ANALISA PENGARUH PENEMPATAN KAPASITOR TERHADAP LOSSES DAN PROFIL TEGANGAN PADA GARDU INDUK PASAR KEMIS

ANALYZE THE EFFECT OF CAPACITOR PLACEMENT ON LOSSES AND VOLTAGE PROFILE AT SUBTATIONS PASAR KEMIS

Anggit Dwi Febriyana[1)],Rahmat Adiprasetya A.H[2)], Anna Nur Nazilah Chamim [3)]

[1),2)] dan [3)] Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Email : anggitdwi8@gmail.com

Abstrak

Perusahaan Listrik Negara (PLN) mempunyai kebijakan energi untuk memberikan pelayanan yang merata, terjangkau dan mampu memasok kebutuhan energi setiap lapisan masyarakat. untuk tujuan tersebut rugi-rugi daya pada jaringan harus diperkecil agar energi tidak banyak terbuang. Karena alasan tersebut penelitian ini dilakukan. Penelitian dimaksudkan untuk menganalisis bagaimana peran kapasitor bank dalam mengurangi losses yang ada pada jaringan distribusi. Bertempat di Gardu Induk 150 kV Pasar kemis, Jl. Pasir Awi, Ps. Kemis, PasarKemis, Tangerang, Banten. Dengan mengabil sampel data salah satu penyulang yaitu penyulang Kontraktor pada bulan Desember 2016. Penelitian ini dilakukan menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Penggunaan ETAP ini sangat membantu dalam proses menganalisa peran kapasitor bank pada system jaringan tenaga listrik. Penelitian ini telah menambah pemahaman tentang penggunaan dan optimalisasi kapasitor bank pada sebuah sistem jaringan distribusi. Penambahan Kapasitor bank membuat *losses* pada jaringan akan mengalami penurunan dari 24 kVA menjadi 0 kVA, dengan penambahan kapasitor besarnya faktor daya (*Cos phi*) pada jaringan meningkat dari sebelumnya sebesar 0.86 menjadi 0.98 sehingga menyebabkan kualitas tegangan pada suatu jaringan menjadi lebih baik.

Kata Kunci : *Kapasitor, Kapasitor Bank, Losses*

Abstract

Electricity company of Indonesia (PLN) has an energy policy to provide equitable service that are evenly distributed, affordable, and can supplying the needs of people. For that purpose the power losses on the network must be reduce so energy isn't much wasted. This research is intenden to analyze how the role of bank capacitor for reduce losses on distribution network. This research located at 150 kV Pasar Kemis Subtation , Jl. Pasir Awi, Ps. Kemis, PasarKemis, Tangerang, Banten on Desember 2016. *This research was conducted using ETAP 12.06.0. Etap is very helpful in the process of analyzing the role of bank capacitor in the grid sistem. In this research has increased un derstanding of the use and optimization of bank capacitor on a distribution network system. Addition of bank capacitor makes losses on network decreased from 24 kVA to 0 kVA, and its make the value of cos phi increase from 0,86 to 0,98. Addition of capacitor bank make the voltage quality better.*

Index Terms- Capacitor, Capacitor bank, Losses

1. Pendahuluan

Kebijakan energi nasional bertujuan untuk menyediakan energi listrik dengan pelayanan yang terus-menerus dan merata serta tingkat keandalan yang memadai, jumlah yang cukup untuk keperluan masyarakat dengan harga yang terjangkau untuk mendorong pertumbuhan ekonomi nasional, dan meningkatkan taraf hidup masyarakat. Perkembangan berbagai sektor kehidupan membawa pengaruh terhadap pertumbuhan jumlah beban. Pertumbuhan jumlah beban yang pesat harus diikuti dengan keandalan pasokan dan mutu pelayanan listrik yang baik termasuk mengurangi frekuensi pemadaman dan menjaga mutu tegangan sistem. Dengan meningkatnya beban, besarnya rugi-rugi oleh adanya tahanan pada penghantar akan semakin meningkat pula. Jatuh tegangan terjadi cukup besar apabila jarak pelanggan dengan gardu distribusi terlalu jauh sehingga menaikan rugi-rugi daya (*losses*) secara signifikan. Rugi-rugi (*losses*) berbanding lurus dengan tahanan penghantar dan kuadrat arus beban. Selain itu rugi-rugi daya (*losses*) dapat juga disebabkan non teknis.

