

## ANALISIS PRAKIRAAN KEMAMPUAN TRANSFORMATOR TERHADAP PERTUMBUHAN BEBAN PADA GARDU INDUK 150 kV GEJAYAN

*Idha Satria*

*Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, satriaidha18@gmail.com*

Intisari - Pada dasarnya, kebutuhan pokok manusia di dunia ini berbeda-beda. Pada beberapa tahun belakang ini, kebutuhan listrik umat manusia di setiap tahunnya semakin meningkat sehingga untuk era digital seperti saat ini, energi listrik pun menjadi salah satu kebutuhan pokok umat manusia. Dalam meningkatnya kebutuhan energi listrik maka beban yang disuplai trafo pun akan terus meningkat, dan hal tersebut akan berpengaruh terhadap kemampuan transformator 150 kV Gejayan dalam menyuplai beban. Dianalisis dengan menggunakan metode regresi linier berganda, transformator 1 hanya dapat menyuplai beban optimal selama 4 tahun saja dari tahun 2014 hingga tahun 2018 dan selebihnya transformator 1 menyuplai beban dengan kondisi beban berat dengan persentase pembebanan lebih dari 80% hingga tahun 2033. Sedangkan transformator 2 mampu menyuplai beban optimal dengan lebih lama, yaitu selama 14 tahun dari tahun 2014 hingga tahun 2028. Selebihnya hingga tahun 2033 sudah mengalami kondisi beban berat dimana persentase pembebanan sudah melebihi angka 80%.

### **I. Latar Belakang**

Pada dasarnya, semua manusia di muka bumi ini memiliki kebutuhan pokok masing-masing. Pada beberapa tahun belakang ini, kebutuhan listrik umat manusia pun semakin meningkat setiap tahunnya, sehingga energi listrik pun pada saat ini menjadi salah satu kebutuhan pokok hampir seluruh umat manusia yang tinggal di era digital seperti sekarang ini. Pada tahun 2014, Badan Pusat Statistik menyatakan bahwa untuk lebih kurangnya dua puluh tahun yang akan datang penduduk Indonesia akan terus mengalami peningkatan jumlah penduduk. Statistik pada tahun 2010 dinyatakan bahwa penduduk Indonesia berjumlah 238,5 juta jiwa, sedangkan pada tahun 2035 yang akan datang diprediksi akan meningkat menjadi 305,6 juta jiwa. Dengan melihat statistik dan prediksi jumlah penduduk Indonesia yang terus meningkat di tahun-tahun yang akan datang, maka kebutuhan energi listrik pun juga akan terus meningkat.

Dalam proses pendistribusian listrik kepada konsumen, maka sangat diperlukan sebuah gardu induk. Gardu induk merupakan hal yang sangat penting dalam proses penyaluran dan pendistribusian

listrik kepada konsumen/ masyarakat. Gardu induk itu sendiri berfungsi sebagai penyaluran sekaligus pembagi daya listrik ke beban dan daerah yang telah ditentukan. Di dalam gardu induk terdapat berbagai macam komponen lainnya dan salah satunya yaitu transformator atau sering disingkat dengan sebutan trafo. Trafo itu sendiri terbagi menjadi dua macam. Yang pertama yaitu trafo *step up* yang berfungsi untuk menaikkan tegangan dan yang kedua yaitu trafo *step down* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan.

Transformator merupakan alat yang terhubung langsung dengan saluran transmisi dan distribusi, oleh karena itu bisa dikatakan transformator merupakan alat yang vital dalam proses tersebut. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin meningkat maka kebutuhan energi listrik pun juga akan semakin meningkat, sehingga transformator akan terus dituntut untuk melayani dan menyanggupi beban yang semakin hari juga semakin meningkat. Jika hal tersebut dibiarkan begitu saja dan tidak ada penanganan ataupun penelitian akan hal tersebut maka transformator lama-kelamaan akan mengalami sebuah fenomena yang

disebut *overload* atau kelebihan beban yang akan membuat transformator cepat rusak, dan kemungkinan terburuknya adalah terjadinya ledakan pada transformator yang akan membuat keadaan semakin memburuk dengan adanya percikan api dan terjadinya kebakaran.

