

ANALISA KEBERADAAN GARDU INDUK BALAPULANG TERHADAP DISTRIBUSI 20 KV DI WILAYAH KERJA UPJ BALAPULANG PT. PLN (PERSERO) JATENG DIY

*) Bambang Winardi

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

*) E-mail: bbwinar@gmail.com

Abstrak

Gardu induk sebagai komponen sistem tenaga listrik memegang peranan penting pada kontinuitas suplai tenaga listrik kepada konsumen yang terus mengalami peningkatan tiap tahunnya. Apabila beban listrik yang ditanggung oleh gardu induk lebih besar dari kapasitas gardu induk, maka gardu induk akan mengalami overload yang berakibat suplai listrik ke konsumen terhenti. Kondisi ini tentunya harus diantisipasi sedini mungkin oleh PT. PLN (Persero) Distribusi Jateng DIY UPJ Balapulang selaku penyedia energi listrik. Dalam penelitian ini, penulis melakukan analisa keberadaan Gardu Induk Balapulang terhadap distribusi 20 KV di UPJ balapulang dengan parameter losses dan drop tegangan menggunakan software ETAP 7.0.0. Feeder-feeder lama yang berada di UPJ Balapulang secara bertahap di ambil sebagian bebannya oleh GI Balapulang. Pengaruh adanya GI balapulang membuat feeder lama berkurang beban kerjanya dengan nilai losses dan drop tegangan yang memenuhi kriteria. Dari hasil simulasi dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 7.0.0 didapatkan bahwa nilai drop tegangan dan losses feeder-feeder GI Balapulang cenderung mengalami peningkatan tiap tahunnya. Peningkatan terjadi dikarenakan adanya pertumbuhan beban tiap tahunnya dan juga pengalihan beban dari feeder-feeder lama.

Kata kunci : Gardu Induk Balapulang, energi listrik, DKL 3.2, ETAP 7.0.0

Abstract

Substation as a component of power system plays an important role in the continuity of the supply of electricity to consumers continues to increase each year. If the electrical load is borne by the substation is greater than the capacity of the substation, the substation will experience overload resulting in interrupted power supply to consumers. This condition must be anticipated as early as possible by PT. PLN (Persero) Java Distribution DIY UPJ Balapulang as the provider of electric energy. In this thesis, the author analyzes the existence Balapulang Substation 20 KV distribution with parameters in UPJ balapulang losses and drop voltage using ETAP software 7.0.0. Feeder old in UPJ Balapulang gradually taken part load by GI Balapulang. Effect of the GI balapulang make long feeder reduced workload with the value of losses and drop voltage criteria. From the results of simulation using ETAP software 7.0.0 it was found that the value of the voltage drop and feeder-feeder losses Balapulang GI tends to increase every year. The increase occurred due to load growth each year and also transfer the load from the old feeder.

Keywords: Balapulang substation, electrical energy, DKL3.2, ETAP7.0.0

1. Pendahuluan

Di dalam sistem tenaga listrik, gardu induk merupakan salah satu bagian vital (*critical part*) dalam penyaluran tenaga listrik. Gardu Induk terdiri dari susunan dan rangkaian sejumlah perlengkapan yang dipasang menempati suatu lokasi tertentu untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik, menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai dengan tingkat tegangan kerjanya, tempat

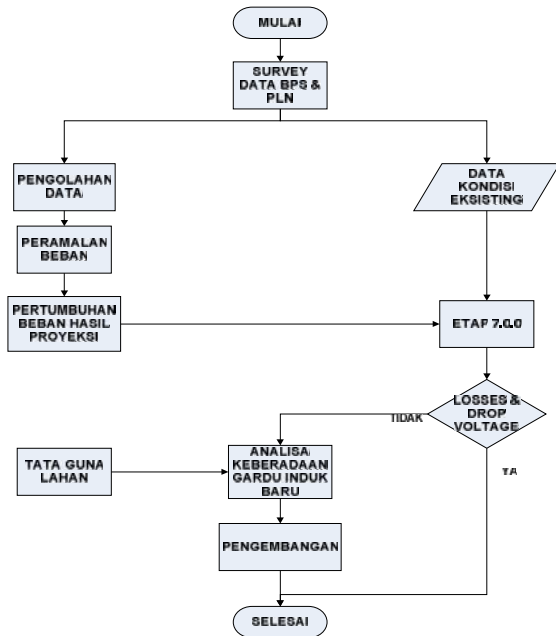
melakukan kerja pemutus dan penghubung rangkaian suatu sistem tenaga listrik.

Gardu induk sebagai komponen sistem tenaga listrik memegang peranan penting pada kontinuitas suplai tenaga listrik kepada konsumen yang terus mengalami peningkatan tiap tahunnya. Faktor yang berpengaruh terhadap tingkat kebutuhan tenaga listrik antara lain faktor ekonomi, kependudukan dan kewilayahan. Apabila beban listrik yang ditanggung oleh gardu induk lebih

besar dari kapasitas gardu induk, maka gardu induk akan mengalami overload yang berakibat suplai listrik ke konsumen terhenti. Kondisi ini tentunya harus diantisipasi sedini mungkin oleh PT. PLN (Persero) Distribusi Jateng DIY selaku penyedia energi listrik. Merujuk penjelasan di atas, UPJ Balapulang yang menjadi bagian dari unit pelayanan jaringan PT. PLN (Persero) Distribusi Jateng DIY APJ Tegal harus dapat menjamin energi listrik yang dihasilkan dan disalurkan dalam keadaan cukup.