Berdasarkan audit energi hingga tahun 2004, angka kerugian energi total PLN se-Indonesia adalah 16,84. Dari total kerugian energi listrik tersebut sistem distribusi tercatat memiliki kerugian terbesar yaitu 14.47 %, sedangkan kerugian sistem transmisi hanya 2.37 %. [3]

Di Tangerang terdapat satu GI (Gardu Induk) distribusi 150 KV yang berada di kecamatan Pasar Kemis. Hal ini dilakukan sebagai usaha pemerintah untuk dapat memenuhi kebutuhan akan energi listrik bagi masyarakat.

Pada jaringan distribusi semakin panjang suatu penghantar listrik atau jaringan transmisi, maka semakin besar sifat induktansi (L) dari penghantar tersebut. Tentu hal ini tidak berdampak baik untuk konsumen maupun produsen energi listrik.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dalam penelitian ini akan dihitung *losses* (susut daya) dan profile tegangan yang dihasilkan dan mensimulasikan pada software ETAP 12.6.0, serta kemudian merencanakan solusi rencana perbaikan jaringan yang dapat dilakukan oleh PLN untuk menangani permasalahan di lokasi studi kasus tersebut. Sehubungan dengan pentingnya hal ini, diharapkan nantinya hasil studi kasus dan solusi perencanaan perbaikan yang ditawarkan oleh penulis dapat dijadikan pertimbangan untuk menangani permasalahan yang terjadi pada GI Pasar Kemis.

2. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian adalah pengetahuan yang mengkaji ketentuan mengenai metode-metode yang digunakan dalam penelitian. Keterkaitan metode-metode dalam penelitian **Analisis Pemasangan Kapasitor Untuk Mengurangi Losses dan Perbaikan Profile Tegangan Pada Gardu Induk Distribusi 150 KV PT. PLN (Persero) Pasar Kemis, Kab. Tangerang"** tereduksi dari paradigma penelitian kuantitatif yang menjelaskan perihal seperti; penekanan pada pengujian teori-teori melalui pengukuran variabel penelitian dengan angka dan melakukan analisis data dengan prosedur statistik, melibatkan lima komponen informasi ilmiah yaitu teori, hipotesis, observasi, generalisasi empiris, dan penerimaan atau penolakan hipotesis.

Langkah Penelitian

- **Mulai**

  Langkah awal penelitian yaitu mempersiapkan segala sesuatu yang berhubungan dengan penelitian.
- **Perumusan Masalah**

  Pada tahap ini penulis meginventarisir permasalahan apa yang akan dibahas dalam penelitian yang berkaitan dengan dunia elektro di Indonesia dan khususnya Tangerang. Kemudian penyebab dari permasalahan dapat ditelusuri. Permasalahan yang diangkat menjadi topic adalah analisis masalah system jaringan distribusi. Baik yang berhubungan dengan factor daya yang tidak sesuai dengan batas normalnya dan daya yang hilang pada gardu induk kv.
- **Studi Pustaka**

  Studi pustaka dilakukan untuk mencari informasi-informasi tentang teori, metode dan konsep yang relevan dengan permasalahan. Sehingga dengani nformasi-informasi tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian permasalahan. Studi pustaka yang dilakukan dengan mencari informasi dan referensi dalam bentuk buku, jurnal serta informasi dari internet maupunsumber-sumber lainnya seperti konsultasi dengan dosen.

- **Pengambilan Data**

  Untuk memperoleh hasil yang bersifat obyektif, maka digunakan beberapa metode. Adapun metode yang digunakan ialah :

1. Data Sekunder
   Merupakan suatu data yang diperoleh secara tidak langsung, melainkan dengan cara :
   a. Studi dan Riset Perpustakaan
      Metode ini penulis mengumpulkan data-data yang diperlukan melalui refrensi, arsip dari berbagai macam buku dan literature yang berkaitan dengan permasalahan yang ada.