Oleh karena itu, dengan melihat kemungkinan buruk yang akan terjadi maka diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan transformator di gardu induk dalam menyuplai beban yang seiring berjalannya waktu semakin meningkat. Penelitian tersebut dilakukan di Gardu Induk Gejayan dikarenakan pada GI tersebut, sebelumnya belum pernah dilakukan penelitian mengenai analisis kemampuan transformator terhadap pertumbuhan beban. Dengan adanya penelitian tersebut diharapkan dapat membuat acuan dari perencanaan berapa besar kapasitas transformator yang perlu ditambahkan pada Gardu Induk Gejayan dan seberapa besar pertumbuhan beban sehingga dapat ditentukan kapan perlunya untuk mengganti transformator yang sesuai dengan kebutuhan dan kapasitas beban.

## II. Tinjauan Pustaka

Gardu induk merupakan salah satu bagian yang paling vital pada sistem tenaga listrik. Dengan adanya gardu induk dalam sistem tenaga listrik maka tenaga listrik akan dapat disuplai kepada konsumen. Gardu induk merupakan instansi yang terdiri dari berbagai macam perlengkapan listrik seperti transformator, *lighting arrester*, *current transformer*, pemisah (PMS), pemutus daya (PMT) serta perlengkapan lainnya. Fungsi lain dari gardu induk itu sendiri adalah sebagai penghubung ataupun pemutus arus listrik dan sebagai penyesuai tegangan yang terhubung dengan sistem-sistem sesuai dengan level tegannya.

### A. Kebutuhan dan Karakteristik Beban

Hampir di seluruh daerah, pasti memiliki kebutuhan listrik yang berbeda-beda tergantung dari beberapa kondisi

dimasing-masing daerah tersebut, seperti kondisi penduduk, pertumbuhan ekonomi serta perencanaan pembangunan di waktu yang akan datang. Dilihat dari kegiatan penggunaan listrik, secara umum konsumen energi listrik dikelompokkan menjadi konsumen komersil, industri, publik dan rumah tangga.

Tiap-tiap konsumen pasti memiliki kebutuhan atau karakteristik beban yang berbeda-beda. Dalam kasus ini yaitu terkait pada pola atau cara penggunaan energi listrik di masing-masing konsumen dengan kondisi yang berbeda-beda pula. Pada penggunaan energi listrik di rumah tangga, pola pembebanan ditunjukkan dengan adanya fluktuasi penggunaan energi listrik yang cukup besar di waktu malam hari.

Kemudian pada konsumen komersil juga akan terjadi fluktuasi pada waktu malam hari, sedangkan untuk konsumen industri beban puncak yang diterima terjadi pada siang hari dikarenakan pada pabrik-pabrik industri aktif di siang hari dan pada malam hari hampir tidak ada aktifitas energi listrik yang begitu besar.

### B. Penduduk dan PDRB

Penduduk merupakan semua orang yang tinggal atau berdomisili pada suatu wilayah geografis Republik Indonesia selama kurang lebih 6 bulan dan atau orang yang menetap tidak lebih dari 6 bulan tetapi memiliki tujuan untuk tetap tinggal selama kurang lebih 6 bulan lamanya.

Sedangkan PDRB merupakan satu-satunya indikator yang menginformasikan keadaan atau aktifitas nilai tambah perekonomian dari suatu daerah Republik Indonesia terhadap suatu aktifitas ekonomi tanpa memperhatikan faktor produksinya berasal dari ataupun dimiliki oleh penduduk daerah tersebut.

Dalam memprakirakan pertumbuhan penduduk dan PDRB dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$R_{(x-1,x)} = \frac{P_x - P_{x-1}}{P_{x-1}} \times 100$$

Setelah mengetahui persentase dari pertumbuhan penduduk/PDRB di setiap

tahunnya maka dapat dihitung besar persentase rata-rata pertumbuhan penduduk tersebut, kemudian prakiraan pertumbuhan penduduk/ PDRB dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$Penduduk_x = (P_{x-1} \times rata - rata(\%)) + P_{x-1}$$

Keterangan:

$R_{(x-1,x)}$  : persentase rata-rata penduduk PDRB

$x$  : tahun sekarang

$P$  : Penduduk/PDRB

$(x - 1)$  : tahun sebelumnya

### C. Metode Regresi Linier Berganda

Metode peramalan yang digunakan adalah regresi linier berganda. Regresi linier berganda merupakan regresi yang menjelaskan korelasi atau hubungan antara peubah respon *variable dependen* (variable tergantung) pada faktor-faktor yang mempengaruhi lebih dari satu prediktor *variable independen* (variabel bebas).

