

# Optimasi Pemasangan dan Kapasitas Kapasitor *Shunt* Pada Jaringan Distribusi Penjulung Menjangan

Chandra Wimar Tono Manurung<sup>1</sup>, I Wayan Sukerayasa<sup>2</sup>, Rukmi Sari Hartati<sup>3</sup>

**Abstract**—Optimization of installation and capacity of shunt capacitor on Menjangan feeder do for reactive power compensation in the primary distribution network so it could improve the power factor, reduce network losses and improve voltage profile on Menjangan feeder distribution network after the installation of a shunt capacitor. To obtain the optimum value of these parameters, using a process optimization tools *Capacitor Sizing – Radial Network*. From the results of simulation studies on the optimization of shunt capacitor Menjangan feeder, obtained optimum layout of shunt capacitors are place at a distance of 92,724 ft (27.82 km) from the source, or in single line diagram it place before Bus 28 (GR 122) in capacity of 1.800 kVAR. After using the installation of shunt capacitors, then experienced a power factor up from the initial conditions of simulation increase 0.79 to 0.91, the voltage on Bus 91 (GR 115) increased by 16.4% (where the initial conditions of simulation 75.05% increase to 91.42%) and a decrease in losses of 29,3%.

**Intisari**— Optimasi pemasangan dan kapasitas kapasitor shunt pada jaringan distribusi Penyulang Menjangan dilakukan untuk kompensasi daya reaktif pada beban sehingga dapat memperbaiki faktor daya, mengurangi rugi-rugi jaringan dan memperbaiki profil tegangan. Untuk mendapatkan nilai yang optimum dari parameter-parameter tersebut, menggunakan studi optimasi dengan tools *Capacitor Sizing – Radial Network*. Dari hasil studi simulasi optimasi kapasitor shunt pada Penyulang Menjangan, diperoleh letak optimum dari kapasitor shunt pada jarak 92.724 ft (27,82 km) dari sumber atau jika digambarkan pada diagram segaris berada sebelum Bus 28 (GR 122) dengan kapasitas 1.800 kVAR. Setelah dilakukan pemasangan kapasitor shunt tersebut, faktor daya naik dari kondisi awal simulasi 0,79 menjadi 0,91, tegangan pada Bus 91 (GR 115) mengalami peningkatan sebesar 16,4% (dimana kondisi awal simulasi 75,05% naik menjadi 91,42%) serta penurunan rugi-rugi jaringan sebesar 29,3%.

**Kata Kunci**— daya reaktif, faktor daya, penurunan tegangan, rugi-rugi jaringan, optimasi.

## I. PENDAHULUAN

Jaringan distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik yang berperan untuk menyalurkan energi tenaga listrik dari sumber daya listrik hingga ke konsumen. Kesehariannya konsumen di kawasan Jaringan distribusi Gilimanuk dan Singaraja menggunakan daya aktif tenaga listrik ke beban bersifat kapasitif maupun induktif, namun pada umumnya merupakan beban induktif seperti peralatan

listrik yang ada di perindustrian, pertokoan, perkantoran, fasilitas umum dan perumahan. Apabila beban reaktif induktif semakin besar akan berakibat terhadap faktor daya yang rendah, rugi-rugi jaringan serta menurunnya tegangan sehingga berdampak terhadap daya listrik yang diterima oleh konsumen lebih kecil daripada yang dikirimkan. Berdasarkan data dari PT.PLN Area Bali Utara menyatakan bahwa pada saat ini kondisi Penyulang Menjangan memiliki drop tegangan paling besar yang cukup tinggi yaitu sebesar 10,22% (lebih dari batas tegangan minimum -10% dari tegangan nominal [1]).

Apabila suatu jaringan tidak memiliki sumber daya reaktif kapasitif di daerah sekitar beban induktif dapat menurunkan faktor daya, memperbesar rugi-rugi jaringan serta memperbesar penurunan tegangan khususnya pada konsumen di ujung jaringan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk dapat mengurangi beban daya reaktif induktif adalah dengan penambahan sumber daya reaktif kapasitif melalui pemasangan kapasitor shunt. Kapasitor shunt berguna untuk menyuplai daya reaktif kapasitif yang dapat dimanfaatkan oleh beban reaktif induktif tersebut. Dengan demikian dapat menghasilkan faktor daya dengan ambang batas 0,9 [2], memperkecil rugi-rugi jaringan serta memperbaiki batas tegangan minimum sebesar -10% dari tegangan nominal [1].