- **Pengolahan dan Analisis Data**

Setelah data terkumpul, maka langkah selanjutnya adalah pengolahan data. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat *ETAP (Electric Transient and Analysis Program)*.Metode pemodelan dalam *ETAP (Electric Transient and Analysis Program)* merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, *online* untuk pengelolaan data *real-time* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*.

- **Analisis Data**

Dari simulasi akan didapatkan suatu hasil yang nantinya akan dianalisa. Data yang akan dianalisis untuk mengetahui kondisi di Gardu Induk, Jaringan distribusi, maupun konsumen. Data dari simulasi tersebut penulis dapat mengetahui berapa besarnya, power factor, daya nyata pada salah satu Feeder di Gardu Induk, dan drop tegangan pada jaringan distribusi sesudah dan sebelum pemasangan kapasitor bank.

- **Penulisan Skripsi**

Hasil dari pembahasan dijadikan pedoman dalam penulisan skripsi ini, untuk profile tempat penelitian, hasil simulasi dan perhitungan terdapat dalam Bab IV yang akan menjelaskan secara rinci tentang rugi-rugi daya dan profil tegangan pada system jaringan distribusi.

3. Hasil Penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi yang kemudian dipilih sebagai tempat penelitian adalah Gardu Induk 150 kV Pasar Kemis, Tangerang, Banten. Yang berlokasi di Jl. Pasir Awi, Ps. Kemis, PasarKemis, Tangerang, Banten. Data penelitian yang digunakan ialah data tanggal 03/12/2016 – 02/01/2017

Pengambilan data-data dalam penelitian yaitu melalui Kantor PLN APJ Cikupa di Jl, Raya Serang KM. 17, Bojong, Cikupa, Tangerang, Banten.

Penyulang Kontraktor

Penyulang Kontraktor merupakan jaringan jenis sambungan kabel tanah tegangan menengah (SKTM). Serta penyulang kontraktor merupakan jaringan distribusi primer 20 kV radial yang disuplai dari trafo 3 Gardu Induk 150 kV pasar kemis. Penyulang ini memiliki beban distribusi sebesar 11.965 KVA dan panjang saluran 5.503 MS. Data tersebut didapat dari *Single Line Diagram* (SLD) dan data teknik penyulang kontraktor.

Tabel 1. Data Panjang Penyulang Kontraktor

PENYULANG	LEGHT (M)	TO	TYPE	JENIS	UKURAN	FORM
KONTRAKTOR	1389	KC456	SKTM	XLPE	240	KC199
KONTRAKTOR	2336	KC486	SKTM	XLPE	240	GI
KONTRAKTOR	1076	KC199	SKTM	XLPE	240	KC486
KONTRAKTOR	56	GH102	SKTM	XLPE	240	KC64
KONTRAKTOR	646	KC64	SKTM	XLPE	240	KC456

Pada tabel1 terlihat pada penyulang kontraktor memiliki 5 gardu distribusi namun yang terpakai untuk pelanggan hanya 3 gardu saja yaitu :

1. KC 486 (PT. Garuda Metalindo)
2. KC 199 (PT. Poly Unggul Plastic)
3. KC 456 (PT. Indo Tirta Abadi)

Dari tabel 4.1 dapat dilihat penyulang kontraktor merukapan jaringan distribusi

saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM) dengan menggunakan kabel berisolasi XLPE (*cross linking pholythelen*). Kalbel berisolasi XLPE terbuat dari camuran termoset yang lebih tahan terhadap perubahan suhu sehinggadapat meninkatan kapasitas arus pada suatu jaringan. Menurut standar IEC (*International Electronical Commision*) kabel XLPE memiliki standar tahanan, induktansi, dan kapasitansi sebagai berikut :