Berikut adalah model umum dari regresi linier berganda:

$$y = b_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

Keterangan:

$y$  = variabel terikat/ tidak bebas

$b_1$  = konstanta

$b_2, b_3$  = koefisien regresi linier berganda

$x_2, x_3$  = variabel bebas

Untuk mendapatkan nilai  $b_1, b_2,$  dan  $b_3$  dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$b_1n + b_2 \sum X_2 + b_3 \sum X_3 = \sum Y$$

$$b_1 \sum X_2 + b_2 \sum X_2^2 + b_3 \sum X_2X_3 = \sum X_2Y$$

$$b_1 \sum X_3 + b_2 \sum X_2X_3 + b_3 \sum X_3^2 = \sum X_3Y$$

Sehingga persamaan di atas dinyatakan pada persamaan matriks berikut ini:

$$\begin{bmatrix} n & \sum X_2 & \sum X_3 \\ \sum X_2 & \sum X_2^2 & \sum X_2X_3 \\ \sum X_3 & \sum X_2X_3 & \sum X_3^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Y \\ \sum X_2Y \\ \sum X_3Y \end{bmatrix}$$

Ketika memiliki 3 persamaan dengan 3 variabel yang belum diketahui nilainya, maka agar lebih mudah dituliskan sebagai berikut:

$$\left. \begin{matrix} a_{11}b_1 & a_{12}b_2 & a_{13}b_3 \\ a_{21}b_1 & a_{22}b_2 & a_{23}b_3 \\ a_{31}b_1 & a_{32}b_2 & a_{33}b_3 \end{matrix} \right\} \rightarrow \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \end{bmatrix}$$

$$\det(A) = a_{11}a_{12}a_{13} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{32}a_{21} - a_{31}a_{22}a_{13} - a_{21}a_{12}a_{33} - a_{11}a_{23}a_{32}$$

maka:

$$b_1 = \frac{\det(A_1)}{\det(A)}; b_2 = \frac{\det(A_2)}{\det(A)}; b_3 = \frac{\det(A_3)}{\det(A)}$$

dimana:

$$A_1 = \begin{bmatrix} h_1 & a_{12} & a_{13} \\ h_2 & a_{22} & a_{23} \\ h_3 & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix};$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} a_{11} & h_1 & a_{13} \\ a_{21} & h_2 & a_{23} \\ a_{31} & h_3 & a_{33} \end{bmatrix};$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & h_1 \\ a_{21} & a_{22} & h_2 \\ a_{31} & a_{32} & h_3 \end{bmatrix}$$

Keterangan persamaan matriks:

$a$  = matriks (diketahui)

$b$  = vektor kolom (tidak diketahui)

$h$  = vektor kolom (diketahui)

### D. Koefisien Korelasi Linier Berganda

Koefisien Korelasi Linier Berganda merupakan perhitungan mengenai seberapa kuatnya hubungan antara variabel  $X_1$  dan  $X_2$  terhadap variabel  $Y$ . Perhitungan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$KP = \frac{b_2 \sum x_2y + b_3 \sum x_3y}{\sum y^2}$$

Dimana:

$$\sum x_2y = \sum X_2Y - \frac{\sum X_2(\sum Y)}{n}$$

$$\sum x_3y = \sum X_3Y - \frac{\sum X_3(\sum Y)}{n}$$

$$\sum y^2 = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

E. Pembebanan Transformator

Pembebanan pada transformator didapatkan melalui hasil prakiraan beban dibagi kapasitas dari transformator. Kapasitas dari transformator didapatkan dari data transformator yang digunakan. Berdasarkan Jurnal Sain dan Teknologi yang berjudul “Analisis Pengoperasian dan Pemeliharaan Trafo Distribusi di PT. PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan”, yang merujuk pada SPLN No. 50 Tahun 1997, terdapat empat buah klasifikasi pada pembebanan di transformator, yaitu adalah:

1. Beban optimal

Takaran dari beban optimal yang ditanggung oleh sebuah transformator yaitu berada pada kisaran 50% hingga 80%.

