

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyeimbangan Beban Transformator Distribusi

Penyeimbangan beban di trafo fasa tunggal ini dilakukan dengan memindahkan beban-beban rumah ke penghantar yang lain. Dalam penyeimbangan beban transformator distribusi terdapat dua metode penerapan yaitu SBS (Seimbang Beban Sehari) dan metode satu titik/dua titik waktu. Penyeimbangan beban dengan metode SBS adalah metode penyeimbangan beban yang dalam perancangannya sudah mempertimbangkan tingkat kesimbangan yang akan dicapai dalam rentang waktu 24 jam/sehari penuh untuk menurunkan nilai arus netral secara optimal dalam pengukuran sebelum dan sesudah beban diseimbangkan harus melakukan pengukuran beban selama rentang waktu 24 jam/sehari dengan tetap menggunakan metode SBS. Alat ukur yang digunakan pada metode ini disebut *power logger*, sebuah alat yang bisa mengukur beban/ampere dan merekam hasil dari waktu ke waktu secara periodik. Pemasangan alat ukur *power logger* dilakukan masing-masing jurusan pada transformator distribusi yang akan diukur alat ini akan *merecord* atau merekam data pengukuran beban trafo distribusi bagian PHB (Panel Hubung Bagi) selama 24 jam/sehari dan bisa diatur *record* setiap satu jam atau tiga puluh menit. Metode yang dilakukan dengan mengambil sampel salah satu atau keduanya dari WBP (Waktu Beban Puncak) dan LWBP (Luar Waktu Beban Puncak) merupakan metode penyeimbangan beban yang biasa digunakan pelayanan area rayon. Prosesnya dalam penjurusan penyulang tegangan rendah diukur dengan tang ampere beban tiap fasa nya pada saat beban puncak dan luar beban puncak. Hasil pengukuran beban ini digunakan sebagai dasar penentuan besar beban yang akan dipindah dari fasa dengan beban tinggi ke fasa dengan beban yang lebih rendah. Pada pelaksanaan penyeimbangan beban dilapangan dengan menggunakan metode BWP dan LWBP atau salah satunya dilakukan beberapa langkah dengan urutan sebagai berikut :

- a. Mengukur besarnya beban/ampere per fasa pada waktu beban puncak dan luar waktu beban puncak atau salah satu nya di PHB TR.
PHB TR besaran yang diukur adalah arus beban, tegangan, arus ground, faktor daya dan tahanan tanah.
- b. Menghitung nilai rata-rata dari besarnya ampere kedua fasa X_1 dan X_2 waktu beban puncak untuk menentukan nilai beban /ampere yang akan dituju sebagai acuan nilai ideal kondisi optimal seimbang.
- c. Ketika hasil rata-rata besar ampere kedua fasa telah diperoleh, selanjutnya untuk menentukan fasa mana yang akan dikurangi atau ditambah bebannya beserta nilai ampere waktu beban puncak yang harus dipindahkan.
- d. Ditentukannya suatu nilai kesetaraan tertentu antara besarnya daya yang tersambung ke pelanggan dengan ampere dipergunakan pada waktu beban puncak dan bersifat kondisional.
- e. Menentukan atau mencari beberapa pelanggan yang akan dipindahkan yang amperenya bisa mewakili sejumlah nilai ampere waktu beban puncak yang harus dipindahkan.

4.2 Jaringan Distribusi PT. PLN (Persero) Rayon Sedayu

Jaringan distribusi PLN (Persero) Rayon Sedayu disulang oleh 9 feeder yang berasal tiga Gardu Induk, yaitu Gardu Induk Bantul, Gardu Induk Godean dan Gardu Induk Wirobrajan. Gardu induk Bantul memiliki tiga transformator tenaga dengan kapasitas daya ketiganya dengan 60 MVA dan Gardu induk Godean memiliki dua buah transformator tenaga dengan kapasitas daya masing-masing 30 MVA dan 60 MVA serta Gardu induk Wirobrajan memiliki dua buah transformator tenaga dengan kapasitas keduanya 60 MVA.

Panjang jaringan menengah (JTM) di PT. PLN (Persero) Rayon Sedayu terdapat 477 kms, sedangkan untuk panjang jaringan rendah (JTR) mencapai 681,39 kms yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sebanyak 148,861 pelanggan per Februari 2019. *Single line diagram feeder 20 Kv* di PT. PLN (Persero) Rayon Sedayu dapat dilihat pada lampiran 2.

Berdasarkan data rekapitulasi formulir 12 C edaran 060/PST/1976 tanggal 1 Desember 1976 Triwulan Februari 2019 PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah & Yogyakarta, panjang jaringan tegangan rendah SUTR pada area yang dilayani di Rayon Sedayu adalah sebagai berikut :

- a. Godean 1 : Panjang jaringan 71,26 kms
- b. Godean 2 : Panjang jaringan 167,43 kms
- c. Godean 3 : Panjang jaringan 56,12 kms
- d. Godean 4 : Panjang jaringan 197,28 kms
- e. Godean 5 : Panjang jaringan 27,67 kms
- f. Godean 6 : Panjang jaringan 18,13 kms
- g. Bantul 1 : Panjang jaringan 5,22 kms
- h. Bantul 8 : Panjang jaringan 106,69 kms
- i. Wirobrajan 6 : Panjang jaringan 31,60 kms

Sebagai contoh, pada penghantar X_1 besar arusnya lebih besar dari pada di penghantar X_2 maka harus dilakukan pemindahan beberapa beban rumah dari penghantar X_1 ke penghantar. Besar beban yang harus dipindahkan adalah selisih arus di penghantar X_1 dan X_2 dibagi dengan dua atau besar arus netral dibagi dua, sehingga arus pada penghantar X_1 dan X_2 akan mendekati seimbang dan arus pada penghantar netral mendekati nol.