Data Beban Yang Tersambung Pada Feeder Kontraktor

A. PT. GARUDA METALINDO

Nama : PT. Garuda Metalindo

Alamat : Jl. Industri Raya III Blok AE No. 23 Jatake, Tangerang

Tarif / Daya : I3 / 3750

No. Gardu : KC 486

Factor CT / PT : 25 / 200

B. Poly Unggul Plastik

Nama : PT. Poly Unggul Plastik

Alamat : Jl. Industri Raya III Blok AG

Tarif / Daya : I3 / 4330

No. Gardu : KC 199

Faktor CT/PT : -/-

C. PT. Indo Tirta Abadi

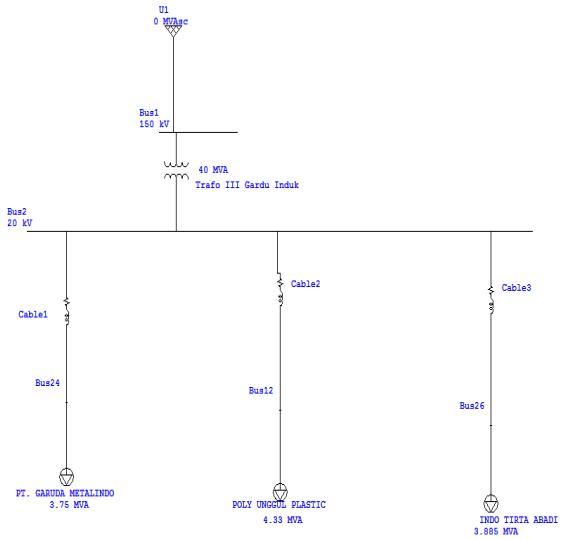
Nama : PT. Indo Tirta Al

Alamat : Jl. Industri IV AD No. 18 Jatake, Tangerang

Tarif / Daya :I3 / 3885

No. Gardu : KC 456

Pemodelan ETAP 12.6.0



Gambar di atas merupakan gambar pemodelan penyulang kontraktor Gardu Induk Pasar Kemis sebelum pemasangan kapasitor bank. Didapatkan data besarnya tegangan, daya, dan arus sebagai berikut :

Tabel 3. Pengamatan Tegangan, Daya, dan Arus Penyulang Kontraktor

No.	Komponen	Tegangan (kV)	Power Factor (%)	Daya Output			Arus
				(kW)	(kVAR)	(kVA)	(A)
1	BUS BAR 150 kV	150	88%	10501	5659	11928	45.9
2	BUS BAR 20 KV (PT. Garuda Metalindo)	19.719	86.9 %	3248	1846	3736	109.4
3	BUS BAR 20 KV (PT.Poly Unggul Plastic)	19.719	81%	3490	2530	4310	126.2
4	BUS BAR 20 KV (PT. Indo Tirta)	19.719	97%	3750	945	3867	112.3
5	(PT.	19.657	87%	324	1836	372	109

	Garuda Metalindo) sesudah kabel			0		5	.4
6	(PT.Poly Unggul Plastic) sesudah kabel	19.685	81%	3485	2523	4303	126.2
7	(PT. Indo Tirta) sesudah kabel	19.687	97%	3745	939	3861	113.2

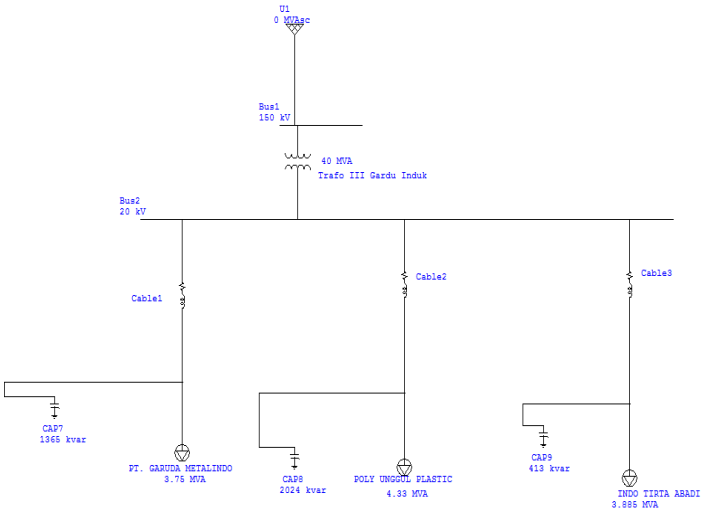
Melihat tabel pengamatan yang di sajikan pada tabel 3, dapat kita lihat kondisi jaringan yang terjadi saat sebelum terpasangnya kapasitor bank. Pada tabel itu juga terlihat besarnya losses dan drop tegangan yang terjadi pada jaringan yaitu sebagai berikut.

