

**ESTIMASI PEMBEBANAN TRANSFORMATOR DAYA 150 KV BERDASARKAN  
PERKEMBANGAN PENDUDUK DAN BEBAN PUNCAK  
(Studi kasus: Gardu Induk Wates 150 KV)**

**Rohman Try Anshori**

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Email: rohman.try.2014@ft.umy.ac.id

---

**ABSTRACT**

*Along with technological advances it is estimated that the GRDP of Kulon Progo Regency increases annually by 7.6% and the population growth of Kulon Progo regency increases annually by 0.9%. However, after assuming with Muara Bungo Regency as reference of GRDP growth and Population of Kulon Progo Regency due to influence of NYIA in 2019, the population growth every year is 15,78%. While GRDP in 2018 until 2019 equals to 82,91% and next year equals to 7,6 %. Load forecasting the burden for the next 10 years by using multiple linear regression affected by NYIA in 2019 the loading of the 150 KV wates substation is only up to 2021 for the transformer I of 24.83 MW and the transformer II 55.40 MW. So it is estimated that for 2022, transformer I and transformer II Substation of 150 KV Wates are no longer able to serve the loading. Then, in 2021 a feeder shift and uprating transformer I needs to be conducted in 2024 transformer III is added and reshifting feeder from transformer I & II to transformer III.*

*Keywords: Substation, Transformer, Multiple Linear Regression, Kulon Progo*

**ABSTRAK**

Seiring dengan kemajuan teknologi diperkirakan bahwa PDRB Kabupaten Kulon Progo setiap tahunnya meningkat 7,6 % dan pertumbuhan penduduk kabupaten Kulon Progo setiap tahunnya meningkat 0,9 %. Namun setelah di asumsikan dengan Kabupaten Muara Bungo sebagai acuan pertumbuhan PDRB dan Penduduk Kabupaten Kulon Progo akibat pengaruh NYIA tahun 2019 maka pertumbuhan penduduk setiap tahunnya 15,78 % sedangkan PDRB tahun 2018 sampai dengan 2019 sebesar 82,91 % dan tahun berikutnya sebesar 7,6 %. Peramalan beban untuk 10 tahun yang akan datang dengan menggunakan regresi linier berganda yang dipengaruhi NYIA tahun 2019 pembebanan gardu Induk 150 KV wates hanya mampu sampai dengan tahun 2021 untuk transformator I sebesar 24,83 MW dan transformator II 55,40 MW. Maka diperkirakan untuk tahun 2022, transformator I dan transformator II Gardu Induk 150 KV Wates sudah tidak lagi mampu melayani pembebanan. Sehingga, tahun 2021 harus dilakukan pergeseran *feeder* dan *uprating* transformator I dan pada tahun 2024 penambahan transformator III serta pergeseran *feeder* kembali dari transformator I dan transformator II ke transformator III.

Kata kunci: Gardu Induk, Transformator, Regresi Linier Berganda, Kulon Progo

## Pendahuluan

Di masa sekarang ini energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting didalam kehidupan masyarakat umumnya di berbagai wilayah Indonesia sehingga seringkali dijadikan salah satu faktor kemajuan masyarakat seiring dengan perkembangan teknologi. Dari data BPS Yogyakarta menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk Kabupaten Kulon Progo terus meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2016 sebanyak 15,698 jiwa menjadi 16,239 jiwa pada tahun 2017 meningkat sebanyak 3,44 %. Pertumbuhan penduduk yang semakin pesat dan diiringi dengan pertumbuhan ekonomi yang tinggi menyebabkan kebutuhan akan daya tenaga listrik semakin meningkat, sehingga dibutuhkan penyediaan dan penyaluran daya tenaga listrik yang memadai, baik dari segi teknik maupun ekonomisnya.

Pada gardu induk 150 KV Wates perlu adanya estimasi pembebanan terhadap beban yang akan terpasang untuk kedepannya. Hal ini berkaitan dengan sedang dibangunnya (*New Yogyakarta Internasional Airport*) NYIA pada Kabupaten Kulon Progo. Seperti halnya Kabupaten Muara Bungo dengan adanya pembangunan bandara di tahun 2014 mengalami kenaikan PDRB yang cukup signifikan. Dari kenaikan tersebut maka kesejahteraan masyarakat semakin tinggi sehingga mempengaruhi gaya hidup seperti halnya dalam pemakaian energi listrik. Dengan demikian Kabupaten Kulon Progo harus dilakukan estimasi pembebanan trafo dan apabila tidak dilakukan estimasi pembebanan

kemungkinan gardu induk 150 KV Wates akan mengalami beban yang berlebih (*overload*) pada transformator yang digunakan dalam penyaluran beban seiring dengan perkembangan kabupaten Kulon Progo.

