

ANALISIS RUGI-RUGI DAYA JARINGAN DISTRIBUSI 20 kV PADA SISTEM PLN KOTA KUPANG

Sri Kurniati. A, Sudirman. S

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Undana,
AdiSucipto Penfui, Kupang, Indonesia, 85000
Email: sri_kurniatia@yahoo.com, sudirman_s@staf.undana.ac.id*

ABSTRAK

Pada dasarnya sistem tenaga listrik Kupang tidak dapat diidentifikasi secara pasti ke dalam salah satu tipe distribusi yang ada, karena secara umum sistem ini merupakan kombinasi dari tipe radial, *spindle* dan *ring*. Penentuan jumlah rugi-rugi energi yang tepat setiap bulan merupakan kebutuhan pengoperasian sistem tenaga listrik yang paling mendesak. Rugi-rugi pada jaringan sistem tenaga listrik disebabkan oleh pembebanan yang tidak seimbang antara ketiga fasa sistem, panas yang timbul pada konduktor saluran maupun transformator, serta panas yang timbul pada sambungan konduktor yang buruk (*loss contact*). Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis rugi-rugi daya jaringan distribusi 20 kV pada sistem Kota Kupang.

Analisis studi aliran daya dilakukan pada 6 penyulang, yakni penyulang tompello, penyulang walikota, penyulang Tingkat I, penyulang Tabulolong, penyulang Penfui, dan penyulang Oebufu pada sistem distribusi kota Kupang dengan menggunakan metode Newton-Raphson. Berdasarkan hasil analisis studi aliran daya ini diperoleh informasi bahwa penyulang Tingkat I mempunyai persentase rugi daya aktif yang paling kecil, yakni 0,189%, sedangkan penyulang Penfui mempunyai persentase rugi daya aktif yang paling besar, yakni 1,82%. Selanjutnya hasil analisis jatuh tegangan diketahui bahwa penyulang Penfui mempunyai persentase jatuh tegangan yang paling besar yakni 3,205%, sedangkan pada penyulang lainnya masing masing diperoleh, penyulang Tompello = 0,520%, penyulang walikota 1,577%, penyulang tingkat I = 0,520, penyulang Tabulolong = 2,006%, dan penyulang Oebufu = 2,723%.

Kata kunci : *Penyulang, Jatuh Tegangan, Daya Aktif*

I. PENDAHULUAN

Sistem distribusi merupakan suatu bagian utama dari sistem tenaga listrik secara keseluruhan. Bagian ini berfungsi untuk mendistribusikan daya listrik dari sisi pembangkit sebagai pengirim ke sisi beban (konsumen) sebagai penerima. Daya listrik tersebut disalurkan melalui peralatan sistem tenaga listrik dengan kapasitas tertentu. Jumlah energi listrik yang sampai ke beban tidak sama dengan jumlah energi listrik yang dibangkitkan karena terjadi susut atau rugi-rugi (*losses*) energi (Mansur, 2005). Hal ini disebabkan oleh berbagai hal, diantaranya jarak antara pembangkit dan konsumen yang berjauhan sehingga pada peralatan listrik jaring distribusi mengalami rugi-rugi serta peralatan yang sudah berumur. Rugi-rugi pada jaringan sistem tenaga listrik juga disebabkan oleh pembebanan yang tidak seimbang antara ketiga fasa sistem, panas yang timbul pada konduktor saluran maupun

transformator, serta panas yang timbul pada sambungan konduktor yang buruk (*loss contact*).

Penentuan jumlah rugi-rugi energi yang tepat setiap bulan merupakan kebutuhan pengoperasian sistem tenaga listrik yang paling mendesak. Perhitungannya sangat sukar karena kondisi pembebanan sistem yang berbeda setiap saat sesuai dengan kebutuhan konsumen sistem tenaga listrik. Dengan demikian besar rugi-ruginya berbeda dari waktu ke waktu sehingga total rugi daya listrik setiap bulan berbeda-beda, karena itu dibutuhkan suatu metode perhitungan yang akurat dan membuat kurva beban berdasarkan kelompok beban pelanggan (Salama M., 2007).