Berikut beberapa uraian singkat dari refrensi penelitian yang menggunakan studi optimasi daya reaktif kapasitor shunt pada sistem distribusi primer 20 kV yaitu menggunakan simulasi ETAP 7,5 [3] sehingga menghasilkan kenaikan tegangan pada ujung terima (kondisi awal 14,39 kV menjadi 16,87 kV). Selanjutnya penelitian optimasi reaktif power dispatch (ORPD) menggunakan *Real-Coded Genetic Algorithm* (RGA) [4] dibandingkan dengan metode *Genetic Algorithm* (GA) standar memperlihatkan metode RGA memberikan solusi lebih efisien dibandingkan metode GA standar pada permasalahan ORPD.

Penelitian ini bertujuan untuk optimasi pemasangan dan kapasitas kapasitor shunt sehingga dapat memperbaiki faktor daya, mengurangi rugi-rugi jaringan, serta memperbaiki kualitas tegangan pada Penyulang Menjangan melalui studi optimasi dengan tools *Capacitor Sizing – Radial Network*.

## II. SISTEM JARINGAN DISTRIBUSI PENYULANG MENJANGAN

Jaringan transmisi dan jaringan distribusi pada sistem tenaga listrik berfungsi sebagai sarana untuk menyalurkan tenaga listrik yang dihasilkan dari pusat pembangkit listrik ke pusat-pusat beban. Penyulang Menjangan berdasarkan tegangan kerjanya merupakan sistem jaringan distribusi primer radial 20 kV (jaringan distribusi tegangan menengah), sedangkan tegangan kerja pada sistem jaringan distribusi sekunder adalah 220/380 V (jaringan distribusi tegangan

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Elektro, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, INDONESIA;

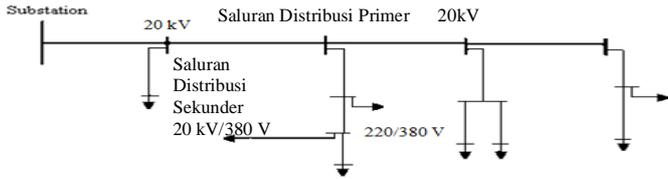
<sup>2,3</sup>Dosen Teknik Elektro, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, INDONESIA;

e-mail:<sup>1</sup>chandramanurung27@gmail.com,

<sup>2</sup>sukerayasa@unud.ac.id, <sup>3</sup>rukmisari@unud.ac.id



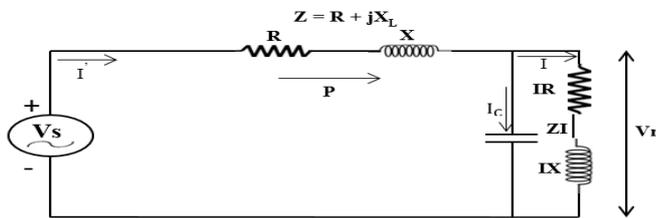
menengah), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1: Tipikal Jaringan Distribusi