Tabel 4. Pengamatan Losses dan Drop Tegangan Penyulang Kontraktor

No	omponen	Losses			Drop Tegangan (kV)
		Daya Aktif (kW)	Daya Reaktif (kVAR)	Daya Semu (kVA)	
1	Trafo III Gardu Induk Pasar Kemis	12.4	337.7	-	-
2	Kabel 1 (PT. Garuda Metalindo)	7.8	10	11	0.036
3	Kabel 2 (PT. Poly Unggul Plastic)	4.8	6.1	7	0.2
4	Kabel 3 (PT. Indo Tirta Abadi)	5	6.4	6	0.019

Analisa Pengaruh Penggunaan Kapasitor Pada Busbar User

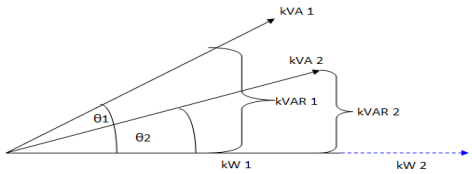
Pemodelan ETAP kapasitor pada pus bar user



Analisis Perbaikan Faktor daya

Dengan melihat tabel 4.10 pengamatan tegangan, daya, dan arus penyulang kontraktor dan tabel pengamatan Losses dan drop tegangan pada tabel 4.11. Maka perbaikan factor daya dapat dilakukan. Adapun tujuan perbaikan factor daya adalah mengurangi besarnya rugi–rugi daya semu dan jatuh tegangan. Factor daya diperlukan cos θ1 dan cosθ2.

Diagram Fasor Segitiga Daya



A. PT. Garuda Metalindo

1. Perbaikan Faktor Daya

Fasa = 3 Phase

Daya Nyata (P) = S.cos θ

= 3.736 kVA x 0.87

= 3250.32 kW

Tegangan = 19.719 kV

Frekuensi = 50 Hz

Cosθ1 = 0,87 θ1=29,5
tanθ1 = 0,56
Cosθ2 = 0,99 θ2=8,10
tanθ2 = 0,14

2. Kapasitas Kapasitor

Kapasitas kapasitor yang dibutuhkan pada penyulang kontraktor di sisi beban PT. Garuda Metalindo untuk perbaikan factor daya cosθ1 dan cosθ2 ialah:

Qc = P (tanθ1 – tanθ2)
Qc = 3.250.320 (0,56 – 0,14)
Qc = 3.250.320 (0,42)
Qc = 1.365.134,44 VAR
Qc = 1.365.13 kVAR

3. Kapasitansi Kapasitor

$$C = \frac{Qc}{V^2\omega}$$

$$C = \frac{1.365.134,44}{19,719^2 kV\ x(2x\pi xF)}$$

$$C = \frac{1.365.134.44}{19.719^2 x(2x3.14x50)}$$

$$C = \frac{1.365.134,44}{19.719^2 x314)}$$

$$C = \frac{1.365.134,44}{1,21\ x10^{11}}$$

$$C = 1,12\ x10^{-5}$$

B. PT. Poly Unggul Plastic

1. Perbaikan Faktor Daya

Fasa = 3 Phase
Daya Nyata (P) = S.cos θ
= 4310 x 0,81
= 3491,1 kW
Tegangan = 19.719 kV
Frekuensi = 50 Hz
Cosθ1 = 0,81 θ1 =35.9
tanθ1 = 0.72
Cosθ2 = 0,99 θ2=8,10
tanθ2 = 0,14

2. Kapasitas Kapasitor

Kapasitas kapasitor yang dibutuhkan pada penyulang kontraktor disisi beban PT. Poly Unggul Plastic untuk perbaikan factor daya cosθ1 dan cosθ2 ialah:

Qc = P (tanθ1 – tanθ2)
Qc = 3.491.100 (0,72 – 0,14)
Qc = 3.491.100 (0,58)
Qc = 2.024.838 VAR
Qc = 2.024,83 kVAR