Sistem distribusi tenaga listrik pada PT.PLN (Persero) Wilayah Kupang merupakan contoh kasus sistem distribusi yang selalu mengalami rugi-rugi daya listrik. Rugi-rugi daya tersebut tidak dapat dihindari, sementara besar rugi-rugi tersebut belum diketahui, apakah masih dalam batas-batas yang diizinkan atau melampaui

batas standar yang telah ditentukan. Selain itu, level tegangan yang dibangkitkan umumnya tidak sama dengan level tegangan di pelanggan. Pada titik tertentu tidak tertutup kemungkinan terjadi rugi-rugi (*losses*) daya dan jatuh tegangan yang melampaui batas-batas teknis yang dipersyaratkan berdasarkan SPLN 1978 yaitu sekitar 5 %.

Dalam penyaluran daya listrik ke pusat-pusat beban untuk sistem kota Kupang melalui saluran udara tegangan menengah sebesar 20 kV yang dihasilkan dari transformator *step up* 6/20 kV, dimana daya listrik ini dibangkitkan oleh dua pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yaitu PLTD Tenau dan Kuanino. Pada dasarnya sistem tenaga listrik Kupang tidak dapat diidentifikasi secara pasti ke dalam salah satu tipe distribusi yang ada, karena secara umum sistem ini merupakan kombinasi dari tipe radial, *spindle* dan *ring*. Pada kondisi normal, pengoperasiannya dilakukan secara radial yaitu daya disuplai dari sumber langsung ke beban. Tetapi untuk mempertinggi tingkat keandalan tipe ini, maka diupayakan pasokan dayanya tidak satu arah yaitu dengan cara memodifikasi penyulang primer yang dilengkapi dengan saklar pemisah antar penyulang. Fungsinya untuk mempercepat dalam mengatasi gangguan dengan demikian diharapkan peningkatan pelayanan kepada pelanggan dengan cara memasukkan seksi-seksi yang tidak terganggu dari penyulang yang mengalami gangguan ke penyulang primer yang sehat yang letaknya berdekatan atau ke penyulang sehat lainnya. Tipe *ring* merupakan saluran utama dari sistem tenaga listrik Kupang, dimana tipe *ring* ini mempunyai jalur dari PLTD Tenau ke PLTD Kuanino melalui penyulang penghubung I dan II, PLTD Tenau ke Gardu Hubung (GH) Penfui dan Sikumana melalui penyulang *Express*, PLTD Tenau ke GH Penfui melalui Kupang Kota serta PLTD Kuanino ke GH Penfui melalui penyulang Penfui.

Untuk menghitung rugi-rugi saluran pada suatu sistem distribusi, maka terlebih dahulu harus dilakukan studi aliran daya. Dalam hal ini analisis atau perhitungan dilakukan terhadap tegangan, arus, daya dan rugi-rugi daya dalam suatu jaringan listrik pada berbagai titik dengan kondisi operasi normal. Beberapa metode penyelesaian studi aliran daya telah digunakan untuk menghitung rugi-rugi saluran, diantaranya Damasar, I. (2005) telah menggunakan metode Gauss-Seidel Y Bus untuk menganalisis penanggulangan rugi-rugi daya jaringan distribusi 20 kV di PT PLN (Persero) Manado. Namun, menurut Raharjo, A.T. (2007), penggunaan

metode Gauss-Seidel Y Bus sering konvergensi tidak tercapai khususnya untuk sistem yang radial atau mendekati radial. Oleh karena itu, beberapa variabel perlu diubah seperti harga awal *slack bus*, faktor percepatan dan tingkat ketelitian.

Metode lain yang sering digunakan dalam studi aliran daya adalah Newton-Raphson. Metode ini memiliki perhitungan yang lebih baik dibanding dengan metode Gauss-Seidel bila untuk sistem tenaga yang lebih besar, karena lebih efisien dan praktis (Cekdim, C. 2005). Dalam metode ini jumlah iterasi yang dibutuhkan untuk memperoleh pemecahan berdasarkan ukuran sistem. Berdasarkan uraian di atas, maka dalam penelitian ini akan mencoba menggunakan studi aliran daya dengan metode Newton-Raphson untuk menghitung rugi-rugi jaringan distribusi pada sistem Kupang..

