



UPAYA PENURUNAN *LOSSES ENERGY* BERBASIS PENYEIMBANGAN BEBAN PADA PHB-TR GARDU DISTRIBUSI DI PT.PLN (PERSERO) AREA TASIKMALAYA RAYON TASIK KOTA

Devi Ramadhan, Wahyudi Budi P
Department of Electrical Engineering
Faculty of Industrial Technology Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta Indonesia
Email : deviramadhan7@gmail.com



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

abstrak

PT. PLN (Persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memiliki otoritas penuh dalam menjaga kontinuitas pendistribusian pasokan energi listrik kepada pelanggan. Salah satu indikator kinerja utama PLN di bidang distribusi yaitu susut (*losses*). Salah satu susut yang terjadi adalah akibat ketidakseimbangan beban. Pemerataan beban pada Papan Hubung Bagi – Tegangan Rendah (PHB-TR) berfungsi untuk mengurangi rugi-rugi yang dialami oleh PLN Rayon Tasikmalaya Kota yang di akibatkan adanya arus mengalir pada saluran netral transformator. Gardu yang dipilih pada proses pemerataan ini adalah gardu Kampung Karang Anyar (KRA), Kp. Kampung Karang Anyar (KKRA), Sisipan gardu Karang Krikil (SKRK), Buana Karta Development Unit (BKDU) dipilih karena memiliki persentase diatas 10%. Penekanan susut energi pada saluran transmisi dari keempat gardu distribusi yang dipilih pada bulan November 2017 sebesar 45 kWh. Angka tersebut berdasarkan dari susut keempat gardu sebelum pemerataan sebesar 5,7 kW dan setelah pemerataan sebesar 5,4 kW. Rata-rata persentase dari selisih penurunan susut yang diakibatkan oleh adanya arus yang mengalir pada saluran netral di sisi sekunder transformator sebesar 52%. Kemudian total energi yang berhasil diturunkan dari pemerataan keempat gardu tersebut yang diakibatkan arus netral pada bulan November 2017 adalah sebesar 62,37 kWh. Perhitungan tersebut dilakukan ketika beban puncak (17.00-22.00).

Kata Kunci : Gardu Distribusi, *Losses*, Penyeimbangan Beban.

1. PENDAHULUAN

Susut didefinisikan sebagai bentuk kehilangan energi listrik yang berasal dari banyaknya energi listrik yang dibangkitkan atau diproduksi dengan jumlah energi yang terjual. Berdasarkan jenisnya susut dibagi menjadi dua, yaitu Susut Teknis dan Susut Non Teknis. Susut adalah bentuk kerugian bagi perusahaan, karena susut merupakan energi yang terbuang. Penelitian yang berjudul “Upaya Penurunan *Losses Energy* Berbasis Penyeimbangan Beban Pada Papan Hubung Bagi – Tegangan Rendah PHB-TR Gardu Distribusi di PT.PLN (PERSERO) Area Tasikmalaya Rayon Tasik Kota” dilatarbelakangi atas permasalahan yang terjadi pada kinerja PLN di bidang distribusi yaitu susut (*losses*) di area Tasikmalaya Rayon Tasik Kota. Upaya penurunan *losses energy* pada gardu distribusi berguna untuk menekan rugi-rugi daya yang ditimbulkan oleh ketidakseimbangan beban. Upaya penurunan *losses energy* dapat dilakukan dengan cara memindahkan saluran dengan nilai arus terkecil pada jurusan satu disamakan dengan saluran dengan nilai arus terbesar pada jurusan lain maupun sebaliknya. Pemindahan jalur ini tidak terlalu ribet, karena dilakukan pada saat pengukuran atau pengecekan di lapangan.

2. MODEL MATEMATIS

Ketidakeimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban satu fasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah. Langkah-langkah untuk mengetahui *losses* yang ditimbulkan akibat ketidakseimbangan beban adalah dengan menggunakan Persamaan 2.1 – 2.5.