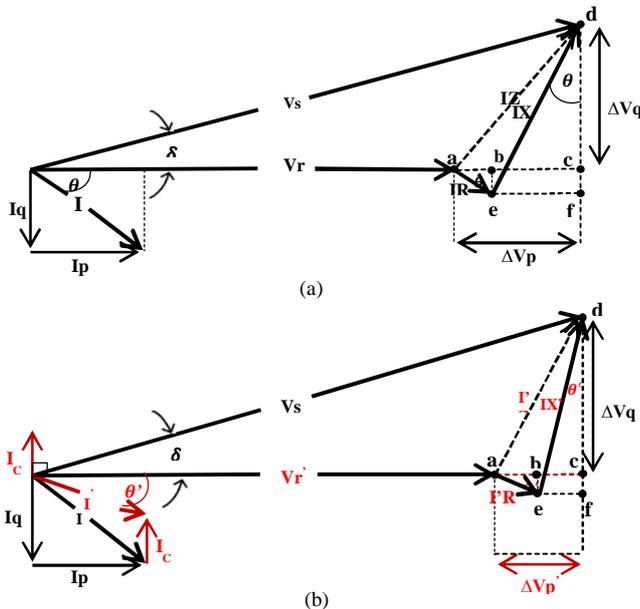
III. KAPASITOR SHUNT

Pembangkit daya reaktif pada perencanaan daya dan pensuplaiannya ke beban yang berjarak jauh adalah tidak ekonomis [6], tetapi dapat dengan mudah disediakan oleh kapasitor shunt yang ditempatkan pada pusat beban. Kapasitor shunt pada jaringan (Gambar 2) dapat menyuplai daya reaktif negatif yang dapat berpengaruh untuk mengurangi daya aliran reaktif di dalam jaringan sehingga dapat merubah karakteristik arus *lagging* dari beban reaktif induktif menjadi arus *leading* [5].



Gambar 2: Rangkaian Ekuivalen Saluran Dengan Kapasitor Shunt

Maka, dengan dipasang kapasitor shunt pada saluran sisi penerima, dengan arus kapasitif ( $I_c$ ) dengan komponen arus reaktif yang *leading*  $90^\circ$  terhadap tegangan, maka drop tegangan dapat diturunkan seperti gambar diagram fasor berikut :



Gambar 3: Diagram Fasor (a). Saluran Tanpa Kapasitor Shunt (b). Saluran Dengan Kapasitor Shunt

Pada rangkaian ekuivalen saluran tanpa menggunakan kapasitor shunt dengan faktor daya *lagging* memiliki persamaan drop tegangan berikut :

$$\Delta V_p = IR \cos\theta + IX \sin\theta \tag{1}$$

Maka setelah ditambahkan dengan dengan kapasitor shunt, nilai drop tegangan dapat dirumuskan sebagai berikut [7]:

$$\Delta V_p' = IR \cos\theta' + (I_L X_L - I_C X_C) \sin\theta' \tag{2}$$

Atau persamaan dapat disederhanakan menjadi :

$$\begin{aligned} \Delta V_p &= IR \cos\theta' + (I_L X_L - I_C X_C) \sin\theta' \\ &= IR \cos\theta' + (I_L X_L \sin\theta' - I_C X_C \sin\theta') \\ &= R \left(\frac{P}{V_r'}\right) + X_L \left(\frac{Q_L}{V_r'}\right) - X_C \left(\frac{Q_C}{V_r'}\right) \\ \Delta V_p &= \frac{P}{V_r'} R + \frac{Q_L X_L - Q_C X_C}{V_r'} \end{aligned} \tag{3}$$

dengan keterangan gambar dan persamaan :

- $V_s'$  = Tegangan dari sisi pengirim
- $V_r'$  = Tegangan pada sisi penerima
- R = Resistansi saluran
- X = Reaktansi saluran
- $X_L$  = Reaktansi Induktif
- $X_C$  = Reaktansi Capasitif
- $I_p$  = Komponen arus aktif
- $I_q$  = Komponen arus reaktif induktif
- IR = Komponen real arus
- IX = Reaktansi jaringan
- P = Daya aktif yang dikirimkan ke beban
- Q = Daya reaktif yang dikirimkan ke beban

Ketika dipasang kapasitor shunt, terjadi injeksi arus  $I_c$  pada sistem sehingga faktor daya meningkat dan  $I_L$  berkurang. Hal ini mengakibatkan drop tegangan berkurang ( $I_L \times X_L$ ) sehingga  $V_r$  meningkat. Pernyataan ini seperti dijelaskan pada Gambar 3(a) sehingga dapat dituliskan persamaan sebagai berikut :

$$V_r = V_s - (IR + jIX) \tag{4}$$

Kemudian melalui Gambar 3(b), dijelaskan bahwa :

$$V_r' = V_s - (IR + jI_L X_L - jI_C X_C) \tag{5}$$

Maka melalui kedua persamaan tersebut, diperoleh selisih drop tegangan sebagai berikut :

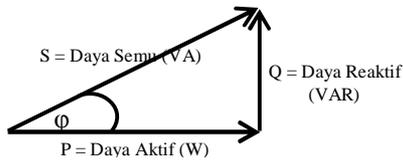
$$\begin{aligned} \Delta V_r &= V_r' - V_r \\ &= [V_s - (IR + jI_L X_L - jI_C X_C)] - [V_s - (IR + jI_L X_L)] \\ &= jI_C X_C \end{aligned} \tag{6}$$

Batas penurunan tegangan maksimum pada beban penuh yang diijinkan di beberapa titik sambung pada jaringan distribusi [1] adalah : Tegangan sistem distribusi harus dijaga pada batas-batas kondisi normal yaitu maksimal +5% dan minimal -10% dari tegangan nominal.