4.2.1 Transformator Distribusi CDB210

1. Trafo 1

No Gardu	: CDB210
No Tiang	: U2 – 117/19
Alamat	: Moyudan
Merk	: Star
Daya	: 50 kVA
Fasa	: 1 Fasa
Arus X_1	: 64 Ampere
Arus X_2	: 39,2 Ampere

Arus Netral : 20,7 Ampere

Tegangan $X_1 - 0$: 220 Volt

Tegangan X_2 : 216 Volt

Transformator Distribusi CDB210 adalah transformator distribusi 1 phase yang terletak di jl. Kecamatan Moyudan, kabupaten Sleman dengan nomor tiang U2 – 117/19. Jaringan pelayanan transformator CDB210 ini melayani pelanggan umum dengan jenis beban rumah tangga dan masjid yang menggunakan tegangan 1 phase. Transformator CDB menerima supply energi listrik dari penyulang 20 kV Gardu Induk Godean 4 (GDN-4) yang berasal dari transformator 1 Gardu Induk Godean yang memiliki kapasitas daya sebesar 60 MVA. Pada Tabel 4.1 adalah data teknis yang dilihat dari nameplate yang tertera pada transformator CDB210 :

Tabel 4.1 Spesifikasi Transformator CDB210

No.	Nameplate	Keterangan
1	Produsen / merk	STAR
2	Standart pembuatan	SPLN D3.002-1 : 2007
3	Jumlah phase / frekuensi	1 / 50 Hz
4	Daya pengenalan	50 kVA
5	Tegangan pengenalan	11547 V / 462-231 V
6	Arus pengenalan	4.33 A
7	Tegangan hubung singkat	2.50 %
8	Jenis minyak	Mineral
9	Pendinginan	ONAN
10	Kenaikan suhu minyak / kumparan	50 °C / 55 °C
11	Tingkat isolasi dasar	125 kV
12	Volume minyak	80 L
13	Berat total	368 kg

Transformator CDB210 memiliki kemampuan pelayanan daya 50 kVA dan tegangan pengenal antara 11 kV untuk sisi primer dan 462-231 V untuk sisi sekunder.. Pendinginan trafo menggunakan media minyak jenis mineral dengan sistem ONAN (Oil Natural Air Natural).

Pada trafo ini panjang penghantar diketahui 330 meter, dengan daya 50 kVA dan kabel penghantar netral yang digunakan AAAC 70mm². Diketahui besarnya hambatan jenis penghantar aluminium sebesar 2.6×10^{-8} Ohm meter. Untuk mengetahui rugi-rugi daya di penghantar netral harus mengetahui besarnya impedansi di penghantar netral dahulu. Besarnya impedansi :

$$\begin{aligned} R_N &= \frac{\rho \cdot L}{A} \\ &= \frac{2,6 \cdot 10^{-8} \cdot 330}{70 \cdot 10^{-6}} \\ &= 0,122571 \Omega \end{aligned}$$

Besar rugi-rugi daya di penghantar netral sebelum penyeimbangan beban adalah :

$$\begin{aligned} \Delta P &= I_N^2 R_N \\ &= (20,7)^2 \times 0,122571 \\ &= 52,521 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kondisi beban sebelum dan sesudah diseimbangkan dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Kondisi Trafo 1

Sebelum Penyeimbangan Beban	Sesudah Penyeimbangan Beban
Arus X_1 : 64 Ampere	Arus X_1 : 52 Ampere
Arus X_2 : 39,2 Ampere	Arus X_2 : 51,6 Ampere
Arus Netral : 20,7 Ampere	Arus Netral : 16,6 Ampere
Tegangan $X_1 - 0$: 220 Volt	Tegangan $X_1 - 0$: 214 Volt
Tegangan $X_2 - 0$: 216 Volt	Tegangan $X_2 - 0$: 211 Volt

Sebelum penyeimbangan beban, selisih arus di X_1 dan X_2 yg merupakan arus netral adalah sebesar :

$$\begin{aligned} I_N &= 64 - 39,2 \\ &= 24,8 \\ &= 24,8 : 2 \\ &= 12,4 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan Ampere pada beban selama 24 jam menggunakan alat *power logger* dan di dapat sebelum di seimbangkan arus X_1 64 ampere dan X_2 39,2 ampere dan arus netral 20,7 ampere kemudian setelah dilakukannya penyeimbangan menjadi arus X_1 52 ampere dan X_2 51,6 ampere dan arus netral 16,6 ampere. Jadi beban yang perlu diseimbangkan adalah sebesar $24,8 : 2 = 12,4$ Ampere. Karena beban di X_1 lebih besar dibandingkan beban di X_2 , maka sekitar 12,4 ampere beban di X_1 harus dipindahkan ke X_2 agar mencapai keseimbangan. Tetapi di lapangan hanya beban 4 ampere yang dapat dieksekusi untuk dipindahkan. Data pelanggan yang dipindahkan dapat dilihat di Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Beban Trafo 1 yang Dipindahkan

