

Analisis Kelayakan Kapasitas Transformator Berdasarkan Prediksi Beban Tahunan (Studi Kasus Pada PT. PLN (Persero) Rayon Majenang)

Fitrizawati¹, Hartono² Dody Bastian Tumanggor³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto

Jln. Semangir No.1 Telp. (0281)632870,626266 INDONESIA

¹⁾ fitrizawati@gmail.com, ²⁾ hartono.fahmi@gmail.com

Abstrak

PT.PLN sebagai perusahaan BUMN yang menangani usaha kelistrikan selalu dituntut untuk meningkatkan pelayanan kepada pelanggan. Dalam perang Padam Jawa Bali, unit-unit dituntut untuk mengurangi bahkan meniadakan padam akibat gangguan. Salah satu program pemeliharaan preventif pada jaringan distribusi adalah dengan memperhatikan pertumbuhan beban pemakaian tenaga listrik. Oleh karena itu diperlukan adanya reevaluasi dan kajian analisis terhadap kelayakan peralatan yang digunakan untuk menjamin mutu dan keandalan pelayanan energi listrik di jaringan seperti trafo distribusi. Pertumbuhan beban rata-rata pada penyulang Majenang 01 PT. PLN (Persero) Rayon Majenang dari tahun 2011–2014 naik sekitar 7,12%. Dengan menggunakan perhitungan metode eksponensial, diprediksi bahwa sampai tahun 2019 akan ada 18 trafo distribusi yang akan mengalami kelebihan kapasitas dari total 29 trafo distribusi pada penyulang Majenang 01.

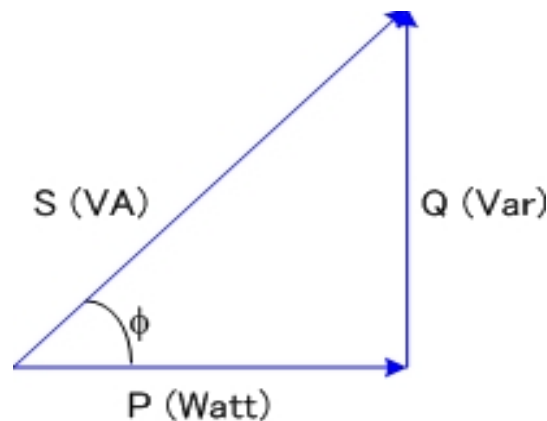
Keywords : pemeliharaan preventif, beban, jaringan listrik, penyulang dan trafo distribusi.

1. Pendahuluan

Listrik adalah bentuk energi yang paling praktis penggunaannya oleh manusia, dimana listrik dihasilkan dari proses konversi sumber lainnya seperti batubara, minyak bumi, gas, panas bumi, potensial air dan energi angin. Energi listrik merupakan salah satu faktor pendukung penting bagi kehidupan manusia karena banyak sekali peralatan yang biasa kita gunakan menggunakan listrik sebagai sumber energinya seperti televisi, setrika, mesin cuci, handphone dan masih banyak lagi lainnya. Pada dasarnya energi listrik yang berasal dari energi primer seperti minyak bumi, gas, batubara, dll tidak dapat diperbaharui. Apabila manusia tidak dapat menggunakan secara efektif dan efisien, maka energi listrik akan cepat habis. Secara tidak langsung, hal ini juga akan memperbesar efek pemanasan global yang mengancam kehidupan manusia. Semakin banyak penggunaan alat-alat listrik, maka semakin banyak pula gas rumah kaca yang dihasilkan bumi. Permintaan terhadap tenaga listrik di lingkungan kerja PT. PLN (Persero) Rayon Majenang setiap tahunnya selalu meningkat sesuai dengan karakteristik pertumbuhan bebannya. Konsekuensi dari semakin bertambahnya beban pada jaringan listrik maka diperlukan adanya reevaluasi dan kajian analisis terhadap kelayakan jaringan dan peralatan yang digunakan untuk menjamin mutu dan keandalan pelayanan tenaga listrik khususnya transformator. Sistem Tenaga Listrik adalah sekumpulan Pusat Listrik dan Gardu Induk (Pusat Beban) yang satu sama lain dihubungkan oleh Jaringan Transmisi sehingga merupakan sebuah kesatuan interkoneksi, [1]. Manajemen Operasi Sistem Tenaga Listrik haruslah memikirkan bagaimana menyediakan tenaga listrik yang seekonomis mungkin dengan tetap memperhatikan hal-hal sebagai berikut, [2]:

- a. Perkiraan beban (*load forecast*)
- b. Syarat-syarat pemeliharaan peralatan
- c. Keandalan yang diinginkan
- d. Alokasi beban dan produksi pembangkit yang ekonomis.

Pada umumnya kebutuhan tenaga listrik konsumen bersifat periodik maka grafik pemakaian energi listrik atau biasa disebut grafik beban dari sistem tenaga listrik juga mempunyai sifat periodik. Karena itu statistik beban dari beberapa tahun belakangan beserta analisisnya sangat diperlukan untuk memperkirakan beban masa depan. Daya total (kVA) yang dikirimkan dalam jaringan distribusi terdiri dari daya aktif (kW) dan daya reaktif (kVar). Daya aktif adalah daya listrik yang dapat diubah ke bentuk energi yang lain seperti cahaya dan lain-lain. Daya reaktif adalah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet, [2].



Gambar 1.1. Diagram Vektor Daya

Dari gambar tersebut dapat kita peroleh :

$$P = S \times \cos \phi \quad (\text{Watt})$$

$$Q = S \times \sin \phi \quad (\text{VAR})$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (\text{VA})$$

Daya listrik pada sistem 3 fasa dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Daya aktif (P)} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \quad (\text{Watt})$$

$$\text{Daya reaktif (Q)} = \sqrt{3} \times I \times \sin \phi \quad (\text{VAR})$$

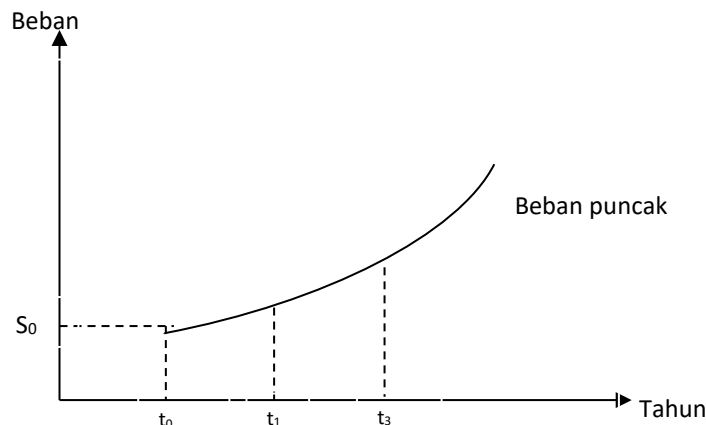
$$\text{Daya total (S)} = \sqrt{3} \times V \times I \quad (\text{VA})$$

Djiteng Marsudi dalam bukunya “ Operasi Sistem Tenaga Listrik “ membuat tiga kelompok perkiraan beban yaitu : Perkiraan beban jangka panjang Perkiraan beban jangka panjang adalah untuk jangka panjang waktu diatas satu tahun, yang menyangkut masalah makro ekonomi yang merupakan masalah ekstern perusahaan listrik, hal ini merupakan faktor utama yang menentukan arah perkiraan beban. Faktor mikro ini misalnya pendapatan perkapita penduduk Indonesia, karena itu masalah ini perlu dimintakan pengarahannya dari pemerintah. Perkiraan beban jangka panjang banyak dipergunakan untuk keperluan perencanaan pengembangan sistem. Perkiraan beban jangka menengah Perkiraan beban jangka menengah adalah untuk jangka waktu dari satu bulan sampai dengan satu tahun. Dalam perkiraan beban jangka menengah masalah – masalah manajerial perusahaan merupakan faktor utama yang menentukan, misalnya kemampuan teknis memperluas jaringan distribusi, dan kemampuan teknis menyelesaikan proyek saluran transmisi. Masalah ini tidak sepenuhnya merupakan masalah intern perusahaan listrik, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor ekstern khususnya jika menyangkut masalah pembebasan tanah dan penyediaan dana. Dalam perkiraan beban jangka panjang aspek operasional lebih menonjol, tetapi dalam perkiraan beban jangka menengah tidak banyak lagi yang dapat dilakukan dalam segi pengembangan. Tetapi perkiraan beban jangka menengah sangat mempengaruhi penentuan penyediaan daya yang perlu dipersiapkan dalam jangka panjang, [2],[3].