2. Beban Tidak Optimum dan Kurang Optimum (Beban Kecil)

Pada keadaan beban kecil, transformator hanya menanggung beban di kisaran kurang dari 50%. Dalam kondisi tersebut, transformator dapat dikatakan bekerja secara tidak efisien dikarenakan arus yang mengalir melalui transformator tersebut berjumlah sedikit..

3. Beban berat

Kondisi yang mengindikasikan bahwa transformator menanggung beban berat adalah ketika transformator memuat beban hingga diatas 80% sampai dengan 100%. Pada kondisi ini, transformator akan mengalami panas yang berlebih hingga menyebabkan rugi-rugi yang cukup besar.

4. Berlebihan beban (*overload*)

*Overload* terjadi pada saat transformator menanggung beban hingga lebih dari 100%, yang mana akan menyebabkan transformator sangat panas dan lebih parahnya akan menyebabkan transformator terbakar.

Berikut ini adalah persamaan dari pembebanan transformator:

$$\%Pembebanan = \frac{Y_x}{K_t} \times 100\%$$

Keterangan:

$Y_x$  = pembebanan di tahun x

$K_t$  = kapasitas transformator

III. Metodologi Penelitian

A. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan beralamat di Jalan Affandi ,Mrican ,Caturtunggal, Depok, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta. 55281. Lokasi tersebut merupakan alamat dari PLN Gardu Induk Gejayan.

B. Waktu Penelitian

Waktu penelitian untuk tugas akhir ini terhitung sejak 8 April 2019 sampai dengan 12 April 2019.

C. Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa alat dan bahan yang digunakan, yaitu :

1. Satu unit komputer pribadi dan monitor.
2. Satu unit kalkulator.
3. *Microsoft office* 2010.
4. Data jumlah pertumbuhan penduduk dan PRDB yang mendapatkan pasokan energi listrik dari Gardu Induk Gejayan dari tahun 2014-2017.
5. Data pengamatan beban puncak pada transformator di Gardu Induk Gejayan dari tahun 2014-2018.
6. Berbagai referensi seperti skripsi, buku-buku dan jurnal.

IV. Hasil Penelitian dan Analisis

A. Prakiraan Beban Trafo 1

Tabel 4.1 Faktor Yang mempengaruhi Trafo 1

Tahun	Rata-rata Beban (MW) $Y$	Jumlah Penduduk Trafo 1 (ribuan) $X_2$	PDRB Trafo 1 (dalam jutaan) $X_3$
2014	46,00	361	6,939
2015	46,17	363	7,736
2016	46,83	370	8,450
2017	47,58	374	9,409
2018	48,00	378	10,414

Setelah dilakukan perhitungan matriks dengan menggunakan data tabel di atas, maka didapatkan :

$$b_1 = \frac{\det(A_1)}{\det(A)} = \frac{3300}{252} = \mathbf{13,095};$$

$$b_2 = \frac{\det(A_2)}{\det(A)} = \frac{22,1}{252} = \mathbf{0,0876};$$

$$b_3 = \frac{\det(A_3)}{\det(A)} = \frac{40}{252} = \mathbf{0,1587};$$

Sehingga:

Prakiraan beban transformator 1:

$$\text{Beban tahun } x = b_1 + (b_2 \times \text{penduduk tf1 th } x) + (b_3 \times \text{PDRB tf1 th } x)$$

1. Beban tahun 2019  
 $= 13,095 + (0,0876 \times 383) + (0,1587 \times 11,526)$   
 $= 48,43 \text{ MW}$

2. Beban tahun 2020  
 $= 13,095 + (0,0876 \times 387) + (0,1587 \times 12,757)$   
 $= 49,01 \text{ MW}$

3. Beban tahun 2021  
 $= 13,095 + (0,0876 \times 391) + (0,1587 \times 14,120)$   
 $= 49,60 \text{ MW}$

Persentase pembebanan transformator 1:

$$\% \text{Pembebanan tahun } x = \frac{\text{beban tahun } x}{\text{kapasitas trafo 1}} \times 100$$