IV. KOREKSI FAKTOR DAYA

Faktor daya atau sering disebut *Power Factor (pf)* atau *cos phi* merupakan rasio perbandingan antara daya aktif (P) terhadap daya semu/ daya total (S) yang dihasilkan oleh sumber atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu/daya total (S) [8]. Pada sistem tenaga listrik AC (*Alternating Current*) atau arus bolak-balik terdapat tiga jenis daya, yaitu : daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Daya semu (S) dengan satuan VA merupakan total daya yang dikirimkan dari sumber pembangkit tenaga listrik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai daya aktif, namun sebaliknya

semua daya semu yang disuplai dari sumber tidak dapat dimanfaatkan keseluruhannya dan menjadi daya reaktif pada jaringan saja. Hal ini dikarenakan oleh daya reaktif (VAR) pada jaringan menghasilkan fluks medan magnetik sehingga timbul magnetisasi dan daya ini akan dikirimkan ke sumber akibat efek induksi elektromagnetik tersebut sehingga daya ini menjadi beban pada sistem tenaga listrik. Berikut ini kita dapat dilihat diagram vektor hubungan antara daya aktif dan daya reaktif pada Gambar 4 :



Gambar 4: Diagram Vektor Daya

Dari Gambar 4, dinyatakan bahwa daya semu (S) adalah :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (7)$$

$$P = V I \cos \phi \text{ (Watt)} \quad (8)$$

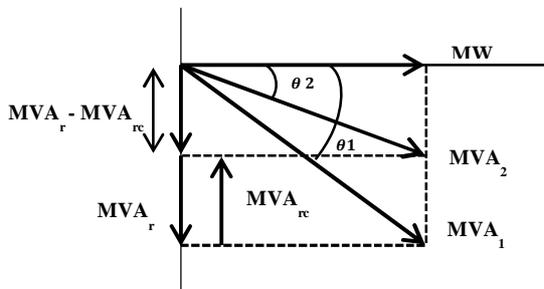
$$Q = V I \sin \phi \text{ (VAR)} \quad (9)$$

$$S = V I \text{ (VA)} \quad (10)$$

Faktor daya ( $\cos \phi$ ) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Faktor Daya (PF)} &= \frac{\text{Daya Aktif (P)}}{\text{Daya Semu (S)}} \\ &= \frac{W}{VA} \\ &= \frac{V I \cos \phi}{V I} = \cos \phi \end{aligned} \quad (11)$$

Ketika kapasitor shunt ditambahkan ke beban, maka faktor daya dapat ditingkatkan dari  $\cos \phi_1$  ke  $\cos \phi_2$ , sehingga tegangan terima bus juga meningkat. Untuk memperoleh hasil optimal, akan kekurangan daya reaktif oleh beban dapat dipenuhi dengan pemasangan kapasitor shunt sehingga diperoleh faktor daya pada bus yang mendekati 1 [9].



Gambar 5: Perbandingan besar daya semu yang dibutuhkan sebelum dan sesudah ditambahkan kapasitor shunt

$$MVA_1 = MW + jMVA_r \quad (12)$$

$$MVA_2 = MW + jMVA_r - jMVA_{rc} \quad (13)$$

$$\Delta MVA = MVA_2 - MVA_1 = jMVA_{rc} \quad (14)$$

dengan :

- MVA = Daya semu/nyata
- MW = Daya aktif
- MVA<sub>r</sub> = Daya reaktif
- MVA<sub>rc</sub> = Injeksi daya reaktif dari kapasitor.

## V. OPTIMASI PEMASANGAN DAN KAPASITAS KAPASITOR SHUNT DENGAN TOOLS CAPACITOR SIZING – RADIAL NETWORK

Pada penelitian ini menggunakan *tools Capacitor Sizing – Radial Network* sebagai studi optimasi penentuan pemasangan dan kapasitas kapasitor shunt untuk memperbaiki faktor daya, mengurangi rugi-rugi daya dan memperbaiki tegangan pada sistem distribusi.