Perkiraan beban jangka pendek. Perkiraan beban jangka pendek adalah untuk jangka waktu beberapa jam sampai satu minggu. Dalam perkiraan beban jangka pendek terdapat batas atas untuk beban maksimum dan batas bawah untuk beban minimum yang ditentukan oleh perkiraan beban

jangka menengah. Selama bertahun-tahun suatu cara memperkirakan beban telah banyak diperbaiki dan sekarang hampir mencapai tahap yang lebih tetap dan tidak menyimpang. Banyak metode yang digunakan untuk perkiraan beban listrik. Kiranya perlu ditentukan bahwa tidak ada satu pun metode perkiraan beban yang memberikan hasil yang tetap benar. Karena metode perkiraan beban biasanya berstandar kepada berbagai macam asumsi atau permisalan sesuai dengan kebutuhan, [3].

Metode perkiraan beban listrik yang akan dikemukakan adalah metode eksponensial, yaitu suatu bagian dari ilmu statistik yang diperoleh dengan membuat hubungan matematis dari data-data pada tahun sebelumnya, untuk diadakan pendekatan dengan metode eksponensial, [4], [5].



Gambar 1.2. Hubungan beban dan tahun

$$S_n = S_0 (1 + \alpha)^t \dots \dots \dots (1)$$

dengan,

S_n : Kecepatan pertumbuhan rata-rata tahunan yang diamati selama n tahun

S_0 : Pemakaian beban pada perhitungan tahun pertama

t : Waktu tahun ke t

α : Rata – rata pertumbuhan beban dalam prosentase

Faktor pertumbuhan beban tiap tahun (α) adalah nilai yang tertentu antara nilai selisih beban tahun tinjauan dengan nilai beban tahun sebelumnya dan dibandingkan dengan beban tahun tinjauan.

Adapun pernyataan di atas dapat direpresentasikan dengan persamaan berikut :

$$\alpha = \frac{MVA_n - MVA_{n-1}}{MVA_n} \dots \dots \dots (2)$$

dengan :

α = Faktor pertumbuhan beban tahunan

MVA_n = Daya pada tahun n

MVA_{n-1} = Daya pada tahun $n-1$

2. Metode Penelitian

2.1. Metode Pemulusan Eksponensial Tunggal Single

Digunakan untuk data runtut waktu yang mengikuti pola stasioner. Bentuk umum yang digunakan untuk menghitung ramalan adalah:

$$\hat{Y}_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) \hat{Y}_t \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

$\hat{Y}_{t+1}$ = nilai ramalan untuk periode berikutnya

α = konstanta pemulusan

Y_t = data baru atau nilai Y yg sebenarnya pada periode t

$\hat{Y}_t$ = nilai pemulusan yang lama atau rata-rata pemulusan hingga periode $t-1$

2.2. Sistem TRANSFORMATOR

Transformator merupakan suatu alat listrik statis yang dapat memindahkan dan mengubah tegangan dan arus bolak-balik dari suatu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain dengan nilai yang sama maupun berbeda besarnya pada frekuensi yang sama, melalui gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada umumnya transformator terdiri atas sebuah inti yang terbuat dari besi berlapis, dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Rasio perubahan tegangan akan tergantung dari rasio jumlah lilitan pada kumparan itu. Biasanya kumparan terbuat dari kawat tembaga atau aluminium yang dililitkan pada kaki inti transformator. Transformator terdiri atas dua kumparan (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektrik namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi (*reluctance*) rendah. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalirlah arus primer. Akibatnya adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi (*self induction*) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama (*mutual induction*) yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder, maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder dibebani, sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (secara magnetisasi), [3].