## Metode Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu unit notebook Acer intel (R) Core i5, printer, camera dan buku-buku referensi. Penelitian ini dilaksanakan di gardu induk 150 KV Wates selama 2 minggu terhitung tanggal 12 sampai 23 Maret 2018.

### 1.1 Teknik pengumpulan data

Data untuk penelitian ini diambil secara langsung di Gardu Induk 150 KV wates dan BPS Daerah Istimewa Yogyakarta.. Data yang diambil mulai tahun 2013 sampai 2016, jenis data yang di ambil adalah:

1. Data beban puncak perbulan tahun 2013 – 2016 trafomator I 30 MVA dan transformator II 60 MVA
2. Laju pertumbuhan penduduk dan PDRB kabupaten Kulon Progo tahun 2013 – 2016
3. Serta laju pertumbuhan penduduk dan PDRB Kabupaten Muara Bungo 2010 – 2016.

### 1.2 Analisis Data

pertumbuhan beban listri di suatu daerah selalu berbentuk linier. Pertumbuhan pertahun selalu meningkat dengan adanya faktor – faktor yang mempengaruhinya seperti PDRB dan pertumbuhan penduduk. Dengan latar belakan tersebut peneliti memilih dua metode yaitu metode regresi linier berganda dan metode

asumsi dari kabupaten lainnya dengan perkembangan yang sama..

Metode regresi linier berganda dapat dilihat dari persamaan berikut.

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + n \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- Y : variabel dependen
- X<sub>1</sub> dan X<sub>2</sub> : variabel independen
- a : konstanta (nilai Y apabila x<sub>1</sub>...x<sub>n</sub>=0)
- b<sub>1</sub> dan b<sub>2</sub> : koefisien regresi

Untuk mendapatkan nilai b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> dan a, dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sum X_1^2 = \sum X_1^2 - \frac{(\sum X_1)^2}{n}$$

$$\sum X_2^2 = \sum X_2^2 - \frac{(\sum X_2)^2}{n}$$

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

$$\sum X_1Y = \sum X_1Y - \frac{\sum X_1 \cdot \sum Y}{n}$$

$$\sum X_2Y = \sum X_2Y - \frac{\sum X_2 \cdot \sum Y}{n}$$

$$\sum X_1X_2 = \sum X_1X_2 - \frac{\sum X_1 \cdot \sum X_2}{n}$$

sehingga, dari persamaan diatas untuk mencari nilai b<sub>1</sub> dan b<sub>2</sub> dan a dapat dicari menggunakan rumus sebagai berikut:

$$b_1 = \frac{[(\sum X_2^2 \times \sum X_1Y) - (\sum X_2Y \times \sum X_1X_2)]}{[(\sum X_1^2 \times \sum X_2^2) - (\sum X_1X_2)^2]} \dots \dots (2)$$

Kemudian untuk mencari nilai b<sub>2</sub> dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$b_2 = \frac{[(\sum X_1^2 \times \sum X_2Y) - (\sum X_1Y \times \sum X_1X_2)]}{[(\sum X_1^2 \times \sum X_2^2) - (\sum X_1X_2)^2]}$$

$$a = \frac{(\sum Y) - (b_1 \times \sum X_1) - (b_2 \times \sum X_2)}{n} \dots \dots (3)$$

Kemudian pertumbuhan penduduk dan PDRB menggunakan persamaan berikut:

**PDRB tahun n = (PDRB tahun sebelum n \* laju pertumbuhan %) + PDRB tahun sebelum n**

sehingga untuk mencari pertumbuhan (%) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_t = P_0(1 + \frac{X}{100})^t$$

Keterangan:

- P<sub>t</sub> = nilai pada tahun tersebut
- P<sub>0</sub> = nilai pada tahun sebelumnya (p<sub>t</sub>)
- X = Nilai yang dicari
- t = waktu

kemudian untuk mencari nilai % pembebanan dapat dilakukan dengan membagi hasil dari persamaan dibagi dengan kapasitas trafo yang digunakan dapat dilihat dari persamaan berikut ini.

$$\% \text{pembebanan} = \frac{S_t}{k_{transformator}} \times 100 \%$$

Keterangan:

S<sub>t</sub> : pemakaian beban pada tahun (yang diramalkan)