Pada tahap optimasi terdapat parameter dan batasan parameter daya yang akan dicari, diantaranya parameter yang dicari hanya 2 yaitu lokasi dan nilai optimal kapasitor shunt yang akan dipasang [9]. Kemudian nilai ukuran kapasitas kapasitor shunt berupa bilangan integer kelipatan 10 sesuai dengan kapasitor yang digunakan yaitu sebesar 10 MVar. Nilai kapasitor ini berisikan nilai dengan range diantara 0 hingga 400 MVar. Kemudian dalam optimasi pemasangan kapasitor besarnya tegangan dipakai sebagai fungsi kendala dalam perhitungan sehingga berada pada batas toleransi yang diijinkan [5], yaitu :

$$V^{\min} \leq V_i \leq V^{\max} \quad (15)$$

Serta faktor daya, dengan batasan yang diijinkan yaitu :

$$PF_{\min} \leq PF \leq PF_{\max}, \text{ untuk } i = 1, \dots, n \quad (16)$$

dengan :

i	= nomor bus	PF	= power factor ( $\cos \theta$ )
V <sup>min</sup>	= 0,90 %	PF <sub>min</sub>	= 0,85
V <sup>maks</sup>	= 1,05 %	PF <sub>maks</sub>	= 0,9

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Riset Manajemen Energi Listrik, Jurusan Teknik Elektro dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Jimbaran. Jadwal penelitian dimulai dari bulan Mei 2016 hingga Juli 2016. Penelitian ini dilakukan dengan pengumpulan data langsung dari PT.PLN (PERSERO) Distribusi Bali Area Bali Utara Rayon Gilimanuk. Analisis data dalam penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan diantaranya :

1. Pengumpulan data berupa *single line* diagram, data kapasitas transformator, data pembebanan masing-masing transformator, data impedansi saluran distribusi serta panjang dan jenis penghantar pada Penyulang Menjangkan.
2. Menggambar *single line* diagram Penyulang Menjangkan serta memasukkan data-data sistem jaringan yang diperoleh serta beberapa data ini [10], seperti :

- *Cost of demand power (kVA/year) at the substation*  
*Cost of Substation* merupakan tarif harga pemakaian listrik dari gardu induk (GI) ke masing – masing beban yang digolongkan atas beberapa kriteria golongan tarif. Pada penentuan tariff ini, digunakan persamaan berikut :

$$\text{Total Harga} = \text{Beban Jaringan (kW)} \times \text{Harga Tarif} \quad (17)$$

- *Cost of energy losses (\$/kWh)*  
*Energy Lost Cost* merupakan harga jual tenaga listrik perharinya berdasarkan waktu penggunaan dari beban atau konsumen.
- *Cost of capacitor annual investment (\$/kVAR/year)*  
*Cost of Capacitor* merupakan biaya investasi berdasarkan harga saat ini yang digunakan untuk



pemasangan kapasitor shunt pada jaringan distribusi Penyulang Menjangan.

- *Load demand factor*

*Load Demand Factor* merupakan perbandingan antara kebutuhan maksimum (beban puncak) terhadap total daya tersambung, seperti persamaan berikut :

$$\text{Load Demand Faktor} = \frac{\text{Kebutuhan Maksimum (kVA)}}{\text{Jumlah Daya Tersambung (kVA)}} \quad (18)$$

- *Low load level percentage*
  - *Permitted voltage increase in % at the low load level*
  - *The maximum iteration number of the low load flow calculation*
  - *The tolerance of the load flow calculations*
  - *The "from" bus and "to" bus ID code for the primary feeder along which the capacitor bank will be place*
  - *Capacitor standar size*
3. Menghitung aliran daya pada jaringan dengan metode Newton-Raphson kemudian melakukan studi optimasi aliran daya dengan *tools Capacitor Sizing – Radial Network*.
  4. Menganalisa hasil perhitungan berupa rugi – rugi daya dan power faktor saat kondisi sebelum dan sesudah diinjeksikan kapasitor shunt, mengamati letak dan nilai kapasitor yang diinjeksikan pada sistem jaringan Penyulang Menjangan serta menganalisa besarnya *economic benefits* yang diperoleh melalui injeksi kapasitor pada sistem jaringan tersebut.