Keberadaan Gardu Induk Balapulang di UPJ Balapulang sebagai gardu induk baru, dibangun untuk membantu GI di wilayah APJ Tegal yaitu Gardu Induk Kebasen dan Gardu Induk Bumiayu. Perhitungan *losses* dan *drop voltage* di kedua GI ini sudah tinggi dan untuk waktu-waktu selanjutnya diperkirakan semakin tinggi. Untuk mengatasi hal ini, Gardu Induk Balapulang mengambil sebagian beban beberapa feeder GI Kebasen dan GI Bumiayu di UPJ Balapulang untuk mengurangi beban di kedua GI tersebut. Dalam hal ini, penulis berupaya menganalisa kebutuhan listrik wilayah UPJ Balapulang tahun 2012 hingga 2016 menggunakan model DKL 3.2 serta menganalisa *losses* dan *drop voltage* feeder-feeder Gardu Induk Balapulang dan pengaruh keberadaan gardu induk ini terhadap distribusi 20 KV di wilayah kerja UPJ Balapulang menggunakan software ETAP 7.0.0.

2. Metode



Gambar 1. Diagram alir penyusunan laporan penelitian

2.1 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dari *survey* data ke PT. PLN APJ Tegal yang menyediakan data-data untuk analisis penyaluran tenaga listrik Gardu Induk Distribusi

Balapulang dan BPS (Badan Pusat Statistik) Jawa Tengah selaku instansi yang bertanggung jawab untuk data-data kependudukan dan data PDRB di propinsi Jawa Tengah.

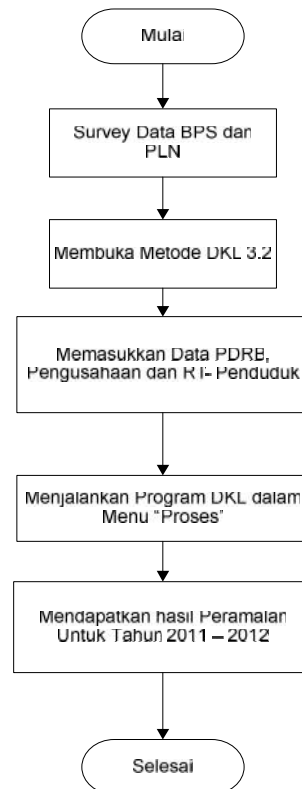
Tabel 1 Daftar Data yang Dibutuhkan

| No | Instansi | Data yang Dibutuhkan |
|----|---|---|
| 1 | BPS (Badan Pusat Statistik) Jawa Tengah | Data Penduduk dan Rumah Tangga Kabupaten Tegal |
| 2 | PT. PLN APJ Tegal | Data Pengusahaan UPJ Balapulang Jaringan Eksisting Gardu Induk Kebasen & Bumiayu Data <i>Losses</i> dan <i>Drop Voltage</i> jaringan |

2.2 Metode Pengolahan Data

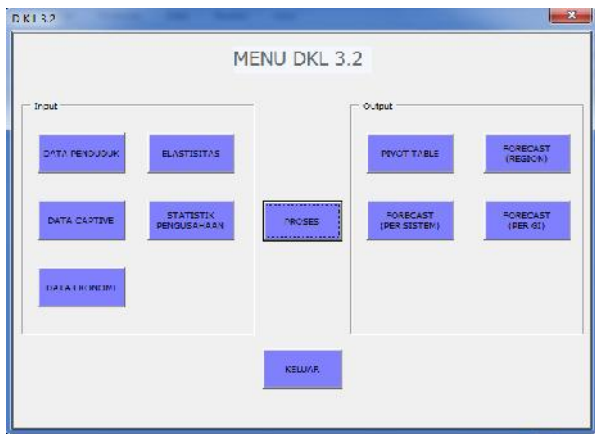
Setelah data-data diperoleh langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data. Pengolahan disini dilakukan dengan tiga langkah, pertama pengelompokkan data yang dipergunakan untuk melakukan peramalan, kedua pengelompokkan data yang dipergunakan untuk menentukan kondisi eksisting dan ketiga pengelompokkan data yang dipergunakan untuk pengembangan kebutuhan listrik.

2.3 Peramalan Beban



Gambar 2. Diagram Alir DKL 3.2

Metode peramalan beban yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode DKL 3.2. Berikut ini adalah tampilan dari metode peramalan DKL 3.2.

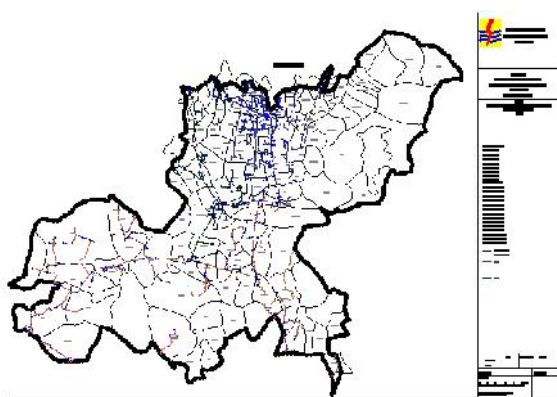


Gambar 3. Tampilan Menu DKL 3.2

Dari gambar tampilan menu DKL pada gambar 3 di atas, dapat dilihat bahwa menu DKL 3.2 memiliki sub menu yang digunakan untuk melakukan peramalan. Setelah hasil peramalan beban didapatkan dan dengan mempertimbangkan peta tata guna lahan, titik keberadaan Gardu Induk Balapulung sebagai gardu induk baru dapat dicari pengaruhnya untuk distribusi 20 KV wilayah kerja UPJ Balapulung. Peramalan dilakukan dari tahun 2012 – 2016, sedangkan data pada tahun 2011 sebagai data eksisting.