K<sub>transformator</sub> : Kapasitas Trafo (data)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian ini maka diperoleh hasil estimasi pembebanan trafo gardu induk 150 KV Wates sebagai berikut:

**Tabel 1 Jumlah penduduk dan PDRB Kulon Progo**

Tahun	Jumlah Penduduk (dalam ribuan jiwa)	PDRB (Juta Rupiah)
2013	401	16,165
2014	405	17,345
2015	408	18,736
2016	412	20,145

**PDRB tahun n = (PDRB tahun sebelum n \* 7,6 %) + PDRB tahun sebelum n**

1. PDRB tahun 2017

$$\text{PDRB tahun 2017} = (20,145 * 7,6 \%) + 20,145 = 21,676$$

2. PDRB tahun 2018

$$\text{PDRB tahun 2018} = (21,6760 * 7,6\%) + 21,6760 = 23,323$$

Nilai 7,6 % didapat dari laju pertumbuhan PDRB Kabupaten Kulon Progo sedangkan untuk mencari pertumbuhan menggunakan persamaan yang dengan laju pertumbuhan 0,5 hasil perhitungan yang sama 7,6 %. Dari hasil perhit diperoleh hasil pada tabel 2 di

Tabel 2 Perhitungan Perkiraan Jumlah Kabupaten Kulon Pr

Tahun	jumlah penduduk (dalam ribuan)	j
2013	401	1
2014	405	1
2015	408	1
2016	412	2
2017	415,708	2
2018	419,449	2
2019	423,224	2
2020	427,033	27,003
2021	430,877	29,056
2022	434,755	31,264
2023	438,667	33,640
2024	442,615	36,196
2025	446,599	38,947
2026	450,618	41,907
2027	454,674	45,092

Setelah diperoleh hasil di atas maka selanjutnya membuat persamaan sebagai berikut untuk mencari nilai konstanta trafo I.

Sedangkan untuk mencari persamaan trafo II menggunakan cara yang sama seperti mencari persamaan trafo I dengan nilai beban pencak berbeda. Sehingga diperoleh persamaan trafo I sebagai berikut:

Tabel 3 Persamaan Regresi Trafo I

Tahun	Y (MW)	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sup>2</sup>	X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> Y	X <sub>2</sub> Y
2013	14,9	401	16,165	222,01	6482,165	240,8585	240,8585
2014	15,1	405	17,345	228,01	7024,725	261,9095	261,9095
2015	17,7	408	18,736	313,29	7644,288	331,6272	331,6272
2016	18,6	412	20,145	345,96	8299,74	374,697	374,697
Σ	66,3	1626	72,391	1109,27	29450,918	1209,092	1209,092

$$\sum X_1^2 = \sum X_1^2 - \frac{(\sum X_1)^2}{n} =$$

$$661034 - \frac{1626^2}{4} = 65$$

$$\sum X_2^2 = \sum X_2^2 - \frac{(\sum X_2)^2}{n} = 1319,015 - \frac{72,391^2}{4} = 8,9$$

$$\sum Y^2 = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n} = 1109,27 - \frac{66,3^2}{4} = 10,35$$

$$\sum X_1Y = \sum X_1Y - \frac{\sum X_1 * \sum Y}{n} = 26975,2 - \frac{1626 * 66,3}{4} = 24,25$$

$$\sum X_2Y = \sum X_2Y - \frac{\sum X_2 * \sum Y}{n} = 1209,092 - \frac{72,391 * 66,3}{4} = 9$$

$$\sum X_1 X_2 = \sum X_1 X_2 - \frac{\sum X_1 \times \sum X_2}{n} =$$

$$29450,92 - \frac{1626 \times 72,391}{4} = 24,38$$

Dari perhitungan persamaan regresi di atas maka dapat di cari nilai a, b<sub>1</sub>, dan b<sub>2</sub> sebagai berikut:

**b<sub>1</sub>**

$$= \frac{[(\sum X_2^2 \times \sum X_1 Y) - (\sum X_2 Y \times \sum X_1 X_2)]}{[(\sum X_1^2 \times \sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2]}$$

$$= \frac{(8,9 \times 24,25) - (9 \times 24,38)}{(65 \times 8,9) - (24,38)^2}$$

$$= \frac{(215,828 - 219,42)}{(578,5 - 594,384)}$$

$$= \frac{-3,59}{-15,88}$$

$$= 0,22$$

$$b_2 = \frac{[(\sum X_1^2 \times \sum X_2 Y) - (\sum X_1 Y \times \sum X_1 X_2)]}{[(\sum X_1^2 \times \sum X_2^2) - (\sum X_1 X_2)^2]}$$

$$= \frac{(65 \times 9) - (24,25 \times 24,38)}{(65 \times 8,9) - (24,38)^2}$$

$$= \frac{(585 - 591,21)}{(578,5 - 594,384)}$$

$$= \frac{-6,21}{-15,88}$$

$$= 0,39$$

$$a = \frac{(\sum Y) - (b_1 \times \sum X_1) - (b_2 \times \sum X_2)}{n}$$

$$= \frac{(66,3) - (0,22 \times 1626) - (0,39 \times 72,391)}{4}$$

$$= \frac{66,3 - 357,72 - 28,23}{4}$$

$$= \frac{-319,65}{4}$$

$$= -79,91$$

$$Y = a + (b_1 \times X_1) + (b_2 \times X_2) + \dots n$$

diketahui:

$$a = -79,91$$

$$b_1 = 0,22$$

$$b_2 = 0,39$$

Sehingga untuk mencari beban 10 tahun yang akan mendatang sebagai berikut:

$$\text{Beban tahun 2017} = -79,91 + (0,22 \times 415,708 + (0,39 \times 21,676))$$

$$= 20 \text{ MW}$$

$$\text{Beban tahun 2018} = -79,91 + (0,22 \times 419,449 + (0,39 \times 23,323))$$

$$= 21 \text{ MW}$$

$$\text{Beban tahun 2019} = -79,91 + (0,22 \times 423,224 + (0,39 \times 25,096))$$

$$= 22 \text{ MW}$$

Sedangkan untuk pembebanannya dapat dilihat perhitungan persamaan dibawah ini

$$\% \text{ tahun 2017} = \frac{20 \text{ MW}}{30 \text{ MW}} \times 100\%$$

$$= 66,66 \%$$

Hasil dari keseluruhan perhitungan beban untuk 10 tahun yang akan mendatang dapat dilihat pada tabel 4 dibawah beserta dengan presentase pembebanannya untuk trafo I dan trafo II tanpa adanya pengaruh bandara.

**Tabel 4** Tabel Perbandingan Pembebanan Trafo I Dan Trafo II Tanpa Pengaruh NYIA

Tahun	Trafo I 30 MVA		Trafo II 60 MVA	
	Tanpa NYIA (MW)	Persentase %	Tanpa NYIA (MW)	Persentase %
2013	14,92	49,73	7,94	13,23
2014	14,40	48,00	10,45	17,42
2015	17,70	59,00	14	23,33
2016	18,60	62,00	13,46	22,43
2017	20,00	66,66	16,52	27,54
2018	21,46	71,55	18,66	31,1
2019	22,99	76,62	20,86	34,76
2020	24,57	81,90	23,12	38,54
2021	26,21	87,38	25,46	42,44
2022	27,93	93,10	27,88	46,47
2023	29,72	99,05	30,38	50,64
2024	31,58	105,27	32,97	54,95
2025	33,53	111,77	35,65	59,42
2026	35,57	118,57	38,43	64,06
2027	37,70	125,68	41,32	68,87

Dari data tabel 4 diatas maka dapat dilihat bahwa tanpa adanya pengaruh NYIA trafo I untuk 10 tahun yang akan mendatang

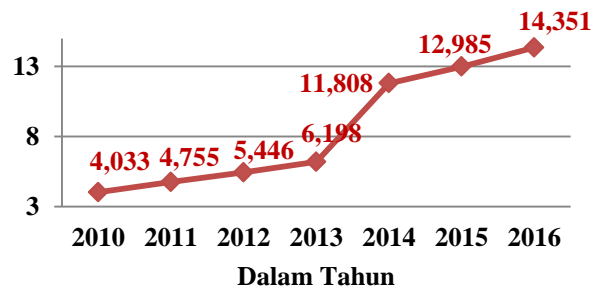
hanya mampu melayani sampai dengan tahun 2023 dengan beban sebesar 29,72 MW dalam kategori beban berat. Sedangkan untuk tahun 2024 sampai dengan 2027 yang akan mendatang trafo I dalam kondisi beban *overload* sebesar 31,58 MW untuk tahun 2024 dan 37,70 MW pada tahun 2027 dan untuk trafo II tanpa ada pengaruh NYIA untuk 10 tahun yang akan mendatang masih mampu melayani pembebanan dengan beban tertinggi pada tahun 2027 sebesar 41,32 MW kategori beban optimal dengan pembebanan 68,87 %. Sedangkan untuk melihat perbedaan pembebanan setelah beroperasinya NYIA pada tahun 2019 dapat dilihat pada tabel 5 dibawah ini untuk mencari beban yang diperkirakan dengan adanya NYIA tersebut. Maka untuk mencari beban tersebut digunakan Kabupaten Muara Bungo sebagai asumsi adanya bandara pada Kabupaten Kulon Progo sebagai berikut:

**Tabel 5 Laju Pertumbuhan Kabupaten Muara Bungo 2010 – 2016**

Tahun	Jumlah Penduduk (Dalam Ribuan)	Jumlah PDRB (Dalam Jutaan)
2010	303,135	4,033
2011	310,737	4,755
2012	320,3	5,446
2013	329,934	6,198
2014	336,32	11,808
2015	344,1	12,985
2016	351,878	14,351

Dari tabel 5 di atas maka dapat dilihat laju pertumbuhan setelah adanya bandara pada gambar grafik 1 di bawah ini

**Laju Pertumbuhan PDRB Kabupaten Muara Bungo tahun 2010 - 2016**



**Gambar 1 Laju Pertumbuhan PDRB Bandara Kabupaten Muara Bungo 2010 – 2016**

Dari data BPS jumlah penduduk dan PDRB Kabupaten Muara Bungo tahun 2011 – 2016 maka dapat dicari perhitungan laju pertumbuhan sesudah dan sebelum bandara beroperasi pada Kabupaten Muara Bungo sebagai berikut.

<p>PDRB Sebelum beroperasi 2010 – 2013</p> $P_t = P_0 \left(1 + \frac{X}{100}\right)^t$ $6,198 = 4,033 \left(1 + \frac{X}{100}\right)^3$ $\frac{6,198}{4,033} = \left(1 + \frac{X}{100}\right)^3$ $1,154^{\frac{1}{3}} = \left(1 + \frac{X}{100}\right)$ $X = (1,154 - 1) \times 100$ $= 15,4 \%$	<p>PDRB Sesudah beroperasi 2013 – 2016</p> $P_t = P_0 \left(1 + \frac{X}{100}\right)^t$ $14,351 = 6,198 \left(1 + \frac{X}{100}\right)^3$ $\frac{14,351}{6,198} = \left(1 + \frac{X}{100}\right)^3$ $2,315^{\frac{1}{3}} = \left(1 + \frac{X}{100}\right)$ $X = (1,322 - 1) \times 100$ $= 32,28 \%$
<p>PDRB Laju Pertumbuhan 2013 – 2014</p> $P_t = P_0 \left(1 + \frac{X}{100}\right)^t$ $11,808 = 6,198 \left(1 + \frac{X}{100}\right)^1$ $\frac{11,808}{6,198} = \left(1 + \frac{X}{100}\right)^1$ $1,905^{\frac{1}{1}} = \left(1 + \frac{X}{100}\right)$ $X = (1,905 - 1) \times 100$ $= 90,51 \%$	<p>PDRB Laju Pertumbuhan 2014 – 2016</p> $P_t = P_0 \left(1 + \frac{X}{100}\right)^t$ $14,351 = 11,808 \left(1 + \frac{X}{100}\right)^2$ $\frac{14,351}{11,808} = \left(1 + \frac{X}{100}\right)^2$ $1,215^{\frac{1}{2}} = \left(1 + \frac{X}{100}\right)$ $X = (1,102 - 1) \times 100$ $= 10,24 \%$

Dari hasil perhitungan laju pertumbuhan pada Kabupaten Muara Bungo di atas maka rata-rata laju pertumbuhan PDRB sebelum beroperasi 14,16 % dan rata-rata laju Pertumbuhan PDRB setelah beroperasi sebesar

32,28 %. Sedangkan laju pertumbuhan PDRB pada tahun 2013 – 2014 sebesar 90,51 % dan pada tahun 2014 – 2016 sebesar 10,24 %. Sedangkan untuk laju pertumbuhan Jumlah penduduk dengan menggunakan perhitungan yang sama diperoleh laju pertumbuhan penduduk untuk tahun 2013 – 2014 sebesar 1,99% dan untuk tahun 2014 – 2016 sebesar 2,2 sehingga dari hasil perhitungan di atas dapat diasumsikan kedalam laju pertumbuhan PDRB Kabupaten Kulon Progo sebesar 82,91 % dari nilai 90,51 % dikurang dengan nilai laju pertumbuhann Kabupaten Kulon Progo 7,6 % untuk tahun pertama beroperasinya NYIA pada tahun 2019 – 2020 sedangkan untuk tahun kedua 2021 dan seterusnya sebesar 7,6 % dari laju pertumbuhan Kabupaten Kulon Progo. Sedangkan untuk laju pertumbuhan penduduk untuk tahun pertama 2019 – 2020 sebesar 1,99 % dan untuk tahun kedua 2021 seterusnya sebesar 2,2 %.