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada jaringan distribusi kelistrikan 20 kV PT. PLN (Persero) Cabang Kupang yang meliputi seluruh penyulang di kota Kupang.

2.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini data sekunder berupa *single line diagram* sistem kelistrikan Kupang, *single line diagram* PLTD Kupang, *single line diagram* setiap penyulang, data saluran setiap penyulang yang meliputi panjang jaringan, jenis dan diameter penghantar, data beban titik cabang, data teknis generator dan trafo *step up*. Sumber data diperoleh dari PT PLN (Persero) Cabang Kupang.

2.3 Instrumen Penelitian

Untuk memudahkan perhitungan dengan tingkat penelitian yang presisi, maka analisis rugi-rugi daya aktif dan reaktif pada saluran dilakukan melalui proses komputasi menggunakan perangkat komputer Pentium IV dan perangkat lunak Matlab 6.5. Sedangkan perhitungan aliran daya menggunakan metode Newton-Raphson.

2.4 Metode Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam penelitian menggunakan kajian deskriptif untuk mencari besarnya daya aktif dan reaktif pada sistem tenaga listrik Kupang. Teknik pengumpulan data menggunakan teknik observasi dan pengumpulan

dokumen yang tersedia di PT PLN (Persero) Cabang Kupang.

2.5 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

1. Pengumpulan data berupa :
 - a. *Single line diagram* sistem kelistrikan kota Kupang.
 - b. *Single line diagram* setiap penyulang.
 - c. *Single line diagram* PLTD Kupang.
 - d. Data saluran yang terdiri dari panjang, jenis, luas penampang penghantar dan data beban trafo distribusi.
 - e. Data Teknis Generator dan Trafo *Step Up*.
2. Pengolahan dan analisis data sebagai asumsi atau hasil yang ingin dicapai yang akan digunakan dalam perhitungan.
3. Memasukkan hasil pengolahan data ke dalam bahasa pemrograman aliran daya dengan penyelesaian metode Newton-Raphson menggunakan Matlab versi 6.5. (Hadi Saadat, 1999).

2.6 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan untuk menjawab perumusan masalah yaitu menggunakan metode persamaan aliran daya, yakni:

$$I_i = y_{i0}V_i + y_{i1}(V_i - V_1) + y_{i2}(V_i - V_2) + \dots + y_{in}(V_i - V_n) = (y_{i0} + y_{i1} + y_{i2} + \dots + y_{in})V_i - y_{i1}V_1 - y_{i2}V_2 - \dots - y_{in}V_n \dots\dots(1)$$

atau

$$I_i = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij}V_j \quad j \neq i \dots\dots(2)$$

Daya aktif dan reaktif yang diinjeksikan melalui bus i kepada sistem adalah :

$$P_i + jQ_i = V_i \cdot I_i^* \dots\dots(3)$$

Bila ruas kiri dan kanan dikonjugasikan maka diperoleh :

$$P - jQ_i = V_i^* \cdot I_i \dots\dots(4)$$

Daya aktif dan reaktif yang diinjeksikan kepada sistem merupakan nilai P dan Q yang diberikan kepada beban :

$$I_i = \frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} \quad \text{ampere} \dots\dots(5)$$

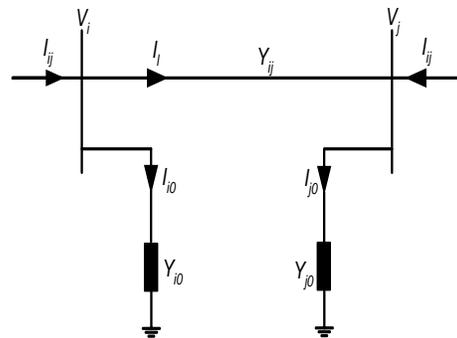
Substitusi untuk I_i pada persamaan (2.18), hasilnya :

$$\frac{P_i - jQ_i}{V_i^*} = V_i \sum_{j=0}^n y_{ij} - \sum_{j=1}^n y_{ij}V_j \quad j \neq i \dots\dots(6)$$

Dari hubungan di atas, formulasi perhitungan aliran daya dalam system tenaga harus diselesaikan dengan teknik iterasi.