2.4 Data Jaringan Eksisting UPJ Balapulung

Data jaringan eksisting yang digunakan dalam penelitian ini adalah data jaringan eksisting feeder 03 dan 10 untuk GI Kebasen dan feeder 05 untuk GI Bumiayu pada tahun 2011. Peta jaringan jaringan eksisting bisa dilihat pada gambar 4 di bawah ini.



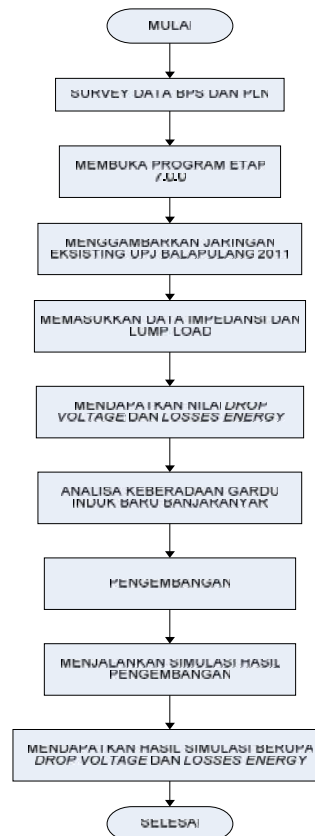
Gambar 4. Peta Jaringan Eksisting UPJ Balapulung

Jaringan distribusi di wilayah UPJ Balapulung terdiri dari empat penyulang. Empat penyulang itu adalah KSN 03 dan KSN 10 yang disuplai dari Gardu Induk Kebasen, sedangkan BMY 02 dan BMY 05 di suplai dari Gardu Induk Bumiayu. Hanya saja untuk BMY 02 tidak dibahas

dikarenakan panjang penyulang yang sangat pendek dan hanya jaringan 1 fasa saja yang ada di UPJ Balapulung.

2.5 Simulasi ETAP 7.0.0 dan Pengaruh Keberadaan Garu Induk Balapulung

Untuk diagram alir simulasi dengan menggunakan software ETAP 7.0.0 dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Simulasi ETAP 7.0.0

Kebutuhan penambahan gardu induk baru di APJ Tegal, khususnya di UPJ Balapulung yang dilewati beberapa feeder dari GI Kebasen dan GI Bumiayu memiliki pertimbangan yang sesuai dengan standar PT. PLN. Tentunya hal ini menjadi salah satu opsi akibat gardu induk yang ada hampir mendekati overload dan kriteria gardu induk maksimal 3x60 MVA. losses dan drop tegangan feeder – feeder yang mengampu wilayah kerja UPJ Balapulung juga kurang memenuhi kriteria yang telah ditetapkan PT. PLN (Persero). Penentuan lokasi di Banjar Anyar untuk gardu induk baru di daerah Balapulung juga menjadi alasan bahwa daerah ini dekat dengan ujung penyulang feeder-feeder di UPJ Balapulung, di samping lokasi gardu induk yang berada di tengah – tengah wilayah UPJ Balapulung. Dengan adanya Gardu Induk Balapulung ini, sebagian beban dari feeder GI Kebasen dan GI Bumiayu di UPJ Balapulung dipindahkan ke feeder gardu induk baru.

3. Hasil dan Analisa

3.1 Hasil Peramalan Beban

Hasil peramalan dengan model DKL 3.2 dapat dilihat bahwa Kontrak Daya (*Power Contracted*) mengalami peningkatan tiap tahunnya. Peramalan dilakukan dari tahun 2012 hingga 2016 dengan menggunakan tahun 2011 sebagai tahun dasar.

Tabel 2. Hasil peramalan kontrak daya (KVA) dengan model DKL 3.2

| Sektor | Tahun | | | | | |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Rumah Tangga | 41.872 | 42.499 | 43.252 | 44.138 | 45.163 | 46.338 |
| Bisnis | 2.557 | 2.591 | 2.632 | 2.681 | 2.737 | 2.801 |
| Publik | 2.384 | 2.409 | 2.439 | 2.475 | 2.515 | 2.562 |
| Industri | 1.888 | 1.888 | 1.888 | 1.888 | 1.888 | 1.888 |
| Total | 48.700 | 49.386 | 50.211 | 51.180 | 52.302 | 53.587 |

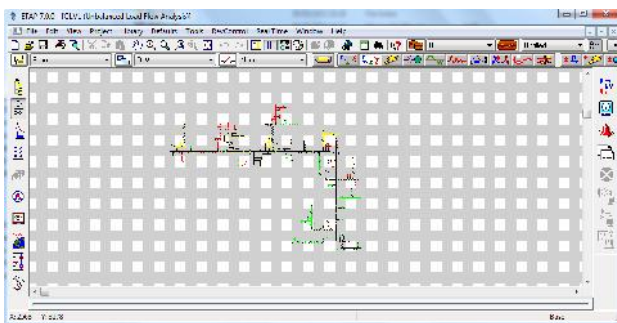
Penambahan KVA per tahun dapat dihitung didapatkan dari selisih antara kebutuhan saat ini dan kebutuhan pada tahun berikutnya. Berikut adalah hasil selisih penambahan KVA tiap tahunnya.

Tabel 3. Penambahan KVA per tahun di UPJ Balapulang

| No | Tahun | Penambahan KVA |
|----|-------|----------------|
| 1 | 2012 | 686 |
| 2 | 2013 | 824 |
| 3 | 2014 | 969 |
| 4 | 2015 | 1.122 |
| 5 | 2016 | 1.284 |

Dari tabel 4 di atas dapat dilihat bahwa penambahan KVA di UPJ Balapulang mengalami peningkatan setiap tahunnya. Hal ini dikarenakan adanya peningkatan kebutuhan listrik. Untuk itu penempatan penambahan ataupun penggantian trafo distribusi diperoleh dari peramalan kebutuhan yang ada di UPJ Balapulang dengan merujuk peta tata guna lahan.