No.	ID Pelanggan	Nama	Alamat	Tipe	Daya	Pole
1	521040037181	SUDIHARJO	DN. MOYUDAN 7 No. RT. 2 RW. 15 SB RAHAYU	R1	450	U2- 117/19
2	521040032321	MARGONO	DN. MOYUDAN 7 No. RT. 2 RW. 15 SB RAHAYU	R1	450	U2- 117/19

Dari data di atas dapat diketahui bahwa setelah penyeimbangan beban, arus yang mengalir di penghantar netral menjadi lebih kecil, besar rugi-rugi daya yang terjadi di penghantar netral pun juga mengecil. Dengan resistans penghantar netral yang telah dihitung sebelumnya yaitu sebesar 0,122571 Ohm, maka dapat diketahui rugi-rugi daya setelah penyeimbangan beban dengan perhitungan:

$$\begin{aligned} \Delta P &= I_N^2 R_N \\ &= (16,6)^2 \times 0,122571 \\ &= 33,776 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.2.2 Transformator Distribusi CDB 197

2. Trafo 2

No Gardu : CDB 197

No Tiang : S1 – 98A/169

Alamat	: Tonalan
Merk	: Star
Daya	: 50 kVA
Fasa	: 1 Fasa
Arus X_1	: 66,4 Ampere
Arus X_2	: 125 Ampere
Arus Netral	: 20,9 Ampere
Tegangan $X_1 - 0$: 219 Volt
Tegangan X_2	: 216 Volt

Transformator Distribusi CDB197 adalah transformator distribusi 1 phase yang terletak di Jl. Raya Wates Tonalan, kecamatan Sedayu, kabupaten Bantul dengan nomor tiang S1 – 98A/169. Jaringan pelayanan transformator CDB197 ini melayani pelanggan umum dengan jenis beban rumah tangga dan toko yang menggunakan tegangan 1 phase. Transformator CDB197 menerima supply energi listrik dari penyulang 20 kV Gardu Induk Godean 2 (GDN-2) yang berasal dari transformator 1 Gardu Induk Godean yang memiliki kapasitas daya sebesar 60 MVA. Pada Tabel 4.4 adalah data teknis yang dilihat dari nameplate yang tertera pada transformator CDB197 :

Tabel 4.4 Spesifikasi Transformator CDB197

No.	Nameplate	Keterangan
1	Produsen / merk	STAR
2	Standart pembuatan	SPLN D3.002-1 : 2007
3	Jumlah phase / frekuensi	1 / 50 Hz
4	Daya pengenalan	50 kVA
5	Tegangan pengenalan	11547 V / 462-231 V
6	Arus pengenalan	5.35 A
7	Tegangan hubung singkat	2.50 %

Tabel 4.4 Spesifikasi Transformator CDB197 (Lanjutan)

No.	Nameplate	Keterangan
8	Jenis minyak	Mineral
9	Pendinginan	ONAN
10	Kenaikan suhu minyak / kumparan	50 °C / 55 °C
11	Tingkat isolasi dasar	125 kV
12	Volume minyak	90 L
13	Berat total	408 kg

Transformator CDB197 memiliki kemampuan pelayanan daya 50 kVA dan tegangan pengenal antara 11 kV untuk sisi primer dan 462-231 V untuk sisi sekunder.. Pendinginan trafo menggunakan media minyak jenis mineral dengan sistem ONAN (Oil Natural Air Natural).

Pada trafo ini panjang penghantar diketahui 360 meter, dengan daya 50 kVA dan kabel penghantar netral yang digunakan AAAC 70mm². Diketahui besarnya hambatan jenis penghantar aluminium sebesar 2.6×10^{-8} Ohm meter. Untuk mengetahui rugi-rugi daya di penghantar netral harus mengetahui besarnya impedansi di penghantar netral dahulu. Besarnya impedansi :

$$\begin{aligned}
 R_N &= \frac{\rho \cdot L}{A} \\
 &= \frac{2,6 \cdot 10^{-8} \cdot 360}{70 \cdot 10^{-6}} \\
 &= 0,133714 \Omega
 \end{aligned}$$

Besar rugi-rugi daya di penghantar netral sebelum penyeimbangan beban adalah :

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= I_N^2 R_N \\
 &= (20,9)^2 \times 0,133714 \\
 &= 58,408 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Kondisi beban sebelum dan sesudah diseimbangkan dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Kondisi Trafo 2

Sebelum Penyeimbangan Beban		Sesudah Penyeimbangan Beban	
Arus X_1	: 66,4 Ampere	Arus X_1	: 95,7 Ampere
Arus X_2	: 125 Ampere	Arus X_2	: 95,7 Ampere
Arus Netral	: 20,9 Ampere	Arus Netral	: 18,7 Ampere
Tegangan $X_1 - 0$: 219 Volt	Tegangan $X_1 - 0$: 212 Volt
Tegangan $X_2 - 0$: 216 Volt	Tegangan $X_2 - 0$: 210 Volt