2.6.1 Aliran Daya dan Rugi-Rugi Daya Pada Saluran

Setelah penentuan dari bus, maka langkah selanjutnya adalah perhitungan aliran daya dan rugi-rugi daya pada saluran. Misalkan saluran dihubungkan dengan dua bus i dan j seperti pada Gambar 2.9, dimana arus saluran I_{ij} dihitung pada bus I yang ditandai positif.



Gambar 1. Aliran Daya pada Saluran

$i \rightarrow j$ diberikan oleh :

$$I_{ij} = I_i + I_{i0} = y_{ij}(V_i - V_j) + y_{i0} V_i \dots\dots(7)$$

aliran arus I_{ij} yang diukur pada bus j dan ditandai positif dalam arah $j \rightarrow i$ yang ditunjukkan oleh :

$$I_{ij} = -I_i + I_{j0} = y_{ij}(V_j - V_i) + y_{j0} V_j \dots\dots(8)$$

daya kompleks S_{ij} dari bus i sampai j dan S_{ji} dari bus j sampai I adalah :

$$S_{ij} = V_i I_{ij}^* = V_i (V_i^* - V_j^*)y_{ij}^* + V_i V_i^* y_{i0}^* \\ S_{ji} = V_j I_{ji}^* = V_j (V_j^* - V_i^*)y_{ij}^* + V_j V_j^* y_{j0}^* \dots\dots(9)$$

rugi-rugi daya pada saluran $i \rightarrow j$ merupakan penjumlahan aljabar aliran daya dari persamaan (2.25) yaitu :

$$S_{L,ij} = S_{ij} + S_{ji} \dots\dots\dots(10)$$

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Penelitian

Sistem Tenaga Listrik kota Kupang memiliki 2 (dua) unit PLTD yaitu Kuanino dan Tenau. PLTD Kuanino menyuplai daya ke beban melalui penyulang Tompello, Walikota, Tingkat I, Tabulolong dan Penfui. Sedangkan PLTD Tenau melalui penyulang Oebufu, PT Semen, *Express*, Tenau, Osmok dan Kupang Kota. Selain itu juga, terdapat 2 (dua) Gardu Hubung yaitu GH Penfui dan Sikumana dimana beban pada GH tersebut disuplai oleh kedua PLTD.

Analisis rugi-rugi jaringan distribusi primer radial Kupang melalui studi aliran daya ini dilakukan pada semua penyulang yang terdapat di sistem kota Kupang antara lain Tompello, Walikota, Tingkat I, Tabulolong, Penfui, Osmok, Tenau, Kupang Kota, Oebufu, *Express*, Saluran Penghubung I & II. Penyelesaian studi aliran daya yang mencakup rugi-rugi daya pada setiap titik di penyulang, dilakukan pada kondisi beban puncak transformator distribusi dimana pada saat tersebut terjadi hilang daya aktif (*losses*) paling besar pada jaringan dan dapat mewakili total pemakaian daya terbesar di konsumen. Untuk memudahkan proses penyelesaian studi aliran daya ini, maka dilakukan pemberian nama pada setiap bus.

3.2 Hasil Penelitian

Tabel 1 Data Penyulang

No.	Nama Penyulang	Jumlah Bus	Jenis Kawat Penghantar	Panjang Saluran (km)
1.	Tompello	20	XLPE 150 AAAC95	0,151 5,376
2.	Walikota	20	ACSR 150 dan 70	9,244 km
3.	Penyulang Tingkat I	23	AAAC 150 mm AAAC 70 mm	4,502 2,274
4.	Tabulolong	21	AAAC 150 mm AAAC 70 mm	2,483 19,939
5.	Penfui	23	AAAC 150 mm AAAC 70 mm XLPE 150 mm	10,588 1,073 0,075
6.	Oebufu	27	AAAC 150 mm AAAC 70 mm	16,694 3,774
7.	PT. Semen	2	AAAC 150 mm	2
8.	<i>Express</i>	4	AAAC 150 mm	14,5
9.	Tenau	3	XLPE 150 mm AAAC 150 mm AAAC 70 mm	0,092 8,806 5,266
10.	Osmok	16	XLPE 150 mm AAAC 150 mm AAAC 70 mm	0,080 3,324 2,259
11.	Kupang Kota	24	XLPE 150 mm AAAC 150 mm AAAC 70 mm	7,711 11,602 1,008
12.	Penyulang Penghubung I	2	AAAC 150 mm	8,64
13.	Penyulang Penghubung II	2	AAAC 150 mm	8,72