1. Persentase tahun 2019:  
 $= \frac{48,62}{60} \times 100$   
 $= 80,72 \%$

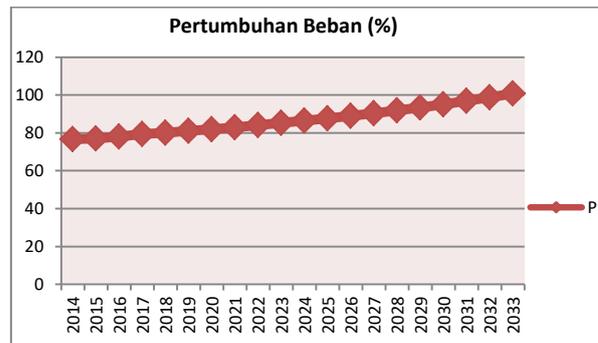
2. Persentase tahun 2020:  
 $= \frac{49,19}{60} \times 100$   
 $= 81,68 \%$

3. Persentase tahun 2021:  
 $= \frac{49,77}{60} \times 100$   
 $= 82,67 \%$

Pada perhitungan yang dilakukan pada transformator 1, dapat dilihat pada gambar

di bawah, bahwa transformator mengalami pertumbuhan beban yang terus-menerus meningkat di setiap tahunnya. Tidak ada indikasi penurunan beban sama sekali dari tahun 2014 hingga tahun 2033. Beban terus naik seiring dengan bertumbuhnya penduduk pada transformator 1.

Dengan melihat hasil perhitungan prakiraan beban transformator untuk 15 tahun mendatang, dapat dikatakan bahwa transformator 1 pada GI 150 kV Unit Gejayan masih mampu menyuplai beban hingga tahun 2033, dan pada tahun 2033 meskipun transformator 1 masih mampu menyuplai beban akan tetapi beban tersebut sangatlah berat, sehingga hal tersebut akan sangat membahayakan apabila dibiarkan dan belum ada penanganan dari pihak PLN.



Gambar 4.1 Pertumbuhan Beban Trafo 1

### B. Prakiraan Beban Trafo 2

Tabel 4.2 Faktor Yang mempengaruhi Trafo 2

Tahun	Rata-rata Beban (MW) Y	Jumlah Penduduk Trafo 1 (ribuan) X <sub>2</sub>	PDRB Trafo 1 (dalam jutaan) X <sub>3</sub>
2014	39,44	155	6,390
2015	40,17	157	6,986
2016	40,42	158	7,431
2017	40,75	159	8,256
2018	41,00	160	8,992

Setelah dilakukan perhitungan matriks dengan menggunakan data tabel di atas, maka didapatkan :

$$b_1 = \frac{\det(A_1)}{\det(A)} = \frac{-32470}{-1788,2} = \mathbf{18,1579};$$

$$b_2 = \frac{\det(A_2)}{\det(A)} = \frac{-216,3}{-1788,2} = \mathbf{0,12095};$$

$$b_3 = \frac{\det(A_3)}{\det(A)} = \frac{-726}{-1788,2} = \mathbf{0,40599};$$

Sehingga:

Prakiraan beban transformator 2:

$$\text{Beban tahun } x = b_1 + (b_2 \times \text{penduduk tf2 th } x) + (b_3 \times \text{PDRB tf2 th } x)$$

1. Beban tahun 2019  
 $= 18,359 + (0,120 \times 162) + (0,399 \times 9,795)$   
 $= 41,68 \text{ MW}$
2. Beban tahun 2020  
 $= 18,359 + (0,120 \times 163) + (0,399 \times 10,668)$   
 $= 42,20 \text{ MW}$
3. Beban tahun 2021  
 $= 18,359 + (0,120 \times 164) + (0,399 \times 11,620)$   
 $= 42,75 \text{ MW}$

Persentase pembebanan transformator 2:

$$\% \text{Pembanaan tahun } x = \frac{\text{beban tahun } x}{\text{kapasitas trafo 2}} \times 100$$