## VI. SIMULASI DAN PEMBAHASAN

### A. Data Masukan Jaringan Penyulang Menjangan

Penyulang Menjangan merupakan penyulang dengan konfigurasi tipe radial 20 kV dengan sumber energi listrik yang disuplai dari Gardu Induk Trafo II 10 MVA Gilimanuk. Berikut Detail dan karakteristik beban pada Penyulang Menjangan :

Base MVA	: 10 MVA
Panjang Jaringan	: 64,373 kms
Jumlah Transformator	: 69 Unit
Jumlah Pelanggan	: 9.218 Pelanggan
Total Daya Transformator	: 9.360 kVA
Beban Jaringan	: 3.665,91 kVA

Berikut nilai dari resistansi dan reaktansi dari data-data penghantar pada Penyulang Menjangan [11] :

TABEL I  
Nilai Impedansi Penyulang Menjangan

No.	Jenis Penghantar	Z1 / km		Z0 / km	
		R	jX	R	jX
1	Kabel Tanah (NFA2XSEY-T) 150 mm <sup>2</sup>	0,206	0,104	0,356	0,312
2	MV-TIC 150 mm <sup>2</sup>	0,216	0,330	0,363	1,618
3	AAAC 150 mm <sup>2</sup>	0,216	0,330	0,363	1,618
4	AAAC 95 mm <sup>2</sup>	0,309	0,345	0,487	1,632
5	AAACS 150 mm <sup>2</sup>	0,216	0,330	0,363	1,618

Kemudian selain data diatas yang akan diinput dalam pengolahan studi optimasinya, berikut ini juga diperlukan data-data yang menjadi parameter terhadap *economic benefits* yang akan diperoleh melalui perhitungan dan asumsi sebagai berikut :

#### 1. *Cost of Substation kVA (\$/kVA/year)*

Berdasarkan pada Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik (*Tariff Adjustment*) bulan Agustus 2016 PT. PLN (Persero) Distribusi Bali bahwa biaya pemakaian kapasitas energi listrik (Rp/kWh) terdapat 12 kriteria golongan tarif dengan nilai rata-rata sebesar Rp.1.241,007/kWh. Dengan melakukan perhitungan besarnya daya pembebanan pada Penyulang Menjangan, maka *Cost of Substation* berdasarkan persamaan (17) adalah :

$$\begin{aligned} \text{Total Beban Jaringan} &= 3.665,91 \text{ kVA} \\ \text{Total Harga} &= [3.665,91(0,9)] \times \text{Rp. } 1.241,007 \\ &= \text{Rp. } 4.094.477,97/\text{kW} \\ &= \text{Rp. } 4.549.419,97/\text{kVA} \end{aligned}$$

Dengan konversi besarnya nilai dolar saat ini 1\$ = 13.200, maka *cost of substation* sebesar \$ 344,653 jika dibulatkan menjadi \$ **345/kVA/year**.

#### 2. *Energy Lost Cost (\$/kWh)*

Berdasarkan Tarif Tenaga Listrik dari P2B ke sistem distribusi tahun 2016 PT. PLN (Persero) Distribusi Bali harga jualnya terdiri dari 3 kriteria dengan nilai rata-rata sebesar Rp. 740,33/kWh jika dikonversikan ke dalam satuan dolar (\$) dengan update terbaru agustus untuk nilai per dolarnya sebesar Rp. 13.200 maka menjadi \$ **0,056/kWh**.

#### 3. *Capacitor Investment Cost (\$/kVAR/year)*

Berdasarkan data yang saya peroleh bahwa sebuah kapasitor dengan kapasitas 600 kVAR dengan perkiraan biaya perawatan hingga 15 tahun memiliki harga sebesar Rp. 95 juta rupiah, yang berarti setiap kVAR nya sebesar Rp. 158.333,33. Dengan umur pakai selama 15 tahun, maka besar dana yang harus diinvestasikan pertahunnya sebesar Rp.10.555,55/tahun/kVAR jika dikonversikan kedalam satuan dolar (\$) dengan nilai perdolarnya sebesar Rp. 13.200 menjadi \$ **0,8 /year/kVAR**.