Dampak dari meningkatnya kedua faktor tersebut berpengaruh terhadap pembebanan pada trafo I seiring dengan pertumbuhan PDRB dan jumlah penduduk. Untuk lebih jelas laju pertumbuhan beban pada trafo I dapat dilihat pada tabel 6 di bawah ini.

**Tabel 6 Pengaruh NYIA Terhadap Beban Trafo**

Tahun	Trafo I 30 MVA		Trafo II 60 MVA	
	Setelah beroperasi NYIA (MW)	Persentase %	Setelah beroperasi NYIA (MW)	Persentase %
2018	21,46	71,55	18,66	31,10
2019	31,50	105,00	30,53	50,89
2020	35,34	117,81	35,59	59,31

2021	39,41	131,37	40,82	68,04
2022	43,73	145,76	46,26	77,10
2023	48,31	161,03	51,90	86,50
2024	53,18	177,28	57,75	96,26
2025	58,38	194,59	63,84	106,40
2026	63,92	213,05	70,17	116,95
2027	69,83	232,77	76,75	127,92

Dari data di atas dapat dilihat bahwa setelah beroperasinya NYIA di tahun 2019 beban naik secara signifikan dimana yang semula belum beroprasi NYIA pada tahun 2018 untuk trafo I sebesar 21,46 MW setelah beroperasi NYIA pada tahun 2019 menjadi 31,50 MW sehingga trafo I hanya mampu melayani beban sampai dengan tahun 2018 hal itu dikarenakan dengan adanya pengaruh beroperasinya NYIA pada tahun 2019 yang mengakibatkan pembebanan naik secara signifikan menjadi 31,50 MW dengan kategori beban overload.

Sedangkan, untuk trafo II dengan adanya pengaruh beroperasinya NYIA pada tahun 2019 yang semula pada tahun 2018 sebesar 18,66 MW menjadi 30,53 MW pada tahun 2019. Dengan adanya pengaruh NYIA tersebut trafo II hanya mampu melayani pembebanan sampai dengan tahun 2024 dengan kondisi beban berat sebesar 57,75 MW dengan kondisi pembebanan berat sebesar 96,26 % maka perlu adanya pengawasan yang intens karena telah melebihi batas pembebanan yang telah ditentukan sebesar 60 – 80 % namun jika pembebanan sesuai yang telah ditentukan, trafo II hanya mampu melayani beban sampai



dengan tahun 2022 dengan beban sebesar 46,26 MW dengan pembebanan 77,10 %.

Sehingga untuk mengantisipasi beban berat pada trafo I setelah beroperasi NYIA maka langkah selanjutnya adalah dengan melakukan pergeseran feeder trafo I ke trafo II dengan data beban feeder di bulan mei tahun 2018 pada tabel 7 di bawah ini. Dari data R, S, dan T maka di jumlah dan di bagi tiga untuk mendapatkan nilai average. Dengan nilai average tersebut maka di dapat hasil pembebanan per-feeder dengan membagi nilai average dengan 30 seperti pada tabel 7 di bawah ini.

**Tabel 7 Data beban Feeder Bulan Mei Tahun 2018**

Data	Feeder	Beban Penyulang (ampere)			Average	Trafo I		Trafo II	
		R	S	T		Beban Feeder (MW)	Beban Feeder (MW)	Wts	Wts
Trafo I	WTS02	135,3	117,4	134	128,96	wts 2	4,29		
	WTS04	198,6	106,2	135	146,9	wts 4	4,89		
	WTS05	326,4	272,9	322	307,4	wts 5	10,24		
Trafo II	WTS01	14	12	24	16,66			wts 1	0,55
	WTS03	82	65	65	70,66			wts 3	2,35
	WTS06	171	151	111	144,33			wts 6	4,81
	WTS07	14	16	16	15,33			wts 7	0,51
Total		941,3	740,5	809	830,24	3	19,42	4	8,22

Dari tabel 7 di atas ditahun 2018 dilakukan pertukaran feeder 5 ke feeder 3, feeder 4 ke feeder 1 dan pergeseran feeder 2 ke feeder 7 mengingat ditahun 2019 trafo I dalam kondisi beban *overload*. Dengan adanya perubahan feeder tersebut maka masa oprasi

pembebanan trafo I dan trafo II mampu sampai dengan tahun 2021 dengan beban sebesar 24,83 MW dan trafo II sebesar 55,40 MW. Untuk lebih jelasnya hasil dari pergeseran feeder tersebut dapat dilihat pada table 8 di bawah ini.