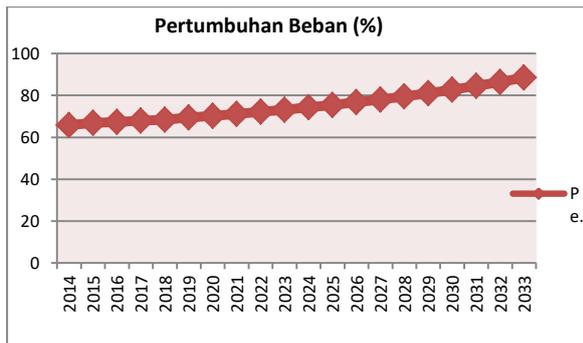
1. Persentase tahun 2019:  
 $= \frac{41,66}{60} \times 100$   
 $= 69,47 \%$
2. Persentase tahun 2020:  
 $= \frac{42,17}{60} \times 100$   
 $= 70,33 \%$
3. Persentase tahun 2021:  
 $= \frac{42,72}{60} \times 100$   
 $= 71,25 \%$

Jika dilihat dari gambar di bawah, beban transformator dari setiap tahunnya selalu meningkat. Sama seperti transformator 1 bahwa tidak ada indikasi

penurunan jumlah beban dalam rentan tahun 2014 hingga tahun 2033. Hanya saja transformator 2 mengalami kondisi beban yang optimal relatif lebih lama dibandingkan dengan transformator 1. Hal tersebut dikarenakan jumlah penduduk yang disuplai oleh transformator 2 lebih sedikit dibandingkan dengan transformator 1.

Untuk prakiraan pertumbuhan beban pada 15 tahun yang akan datang, dapat dilihat pada tabel bahwa transformator 2 GI Gejayan masih mampu untuk menyuplai energi listrik ke beberapa daerah yang ada di Yogyakarta, khususnya daerah yang disuplai transformator 2. Jika dibandingkan dengan transformator 1, dapat diamati bahwa transformator 2 dapat lebih lama menyuplai beban dengan kondisi beban yang optimal dari pada transformator 1. Transformator 2 menyuplai beban dengan optimal selama 14 tahun dari tahun 2014 hingga 2028. Sedangkan transformator 1 hanya selama 4 tahun yaitu dari tahun 2014 hingga 2018. Hal tersebut dikarenakan pada transformator 1, Penduduk yang di suplai lebih banyak jika dibandingkan dengan transformator 2.

Transformator 2 baru mengalami beban berat pada tahun 2029 dengan beban 48,76 MW dan persentase beban sebesar 81,26%. Tentu saja ketika sebuah transformator telah melewati batas optimal pembebanan, akan segera ada perencanaan pergantian atau penambahan kapasitas transformator serta pengawasan yang lebih intens dari pihak PLN terhadap transformator tersebut. Hal ini sangat perlu dilakukan agar transformator yang digunakan terhindar dari kondisi beban lebih atau *overload* pada tahun-tahun yang akan datang, juga dengan mengingat jumlah penduduk yang disuplai semakin lama semakin meningkat di setiap tahunnya.



Gambar 4.2 Pertumbuhan Beban Trafo 2

## V. Kesimpulan dan Saran

### A. Kesimpulan

Dengan melihat hasil perhitungan dan prakiraan serta pembahasan yang ada pada BAB IV, maka dapat ditarik sebuah kesimpulan bahwa:

1. Pertumbuhan penduduk serta PDRB menjadi faktor dalam bertambahnya jumlah peningkatan beban yang ada pada Gardu Induk 150 kV Unit Gejayan dengan menggunakan metode regresi linier berganda.
2. Transformator 1 hanya dapat menyuplai beban dengan optimal yaitu selama 4 tahun saja dari tahun 2014 hingga tahun 2018 dan selebihnya transformator 1 menyuplai dengan kondisi beban berat dengan persentase pembebanan lebih dari 80% hingga tahun 2033.
3. Transformator 2 mampu menyuplai beban dengan optimal lebih lama dari pada transformator 1, yaitu selama 14 tahun dari tahun 2014 hingga tahun 2028. Pada tahun-tahun berikutnya hingga tahun 2033 sudah mengalami kondisi beban berat dengan persentase pembebanan yang sudah melebihi angka 80%.