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (2.1)$$

$$I_{rata-rata} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (2.2)$$

$$\%beban = \frac{I_{rata-rata}}{I_{FL}} \quad (2.3)$$

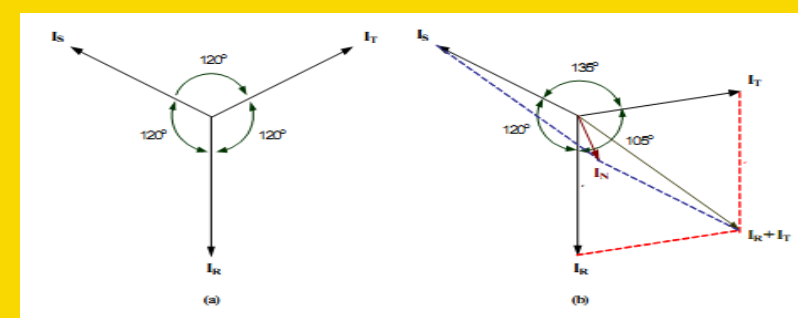
$$I_{unb} = \left| \left(\frac{I_R}{I_{rata-rata}} \right) - 1 \right| + \left| \left(\frac{I_S}{I_{rata-rata}} \right) - 1 \right| + \left| \left(\frac{I_T}{I_{rata-rata}} \right) - 1 \right| \times 100 \quad (2.4)$$

$$P_{Losses} = I^2 \cdot R \quad (2.5)$$

Penurunan susut dari pemerataan beban yang dilakukan untuk menekan Rugi-rugi daya yang dipengaruhi oleh arus ketidakseimbangan dapat dilihat pada Persamaan 2.6 dan 2.7.

$$P_{Saving} = V \cdot I_{(selisih \text{ arus netral})} \times \cos \phi \quad (2.6)$$

$$kWh_{Saving} = P_{Saving} \times wbp \times 30 \quad (2.7)$$



Gambar 2.1 Vektor Diagram Arus [1]

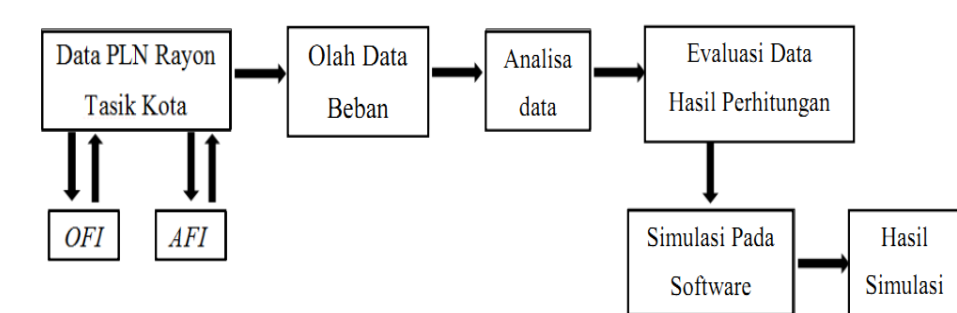
- Dengan :
- I_{FL} = Arus beban penuh (A)
 - S = Daya transformator (kVA)
 - V = Tegangan sisi sekunder transformator (kV)
 - $I_{rata-rata}$ = Arus fasa rata-rata (A)
 - I_R = Arus fasa R (A)
 - I_S = Arus fasa S (A)
 - I_T = Arus fasa T (A)
 - $\%beban$ = Persentase pembebanan transformator (%)
 - I_{unb} = Persentase Arus ketidakseimbangan (%)
 - P_{Losses} = Rugi-rugi Setiap Fasa (Watt)
 - I^2 = Arus Saluran Perfasa (A)
 - R = Resistansi Total Pada Saluran (Ω)
 - P_{Saving} = Daya yang diselamatkan (watt)
 - V = Tegangan sumber (V)
 - $\cos \phi$ = Power factor (0,85)
 - kWh_{Saving} = Daya kWh perbulannya (kWh/bulan)
 - wbp = Waktu Beban Puncak (dari jam 17.00 – 22.00)

- Keadaan yang dikatakan seimbang jika:
- Ketiga vektor tegangan atau arus sama besar.
 - Ketiga vektor membentuk 120° antara satu dengan yang lain.