#### 4. *Load Demand Factor*

Berdasarkan persamaan (18), diperoleh nilai *load demand faktor* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Load Demand Faktor} &= \frac{3.665,91 \text{ kVA}}{9.360 \text{ kVA}} \\ &= \mathbf{0,39} \end{aligned}$$

#### 5. *Low Load Level Percent*

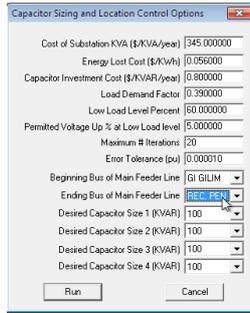
Pada kesempatan ini, nilai *Low load level percent* diasumsikan dengan nilai sebesar **60%**.

#### 6. *Permitted Voltage Up % at Low Load Level*

Berdasarkan standart bahwa batas tegangan minimum yang diijinkan pada tegangan menengah sebesar -10% dari tegangan nominal [1].

#### 7. *The "from" bus and "to" bus ID code for the primary feeder along which the capacitor bank will be place*

Tahap ini yaitu menentukan penempatan kapasitor yang akan dipasang yang dimulai dari sumber pembangkitan Gardu Induk Gilimanuk Trafo II hingga ujung jaringan distribusi.



Gambar 6: Data masukan yang tampak pada tampilan form untuk perhitungan *economic benefits*

**B. Hasil Simulasi Optimasi Kapasitor Shunt Pada Penyulang Menjangan**

Simulasi dilakukan dengan 3 tahapan, yaitu tahap awal adalah menghitung kondisi awal aliran daya pada penyulang dengan menggunakan metode Newton-Raphson kemudian melakukan studi optimasi kapasitor shunt dengan *tools Capacitor Sizing – Radial Network* untuk menentukan letak dan nilai optimal dari kapasitor shunt yang akan diinjeksikan pada penyulang, setelah itu melakukan perhitungan aliran daya kembali setelah diinjeksikan kapasitor shunt sesuai dengan lokasi dan nilai yang telah diperoleh melalui studi optimasi sebelumnya.

Capacitor size: 1800.00 KVAR			
300.00 KVAR X 6			
Capacitor location (from source substation):			
92724 Ft 92.724 Kft			
Substation power output, power factor and network loss			
	Before addition of capacitor	After addition of capacitor	
P (KW)	3613.2607	3431.4503	
Q (KVAR)	2726.5383	986.8984	
S (KVA)	4526.5510	3570.5489	
PF (%)	79.8237	96.1043	
PLOSS (KW)	619.9549	438.1715	
QLOSS (KVAR)	871.4438	630.3389	
Economic Benefits			
	Before addition of capacitor	After addition of capacitor	Savings
KVA Charge cost (\$/Year)	1561660.09	1231839.37	329820.72
Energy loss cost (\$/Year)	304125.05	214949.42	89175.63
Capacitor cost (\$/Year)		1440.00	
Total cost (\$/Year)	1865785.14	1448228.79	418996.35

Kemudian berikut hasil aliran daya secara umum setelah hasil studi optimasi lokasi dan kapasitas diperoleh, dengan *tools Capacitor Sizing – Radial Network* :

Summary of Total Generation and Demand				
	P(MW)	Q(MVAR)	S(MVA)	PF
Swing Bus(es)	: 3,433	-1,492	3,744	0.91
Generators	: 0.000	0.000	0.000	0.00
Total Load	: 2.993	-2.111	3.663	0.81
Total Loss	: 0.440	0.618		
Mismatch	: 0,000	0,000		

Berikut ini dapat dilihat perubahan aliran daya pada Penyulang Menjangan disaat kondisi sebelum dan setelah ditambahkan kapasitor shunt :

Chandra Wimartono Manurung: Optimaasi Pemasangan dan Kapasitas...