Sebelum penyeimbangan beban, selisih arus di X_1 dan X_2 yg merupakan arus netral adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 I_N &= 125 - 66,4 \\
 &= 58,6 \\
 &= 58,6 : 2 \\
 &= 29,3 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Setalah dilakukan perhitungan Ampere pada beban selama 24 jam menggunakan alat *power logger* dan di dapat sebelum di seimbangkan arus X_1 66,4 ampere dan X_2 125 ampere dan arus netral 20,9 ampere kemudian setelah dilakukannya penyeimbangan menjadi arus X_1 95,5 ampere dan X_2 95,5 ampere dan arus netral 18,7 ampere. Jadi beban yang perlu diseimbangkan adalah sebesar $58,6 : 2 = 29,3$ ampere. Karena beban di X_2 lebih besar dibandingkan beban di X_1 , maka sekitar 29,3 ampere beban di X_2 harus dipindahkan ke X_1 agar mencapai keseimbangan. Tetapi di lapangan hanya beban 20 ampere yang dapat dieksekusi untuk dipindahkan. Data pelanggan yang dipindahkan dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Data Beban Trafo 2 yang Dipindahkan

No.	ID Pelanggan	Nama	Alamat	Tip	Daya	Pole
1	521040304210	MUSHOLLA AL IKHLAS	DN. TONALAN No. RT. 4 RW. 16 ARGOREJO	S2	900	S1-98A/169

2	521040675200	SUMARSI	DN. TONALAN No. RT. 4 RW. 16 ARGOSARI	R1	900	S1-98A/169
---	--------------	---------	------------------------------------------	----	-----	------------

Tabel 4.6 Data Beban Trafo 2 yang Dipindahkan (Lanjutan)

No.	ID Pelanggan	Nama	Alamat	Tip	Daya	Pole
3	521040541327	SUKIR RAHARJO	DN. TONALAN No. RT. 2 RW. 1 ARGOREJO	R1	450	S1-98A/169
4	521040306193	KIRMAN	DN. TONALAN No. RT. 2 RW. 1 ARGOREJO	R1	450	S1-98A/169
5	521040813812	MARDINO	DN. TONALAN No. RT. 02 RW.04 ARGOREJO	R1	450	S1-98A/169
6	521040936608	HENI SURYANI	DN. TONALAN No. RT. 02 RW. 04 ARGOSARI	R1	450	S1-98A/169
7	521040653767	MULYO WIHARJO	DN. TONALAN No. RT. 2 RW. 15 ARGOSARI	R1	450	S1-98A/169
8	521040306214	NY SUTO	DN. TONALAN No. RT. 2 RW. 15 ARGOREJO	R1	450	S1-98A/169

Dari data di atas dapat diketahui bahwa setelah penyeimbangan beban, arus yang mengalir di penghantar netral menjadi lebih kecil, besar rugi-rugi daya yang terjadi di penghantar netral pun juga akan mengecil. Dengan resistans penghantar netral yang telah dihitung sebelumnya yaitu sebesar 0,133714 Ohm, maka dapat diketahui rugi-rugi daya setelah penyeimbangan beban dengan perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= I_N^2 R_N \\
 &= (18,7)^2 \times 0,133714 \\
 &= 46,758 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

4.2.3 Transformator Distribusi CDB 145

3. Trafo 3

No Gardu	: CDB 145
No Tiang	: S1 – 98A/153
Alamat	: Purwomarto
Merk	: BD
Daya	: 50 kVA
Fasa	: 1 Fasa
Arus X_1	: 50,5 Ampere
Arus X_2	: 20,6 Ampere
Arus Netral	: 19,6 Ampere
Tegangan $X_1 - 0$: 220 Volt
Tegangan X_2	: 217 Volt

Transformator Distribusi CDB145 adalah transformator distribusi 1 phase yang terletak di desa Purwomarto, kecamatan Sedayu, kabupaten Bantul dengan nomor tiang S1 – 98A/153. Jaringan pelayanan transformator CDB145 ini melayani pelanggan umum dengan jenis beban rumah tangga dan toko yang menggunakan tegangan 1 phase. Transformator CDB145 menerima supply energi listrik dari penyulang 20 kV Gardu Induk Godean 2 (GDN-2) yang berasal dari transformator 1 Gardu Induk Godean yang memiliki kapasitas daya sebesar 60 MVA. Pada Tabel 4.7 adalah data teknis yang dilihat dari nameplate yang tertera pada transformator CDB145 :

Tabel 4.7 Spesifikasi Transformator CDB145

No.	Nameplate	Keterangan
1	Produsen / merk	BD
2	Standart pembuatan	SPLN D3.002-1 : 2007
3	Jumlah phase / frekuensi	1 / 50 Hz

Tabel 4.8 Spesifikasi Transformator CDB145 (Lanjutan)

No.	Nameplate	Keterangan
4	Daya pengenalan	50 kVA
5	Tegangan pengenalan	11547 V / 462-231 V
6	Arus pengenalan	4.77 A
7	Tegangan hubung singkat	2.50 %
8	Jenis minyak	Mineral
9	Pendinginan	ONAN
10	Kenaikan suhu minyak / kumparan	50 °C / 55 °C
11	Tingkat isolasi dasar	125 kV
12	Volume minyak	83 L
13	Berat total	370 kg

Transformator CDB145 memiliki kemampuan pelayanan daya 50 kVA dan tegangan pengenalan antara 11 kV untuk sisi primer dan 462-231 V untuk sisi sekunder.. Pendinginan trafo menggunakan media minyak jenis mineral dengan sistem ONAN (Oil Natural Air Natural).