- Arus netral = 0
- Sedangkan keadaan tidak seimbang adalah dimana syarat kedua atau salah satu keadaan tidak terpenuhi. Kemungkinan ketidakseimbangan ada 3, antara lain :
- Ketiga vektor besarnya sama tapi antara satu sama lain bentuknya tidak 120° .
- Ketiga vektor besarnya tidak sama tapi bentuknya 120° satu dengan yang lain.
- Ketiga vektor besarnya sama dan antara satu dengan yang lain tidak membentuk 120° .

3. PERANCANGAN SISTEM

a. Desain sistem



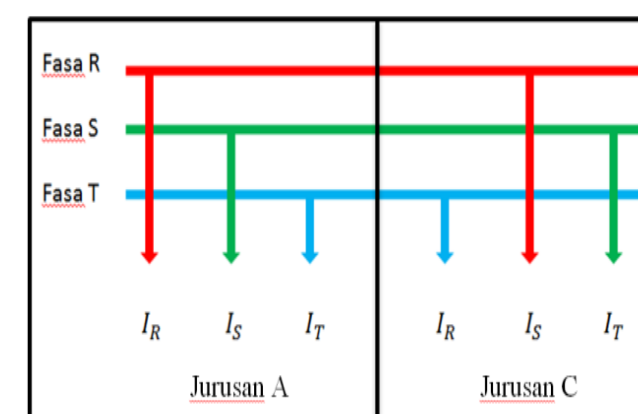
Gambar 3.1 Block Diagram Sistem

Langkah pertama pada penelitian ini yaitu menentukan penyulang dengan susut terbesar untuk dijadikan objek penelitian di PT.PLN (PERSERO) Rayon Kota Tasik. Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui rugi-rugi daya pada waktu beban puncak yang bisa diminimalisir.

b. Pemerataan beban

Dari hasil inspeksi penekanan susut pada penelitian di Rayon Tasik Kota, didapatkan proses penekanan susut ini dilakukan dengan cara pemerataan beban di gardu Kampung Karang Anyar (KRA), Kp. Kampung Karang Anyar (KKRA), Sisipan gardu Kampung Krikil (SKRK), dan Buana Karta Development Unit (BKDU) dilakukan pemerataan beban dengan mengubah beban di fasa yang tinggi dipindahkan ke fasa yang lebih rendah atau sebaliknya.

Contoh yang diambil pada penelitian ini adalah gardu SKRK jurusan C fasa R dirubah ke fasa T karena nilai fasa S jurusan C paling besar dan fase S jurusan A paling kecil, fasa S dirubah ke fasa T dan fasa T dirubah ke fasa R. Urutan fasanya tetap sama seperti RST, tetapi di rubah jalurnya menjadi TRS. Untuk gardu KRA fasa pada jurusan C dirubah menjadi STR, gardu KKRA fasa pada jurusan C dirubah menjadi STR dan gardu BKDU fasa pada jurusan D dirubah menjadi TRS. Perubahan fasa ini dilakukan dengan mengubah kabel R-S-T di bus bar PHB-TR. Pengubahan dilakukan dengan membuka baut kontak antara kabel dan bus bar yang di ubah ke bus bar lainnya, kemudian ditutup kembali. Perubahan fasa ini dilakukan dengan mengubah kabel R-S-T di bus bar PHB-TR. Pengubahan dilakukan dengan membuka baut kontak antara kabel dan bus bar yang di ubah ke bus bar lainnya, kemudian ditutup kembali. Perubahan jalur ini dilakukan pada saat pengecekan rutin. Gambar 3.2 adalah contoh pemerataan gardu.