3.2 Hasil Simulasi dengan Software ETAP 7.0.0



Gambar 6. Penggambaran Jaringan dengan Menggunakan ETAP 7.0.0 (BMY 05)

Dalam penelitian ini analisis yang dipergunakan untuk analisis adalah *Unbalanced Load Flow Analysis*. Hal ini dikarenakan pada analisis *Balanced Load Flow Analysis* hanya dapat menganalisa jaringan tiga fasa nya saja, sedangkan UPJ Balapulang terdapat juga sistem satu fasa. Berikut adalah hasil *report* dari simulasi ETAP 7.0.0

| | | | |
|-----------|--------|-----------|------------|
| Project: | ETAP | Page: | 199 |
| Location: | 7.0.0 | Date: | 09 05 2012 |
| Docname: | | SN: | 12510478 |
| Drawn by: | | Revision: | None |
| Filename: | BMY 05 | Case: | Normal |

| SUMMARY OF TOTAL GENERATION, LOADING & DEMAND | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|---------------|
| | Phase | MVA | MVA | MVA | Watt |
| Source (String Source): | A | 4,244 | 3,724 | 2,912 | 77,31 Lagging |
| | B | 4,169 | 3,649 | 2,811 | 76,04 Lagging |
| | C | 4,449 | 3,924 | 3,099 | 78,31 Lagging |
| Source (Zinc-Element): | A | 0 | 0 | 0 | |
| | B | 0 | 0 | 0 | |
| | C | 0 | 0 | 0 | |
| Total Demand: | A | 4,244 | 3,724 | 2,912 | 77,31 Lagging |
| | B | 4,169 | 3,649 | 2,811 | 76,04 Lagging |
| | C | 4,449 | 3,924 | 3,099 | 78,31 Lagging |
| Apparent Losses: | A | 0,112 | 0,209 | | |
| | B | 0,001 | 0,215 | | |
| | C | 0,007 | 0,322 | | |
| System Maximum: | | 0,000 | 0,000 | | |

Gambar 7. Report Simulasi ETAP 7.0.0 Penyulang BMY 05

$$\begin{aligned}
 \text{Losses} &= \frac{\sum \text{Apparent Losses}}{\sum \text{Total Demand}} \times 100 \% \\
 &= \frac{1,112}{13,312} \times 100 \% = 8,35 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{DROP VOLTAGE} &= \% \text{ Tegangan Pangkal GI} - \% \text{ Tegangan Paling Ujung} \\
 &= 100 \% (20,080 \text{ KV}) - \% 82,37 \% (16,541 \text{ KV}) \\
 &= 17,63 \% (3,539 \text{ KV})
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan cara yang sama analisa untuk tiap-tiap penyulang di UPJ Balapulang dapat disimulasikan.

hasil survey jaringan kemudian di simulasikan ke dalam ETAP 7.0.0 didapatkan hasil sebagai berikut.

3.3 Penggambaran Kondisi Eksisting Tahun 2011

Data Beban Penyulang wilayah UPJ Balapulang didapat dari PT. PLN (Persero) APJ Tegal. Sehingga dari data beban penyulang gardu induk yang menyuplai UPJ Balapulang ini didapatkan parameter dasar untuk melakukan analisa. Berdasarkan data teknis PLN dan data

Tabel 4. Besarnya Nilai arus GI yang menyuplai UPJ Balapulang berdasarkan simulasi Tahun 2011

| NO | KAP TRAF0 | FEEDER | NILAI ARUS PER FASA | | |
|----|-----------|--------|---------------------|-------|-------|
| | (MVA) | | R | S | T |
| 1 | 30 | BMY 05 | 506,7 | 486,4 | 447,8 |
| 2 | 20 | KSN 03 | 384,3 | 410,1 | 382,5 |
| 3 | 60 | KSN 10 | 318,9 | 312,6 | 320,3 |

Tabel 5. Hasil perhitungan drop tegangan berdasarkan simulasi tahun 2011

| Gardu Induk | Penyulang | Tegangan Pangkal (KV) | Tegangan Ujung (KV) | Drop tegangan | Hasil Evaluasi |
|-------------|-----------|-----------------------|---------------------|---------------|-----------------------|
| Bumiayu | BMY 05 | 20,080 | 16,541 | 17,62% | Tidak Memenuhi Syarat |
| Kebasen | KSN 03 | 18,769 | 16,544 | 11,85% | Tidak Memenuhi Syarat |
| | KSN 10 | 19,424 | 16,785 | 13,59% | Tidak Memenuhi Syarat |

Dari tabel diatas secara keseluruhan ada tiga feeder yang tidak memenuhi syarat (maksimum 5,5 %), hal ini kemungkinan diakibatkan oleh :

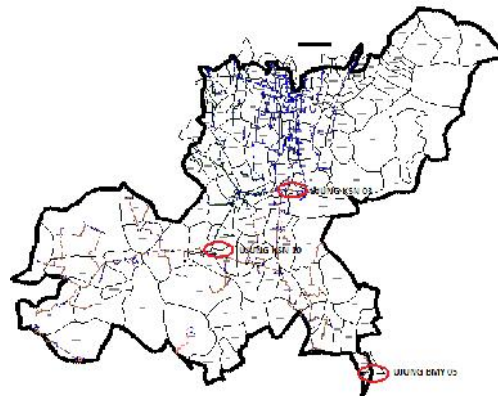
- Jaringan terlalu panjang.
- Beban yang dilayani pada jaringan terlalu besar.
- Penampang konduktor yang kecil.