Pada trafo ini panjang penghantar diketahui 480 meter, dengan daya 50 kVA dan kabel penghantar netral yang digunakan AAAC 70mm². Diketahui besarnya hambatan jenis penghantar aluminium sebesar 2.6×10^{-8} Ohm meter. Untuk mengetahui rugi-rugi daya di penghantar netral harus mengetahui besarnya impedansi di penghantar netral dahulu. Besarnya impedansi :

$$\begin{aligned}
 R_N &= \frac{\rho \cdot L}{A} \\
 &= \frac{2,6 \cdot 10^{-8} \cdot 480}{70 \cdot 10^{-6}} \\
 &= 0,178285 \Omega
 \end{aligned}$$

Besar rugi-rugi daya di penghantar netral sebelum penyeimbangan adalah :

$$\begin{aligned}\Delta P &= I_N^2 R_N \\ &= (19,6)^2 \times 0,178285 \\ &= 68,49 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Kondisi beban sebelum dan sesudah diseimbangkan dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.9 Kondisi Trafo 3

Sebelum Penyeimbangan Beban		Sesudah Penyeimbangan Beban	
Arus X ₁	: 50,5 Ampere	Arus X ₁	: 35,55 Ampere
Arus X ₂	: 20,6 Ampere	Arus X ₂	: 35,55 Ampere
Arus Netral	: 19,6 Ampere	Arus Netral	: 11,4 Ampere
Tegangan X ₁ – 0	: 220 Volt	Tegangan X ₁ – 0	: 212 Volt
Tegangan X ₂ – 0	: 217 Volt	Tegangan X ₂ – 0	: 211 Volt

Sebelum penyeimbangan beban, selisih arus di X₁ dan X₂ yang merupakan arus netral adalah sebesar :

$$\begin{aligned}I_N &= 50,5 - 20,6 \\ &= 29,9 \\ &= 29,9 : 2 \\ &= 14,95 \text{ Ampere}\end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan Ampere pada beban selama 24 jam menggunakan alat *power logger* dan di dapat sebelum di seimbangkan arus X₁ 50,5 ampere dan X₂ 20,6 ampere dan arus netral 19,6 ampere kemudian setelah dilakukannya penyeimbangan menjadi arus X₁ 35,55 ampere dan X₂ 35,55 ampere dan arus netral 11,4 ampere. Jadi beban yang perlu diseimbangkan adalah sebesar $29,9 : 2 = 14,95$ ampere. Karena beban di X₁ lebih besar dibandingkan beban di X₂ maka sekitar 14,95 ampere beban di X₁ harus dipindahkan ke X₂ agar mencapai keseimbangan. Tetapi di lapangan hanya beban 8 ampere yang dapat dieksekusi untuk dipindahkan. Data pelanggan yang dipindahkan dapat dilihat di Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Data Beban Trafo 3 yang Dipindahkan

No.	ID Pelanggan	Nama	Alamat	Tipe	Daya	Pole
1	521040559818	DRS DANI WIGAT	DN. PURWOMARTO AR REJ No. RT. 0 RW. 0 ARGOREJO	R1	900	S1- 98A
2	521040215168	DRS GUNAWA N	DN. PURWOMARTO No. RT.3 RW. 2 ARGOREJO	R1	900	S1- 98A /153

Dari data di atas dapat diketahui bahwa setelah penyeimbangan beban, arus yang mengalir di penghantar netral menjadi lebih kecil, besar rugi-rugi daya yang terjadi di penghantar netral pun juga akan mengecil. Dengan resistans penghantar netral yang telah dihitung sebelumnya yaitu sebesar 0,178285 Ohm, maka dapat diketahui rugi-rugi daya setelah penyeimbangan beban dengan perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= I_N^2 R_N \\
 &= (11,4)^2 \times 0,178285 \\
 &= 23,170 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

4.2.3 Transformator Distribusi CDB 163

4. Trafo 4

No Gardu	: CDB 163
No Tiang	: S1 – 98A/153
Alamat	: Purwomarto
Merk	: BD
Daya	: 50 kVA
Fasa	: 1 Fasa
Arus X_1	: 50,5 Ampere
Arus X_2	: 20,6 Ampere
Arus Netral	: 19,6 Ampere
Tegangan $X_1 - 0$: 220 Volt
Tegangan X_2	: 217 Volt

Transformator Distribusi CDB163 adalah transformator distribusi 1 phase yang terletak di desa Purwomarto, kecamatan Sedayu, kabupaten Bantul dengan nomor tiang S1 – 98A/153. Jaringan pelayanan transformator CDB163 ini melayani pelanggan umum dengan jenis beban rumah tangga dan toko yang menggunakan tegangan 1 phase. Transformator CDB163 menerima supply energi listrik dari penyulang 20 kV Gardu Induk Godean 2 (GDN-2) yang berasal dari transformator 1 Gardu Induk Godean yang memiliki kapasitas daya sebesar 60 MVA. Pada Tabel 4.11 adalah data teknis yang dilihat dari nameplate yang tertera pada transformator CDB163 :