**Tabel 8 Setelah Pergeseran Feeder Tahun 2018**

Tahun	Trafo I 30 MVA		Trafo II 60 MVA	
	Setelah beroperasi NYIA (MW)	Persentase %	Setelah beroperasi NYIA (MW)	Persentase %
2018	6,88	22,93	33,24	55,40
2019	16,92	56,40	45,11	75,18
2020	20,76	69,20	50,17	83,62
2021	24,83	82,77	55,40	92,33
2022	30,15	100,5	60,84	101,40
2023	33,73	112,43	66,48	110,80
2024	38,60	128,67	72,33	120,55
2025	43,80	146,00	78,42	130,70
2026	49,34	164,47	84,75	141,25
2027	55,25	184,17	91,33	152,22

Dari hasil pergeseran pada tabel 8 di atas untuk trafo I tahun 2023 mengalami beban *overload* dan hanya mampu melayani pembebanan sampai dengan tahun 2022 dengan beban berat sebesar 29,15 MW sedangkan untuk trafo II setelah dilakukan pergeseran tersebut trafo II hanya mampu melayani pembebanan sampai dengan tahun 2021 dengan kategori beban berat sebesar 55,40 MW. Jika pergeseran itu dilakukan maka trafo I dan Trafo II hanya mampu melayani beban sampai dengan tahun 2021 dengan kategori trafo beban berat sedangkan tahun 2022 sampai dengan 2027 kedua trafo



dalam kondisi beban *Overload*. Dari hasil pergeseran tersebut maka langkah kedepannya di tahun 2021 yang harus diambil adalah dengan melakukan *Uprating* trafo I menjadi 60 MVA dan pergeseran *feeder* kembali mengingat batas *overload* kedua trafo terjadi pada tahun 2022. Untuk data *feeder* di tahun 2021 dapat dilihat pada tabel 9 di bawah ini dari hasil perhitungan dan trend pertumbuhan Kabupaten Muara Bungo sebagai asumsi pertumbuhan beban di Kabupaten Kulon Progo sebesar 82,91 % di tahun 2018 ke 2019 sedangkan di tahun 2019 sampai dengan 2027 sebesar 7,6 % beban trafo.

Tabel 9 *feeder* tahun 2021

Data		Beban (MW)	Total (MW)
Trafo I	Wts02	9,06	24,18
	Wts04	5,56	
	Wts05	9,56	
Trafo II	Wts01	9,33	54,94
	Wts03	21,62	
	Wts06	11,55	
	Wts07	12,45	

Dari data tabel 9 di atas maka langkah selanjutnya adalah pergeseran *feeder* 3 ke *feeder* 4 setelah *uprating* trafo I 30 MVA menjadi 60 MVA sehingga diperoleh hasil pada tabel 10 di bawah ini.

Tabel 10 Hasil *Uprating* Trafo I dan Pergeseran *Feeder*

Tahun	Trafo I 60 MVA		Trafo II 60 MVA	
	Dengan NYIA (MW)	Persentase %	Dengan NYIA (MW)	Persentase %
2021	40,99	68,32	39,34	65,57
2022	46,31	77,18	44,78	74,63
2023	49,89	83,15	50,42	84,03
2024	54,76	91,27	56,27	93,78

2025	60,96	101,60	62,36	103,93
2026	65,5	109,17	68,69	114,48
2027	71,41	119,02	75,27	125,45