$$E = -N \frac{d\phi}{dt} \dots \text{Volt} \dots \dots \dots (3)$$

dimana :

E = gaya gerak listrik (ggl) Volt

N = jumlah lilitan

$\frac{d\phi}{dt}$ = perubahan fluks magnet

Perlu diingat bahwa hanya tegangan listrik bolak-balik yang dapat ditransformasikan oleh transformator, sedangkan dalam bidang elektronika transformator digunakan sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan arus bolak-balik antara rangkaian.

Tujuan utama menggunakan inti pada transformator adalah untuk mengurangi reluktansi (tahanan magnetis) rangkaian magnetis (*common magnetic circuit*).

2.3. Metode Pengambilan Data Penelitian

Adapun langkah - langkah dalam pengolahan data sebagai berikut :

- Menentukan tempat penelitian. Tempat penelitian yang dituju adalah pada PT. PLN (Persero) Rayon Majenang dengan mengambil sample penelitian berupa beban masing-masing trafo distribusi yang ada pada penyulang Majenang 01.
- Menentukan data - data pembebanan pada penyulang Majenang 01.
- Pengumpulan dan tabulasi data - data penelitian. Data-data yang ditabulasi antara lain data-data pembebanan dan data penghantar.

- d. Menentukan faktor pertumbuhan beban tahunan berdasarkan data beban 4 tahun sebelum tahun penelitian yaitu data beban tahun 2011 sampai dengan tahun 2014.
- e. Menentukan besarnya faktor pertumbuhan beban tahunan rata - rata.
- f. Menentukan peramalan beban tahunan sampai dengan 5 tahun dari tahun penelitian yaitu dari tahun 2015 sampai tahun 2019.
- g. Mengadakan evaluasi kelayakan kapasitas transformator distribusi berdasarkan perbandingan nilai peramalan pertumbuhan beban jaringan 5 (lima) tahun mendatang dengan kapasitas transformator yang terpasang (metode eksponensial tunggal). Adapun evaluasi kelayakan transformator menggunakan asumsi sebagai berikut :

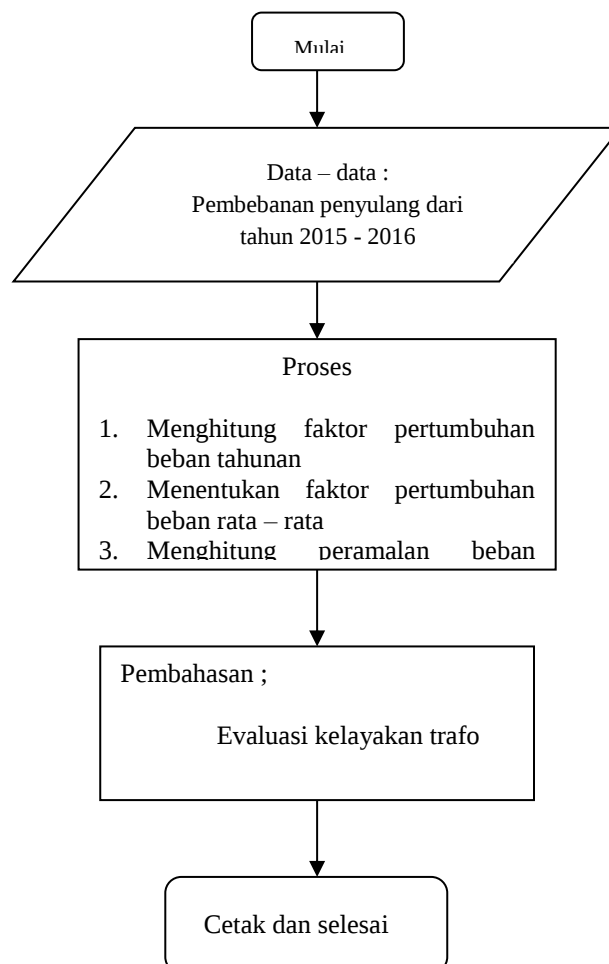
$KVA_{Trafo} > KHA_{pb}$ maka transformator masih layak