Tabel 4.11 Spesifikasi Transformator CDB163

No.	Nameplate	Keterangan
1	Produsen / merk	BD
2	Standart pembuatan	SPLN D3.002-1 : 2007
3	Jumlah phase / frekuensi	1 / 50 Hz
4	Daya pengenalan	50 kVA
5	Tegangan pengenalan	11547 V / 462-231 V
6	Arus pengenalan	5.20 A
7	Tegangan hubung singkat	2.50 %
8	Jenis minyak	Mineral
9	Pendinginan	ONAN
10	Kenaikan suhu minyak / kumparan	50 °C / 55 °C
11	Tingkat isolasi dasar	125 kV
13	Berat total	375 kg

Transformator CDB163 memiliki kemampuan pelayanan daya 50 kVA dan tegangan pengenal antara 11 kV untuk sisi primer dan 462-231 V untuk sisi sekunder.. Pendinginan trafo menggunakan media minyak jenis mineral dengan sistem ONAN (Oil Natural Air Natural).

Pada trafo ini panjang penghantar diketahui 495 meter, dengan daya 50 kVA dan kabel penghantar netral yang digunakan AAAC 70mm². Diketahui besarnya hambatan jenis penghantar aluminium sebesar 2.6×10^{-8} Ohm meter. Untuk mengetahui rugi-rugi daya di penghantar netral harus mengetahui besarnya impedansi di penghantar netral dahulu. Besarnya impedansi :

$$\begin{aligned} R_N &= \frac{\rho.L}{A} \\ &= \frac{2,6.10^{-8} 495}{70.10^{-6}} \\ &= 0,183857 \Omega \end{aligned}$$

Besar rugi-rugi daya di penghantar netral sebelum penyeimbangan adalah :

$$\begin{aligned} \Delta P &= I_N^2 R_N \\ &= (20,9)^2 \times 0,183857 \\ &= 80,311 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kondisi beban sebelum dan sesudah diseimbangkan dapat dilihat pada tabel 4.12

Tabel 4.12 Kondisi Trafo 4

Sebelum Penyeimbangan Beban		Sesudah Penyeimbangan Beban	
Arus X ₁	: 85,9 Ampere	Arus X ₁	: 68,15 Ampere
Arus X ₂	: 50,4 Ampere	Arus X ₂	: 68,15 Ampere
Arus Netral	: 20,9 Ampere	Arus Netral	: 13,6 Ampere
Tegangan X ₁ – 0	: 218 Volt	Tegangan X ₁ – 0	: 211 Volt
Tegangan X ₂ – 0	: 213 Volt	Tegangan X ₂ – 0	: 208 Volt

Sebelum penyeimbangan beban, selisih arus di X_1 dan X_2 yg merupakan arus netral adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 I_N &= 85,9 - 50,4 \\
 &= 35,5 \\
 &= 35,5 : 2 \\
 &= 17,75 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan Ampere pada beban selama 24 jam menggunakan alat *power logger* dan di dapat sebelum di seimbangkan arus X_1 85,9 ampere dan X_2 50,4 ampere dan arus netral 20,9 ampere kemudian setelah dilakukannya penyeimbangan menjadi arus X_1 68,15 ampere dan X_2 68,15 ampere dan arus netral 13,6 ampere. Jadi beban yang perlu diseimbangkan adalah sebesar $35,5 : 2 = 17,75$ ampere. Karena beban di X_1 lebih besar dibandingkan beban di X_2 , maka sekitar 17,75 ampere beban di X_1 harus dipindahkan ke X_2 agar mencapai keseimbangan. Tetapi di lapangan hanya beban 6 ampere yang dapat dieksekusi untuk dipindahkan. Data pelanggan yang dipindahkan dapat dilihat di table 4.13

Tabel 4.13 Data Beban Trafo 4 yang Dipindahkan

No.	ID Pelanggan	Nama	Alamat	Tipe	Daya	Pole
1	521041000905	JOHAN SAPUTRO,ST	DN. KRAPYAK No. RT. 0 RW. 18 SIDOARUM	R1	1300	S1-157 /22

Dari data di atas dapat diketahui bahwa setelah penyeimbangan beban, arus yang mengalir di penghantar netral menjadi lebih kecil, besar rugi-rugi daya yang terjadi di penghantar netral pun juga akan mengecil. Dengan resistans penghantar netral yang telah dihitung sebelumnya yaitu sebesar 0,183857 Ohm, maka dapat diketahui rugi-rugi daya setelah penyeimbangan beban dengan perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= I_N^2 R_N \\
 &= (13,6)^2 \times 0,183857 \\
 &= 34,006 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

4.2.5 Transformator Distribusi CDB 188

5. Trafo 5

No Gardu	: CDB 188
No Tiang	: S1 – 68/11D
Alamat	: Bakal Dukuh
Merk	: BD
Daya	: 25 kVA
Fasa	: 1 Fasa
Arus X_1	: 35,4 Ampere
Arus X_2	: 68,8 Ampere
Arus Netral	: 25,5 Ampere
Tegangan $X_1 - 0$: 220 Volt
Tegangan X_2	: 218 Volt