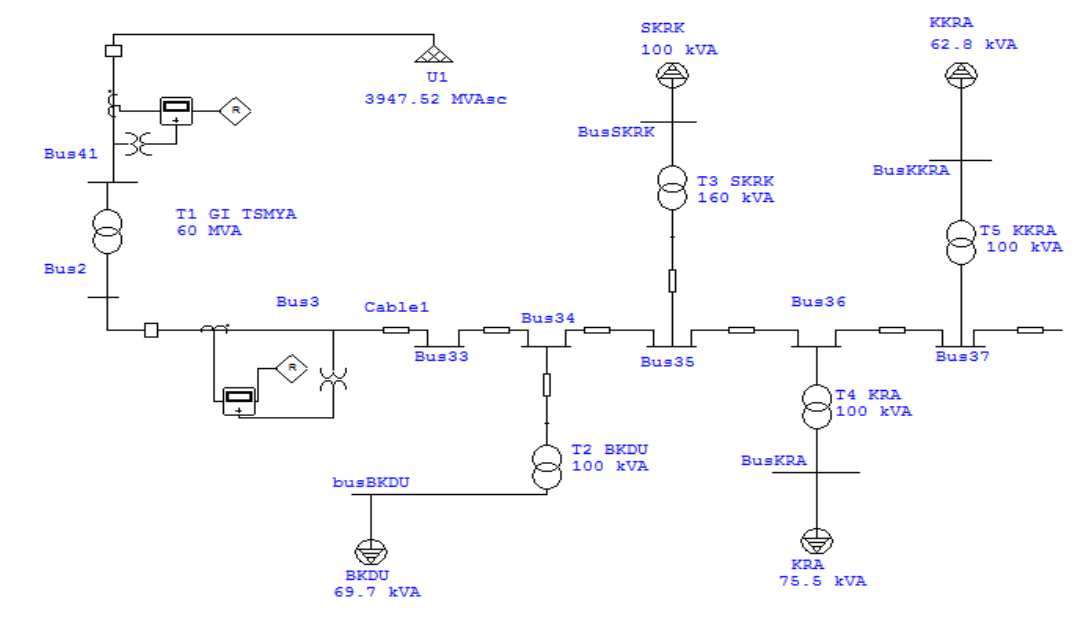


Gambar 3.2 Contoh Penyeimbangan Gardu

c. Simulasi ETAP 12.6

Pada bagian ini, dilakukan simulasi menggunakan software ETAP 12.6 dari data yang telah diperoleh. Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah menggunakan Persamaan 2.2 dan 2.5, selanjutnya data hasil perhitungan disimulasikan menggunakan software ETAP 12.6.

Gambar 3.3 adalah simulasi ETAP 12.6 untuk penyulang Mangkubumi dengan beberapa pilihan gardu yang memiliki susut daya paling besar.



Gambar 3.3 Penyulang Mangkubumi Menggunakan Simulasi ETAP 12.6

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Kesetimbangan Beban

Pemerataan beban yang dilakukan pada penyulang Mangkubumi ini memiliki susut teknis yang paling besar diantara penyulang lainnya di Rayon Tasik Kota. Untuk mengetahui persentase ketidakseimbangan beban pada setiap gardu, maka digunakan Persamaan 2.2 dan 2.5. Hasil dari perhitungan persentase ketidakseimbangan beban penyulang Mangkubumi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Persentase Ketidakseimbangan Beban Penyulang Mangkubumi

GARDU	Sebelum Pemerataan			
	I_R (A)	I_S (A)	I_T (A)	Persentase (%)
BCK	221	259	253	6
CGG	192	219	228	6
CJH	190	161	152	8,3
DMKB	153	147	154	1,3
KRA	110	84	133	14,96
KRGN	118	146	146	8,3
KRK	263	215	222	7,6
PNIK	44	46	63	15
SMM	282	327	286	5,3
KKRA	77	145	50	39,6
SKRK	151	115	167	13
ASTA	166	174	209	9
BKDU	79	118	105	13

Dari Tabel 4.1 memperlihatkan bahwa gardu yang dikerjakan untuk pemerataan beban ini adalah gardu KRA, KKRA, SKRK, dan BKDU. Pada gardu tersebut terdapat nilai persentase ketidakseimbangan beban di atas 10% dan terdapat dua jalur atau lebih.