Tabel 6. Hasil perhitungan losses berdasarkan simulasi tahun 2011

| Feeder | Losses (%) | | | | | | | | Losses |
|--------|--------------|-------|-------|--------|-----------------|--------|-------|-------|--------|
| | Total Demand | | | | Apparent Losses | | | | |
| | R | S | T | Total | R | S | T | Total | |
| BMY 05 | 4,544 | 4,299 | 4,469 | 13,312 | 0,116 | -0,001 | 0,997 | 1,112 | 8,35% |
| KSN 03 | 3,585 | 3,416 | 3,409 | 10,410 | 0,379 | 0,076 | 0,159 | 0,614 | 5,90% |
| KSN 10 | 2,817 | 2,904 | 2,932 | 8,653 | 0,187 | 0,141 | 0,177 | 0,505 | 5,84% |

Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh PT. PLN (Persero), untuk losses yang diperbolehkan untuk tiap penyulang adalah 3,77%, maka dari data diatas diketahui bahwa BMY 05, KSN 03 dan KSN 10 kurang memenuhi syarat dari ketentuan yang diterapkan oleh standar PLN. Ujung feeder BMY 05 berada di Desa Suniarsih, KSN 03 berada di Desa Yamansari, sedangkan KSN 10 berada di Desa Kaliwungu

Kebutuhan transformator dan penyulang dari gardu induk di wilayah kerja UPJ Balapulang dapat diperkirakan. Kebutuhan Transformator Gardu Induk setelah dilakukan analisa, didapatkan hasil seperti pada tabel Capacity Balance APJ Tegal yang melingkupi wilayah kerja UPJ Balapulang untuk tahun 2011.



Gambar 8. Ujung feeder BMY 05, KSN 03 dan KSN 10 yang tidak memenuhi kriteria dari PT. PLN

Tabel 7. Capacity Balance APJ Tegal yang Melingkupi UPJ Balapulang untuk tahun 2011

| No | GARDU INDUK | Tahun | | FEEDER | KV | Pengukuran 2011 | | | 2011 | |
|---------------------|-------------|-----------|--------|--------|-------|-----------------|-------|-------|----------|-----|
| | | Kap Trafo | | | | I | S | JML | Peak | Add |
| | | No | MVA | | | | | | | |
| | | Unit | | | | | | | MW | MVA |
| BEBAN PUNCAK | | | | | | | | | 246,8636 | |
| MVA → | | | | | | | | | 308,5795 | |
| 1 | BUMIAYU | I | 16 | BMY-01 | 20 | 46,7 | 1,69 | 13,52 | %BP | |
| 2 | | | | BMY-02 | 20 | 105,3 | 11,83 | | 84,57 | |
| 3 | | II | 30 | BMY-03 | 20 | 203,3 | 10,97 | %BP | | |
| 4 | | | | BMY-04 | 20 | 44,3 | 2,85 | 31,48 | 105,01 | |
| 5 | | | | BMY-05 | 20 | 349,0 | 17,67 | | | |
| 6 | I | 20 | KSN-01 | 20 | 0,0 | 0,00 | 7,80 | %BP | | |
| 7 | | | KSN-02 | 20 | 228,0 | 7,80 | 39,06 | | | |
| 8 | KEBASEN | II | 20 | KSN-03 | 20 | 301,0 | 8,42 | 15,47 | %BP | |
| 9 | | | | KSN-04 | 20 | 229,7 | 7,05 | 77,42 | | |
| 10 | | III | 60 | KSN-05 | 20 | 32,3 | 8,53 | %BP | | |
| 11 | | | | KSN-06 | 20 | 141,7 | 5,60 | | | |
| 12 | | | | KSN-07 | 20 | 229,7 | 9,27 | 40,06 | 66,83 | |
| 13 | IV | 60 | KSN-08 | 20 | 206,0 | 9,27 | | | | |
| 14 | | | KSN-09 | 20 | 220,3 | 7,39 | | | | |
| 15 | | | KSN-10 | 20 | 340,3 | 9,80 | %BP | | | |
| 16 | | | KSN-11 | 20 | 319,0 | 0,00 | 17,38 | 29,03 | | |
| 17 | | | | KSN-12 | 20 | 316,3 | 7,57 | | | |

Dari hasil rekapitulasi dari tabel 9 diatas, dapat dilihat pada Gardu Induk Bumiayu Trafo II sudah overload (80%) pada tahun 2011 dan Gardu Induk Kebasen Trafo II mendekati overload, sedangkan Trafo IV masih memenuhi standar yang ditetapkan PT. PLN (Persero). Namun, dengan nilai losses dan drop tegangan pada feeder BMY 05, KSN 03 dan KSN 10 yang tidak memenuhi kriteria standar PT. PLN (Persero), perlu adanya up rating dan penambahan gardu induk baru untuk menjaga pasokan listrik ke pelanggan, seperti pada tabel 7.2 dibawah.

Tabel 8. Analisa up rating, penambahan transformator GI APJ Tegal yang Melingkupi UPJ Balapulang

| No | Gardu Induk | Saran | Trafo | Awal MVA | Baru MVA | Tambah MVA | | Th |
|----|-------------|----------|-------|----------|----------|------------|---|------|
| 1 | Bumiayu | uprating | I | 16 | 60 | 44 | 1 | 2012 |
| 2 | Bumiayu | uprating | II | 30 | 60 | 30 | 1 | 2012 |

- a. Beban GI Bumiayu Trafo I tahun 2011 harus di uprating menjadi 60 MVA dan sesuai dengan kriteria GI maksimal 3x60 MVA. Untuk GI Bumiayu Trafo II harus di uprating dari 30 MVA menjadi 60 MVA.
- b. Losses dan drop tegangan di GI Bumiayu dan GI Kebasen yang sudah melebihi kriteria, maka dibangun GI diUPJBalapulang untuk membantu 2 GI tersebut.
- c. Dengan uprating transformator dan pembangunan Gardu Induk baru di wilayah UPJ Balapulang pada tahun 2011, sebagian beban yang ada di GIBumiayu dan GI Kebasen dipindahkan ke gardu induk baru. Feeder-feeder tersebut antara lain BMY 05, KSN 03 dan KSN 10. Ketiga feeder ini akan di potong untuk memperbaiki losses dan drop tegangan yang kurang memenuhi syarat yang ditentukan oleh PLN. Berikut rincian untuk tahun 2012.