Transformator Distribusi CDB188 adalah transformator distribusi 1 phase yang terletak di Bakal Dukuh, Sukoharjo, kabupaten Bantul dengan nomor tiang S1 – 68/11D. Jaringan pelayanan transformator CDB188 ini melayani pelanggan umum dengan jenis beban rumah tangga dan masjid yang menggunakan tegangan 1 phase. Transformator CDB188 menerima supply energi listrik dari penyulang 20 kV Gardu Induk Godean 2 (GDN-2) yang berasal dari transformator 1 Gardu Induk Godean yang memiliki kapasitas daya sebesar 60 MVA. Pada Tabel 4.14 adalah data teknis yang dilihat dari nameplate yang tertera pada transformator CDB163 :

Tabel 4.14 Spesifikasi Transformator CDB163

No.	Nameplate	Keterangan
1	Produsen / merk	BD
2	Standart pembuatan	SPLN D3.002-1 : 2007
3	Jumlah phase / frekuensi	1 / 50 Hz

Tabel 4.15 Spesifikasi Transformator CDB163 (Lanjutan)

No.	Nameplate	Keterangan
4	Daya pengenalan	25 kVA
5	Tegangan pengenalan	11547 V / 462-231 V
6	Arus pengenalan	4.20 A
7	Tegangan hubung singkat	2.50 %
8	Jenis minyak	Mineral
9	Pendinginan	ONAN
10	Kenaikan suhu minyak / kumparan	50 °C / 55 °C
11	Tingkat isolasi dasar	125 kV
12	Volume minyak	93 L
13	Berat total	400 kg

Transformator CDB163 memiliki kemampuan pelayanan daya 25 kVA dan tegangan pengenalan antara 11 kV untuk sisi primer dan 462-231 V untuk sisi sekunder.. Pendinginan trafo menggunakan media minyak jenis mineral dengan sistem ONAN (Oil Natural Air Natural).

Pada trafo ini panjang penghantar diketahui 480 meter, dengan daya 25 kVA dan kabel penghantar netral yang digunakan AAAC 70mm². Diketahui besarnya hambatan jenis penghantar aluminium sebesar 2.6×10^{-8} Ohm meter. Untuk mengetahui rugi-rugi daya di penghantar netral harus mengetahui besarnya impedansi di penghantar netral dahulu. Besarnya impedansi :

$$\begin{aligned} R_N &= \frac{\rho \cdot L}{A} \\ &= \frac{2,6 \cdot 10^{-8} \cdot 480}{70 \cdot 10^{-6}} \\ &= 0,178285 \Omega \end{aligned}$$

Besar rugi-rugi daya di penghantar netral sebelum penyeimbangan adalah :

$$\begin{aligned}\Delta P &= I_N R_N \\ &= (25,5)^2 \times 0,178285 \\ &= 115,930 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Kondisi beban sebelum dan sesudah diseimbangkan dapat dilihat pada table 4.15.

Tabel 4.16 Kondisi Trafo 5

Sebelum Penyeimbangan Beban	Sesudah Penyeimbangan Beban
Arus X_1 : 35,4 Ampere	Arus X_1 : 52,1 Ampere
Arus X_2 : 68,8 Ampere	Arus X_2 : 52,1 Ampere
Arus Netral : 25,5 Ampere	Arus Netral : 14,7 Ampere
Tegangan $X_1 - 0$: 220 Volt	Tegangan $X_1 - 0$: 216 Volt
Tegangan $X_2 - 0$: 218 Volt	Tegangan $X_2 - 0$: 217 Volt

Sebelum penyeimbangan beban, selisih arus di X_1 dan X_2 yg merupakan arus netral adalah sebesar :

$$\begin{aligned}I_N &= 68,8 - 35,4 \\ &= 33,4 \\ &= 33,4 : 2 \\ &= 16,7 \text{ Ampere}\end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan Ampere pada beban selama 24 jam menggunakan alat *power logger* dan di dapat sebelum di seimbangkan arus X_1 35,5 ampere dan X_2 68,8 ampere dan arus netral 25,5 ampere kemudian setelah dilakukannya penyeimbangan menjadi arus X_1 52,1 ampere dan X_2 52,1 ampere dan arus netral 14,7 ampere. Jadi beban yang perlu diseimbangkan adalah sebesar $33,4 : 2 = 16,7$ ampere. Karena beban di X_2 lebih besar dibandingkan beban di X_1 , maka sekitar 16,7 ampere beban di X_2 harus dipindahkan ke X_1 agar mencapai keseimbangan. Tetapi di lapangan hanya beban 10 ampere yang dapat

dieksekusi untuk dipindahkan. Data pelanggan yang dipindahkan dapat dilihat di Tabel 4.16.