$KVA_{Trafo} < KHA_{pb}$ maka penghantar tidak layak

Dengan ketentuan :

KVA_{Trafo} = kapasitas KVAttransformator terpasang

KVA_{pb} = Beban KVAberdasarkan pertumbuhan beban



Gambar 2.1. Flowchart

3. Hasil Dan Pembahasan

Data tahun 2015 trafo distribusi penyulang majenang 01. Dimana pada penyulang ini terdapat 29 trafo dengan daya total terpasang sebesar 2.590 kVA dengan beban terpakai 994 kVA (38%).

Tabel 3.1. Data tahun 2015 trafo distribusi penyulang majenang 01

Pembebanan Penyulang Majenang 01 Tahun 2011					
NO	NO TIANG	MERK	Beban (KVA)		
			Terpasang	Terpakai	Persentase
1	MJG01-19-T07	SINTRA	50	31.5	63%
2	MJG01-20	SINTRA	50	22.6	45%
3	MJG01-25	TRAFINDO	50	22.4	45%
4	MJG01-34	SINTRA	50	31.2	62%
5	MJG01-37	SINTRA	50	20.7	41%
6	MJG01-41	SINTRA	50	19.5	39%
7	MJG01-44	SINTRA	50	24.3	49%
8	MJG01-45	COOPER	25	12.3	49%
9	MJG01-46-U01	SINTRA	50	21.1	42%
10	MJG01-48	TRAFINDO	50	20.8	42%
11	MJG01-50	TRAFINDO	50	23.5	47%
12	MJG01-52	TRAFINDO	50	25.5	51%
13	MJG01-54-U01	SINTRA	160	24.4	15%
14	MJG01-57-S01	TRAFINDO	630	371.7	59%
15	MJG01-60	STARLITE	100	18.7	19%
16	MJG01-61	STARLITE	100	20.5	21%
17	MJG01-63	STARLITE	100	22.3	22%
18	MJG01-65	SINTRA	50	18.3	37%
19	MJG01-65-S02	SINTRA&CENTRADO	150	28.4	19%
20	MJG01-68-U01	TRAFINDO	200	20.8	10%
21	MJG01-71-U01	COOPER	25	28.9	116%
22	MJG01-71-S05	TRAFINDO	100	30.4	30%
23	MJG01-71-S06	VOLTRA	50	21.3	43%
24	MJG01-71-S09	SINTRA	50	17.6	35%
25	MJG01-71-S15-B01	JP	50	18.7	37%
26	MJG01-71-S15-B02	SINTRA	50	14.3	29%
27	MJG01-71-S15-B10	VOLTRA	100	22.3	22%
28	MJG01-71-S15-T01	BD	50	18.3	37%
29	MJG01-71-S15-T03	SINTRA	50	22.1	44%
TOTAL BEBAN			2,590	994	38%

Dengan melakukan analisis berdasarkan tabel diatas bahwa belum ada dari 29 trafo distribusi ini yang melewati batas kapasitas maksimumnya. Tapi jika diperhatikan ada dua trafo yang sudah mendekati kapasitas maksimum yaitu

- 1) pada trafo MJG01-19-T07 dengan kapasitas terpasang 50 KVA dengan beban 31.5 (63%)
- 2) pada trafo MJG 01-34 dengan kapasitas terpasang 50 KVA dengan beban 31.2 (62%)

Pertumbuhan beban tahunan yang dilayani oleh penyulang Majenang 01 sampai 5 tahun mendatang (tahun 2019) dapat ditentukan dengan cara perhitungan sebagai berikut :