Tabel 9. Rekonfigurasi feeder UPJ Balapulang Tahun 2012

| GARDU INDUK | FEEDER | TAHUN | KETERANGAN |
|-------------|--------|---------------|--|
| | BARU | PENGEMBA NGAN | |
| Balapulang | BLP 01 | 2012 | Mengambil sebagian beban feeder KSN 10 |
| | BLP 02 | 2012 | Mengambil sebagian beban feeder BMY 05 |
| | BLP 03 | 2012 | Mengambil sebagian beban feeder BMY 05 |
| | BLP 04 | 2012 | Mengambil sebagian beban feeder KSN 03 |

Dengan uprating transformator dan pengoperasian Gardu Induk Balapulang di tahun 2012, diharapkan akan terjadi perbaikan losses dan drop tegangan untuk jangka panjang.

3.4 Gardu Induk Balapulang Tahun 2012

GI Balapulang sendiri pada tahun 2012 merupakan GI baru yang dioperasikan untuk membantu feeder-feeder di UPJ Balapulang. Letak GI ini berada di lokasi Banjar Anyar. Banyak hal yang menjadi pertimbangan mengapa PT. PLN (Persero) memilih daerah Banjar Anyar sebagai lokasi GI baru. Pertimbangannya yaitu :

1. Panjangnya feeder BMY 05, KSN 03 dan KSN 10.
2. Perhitungan losses dan drop tegangan di keempat feeder tersebut yang melebihi standar PT. PLN.
3. Letak Gardu Induk Balapulang yang berdekatan di tengah-tengah ketiga feeder yang berada di wilayah UPJ Balapulang.
4. Ujung ketiga feeder yang dekat dengan wilayah Banjar Anyar.
5. Nilai Capacity Balance GI Bumiayu dan GI Kebasen yang kurang memenuhi kriteria standar PT. PLN (Persero).
6. Beban yang diperkirakan meningkat tiap tahunnya.

Tabel 12. Hasil simulasi total losses setelah pemotongan feeder pada tahun 2012

| Gardu Induk | Feeder | Losses (%) | | |
|-------------|--------|--------------|-----------------------|--------------|
| | | Total Demand | Total Apparent Losses | Total Losses |
| Balapulang | BLP 01 | 2,859 | 0,031 | 1,08% |
| | BLP 02 | 5,640 | 0,092 | 1,63% |
| | BLP 03 | 1,971 | 0,007 | 0,36% |
| | BLP 04 | 1,881 | 0,003 | 0,16% |
| Bumiayu | BMV 05 | 4,001 | 0,094 | 2,35% |
| Kebasen | KSN 03 | 10,420 | 0,237 | 2,27% |
| | KSN 10 | 4,634 | 0,098 | 2,11% |

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa setelah keberadaan Gardu Induk Balapulang, dimana sebagian beban dan jaringannya diambil dari feeder BMV 05, KSN 03 dan KSN 10. Besar nilai losses dan drop tegangan yang terdapat pada feeder-feeder di GI Bumiayu dan GI Kebasen menjadi memenuhi syarat yang telah ditentukan oleh PLN. Berikut tabel perbandingan antara sebelum dan sesudah keberadaan Gardu Induk Balapulang.

Tabel 13. Hasil perbandingan sebelum dan setelah keberadaan GI Balapulang berdasarkan drop tegangan

| NO | SEBELUM KEBERADAAN GI BALAPULANG | | | SETELAH KEBERADAAN GI BALAPULANG | | |
|----|----------------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------|-----------------|
| | FEEDER | JATUH TEGANGAN (%) | HASIL EVALUASI | FEEDER | JATUH TEGANGAN (%) | HASIL EVALUASI |
| 1 | BMV 05 | 17,62 | Tidak Memenuhi Syarat | BMV 05 | 4,57 | Memenuhi Syarat |
| 2 | KSN 03 | 11,85 | Tidak Memenuhi Syarat | KSN 03 | 2,30 | Memenuhi Syarat |
| 3 | KSN 10 | 13,59 | Tidak Memenuhi Syarat | KSN 10 | 4,86 | Memenuhi Syarat |

Tabel 14. Hasil perbandingan sebelum dan setelah keberadaan GI Balapulang berdasarkan losses

| NO | SEBELUM KEBERADAAN GI BANJARANYAR | | | SETELAH KEBERADAAN GI BANJARANYAR | | |
|----|-----------------------------------|------------|-----------------------|-----------------------------------|------------|-----------------|
| | FEEDER | LOSSES (%) | HASIL EVALUASI | FEEDER | LOSSES (%) | HASIL EVALUASI |
| 1 | BMV 05 | 8,35 | Tidak Memenuhi Syarat | BMV 05 | 2,35 | Memenuhi Syarat |
| 2 | KSN 03 | 5,90 | Tidak Memenuhi Syarat | KSN 03 | 2,27 | Memenuhi Syarat |
| 3 | KSN 10 | 5,84 | Tidak Memenuhi Syarat | KSN 10 | 2,11 | Memenuhi Syarat |

Berdasarkan hasil tabel perbandingan di atas diketahui bahwa hasil dari setelah keberadaan Gardu Induk Balapulang telah memenuhi kriteria yang ditetapkan oleh PT. PLN (Persero) yaitu pada drop tegangan dan losses tidak boleh melebihi batas yang telah ditetapkan (drop tegangan >5,5% dan susut energi >3,77%). Dapat disimpulkan bahwa hasil dari penempatan lokasi dan pengoperasian Gardu Induk Balapulang yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero) merupakan hasil yang cukup bagus untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik di wilayah kerja UPJ Balapulang untuk tahun-tahun ke depan.