### B. Saran

Dengan dilandaskan oleh data hasil penelitian dan perhitungan regresi linier berganda dalam memprakirakan kemampuan transformator dalam menyuplai beban yang terus-menerus meningkat pada Gardu Induk 150 kV Unit

Gejayan, maka penulis sekiranya dapat memberikan saran berupa:

1. Data historis yang ada pada GI 150 kV Gejayan hendaknya lebih lengkap agar dalam proses perhitungan dan prakiraan kemampuan transformator dapat lebih baik dan semakin akurat.
2. Perlu adanya perencanaan dalam pergantian ataupun penambahan kapasitas transformator ketika transformator sudah dalam kondisi beban berat agar terhindar dari kondisi *overheat* ataupun *overload* yang bisa menyebabkan kerugian yang lebih besar.
3. Dikarenakan beban yang ada pada transformator 1 lebih besar, maka perlu adanya penyeimbangan penyuplaian beban dari transformator 1 dan 2. Dengan tujuan agar umur dari transformator 1 lebih panjang dan lebih berimbang jika dibandingkan dengan transformator 2.

## VI. Daftar Pustaka

- Anwar, Luqman Hakim. 2017. "Analisis Prakiraan Kemampuan Transformator Berdasarkan Pertumbuhan Beban Berdasarkan Metode Regresi Linier di Gardu Induk 150kV Mojosoongo Boyolali"[Tugas Akhir]. Teknik Elektro.Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Ayu Puspita Indra Pratiwi, Nur, I Gede Dyana Arjana, Antonius Ibi Weking.2018. *Studi Analisis Kemampuan Penyediaan Suplai Daya Akibat Peningkatan Beban di Gardu Induk Nusa Dua*.E-Journal Spektrum. Volume 5 No: 1.
- Fitrizawati, Hartono, Dody Bastian Tumanggor.2017. *Analisis Kelayakan Kapasitas Transformator Berdasarkan Prediksi Beban*

- Tahunan (Studi Kasus Pada PT. PLN (Persero) Rayon Majenang.*Jurnal Intuisi Teknologi dan Seni.Volume 10 No: 1.
- K. Bawan, Elias.2013.*Estimasi Pembebanan Transformator Gardu Induk 150 kV.*Jurnal Ilmiah Foristek.Volume 3 No: 2.
- Leonard L. Grigsby.2000. *The Electric Power Engineering Handbook.*New York(US): CRC Press.
- M. Bahtiar, Syarif.2016. “Peramalan Beban Dengan Menggunakan Metode *Time Series* Untuk Kebutuhan Tenaga Listrik di Gardu Induk Sungai Raya”[Tugas Akhir].Teknik Elektro.Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Nur Rahman, Yoki. 2018. ”Analisis Prakiraan Kemampuan Transformator Berdasarkan Pertumbuhan Beban Dengan Metode Regresi Linier Berganda di Gardu Induk 150kV Ungaran”[Tugas Akhir].Teknik Elektro.Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Pabla, A.S, Ir. Hadi, Abdul.1994.*Sistem Pendistribusian Listrik.*Jakarta (ID): Erlangga.
- Prof. Ir. T.S, Hutauruk, M.Sc.1985.*Transmisi Daya Listrik.*Bandung (ID): Erlangga.
- Soleh, Muhammad Aziz.2017.”Analisis Transformator Berdasarkan Pertumbuhan Beban di Gardu Induk 150kV Klaten”[Tugas Akhir].Teknik Elektro.Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.
- Sumanto.1996.*Teori Transformator.*Yogyakarta(ID): ANDI.
- Supranto, J.1994.*Statistik Teori dan Aplikasi Edisi Kelima Jilid I.*Ciracas, Jakarta(ID): Erlangga.
- Suyanto, Muhammad, Ridwan Setyowibowo, Prasetyono Eko Pambudi.2018. *Evaluasi Kemampuan Transformator Daya Pada Gardu Induk 150 kV Wates.*Jurnal Teknologi Technoscientia.Volume 10 No: 2.
- Tim BPS.Yogyakarta dalam angka.[www.bps.go.id/](http://www.bps.go.id/), diakses pada tanggal 15, 17 April, 6 Mei 2019 Pukul 09.45, 09.15, 09.30 WIB.
- Titiek Suheta.2009.*Analisis Pengoperasian dan Pemeliharaan Trafo Distribusi di PT. PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan.*Jurnal Sain dan Teknologi.Volume 7 No: 2.
- Zikry Fadhilah, Naufal.2018. “Analisis Pembebanan Transformator Berdasarkan Pertumbuhan Beban di Gardu Induk 150 kV Mrica Banjarnegara”[Tugas Akhir]. Teknik Elektro. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Yogyakarta.