Tabel 4.2 merupakan data gardu yang dilakukan pemerataan beban.

Tabel 4.2 Data Gardu Sebelum Pemerataan

Gardu	Jurusan	Hasil Pengukuran			Persentase (%)
		I_R (A)	I_S (A)	I_T (A)	
KRA	A	71	70	107	14,96 %
	C	39	14	26	
	Total	110	84	133	
KKRA	A	63	110	31	39,6 %
	C	14	35	19	
	Total	77	145	50	
SKRK	A	92	51	77	13 %
	C	59	64	90	
	Total	151	115	167	
BKDU	B	1	10	12	13 %
	D	78	108	93	
	Total	79	118	105	

Tabel 4.3 merupakan hasil pengukuran lapangan yang telah dilakukan pemerataan menggunakan Persamaan 2.2 dan 2.5.

Tabel 4.3 Data Gardu Setelah Pemerataan

Gardu	Jurusan	Hasil Pengukuran (A)			Persentase (%)
		I_R (A)	I_S (A)	I_T (A)	
KRA	A	71	70	107	7,3 %
	C	26	39	14	
	Total	97	109	121	
KKRA	A	63	110	31	24 %
	C	19	14	35	
	Total	82	124	66	
SKRK	A	92	51	77	5 %
	C	64	90	59	
	Total	156	141	136	
BKDU	B	1	10	12	6,6 %
	D	108	93	78	
	Total	109	103	10	

Tabel 4.3 adalah hasil dari perhitungan yang telah dilakukan pemerataan beban menggunakan persamaan 2.2 dan 2.5. Dari hasil tersebut diperoleh hasil ketidakseimbangan (%) yang lebih kecil dari Tabel 4.2 data gardu sebelum Pemerataan.

b. *Losses* (Rugi-Rugi)

Tabel 4.4 adalah hasil simulasi gardu distribusi menggunakan ETAP 12.6 terhadap *losses* pada jaringan distribusi penyulang Mangkubumi.

Tabel 4.4 Perbandingan *Losses Report*

CKT / Branch	Phase	Rugi-Rugi Sebelum Pemerataan		Rugi-Rugi Setelah Pemerataan	
		kW	kVAR	kW	kVAR
BKDU	A	0,3	0,5	0,5	0,8
	B	0,6	0,9	0,4	0,7
	C	0,4	0,8	0,3	0,6
SKRK	A	0,6	1,0	0,6	1,1
	B	0,4	0,7	0,5	0,9
	C	0,7	1,2	0,5	0,9
KRA	A	0,5	0,8	0,4	0,7
	B	0,3	0,5	0,5	0,8
	C	0,7	1,1	0,6	1,0
KKRA	A	0,3	0,5	0,3	0,5
	B	0,8	1,3	0,6	1,0
	C	0,1	0,3	0,2	0,4

Dari hasil simulasi ETAP 12.6, bahwa pada saat sebelum dilakukan pemerataan beban terdapat total *losses* sebesar 5,7 kW dan setelah dilakukan pemerataan beban, total nilai *losses* yang terdapat pada penyulang Mangkubumi sebesar 5,4 kW. Kemudian total energi (kWh) yang berhasil diturunkan dari total *losses* sebelum dan setelah pemerataan beban dapat menggunakan persamaan 2.7 pada bulan November 2017 sebesar 45 kWh. Dikarenakan adanya ketidakseimbangan antara setiap fasa pada sisi sekunder transformator, maka menyebabkan timbul arus yang mengalir pada penghantar netral transformator. Tabel 4.5 adalah perbandingan arus netral gardu distribusi.