Kapasitansi Kapasitor

$$C = \frac{Qc}{V^2\omega}$$

$$C = \frac{2.024.838}{19,719^2 kV\ x(2x\pi xF)}$$

$$C = \frac{2.024.838}{19.719^2 x(2x3.14x50)}$$

$$C = \frac{2.024.838}{19.719^2 x314)}$$

$$C = \frac{2.024.838}{1,21\ x10^{11}}$$

$$C = 1,67\ x10^{-5}$$

C. PT. Indo Tirta Abadi

1. Perbaikan Faktor Daya

Fasa = 3 Phase
Daya Nyata (P) = S . cos θ
= 3867 x 0,97
= 3750.99 kW
Tegangan = 19.719 kV
Frekuensi = 50 Hz
Cosθ1 = 0,97 θ1 =14.06 tanθ1 =0,25
Cosθ2= 0,99 θ2 = 8,10 tanθ2 = 0,1

2. Kapasitas Kapasitor

Kapasitas kapasitor yang dibutuhkan pada penyulang kontraktor di sisi beban PT. Poly Unggul Plastic untuk perbaikan factor daya cosθ1 dan cosθ2 ialah:

Qc = P (tanθ1 – tanθ2)
Qc = 3.750.990 (0,25 – 0,14)
Qc = 3.750.990 (0,11)
Qc = 412.608,9 VAR
Qc = 412,60 kVAR

3. Kapasitansi Kapasitor

$$C = \frac{Qc}{V^2\omega}$$

$$C = \frac{412.608,9}{19,719^2 kV\ x(2x\pi xF)}$$

$$C = \frac{412.608,9}{19.719^2 x(2x3.14x50)}$$

$$C = \frac{412.608,9}{19.719^2 x314)}$$

$$C = \frac{452.370}{1,21\ x10^{11}}$$

$$C = 3,73\ x10^{-6}$$

Analisa Pengaruh Kapasitor Bank

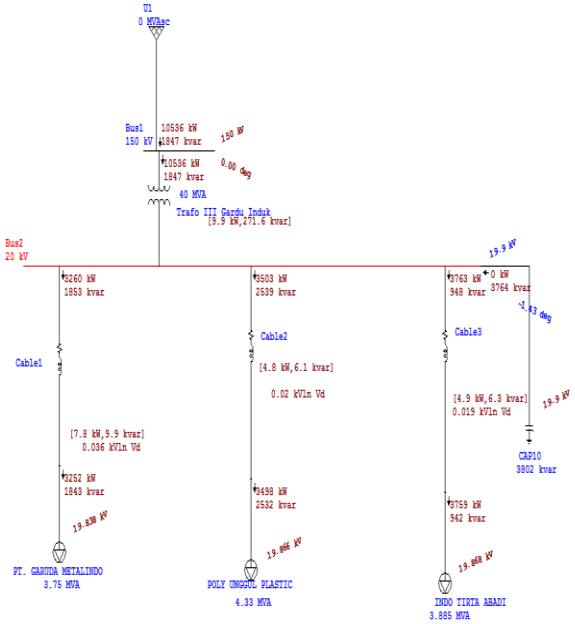
Setelah pemasangan kapasitor pada sisi beban menyebabkan penurunan besarnya tegangan, power factor, daya aktif, daya reaktif,daya semu, dan arus. Berikut tabel besarnya Daya aktif, daya reaktif serta daya semu sebelum dan sesudah pemasangan kapasitor.

Penambahan kapasitor menyebabkan penurunan besarnya daya yang di konsumsi oleh konsumen penurunan daya sehingga konsumsi daya pada penyulang kontraktor. Dikarenakan daya pada penylang kontraktor menurun menyebabkan besarnya arus pada penyulang kontraktor menjadi menurun sehingga suhu kabel pun menurun, dan life time kabel bertambah. Penurunan daya konsumen juga berdampak pada pengurangan drop tegangan dan losses yang ada di penyulang kontraktor di bawah ini merupakan tabel pengamatan losses dan drop tegangan.