Tabel 2. Persentase Rugi-Rugi Daya

No.	Nama Penyulang	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Jatuh Tegangan (%)	Jatuh Tegangan Terbesar (%)	Total Rugi Saluran (MW)	Rugi Daya Aktif (%)	Rugi Daya Aktif Terbesar (MW)
1.	Tompello	1.661	1.244	0,52	3,52	0,005	0,3	0,002
2.	Walikota	2.244	1.685	1,577	3,52	2,263	1.715	0.008
3.	Penyulang Tk. I	2.116	1.589	0,52		2.120	1.598	0.001
4.	Tabulolong	1.216	0,911	2,006	3,52	1.231	0,922	0,002
5.	Penfui	2.354	1.766	3,205	3,520	2,968	1.819	0,008
6.	Oebufu	2.112	1,597	2,723		2,148	1,653	0,018
7.	PT. Semen	2,312	1,850	0,615	1,937	2,322	1,865	0,431
8.	<i>Express</i>	4,242	3,600	3,182		3,614	2,666	0,091
9.	Tenau	0,858	0,637	0,307	1,937	0,001	0,116	0,001
10.	Osmok	0.854	0.635	0,307	1,937	0.855	0.638	0.001
11.	Kupang Kota	3,200	2,422	4,808	3,046	3,493	2,270	0,085
12.	Penyulang Penghubung I	2,465	0,440	1,553				0,030
13.	Penyulang Penghubung II	2,447	0,441	1,553			1,226	0,030

3.3 Pembahasan

Besar kecilnya rugi-rugi daya dan jatuh tegangan bergantung pada impedansi jaringan. Jika impedansi jaringan besar, maka rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pun besar. Sehingga diupayakan pemilihan penghantar berpatokan pada total beban yang dilayani untuk meminimalkan rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada jaringan.

Dari hasil studi aliran daya yang telah dilakukan dengan menggunakan metode Newton-Raphson, menunjukkan bahwa total daya aktif yang mengalir pada sistem tenaga listrik Kupang sebesar 23,540 MW dan daya reaktifnya sebesar 18,463 MVAR. Kemudian jatuh tegangan yang paling besar terjadi pada penyulang *express* sebesar 3,182% dan penyulang Kupang Kota sebesar 4,808%. Dari hasil tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa kinerja jaringan penyulang Tompello masih memenuhi standar SPLN.

Rugi-rugi daya aktif yang terjadi pada seluruh penyulang sistem kota Kupang masih memenuhi syarat yang ditetapkan yaitu di bawah 5 %. Tabel 3 menunjukkan kinerja jaringan distribusi dari tingkatan yang paling bagus berdasarkan prosentase rugi-rugi daya aktif.

Tabel 3. Prosentase Rugi-rugi daya aktif penyulang sistem kota Kupang

No	Nama Penyulang	Rugi Daya (MW)	% Rugi Daya (MW)
1	Tenau	0.001	0.116
2	Osmok	0.001	0.117
3	Tingkat I	0.004	0.189
4	Tompello	0.005	0.300

5	PT Semen	0.010	0.431
6	Walikota	0.019	0.839
7	Penghubung I	0.030	1.217
8	Tabulolong	0.015	1.218
9	Penghubung II	0.030	1.226
10	Oebufu	0.036	1.676
11	Penfui	0.054	1.819
12	Kupang Kota	0.110	3.149
13	Express	0.115	3.182

2. Jatuh Tegangan (*Voltage Drop*) yang terjadi pada seluruh penyulang sistem kota Kupang masih memenuhi syarat yang ditetapkan yaitu di bawah 5 %. Tabel 4.68 akan menunjukkan kinerja jaringan distribusi dari tingkatan yang paling bagus berdasarkan prosentase jatuh tegangan.