Dari tabel 10 di atas trafo I dan II hanya mampu melayani pembebanan sampai dengan tahun 2024 dengan kategori beban berat. Untuk beban trafo I di tahun 2024 sebesar 54,76 MW dan trafo II sebesar 56,27 MW sehingga gardu induk 150 KV Wates untuk 10 tahun yang akan datang memerlukan penambahan trafo III di tahun 2024 sebelum terjadinya *overload* di tahun 2025. Dari penambahan trafo III tahun 2024 kemudian dilakukan pergeseran *feeder* trafo I dan II ke *feeder* trafo III. Dengan adanya penambahan trafo III dan pergeseran *feeder* tahun 2024 diharapkan gardu induk 150 KV Wates mampu melayani pembebanan sampai dengan 10 tahun yang akan mendatang dengan faktor yang mempengaruhi kenaikan pembebanan trafo baik faktor beroperasinya NYIA di tahun 2019 maupun faktor PDRB dan faktor – faktor lainnya.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan estimasi pembebanan trafo untuk 10 tahun yang akan datang di gardu induk 150 KV Wates setelah di asumsikan pertumbuhan PDRB kabupaten Muara Bungo sebagai acuan pertumbuhan beban di Kabupaten Kulon Progo didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk tahun 2018 dilakukan pergeseran *feeder* dari trafo I ke trafo II

2. Setelah dilakukan pergeseran *feeder* di tahun 2018 gardu induk 150 KV Wates hanya mampu sampai tahun 2021. Dengan demikian tahun 2021 gardu induk 150 KV Wates melakukan pergeseran *feeder* kembali serta *uprating* trafo I 30 MVA menjadi 60 MVA
3. Dengan adanya pergeseran *feeder* dan *uprating* trafo I tahun 2018 dan 2021 gardu induk 150 KV Wates hanya mampu melayani pembebanan sampai dengan tahun 2024. Dari hasil pergeseran *feeder* dan *uprating* trafo tersebut maka tahun 2024 gardu induk 150 KV Wates memerlukan penambahan trafo III untuk mengantisipasi beban *overload* tahun 2025 sebesar 60,96 MW trafo I dan 62,36 MW trafo II.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar A, dan Kuwahara S, 2004, *Teknik Tenaga Listrik III*, Jakarta: Pradnya Paramita
- Bawan K, Elias, W Diahswarti, 2009, *estimasi pembebanan transformator gardu induk 150 KV*, Yogyakarta: STTNAS
- Hutauruk, T.S, 1985, *Transmisi daya Listrik*, Jakarta: Erlangga
- Marsudi, Djiteng, 2002, *Pembangkitan Energi Listrik*, Edisi Kedua, Jakarta: Erlangga
- Marsudi, Djiteng, 2005, *Pembangkitan Energi Listrik*, Jakarta: Erlangga
- Marsudi, Djiteng, 2016, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Edisi 3, Yogyakarta: Graha Ilmu
- Murti P, Krisno, 2017, *Evaluasi Kemampuan Transformator Daya Berdasarkan Perkembangan Penduduk Dan Beban Puncak Di Gardu Induk 150 KV Cikupa* (Skripsi), Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Muzakka, Rihan, 2017, *Perhitungan Proyeksi Beban Transformator Dalam Perencanaan Kapasitas Gardu Induk Di Yogyakarta* (Skripsi), Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- PT PLN, 2007, Penelitian dan Pengembangan Ketenagalistrikan No. 006.K/LITBANG/2007, Jakarta Selatan: PT PLN (Persero)
- PT PLN, 2010, buku 4 standar konstruksi gardu distribusi dan gardu hubung tenaga listrik, Jakarta Selatan: PT PLN (PERSERO)
- Rahman, Arif, Antonov, 2015, *Prakiraan Dan Analisis Kebutuhan Energi Listrik Provinsi Sumatra Barat Hingga Tahun 2024 Dengan Metode Analisis Regresi Linier Berganda*, Padang: Institut Teknologi Padang
- Suhadi, dan Wrahatnolo Tri, 2008, *Teknik Tenaga Listrik Jilid 3*, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan

Dasaar dan Menengah, Departemen  
Pendidikan Nasional

Suripto, Slamet, 2014, *Buku Ajar Dasar  
Sistem Tenaga Listrik*, Yogyakarta:  
Teknik Elektro Universitas  
Muhammadiyah Yogyakarta

Suswanto, Daman, 2009, *Sistem Distribusi  
Tenaga Listrik*, Edisi Pertama, Juli  
2009 Padang: Universitas Negeri  
Padang

Syahputra, Ramadoni, 2016, *Buku Ajar  
Transmisi dan Distribusi Tenaga  
Listrik*, Yogyakarta: LP3M  
Universitas Muhammadiyah  
Yogyakarta

William D. Stevenson, Jr, 1983, *Analisis  
Sistem Tenaga Listrik*, Jakarta:  
Erlangga

Zuhal, 1988, *Dasat Teknik Tenaga Listrik dan  
Elektronika Daya*, Jakarta: PT  
Gramedia Pustaka Utama