1. Pertumbuhan beban tahun ke-1 (tahun 2015)

1) $S_{12015} = S_{12014} (1 + \alpha)^t$; dimana : t = tahun perkiraan...1,2,...,Dengan : S_{12015} = Beban terpakai trafo MJG01-19-T07 tahun 2015

$$S_{12015} = 40.5 (1 + 0,0711)^1$$

$$S_{12015} = 40.5 (1,0711)$$

$$S_{12015} = 43.38 \text{ KVA}$$

2) $S_{22015} = S_{22014} (1 + \alpha)^t$; dimana ; t = tahun perkiraan..1,2,...,Dengan : S_{22015} = Beban terpakai trafo MJG01-20 tahun 2015

$$S_{22015} = 31.4 (1 + 0,0711)^1$$

$$S_{22015} = 31.4 (1,0711)$$

$$S_{22015} = 33.63 \text{ KVA}$$

Selanjutnya pertumbuhan beban penyulang Majenang 1 pada tahun 2016 dapat dihitung seperti perhitungan di atas dan hasil perhitungannya ditampilkan pada tabel dibawah :

Tabel 3.2. Data tahun 2016 trafo distribusi penyulang majenang 01

Prediksi Pembebanan Penyulang Majenang 01 Tahun 2015							
NO	NO TIANG	MERK	Beban (KVA)			Persentase	Keterangan
			Terpasang	Terpakai 2014	Prediksi 2015 *		
1	MJG01-19-T07	SINTRA	50	40.5	43.38	87%	Recommended
2	MJG01-20	SINTRA	50	31.4	33.63	67%	
3	MJG01-25	TRAFINDO	50	32.6	34.92	70%	
4	MJG01-34	SINTRA	50	41.3	44.24	88%	Recommended
5	MJG01-37	SINTRA	50	31.5	33.74	67%	
6	MJG01-41	SINTRA	50	29.3	31.38	63%	
7	MJG01-44	SINTRA	50	31.4	33.63	67%	
8	MJG01-45	COOPER	25	21.4	22.92	92%	Recommended
9	MJG01-46-U01	SINTRA	50	31.4	33.63	67%	
10	MJG01-48	TRAFINDO	50	29.9	32.03	64%	
11	MJG01-50	TRAFINDO	50	31.8	34.06	68%	
12	MJG01-52	TRAFINDO	50	33.4	35.77	72%	
13	MJG01-54-U01	SINTRA	160	32.2	34.49	22%	
14	MJG01-57-S01	TRAFINDO	630	379.1	406.05	64%	
15	MJG01-60	STARLITE	100	33.2	35.56	36%	
16	MJG01-61	STARLITE	100	27.2	29.13	29%	
17	MJG01-63	STARLITE	100	31.3	33.53	34%	
18	MJG01-65	SINTRA	50	25.4	27.21	54%	
19	MJG01-65-S02	SINTRA&CENTRADO	150	39.4	42.20	28%	
20	MJG01-68-U01	TRAFINDO	200	29.8	31.92	16%	
21	MJG01-71-U01	COOPER	25	18.2	19.49	78%	
22	MJG01-71-S05	TRAFINDO	100	38.6	41.34	41%	
23	MJG01-71-S06	VOLTRA	50	29.7	31.81	64%	
24	MJG01-71-S09	SINTRA	50	31.6	33.85	68%	
25	MJG01-71-S15-B01	JP	50	28.1	30.10	60%	
26	MJG01-71-S15-B02	SINTRA	50	21.3	22.81	46%	
27	MJG01-71-S15-B10	VOLTRA	100	29.3	31.38	31%	
28	MJG01-71-S15-T01	BD	50	29.3	31.38	63%	
29	MJG01-71-S15-T03	SINTRA	50	31.1	33.31	67%	
TOTAL BEBAN			2,590	1,241	1,329		
*							
	Rumus	= Beban Terpakai 2014 x (1 + α) ^t					
	α	= 1+7,11 %					
		= 1.0711					
	t	= tahun					
		= 1					

Analisis Kelayakan Kapasitas Transformator Berdasarkan Prediksi Beban Tahunan (Studi Kasus Pada PT. PLN (Persero) Rayon Majenang)