Tabel 4. Prosentase jatuh tegangan penyulang sistem kota Kupang

No	Nama Penyulang	% Jatuh Tegangan (kV)
1	Tenau	0.307
2	Osmok	0.307
3	Tingkat I	0.520
4	Tompello	0.520
5	PT Semen	0.615
6	Penghubung I	1.533
7	Penghubung II	1.533
8	Walikota	1.577
9	Tabulolong	2.006
10	Oebufu	2.723
11	Penfui	3.205
12	Kupang Kota	4.808
13	Express	4.808

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dikemukakan di atas maka dapat dikemukakan hal-hal berikut :

1. Hilang daya aktif (*Losses*)
 - a. Hilang daya aktif pada jaringan tegangan menengah 20 kv penyulang SI1 sebesar 0,1986 MW atau 4,94% % lebih kecil dari syarat teknis yang ditetapkan yaitu 5%.
 - b. Hilang daya aktif pada jaringan tegangan menengah 20 kv penyulang SI2 Gardu Induk Bitung sebesar 0,1892 MW atau

5,64% melebihi syarat teknis yang ditetapkan 5%.

- c. Hilang daya aktif pada jaringan tegangan menengah 20 KV penyulang SI6 Gardu Induk Bitung sebesar 0,2248 MW atau 3,72% lebih kecil dari syarat teknis yang ditetapkan 5%.

Hal ini berarti bahwa jaringan tegangan menengah 20 KV Gardu Induk Bitung khususnya penyulang SI2 tidak memenuhi syarat teknis sehingga perlu dilakukan perbaikan untuk mengurangi rugi-rugi daya. Perbaikan dimaksud yaitu dengan cara melakukan penggantian penghantar dengan penampang yang lebih besar terutama pada saluran yang memiliki losses yang cukup besar.

2. Jatuh Tegangan (*Voltage Drop*)
 - a. Pada penyulang SI1 jaringan tegangan menengah 20 KV GI Bitung, jatuh tegangan terbesar terjadi pada bus 28 sebesar 2,1052 KV atau 10,26%. Lebih besar dari syarat teknis yang ditetapkan yaitu 5%.
 - b. Pada penyulang SI2 jaringan tegangan menengah 20 KV Gardu Induk Bitung jatuh tegangan yang melebihi syarat teknis 5% terjadi pada bus 18 sebesar 1,4664 KV atau 7,04% dan bus 34 sebesar 0,9214 KV atau 5,09%
 - c. Pada penyulang SI6 jaringan tegangan menengah Gardu Induk Bitung jatuh tegangan yang melebihi syarat teknis 5% terjadi pada bus 24 sebesar 2,3186 KV atau 12,51% dan bus 25 sebesar 1,6002 KV atau 9,98 %.

Beberapa cara untuk menanggulangi hilang daya aktif antara lain sebagai berikut :

- a. Mengganti konduktor yang ada dengan konduktor yang mempunyai nilai resistansi lebih kecil

Penggantian jaringan dapat dilakukan dengan menggunakan kawat konduktor yang memiliki resistensi yang lebih kecil atau penampang yang lebih besar, serta kemampuan daya hantar arus yang disesuaikan dengan besarnya arus beban yang akan mengalir pada jaringan tersebut.

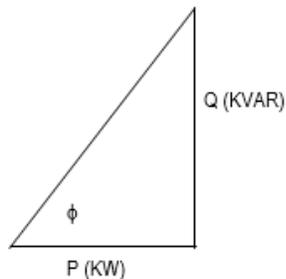
Misalkan tegangan sistem 20 kv dengan jenis penghantar kawat udara A3C dan daya yang akan disalurkan 3 MVA, maka untuk memperoleh regulasi tegangan yang minimum (5%), yaitu dengan memilih penampang 35 mm², sehingga maximum panjang konduktor yang dipilih adalah 7 km.

Untuk kasus penyulang SI1 dari bus 9 sampai Gardu MB 13 (bus 12) sepanjang 270 meter, beban 400 KVA, konduktor A3C, 35 mm², jika digunakan grafik pada lampiran 5 maka sebaiknya dipakai konduktor A3C 70 mm². Disamping menurunkan rugi daya aktif, penggantian dilakukan dengan penghantar yang lebih besar bertujuan untuk mengantisipasi tambahan beban.