TABEL II  
Perbandingan aliran daya saat kondisi sebelum dan sesudah ditambahkan kapasitor shunt

Bus	Tegangan (%)		Pembangkitan		Konsumsi	
	Sebelum	Sesudah	P (MW)	Q (MVAR)	P (MW)	Q (MVAR)
Bus 1	100,00	99,96	3,61	2,74	0,03	0,02
Bus 2	97,46	98,91	0	0	0,06	0,04
Bus 3	93,72	98,56	0	0	0,03	0,02
Bus 4	89,62	98,25	0	0	0,01	0,01
Bus 6	88,01	98,20	0	0	0,04	0,02
Bus 7	88,00	98,19	0	0	0,01	0,01
Bus 8	86,38	98,04	0	0	0,04	0,02
Bus 9	85,90	97,93	0	0	0,02	0,01
Bus 11	85,82	97,91	0	0	0,04	0,02
Bus 13	84,79	97,95	0	0	0,03	0,02
Bus 15	84,75	97,92	0	0	0,03	0,02
Bus 16	84,73	97,91	0	0	0,03	0,02
Bus 17	84,69	97,87	0	0	0,07	0,04
Bus 18	84,76	97,96	0	0	0,10	0,06
Bus 20	84,53	97,99	0	0	0,01	0,00
Bus 21	84,25	97,99	0	0	0,06	0,04
Bus 22	84,08	98,02	0	0	0,02	0,01
Bus 24	83,96	98,02	0	0	0,02	0,01
Bus 25	83,80	98,04	0	0	0,03	0,02
Bus 27	83,29	98,13	0	0	0,03	0,02
Bus 28	83,23	98,06	0	0	0,02	0,01
Bus 30	83,11	97,96	0	0	0,02	0,01
Bus 31	83,01	97,88	0	0	0,05	0,03
Bus 32	82,89	97,78	0	0	0,04	0,03
Bus 35	82,20	97,23	0	0	0,01	0,01
Bus 38	82,19	97,21	0	0	0,04	0,03
Bus 39	82,17	97,19	0	0	0,05	0,03
Bus 40	82,15	97,18	0	0	0,05	0,03
Bus 41	82,14	97,17	0	0	0,02	0,01
Bus 42	82,06	97,11	0	0	0,06	0,04
Bus 43	81,79	96,89	0	0	0,02	0,02
Bus 45	81,41	96,58	0	0	0,02	0,02
Bus 46	81,38	96,56	0	0	0,05	0,03
Bus 47	81,12	96,34	0	0	0,03	0,02
Bus 48	80,25	95,63	0	0	0,02	0,01
Bus 50	79,88	95,34	0	0	0,01	0,01
Bus 51	79,88	95,18	0	0	0,08	0,05
Bus 53	79,41	94,95	0	0	0,08	0,05
Bus 54	79,29	94,86	0	0	0,08	0,05
Bus 55	79,26	94,83	0	0	0,02	0,01
Bus 56	79,20	94,78	0	0	0,02	0,01
Bus 57	79,04	94,65	0	0	0,02	0,01
Bus 58	78,93	94,56	0	0	0,01	0,01
Bus 59	78,83	94,48	0	0	0,08	0,05
Bus 60	78,78	94,44	0	0	0,04	0,03
Bus 61	78,72	94,40	0	0	0,04	0,03
Bus 63	78,41	94,14	0	0	0,01	0,00
Bus 64	78,18	93,95	0	0	0,17	0,12
Bus 65	77,55	93,44	0	0	0,03	0,02
Bus 66	76,93	92,94	0	0	0,03	0,02
Bus 68	76,69	92,75	0	0	0,01	0,01
Bus 70	76,67	92,73	0	0	0,02	0,02
Bus 71	76,46	92,56	0	0	0,06	0,04
Bus 72	76,34	92,46	0	0	0,10	0,07
Bus 73	76,25	92,39	0	0	0,05	0,03
Bus 74	76,14	92,30	0	0	0,01	0,01
Bus 75	76,00	92,19	0	0	0,03	0,02
Bus 76	75,95	92,14	0	0	0,08	0,05
Bus 77	75,35	91,66	0	0	0,07	0,04
Bus 79	75,32	91,63	0	0	0,08	0,05
Bus 80	75,31	91,62	0	0	0,08	0,05
Bus 81	75,28	91,60	0	0	0,06	0,04
Bus 82	75,21	91,55	0	0	0,04	0,02
Bus 83	75,13	91,48	0	0	0,13	0,09
Bus 85	75,10	91,46	0	0	0,02	0,01
Bus 86	75,10	91,46	0	0	0,07	0,05
Bus 88	75,06	91,42	0	0	0,10	0,07
Bus 89	75,06	91,42	0	0	0,04	0,03
Bus 91	75,05	91,42	0	0	0,02	0,01