Pengamatan Penempatan Kapasitor

Pada penyulang kontraktor terdapat 2 Bus Bar yaitu Bus Bar utama 20 kv dan Bus Bar User. Dengan tujuan mencari penempatan kapasitor agar lebih optimal maka kapasitor di tempatkan pada busbar inti 20kv penyulang kontraktor Gadu Induk pasar kemis.

Pemodelan ETAP



Analisa Perbandingan Penempatan Kapasitor

Penempatan kapasitor yang baik ialah yang berdekatan dengan beban. Di karenakan kapasitor ialah suatu perlengkapan listrik yang berperan sebagai sumber daya reactive. Apabila kapasitor dipasang pada busbar utama menyebabkan daya reactive akan menkonsumsi daya langsung dari trafo menyebabkan trafo bekerja lebih keras sehingga mengurangi *lifetime* trafo.

Berkurangnya daya reactive pada jaringan berdampak juga pada penurunan besarnya arus pada jaringan sehingga luas penampang kabel yang dibutuhkan pada jaringan semakin mengecil.

4. Kesimpulan

Uraian yang telah dibahas pada bab sebelumnya maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Data sebelum perbaikan faktor daya, di peroleh nilai rugi – rugi daya pada PT. Garuda Metalindo sebesar 7,8 kW dan 10 kVAR, PT. Poly Unggul Plastic sebesar 4.8 kW dan 6.1 kVAR, dan PT. Indo Tirta Abadi sebesar 5 kW dan 6.4 kVAR. Setelah perbaikan faktor daya menjadi 0,99 di peroleh nilai rugi – rugi daya pada PT. Garuda Metalindo sebesar 6 kW dan 7,7 kVAR, PT. Poly Unggul Plastic sebesar 3,2 kW dan 4,1 kVAR, dan PT. Indo Tirta Abadi sebesar 4,7 kW dan 6,1 kVAR
2. Sebelum perbaikan cos θ diperoleh drop tegangan PT. Garuda Metalindo sebesar 0,036 kV, PT. Poly Unggul Plastic Sebesar 0,2 kV, dan PT. Indo Tirta Abadi sebesar 0,019 kV. Setelah perbaikan faktor daya menjadi 0,99 di peroleh nilai drop tegangan PT. Garuda Metalindo sebesar 0,025, PT. Poly Unggul Plastic sebesar 0,012, dan PT. Indo Tirta Abadi sebesar 0,017.

5. Saran

Berdasarakan hasil penelitian di atas maka diperoleh saran sebagai saran agar tercapainya luaran yang diharapkan dari penelitian ini, yaitu :

1. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan rekomendasi kepada pihak perusahaan sehingga keandalan system pada jaringan distribusi dapat tercapai sesuai dengan yang diharapkan.
2. Penelitian – penelitian yang bersangkutan dengan losses dan jatuh tegangan pada jaringan distribusi sebaiknya dilakukan secara berkelanjutan. Hal ini perlu dikarenakan konsumen pada suatu jaringan distribusi terus berubah.
3. Penelitian yang bersangkutan dengan perbaikan faktor daya sebaiknya mengambil data dengan faktor daya yang besarnya kurang dari 0,6. Hal ini perlu dilakukan karena dapat lebih mudah untuk menganalisa pengaruh penempatan dan penggunaan kapasitor bank

DAFTAR PUSTAKA

1. Muhammad imam santoso. 2012. Skripsi" Studi analisis pengguanaan kapasitor untuk memperbaiki faktor daya dan kualitas tegangan pada jaringan distribusi 20 kV"fakultas teknik, Unversitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. http://maps.google.com
3. David tampubolon. 2014. Skripsi "Optimalisasi penggunaan kapasitor bank pada jaringan 20 kV dengan simulasi ETAP(Studi Kasus Pada Feeder Srikandi di PLN Rayon Pangkalan Balai, Wilayah Sumatera Selatan)" fakultas teknik. Universitas Sumatra Utara.
4. Fikriyan fajar al farobi. 2016. Skripsi "Studi pemasangan distributed generation (DG) pada penyulang 7 gardu induk bantul guna menurunkan losses menggunakan algiritma particle swarm optimization (PSO). Fakultas teknik, jurusan teknik elektro, Universitas Muhamadiyah Yogyakarta.