Tabel 4.5 Arus Netral Gardu Distribusi

Gardu	Sebelum Pemerataan	Setelah Pemerataan	Selisih Arus Netral	Persentase (%)
	(I_w)	(I_w)	(I_w)	
KRA	0,9 A	0,4 A	0,5 A	55,55
KKRA	1,7 A	1,1 A	0,6 A	35,29
SKRK	1,0 A	0,4 A	0,6 A	60
BKDU	0,7 A	0,3 A	0,4 A	57,14
Rata-Rata				52

Dari hasil pemerataan beban untuk menekan rugi-rugi pada saluran netral transformator menggunakan Persamaan 2.6 maka dapat dilihat pada Tabel 4.6 kolom P_{Saving} (kW).

Tabel 4.6 Penurunan Susut Daya Gardu Distribusi

Gardu	P_{Saving} (kW)	kWh_{Saving}
KRA	0,099	14,85
KKRA	0,1188	17,82
SKRK	0,1188	17,82
BKDU	0,0792	11,88
Total	0,4158	62,37

Untuk mengetahui nilai kWh_{Saving} perbulannya dapat menggunakan Persamaan 2.7. Perbandingan rugi-rugi daya yang hilang dikarenakan terjadinya penyusutan pada saluran akibat ketidakseimbangan beban perbulannya dapat dilihat pada Tabel 4.6 kolom kWh_{Saving} . Setelah diketahui hasil pemerataan beban, penurunan rugi-rugi tegangan nominal yang didapat dari perbandingan sebelum dan setelah pemerataan beban pada bulan November 2017 sebesar 62,37 kWh. Perhitungan ini dilakukan pada keadaan waktu beban puncak (WBP).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

1. Pada bulan November 2017 total penekanan susut (*losses*) dari setiap fasa pada keempat gardu di Penyulang Mangkubumi sebesar 45 kWh.
2. Selisih persentase arus yang mengalir pada sisi sekunder saluran netral transformator berhasil diturunkan dengan nilai rata-rata sebesar 52%.
3. Total *Saving* rugi-rugi daya dari hasil pemerataan beban Penyulang Mangkubumi pada bulan November 2017 sebesar 62,37 kWh. Perhitungan ini dilakukan pada keadaan waktu beban puncak (WBP).

b. Saran

1. Data *meeting* trafo perlu dilakukan setiap adanya pembaharuan data, baik dari nilai arus, tegangan, daya, faktor daya maupun manuver-manuver yang sedang dilakukan.
2. Perlu dilakukan inspeksi dengan *thermvision* pada pemeliharaan penyulang baik itu JTM atau JTR. Hal ini dilakukan agar dapat mengurangi kondisi *losses* kontak yang mengakibatkan rugi-rugi.

6. REFERENSI

- [1] Moh. Dahlan, “Akibat Ketidakseimbangan Beban Akibat Arus Netral dan *Losses* Pada Transformator Distribusi”. Universitas Muria Kudus, 2016.
- [2] S. Hariyadi, “Analisis Rugi-Rugi Daya dan Jatuh Tegangan Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 KV Pada Gardu Induk Palur – Masaran,” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- [3] S. Krishnamoorthy dan D. Jayabal, “Evaluation of transformer loading and energy loss for increasing energy efficiency in distribution system,” 2015 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2015.
- [4] Safrizal, “Automatic Power Factor Control (APFC) Capacitor Shunt Untuk Optimalisasi Daya Reaktif Menggunakan Metode Invoice (Case Study PDAM),” Universitas Islam Nahdlatul Ulama, 2015.
- [5] Suhadi, dkk, “Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1,” 2008 Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [6] A. Kadir, “Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik,” 2000 Jakarta, UI-Press, 2000.
- [7] G. P. Shultz, *Transformers and motors: a single-source reference for electricians*. Carmel, IN: Sams, 1989.
- [8] Zuhail, *Dasar Tenaga Listrik*. Jakarta: Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, 2000.