban 25 tahun mendatang dan didapatkan jumlah kebutuhan daya listrik. Besarnya kebutuhan energi listrik Kabupaten Gunung Kidul dihitung dengan menggunakan persamaan (4) [14]. Hasil perhitungan dimunculkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 7.

© The Author(s)  
Published by Universitas Negeri Padang  
This is an open-access article under the: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

$$\text{Energi} = \text{Daya Semu} \times \text{faktor daya (85\%)} \times 24 \text{ jam} \quad (4)$$



**Gambar 6. Tren grafik fungsi pertumbuhan beban pariwisata**



**Gambar 7. Grafik kebutuhan daya listrik Kabupaten Gunung Kidul**

Berdasarkan perhitungan dengan persamaan (6) bahwa kebutuhan beban 25 tahun mendatang sampai tahun 2046 adalah mencapai 103,521 MVA. Sedangkan kapasitas total daya GI Semanu adalah 90 MVA dengan kinerja diizinkan 80% (dimana 20% sebagai *safety operation* GI). Ini berarti daya maksimal yang dibolehkan untuk operasi adalah 72 MVA dan masih kekurangan daya listrik sekitar 31,521 MVA. Salah satu misi dari Pemerintah Daerah Kabupaten Gunung Kidul diantaranya adalah pengembangan potensi energi baru

terbarukan (EBT) [15], maka kekurangan daya untuk memenuhi kebutuhan daya listrik tersebut akan diambil dari pengembangan potensi tenaga EBT seperti PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) sekitar 10 MVA, PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) sekitar 20 MVA, PLT Gel (Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut) sekitar 2 MVA dan PLT Biomasa (Pembangkit Listrik Tenaga Biomasa) sekitar 1 MVA.

#### 4. Conclusion

Setelah analisis dilakukan dengan tiga metode interpolasi dari tiga tahun data yang digunakan dapat disimpulkan bahwa kebutuhan daya listrik untuk 25 tahun mendatang (tahun 2046) adalah sebesar 103,521 MVA dimana daya ini dipasok dari Gardu Induk Semanu sebesar 72 MVA, sehingga terdapat kekurangan daya sebesar 31,521 MVA. Sementara kebutuhan energi listrik Kabupaten Gunung Kidul pada tahun 2046 mencapai 2,112 GWH/hari dengan rata-rata prosentase pertumbuhan per tahun sepanjang 25 tahun sekitar 1,8%.

#### Author contribution

Wayan Suparta berkontribusi besar dalam pemikiran, konseptualisasi, review dan penyuntingan naskah, koreksi dan *proof-reading*, penulisan ulang, bimbingan, dan memfasilitasi versi akhir naskah; Dulhadi memberikan bimbingan konsep kelistrikan dan evaluasi data; Ahmad Badawi menulis penyusunan draf asli, pengolahan data, dan penyusunan metode.

#### Funding statement

Penelitian ini dilakukan secara personal tanpa adanya hibah atau dukungan anggaran dari instansi atau pihak manapun.

#### Acknowledgement

Penulis mengucapkan banyak terima kasih atas dukungan data yang diberikan oleh PT. PLN (Persero) GI Semanu, Kabupaten Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia.

#### Competing interest

Penelitian ini tidak mempunyai konflik kepentingan antar penulis atau dengan pihak lain manapun.

#### References

- [1] Kabupaten Gunung Kidul, <https://gunungkidulkab.go.id/D-74db63a914e6fb0f4445120c6fa44e6a-NR-100-0.html> [Diakses pada 23 Oktober 2023]
- [2] Pantai di Kabupaten Gunung Kidul, <https://gunungkidulkab.go.id/L-883bedca5dc9961ef3bbc02ffcacd337-NW-100-0.html> [Diakses pada 23 Oktober 2023]
- [3] Badan Pusat Statistik, Kabupaten Gunung Kidul Dalam Angka 2022, Badan Pusat Statistik Kabupaten Gunung Kidul, Jl. Pemuda 19A, Baleharjo, Wonosari 55811.
- [4] E. K. Bawan, "Estimasi pembebanan transformator gardu induk 150 KV," *Jurnal Ilmiah Foristek*, vol. 3, no. 2, pp. 289–293, 2013.
- [5] I. G. M. W. M. Sidemen, "Peramalan beban listrik harian dengan metode adaptive neuro fuzzy inference system," *Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 1, pp. 12-15, 2014.

- [6] D. Setiabudi, "Sistem informasi peramalan beban listrik jangka panjang di Kabupaten Jember menggunakan JST Backpropagation," *SMARTICS Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 1-5, 2015
- [7] A. K. Hamidie, "Metode koefisien energi untuk peramalan beban jangka pendek pada jaringan Jawa Madura Bali," Depok: Universitas Indonesia, 2009.
- [8] L. H. Situngkir dan A. Mansyur, "Aplikasi metode smoothing eksponensial dalam peramalan persediaan energi listrik (studi kasus : persediaan energi listrik oleh PT.PLN (Persero) area Medan," *Karismatika*, vol. 4, no. 1, pp. 27 – 38, 2018. DOI: <https://doi.org/10.24114/jmk.v4i1.11856>.
- [9] S. M. Bahtiar, "Peramalan beban dengan menggunakan metode time series untuk kebutuhan tenaga listrik di Gardu Induk Sungai Raya, Naskah Publikasi, Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, 2016.
- [10] M. I. Sholichin, Interpolasi Rasional Barycentric Tanpa Kutub, Tesis, Universitas Diponegoro, Semarang, 2009.
- [11] Sahid, Pengantar Komputasi Numerik dengan MATLAB, Penerbit Andi: Yogyakarta, 2005. [[https://lib.ummetro.ac.id/index.php?p=show\\_detail&id=7200](https://lib.ummetro.ac.id/index.php?p=show_detail&id=7200)]
- [12] R. Khairiyah, Maiyastri, R. Diana, "Perbandingan metode kuadrat terkecil dan metode bayes pada model regresi linier dengan galat yang autokorelasi," *Jurnal Matematika UNAND*, vol. VII, no. 1, pp. 115 – 124, 2018.
- [13] M. S. Aihunan, H. L. Latupeirissa and A. J. Kastanja, "Peramalan beban penyulang Wayame 2 PT. PLN area Ambon menggunakan metode least square," *Elektrikal dan Komputer*, vol. 2, no. 2, pp. 115-123, 2021.
- [14] H. Ndikade, S. Salim, S. Abdussamad, "Studi perbaikan faktor daya pada jaringan listrik konsumen di Kecamatan Katobu Kabupaten Muna," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 4, no. 1, 2022.
- [15] J. S. Setyono, F. H. Mardiansjah, dan M. F. K. Astuti, "Potensi pengembangan energi baru dan energi terbarukan di Kota Semarang," *Jurnal Riptek*, vol. 13, no. 2, pp. 177 – 186, 2019.