Fitrizawati¹, Hartono² Dody Bastian Tumanggor³

Berdasarkan evaluasi kelayakan kapasitas transformator pada penyulang Majenang 01 didapatkan bahwa pada tahun 2015 ada 3 buah transformator pada titik atau bus di MJG01-19-T07, MJG01-34, MJG01-45 telah melebihi batas kapasitas terpasang atau sudah tidak layak sehingga perlu diganti, pada tahun 2016 ada 1 buah transformator pada titik atau bus di MJG01-71-U01 telah melebihi batas kapasitas terpasang atau sudah tidak layak sehingga perlu diganti. pada tahun 2017 ada 2 (dua) buah transformator pada titik atau bus di MJG 01-25, dan MJG 01-52 telah melebihi batas kapasitas terpasang atau sudah tidak layak sehingga perlu diganti.

Perencanaan berdasarkan kebutuhan maka diprediksi pada tahun 2018 atau tahun ke empat sudah ada 13 trafo distribusi yang diprediksi akan melebihi kapasitas terpasang dari total 29 trafo di Penyulang Majenang 01 sehingga sangat perlu ada perhatian khusus, sedangkan pada tahun 2019 atau tahun ke empat sudah ada 18 trafo distribusi yang diprediksi akan melebihi kapasitas terpasang dari total 29 trafo di Penyulang Majenang 01 sehingga sangat perlu ada perhatian khusus.

4. Kesimpulan

- a. Pertumbuhan beban tahunan rata-rata pada penyulang Majenang 01 menurut data tahun 2011 sampai 2014 adalah sebesar 7,12%.
- b. Pertumbuhan beban pada penyulang Majenang 01 tahun 2011 sebanyak 994 KVA (38%), tahun 2012 sebanyak 1.068 KVA (41%), tahun 2013 sebanyak 1.172 KVA (45%) dan pada tahun 2014 sebanyak 1.241 KVA (48%).
- c. Berdasarkan evaluasi kelayakan kapasitas transformator pada penyulang Majenang 01 didapatkan bahwa pada tahun 2015 ada 3 buah transformator pada titik atau bus di MJG01-19-T07, MJG01-34, MJG01-45 telah melebihi batas kapasitas terpasang atau sudah tidak layak sehingga perlu diganti, pada tahun 2016 ada 1 buah transformator pada titik atau bus di MJG01-71-U01 telah melebihi batas kapasitas terpasang atau sudah tidak layak sehingga perlu diganti.
- d. pada tahun 2017 ada 2 (dua) buah transformator pada titik atau bus di MJG 01-25, dan MJG 01-52 telah melebihi batas kapasitas terpasang atau sudah tidak layak sehingga perlu diganti, ada tahun 2018 atau tahun ke empat sudah ada 13 trafo distribusi yang diprediksi akan melebihi kapasitas terpasang dari total 29 trafo di Penyulang Majenang 01 sehingga sangat perlu ada perhatian khusus, tahun 2019 atau tahun ke empat sudah ada 18 trafo distribusi yang diprediksi akan melebihi kapasitas terpasang dari total 29 trafo di Penyulang Majenang 01 sehingga sangat perlu ada perhatian khusus.

5. Referensi

- [1] Djiteng Marsudi, 2006, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Jakarta : Graha Ilmu.
- [2] Pamoro, Karso Aji, 2005, "Analisis Permalan Pertumbuhan Beban Tahunan Untuk Evaluasi Kelayakan Suplai Tegangan Serta Upaya Perbaikan Level tegangan Serta Upaya Perbaikan Level Tegangan pada Jaringan Distribusi Primer Radial (Studi Feeder 7 GI Gejayan)", Skripsi. Fakultas Teknik Elektro STTNAS. Yogyakarta.
- [3] Yin, Robert K. 2002. Studi Kasus: Desain dan Metode. Edisi Revisi. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada
- [4] Moleong, Lexy J. 1990. *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- [5] Kho, Dickson, 2014. Pengertian Transformator (Trafo) dan Prinsip Kerjanya.
URL:<http://teknikelektronika.com/pengertian-transformator-prinsip-kerja-trafo/>.