Untuk penyulang SI2 dari bus 11 sampai gardu distribusi MB32 (bus 15) sepanjang 6225 meter, beban 700 KVA, konduktor A3C, 70 mm², sebaiknya diganti dengan konduktor A3C 95 mm² Untuk penyulang SI6 dari bus 23 sampai Gardu distribusi MB 59 (bus 25) sepanjang 815 meter, beban 1030 KVA, konduktor A3C 70 mm² sebaiknya digunakan konduktor A3C 95 mm².

- b. Memasang kapasitor untuk perbaikan faktor kerja (cos φ)

Hubungan antara daya nyata (KW), daya semu (KVA) dan daya reaktif (KVAR) sebagaimana ditunjukkan pada gambar segitiga di bawah ini :



Gambar 2. Hubungan antara daya kompleks (S), daya nyata (P) dan daya reaktif Q

Misalnya pada *feeder* SI1 bus 28, bila ingin diadakan pemasangan kapasitor dapat digunakan metode matematis sebagai berikut :

Dengan menggunakan tabel correction power factor pada lampiran 6 untuk penyulang SI1 di atas, koordinat perpotongan antara garis horisontal power factor = 0,60 lagging dengan garis vertikal power factor = 0,90 lagging ke bawah di daerah faktor koreksi = 0,815. Sehingga kapasitas kapasitor adalah :

Penyulang SI1 :

- Kapasitas terpasang = 4020 KW
- Power faktor awal = 0,6 lagging
- Power faktor yang diinginkan = 0,90 lagging

Faktor koreksi = 0,851

Kapasitas kapasitor

$$C \text{ KVAR} = 4020 \times 0,815 = 3421,02 \text{ KVAR}$$

IV. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan pembahasan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Total daya aktif dan reaktif yang mengalir pada sistem tenaga listrik Kupang sebesar 23.540 MW dan 18.463 MVar, dengan aliran daya yang paling besar terjadi pada penyulang *Express* dan yang paling kecil terjadi pada penyulang *Osmok*.
2. Total rugi-rugi daya aktif pada sistem tenaga listrik Kupang sebesar 1.85 %, sedangkan prosentase rugi-rugi setiap penyulang berkisar antara 0.116 % sampai dengan 3.182 %, dimana penyulang yang mempunyai rugi daya paling besar adalah Kupang Kota.
3. Prosentase jatuh tegangan setiap penyulang pada sistem tenaga listrik Kupang berkisar antara 0.307 % sampai dengan 4.808 % dengan jatuh tegangan yang paling besar terjadi pada penyulang *Express* dan Kupang Kota.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Toyeb Raharjo, *“Pengaruh Tingkat Ketelitian dalam Memperoleh Konvergensi pada Perhitungan Studi Aliran Beban Menggunakan Metode Gauss Seidel Y-Bus, Proceedings Seminar Nasional Teknik Ketenagalistrikan (SNTK) 2007”*, FOSTU – UNHAS, Makasar, 2007
- Cekmas, Cekdin, *“Teori dan Contoh Soal Teknik Elektro Menggunakan Bahasa Pemrograman MATLAB”*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2005
- Gonen, Turan, *“Electric Power Distribution System Engineering”*, McGraw – Hill, United States of America, 1986

- Hutauruk, T. S, ***“Transmisi Daya Listrik”***, Erlangga, Jakarta, 1993
- Immanuel, Damasar, ***“Analisis Penamggulangan Rugi – Rugi Distribusi Primer 20 kV dengan Menggunakan Metode Gauss Seidel”***, Tesis UNHAS, 2005
- Marsudi, Djiteng, ***“Operasi Sistem Tenaga Listrik”***, Balai Penerbit dan Humas ISTN, Jakarta Selatan
- Pabla, A. S, Abdul Hadi, ***“Sistem Distribusi Tenaga Listrik”***, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta, 1991
- Saadat, Hadi, ***“Power System Analysis”***, McGraw – Hill, 1999
- SPLN 64, ***“Petunjuk Pemilihan dan Penggunaan Pelebur Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah”***, Jakarta, 1985
- Stevenson, JR William D, ***“Analisa Sistem Tenaga Listrik”***, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta, 1994