3.7 Pengembangan Tahun 2013-2016

Tabel 15. Arah pengembangan pemotongan feeder di UPJ Balapulang Tahun 2013-2016

| No. | Tahun | Penyulang | Rekonfigurasi Jaringan |
|-----|-------|-----------|--|
| 1. | 2013 | BMY 05 | Sebagian beban di Desa Karangjambu – Cilongok dialihkan ke BPL 03 |
| 2 | | KSN 03 | Sebagian beban di Desa Jatimulyo – Dukuh Ringin dialihkan ke BPL 04 |
| 3 | | KSN 10 | Sebagian beban di Desa Starang Kidul – Dukuhdamu dialihkan ke BPL 01 |
| 4 | | BPL 02 | Penambahan penyulang 1 phasa di Desa Margasari – Danareja |
| 5 | 2014 | BMY 05 | Sebagian beban di Desa Sokatengah – Bojong dialihkan ke BPL 03 |
| 6 | | KSN 03 | Sebagian beban di Desa Dukuh Ringin – Dukuhdamu dialihkan ke BPL 04 |
| 7 | | KSN 10 | Sebagian beban di Desa Gumayun – Bulukpacing dialihkan ke BPL 01 |
| 8 | | BPL 02 | Penambahan penyulang 3 phasa di Desa Pakulaut – Kaligayam |
| 8 | 2015 | BMY 05 | Sebagian beban di Desa Buniwah – Bojong dialihkan ke BPL 03 |
| 9 | | KSN 03 | Sebagian beban di Desa Slawi Kulon – Curug dialihkan ke BPL 04 |
| 10 | | KSN 10 | Sebagian beban di Desa Bulukpacing – Adiwerna dialihkan ke BPL 01 |
| 11 | 2016 | BMY 05 | Sebagian beban di Desa Bojong – Suniarsih dialihkan ke BPL 03 |
| 12 | | KSN 03 | Sebagian beban di Desa Kutamendala dialihkan ke BPL 02 |
| 13 | | KSN 10 | Sebagian beban di Desa Pandawa – Pener dialihkan ke BPL 04 |
| | | | Sebagian beban di Desa Trayeman – Procot dialihkan ke BPL 01 |

Tabel di atas merupakan arah pengembangan untuk tahun 2013-2016. Dengan cara yang sama untuk simulasi dengan menggunakan software ETAP 7.0.0, maka didapat nilai losses dan drop voltage sebagai berikut.

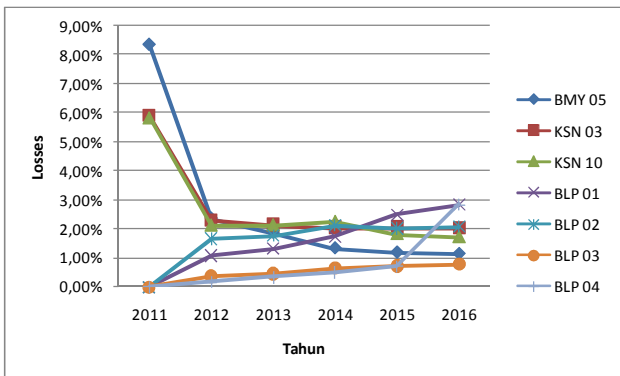
Tabel 16. Hasil simulasi total losses setelah pemotongan feeder di UPJ Balapulang pada tahun 2013-2016

| Gardu Induk | Penyulang | Losses (%) | | | |
|-------------|-----------|------------|------|------|------|
| | | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Balapulang | BLP 01 | 1,32 | 1,74 | 2,49 | 2,83 |
| | BLP 02 | 1,75 | 2,09 | 1,99 | 2,06 |
| | BLP 03 | 0,46 | 0,64 | 0,71 | 0,77 |
| | BLP 04 | 0,33 | 0,51 | 0,72 | 2,84 |
| Bumiayu | BMY 05 | 1,86 | 1,32 | 1,17 | 1,12 |
| Kebasen | KSN 03 | 2,12 | 2,04 | 2,04 | 2,02 |
| | KSN 10 | 2,12 | 2,24 | 1,82 | 1,71 |

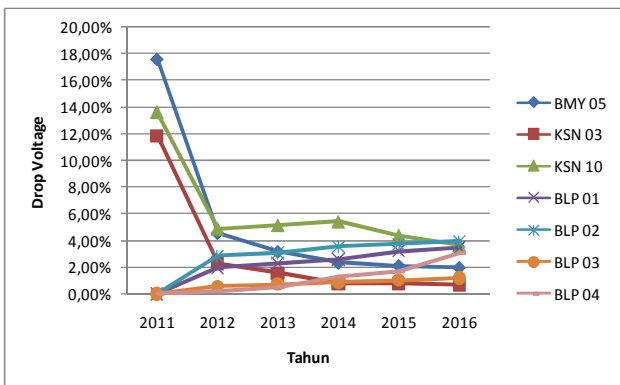
Tabel 17. Hasil simulasi drop voltage setelah pemotongan feeder di UPJ Balapulang pada tahun 2013-2016

| Gardu Induk | Penyulang | Drop Voltage (%) | | | |
|-------------|-----------|------------------|------|------|------|
| | | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 |
| Balapulang | BLP 01 | 2,28 | 2,57 | 3,20 | 3,46 |
| | BLP 02 | 3,09 | 3,55 | 3,73 | 3,93 |
| | BLP 03 | 0,74 | 0,91 | 1,03 | 1,22 |
| | BLP 04 | 0,53 | 1,25 | 1,71 | 3,08 |
| Bumiayu | BMY 05 | 3,16 | 2,33 | 2,11 | 1,96 |
| Kebasen | KSN 03 | 1,55 | 0,80 | 0,80 | 0,68 |
| | KSN 10 | 5,12 | 5,38 | 4,35 | 3,63 |

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa nilai losses dan drop voltage untuk pengembangan tahun 2013-2016 masih memenuhi kriteria yang telah ditetapkan PT. PLN (Persero), yaitu 3,77% untuk losses dan 5,5% untuk drop voltage.



Gambar 11. Grafik hasil simulasi losses seluruh feeder di UPJ Balapulang tahun 2011-2016



Gambar 12. Grafik hasil simulasi drop voltage seluruh feeder di UPJ Balapulang tahun 2011-2016

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa untuk BMY 05, KSN 03 dan KSN 10, nilai losses dan drop voltasenya dari tahun 2011-2016 semakin turun. Hal ini diakibatkan adanya pemotongan feeder oleh feeder-feeder GI Balapulang. Sedangkan, untuk BLP 01, BLP 02, BLP 03 dan BLP 04, nilai losses dan drop voltasenya dari tahun 2012-2016 mengalami kenaikan. Hal ini dikarenakan adanya pengambilan sebagian beban dari feeder-feeder lama di UPJ Balapulang dan peningkatan kebutuhan listrik.

4. Kesimpulan

Penambahan beban daya tersambung (KVA) berdasarkan peramalan DKL 3.2 untuk tahun 2012, 2013, 2014, 2015 dan 2016 adalah 686 KVA, 824 KVA, 969 KVA, 1.122 KVA, dan 1.284 KVA. Berdasarkan simulasi software ETAP 7.0.0, hasil simulasi jaringan BLP 01, BLP 02, BLP 03 dan BLP 04 pada Gardu Induk Balapulang tahun 2012 dilihat dari nilai losses dan drop tegangan adalah 1,08%;1,94%, 1,63%;2,89%, 0,36%;0,56%, dan 0,16%;0,22%. Hasil simulasi jaringan di wilayah kerja UPJ Balapulang pada tahun 2012 setelah feeder BMY 05, KSN 03 dan KSN 10 diambil sebagian bebannya oleh

feeder – feeder GI Balapulang, dilihat dari nilai susut energi dan drop tegangan dengan nilai 8,35%;17,62%, 5,90%;11,85%, 5,84%;13,59% menjadi 2,35%;4,57%, 2,27%;2,30%, 2,11%;4,86%. Dari hasil simulasi tiap feeder pada GI Balapulang tahun 2016, masih dimungkinkan untuk menambah panjang feeder lama dan jumlah feeder baru guna membantu feeder di UPJ lain sekitar UPJ Balapulang.

Sebagai masukan guna pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini, maka memberikan beberapa saran. Model peramalan bisa menggunakan model peramalan lain seperti Simple E, LEAP atau metode peramalan lainnya. Simulasi selain dengan menggunakan ETAP dapat juga dilakukan dengan menggunakan MATLAB untuk menghitung aliran daya yang terjadi pada tiap jaringannya.

Referensi

- [1]. Ariwibowo, C., *Trafo Distribusi pada JTM 20 KV di PT PLN Persero UPJ Semarang Selatan*, Kerja Praktek S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2009.
- [2]. Bangun, B.E., *Studi Penempatan Transformator Distribusi Berdasarkan Jatuh Tegangan*, Penelitian S-1, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2009.
- [3]. Nugroho, A., *Perkiraan Energi Listrik*, Universitas Diponegoro, Semarang, 2011.
- [4]. Rahardjo, *Merencanakan Pengembangan Sistem Kelistrikan PLN kedepan Secara Lebih Baik dan Lebih Efisien*, PT PLN (Persero) Distribusi Jateng DIY, 2006.
- [5]. Ramadhianto, *Studi Susut Energi*, FT Universitas Indonesia, Jakarta, 2008.
- [6]. Suswanto, D. A., *Perencanaan Jaringan Distribusi*, Buku Ajar BAB III.
- [7]. Tahir, U., *Analisa Losses Teknik Pada Sistem Kelistrikan*, Penelitian S-1, Universitas Sains & Teknologi, Jayapura, 2008.
- [8]. SPLN 1 1995, *Standard Tegangan*
- [9]. SPLN 12 1978, *Sistem Distribusi 20 KV tiga fasa empat kawat*
- [10]. SPLN 26 1980, *Sistem Distribusi 20 KV tiga fasa tiga kawat*
- [11]. SPLN 72 1987, *Spesifikasi Desain Untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dan Jaringan Tegangan Rendah (JTR)*
- [12]. *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*, Buku Ajar BAB 14.
- [13]. Tim Masterplan, *Pembuatan Masterplan Sistem Distribusi 20 KV APJ Tegal*, Laporan Akhir, Universitas Diponegoro – PT PLN (Persero) Distribusi Jateng DIY, 2011.
- [14]. Saefulloh, Dian, *Perencanaan Pengembangan Gardu Induk untuk 10 Tahun ke Depan*, Penelitian S-1, Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.