Tabel 4.17 Data Beban Trafo 5 yang Dipindahkan

No.	ID Pelanggan	Nam	Alamat	Tipe	Daya	Pole
1	52104057396 6	SURAMTO/RAN TO	BAKAL DUKUH No.008 RT. 02 RW. 10	R1	1300	S1-68 /11D
2	52104093807 1	WAHYUANES	BAKAL DUKUH No.013 RT. 02 RW. 10	R1	450	S1-68 /11D

Dari data di atas dapat diketahui bahwa setelah penyeimbangan beban, arus yang mengalir di penghantar netral menjadi lebih kecil, besar rugi-rugi daya yang terjadi di penghantar netral pun juga akan mengecil. Dengan resistans penghantar netral yang telah dihitung sebelumnya yaitu sebesar 0,178285 Ohm. Maka dapat diketahui rugi-rugi daya setelah penyeimbangan beban dengan perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \Delta P &= I_N^2 R_N \\
 &= (14,7)^2 \times 0,178285 \\
 &= 58,325 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

4.2.6 Transformator Distribusi CDB 133

6. Trafo 6

No Gardu	: CDB 133
No Tiang	: S1 – 141/7K
Alamat	: Pr. GKP
Merk	: BD
Daya	: 50 kVA
Fasa	: 1 Fasa
Arus X_1	: 39,9 Ampere
Arus X_2	: 77,2 Ampere

Arus Netral : 26,4 Ampere
 Tegangan $X_1 - 0$: 222 Volt
 Tegangan X_2 : 215 Volt

Transformator Distribusi CDB133 adalah transformator distribusi 1 phase yang terletak di Pr. GKP, kabupaten Bantul dengan nomor tiang S1 – 141/7K. Jaringan pelayanan transformator CDB188 ini melayani pelanggan umum dengan jenis beban rumah tangga dan masjid yang menggunakan tegangan 1 phase. Transformator CDB133 menerima supply energi listrik dari penyulang 20 kV Gardu Induk Godean 2 (GDN-2) yang berasal dari transformator 1 Gardu Induk Godean yang memiliki kapasitas daya sebesar 60 MVA. Pada Tabel 4.17 adalah data teknis yang dilihat dari nameplate yang tertera pada transformator CDB163 :

Tabel 4.18 Spesifikasi Transformator CDB133

No.	Nameplate	Keterangan
1	Produsen / merk	BD
2	Standart pembuatan	SPLN D3.002-1 : 2007
3	Jumlah phase / frekuensi	1 / 50 Hz
4	Daya pengenalan	50 kVA
5	Tegangan pengenalan	11547 V / 462-231 V
6	Arus pengenalan	3.90 A
7	Tegangan hubung singkat	2.50 %
8	Jenis minyak	Mineral
9	Pendinginan	ONAN
10	Kenaikan suhu minyak / kumparan	50 °C / 55 °C
11	Tingkat isolasi dasar	125 kV
12	Volume minyak	90 L
13	Berat total	405 kg

Transformator CDB133 memiliki kemampuan pelayanan daya 50 kVA dan tegangan pengenal antara 11 kV untuk sisi primer dan 462-231 V untuk sisi sekunder. Pendinginan trafo menggunakan media minyak jenis mineral dengan sistem ONAN (Oil Natural Air Natural).

Pada trafo ini panjang penghantar diketahui 440 meter, dengan daya 50 kVA dan kabel penghantar netral yang digunakan AAAC 70mm². Diketahui besarnya hambatan jenis penghantar aluminium sebesar 2.6×10^{-8} Ohm meter. Untuk mengetahui rugi-rugi daya di penghantar netral harus mengetahui besarnya impedansi di penghantar netral dahulu. Besarnya impedansi :

$$\begin{aligned} R_N &= \frac{\rho.L}{A} \\ &= \frac{2,6.10^{-8} 440}{70.10^{-6}} \\ &= 0,163428 \Omega \end{aligned}$$

Besar rugi-rugi daya di penghantar netral sebelum penyeimbangan adalah :

$$\begin{aligned} \Delta P &= I_N R_N \\ &= (26,4)^2 \times 0,163428 \\ &= 113,903 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kondisi beban sebelum dan sesudah diseimbangkan dapat dilihat pada table 4.18.

Tabel 4.19 Kondisi Trafo 6

Sebelum Penyeimbangan Beban		Sesudah Penyeimbangan Beban	
Arus X ₁	: 39,9 Ampere	Arus X ₁	: 58,55 Ampere
Arus X ₂	: 77,2 Ampere	Arus X ₂	: 58,55 Ampere
Arus Netral	: 26,4 Ampere	Arus Netral	: 16,8 Ampere
Tegangan X ₁ – 0	: 222 Volt	Tegangan X ₁ – 0	: 211 Volt
Tegangan X ₂ – 0	: 215 Volt	Tegangan X ₂ – 0	: 212 Volt

Sebelum penyeimbangan beban, selisih arus di X₁ dan X₂ yg merupakan arus netral adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
I_N &= 77,2 - 39,9 \\
&= 37,3 \\
&= 37,3 : 2 \\
&= 18,65 \text{ Ampere}
\end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan Ampere pada beban selama 24 jam menggunakan alat *power logger* dan di dapat sebelum di seimbangkan arus X_1 39,9 ampere dan X_2 77,2 ampere dan arus netral 26,4 ampere kemudian setelah dilakukannya penyeimbangan menjadi arus X_1 58,55 ampere dan X_2 58,55 ampere dan arus netral 16,8 ampere. Jadi beban yang perlu diseimbangkan adalah sebesar $37,3 : 2 = 18,65$ ampere. Karena beban di X_2 lebih besar dibandingkan beban di X_1 , maka sekitar 18,65 ampere beban di X_2 harus dipindahkan ke X_1 agar mencapai keseimbangan. Tetapi di lapangan hanya beban 18 ampere yang dapat dieksekusi untuk dipindahkan. Data pelanggan yang dipindahkan dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Dari perhitungan di atas dapat kita hitung rugi-rugi daya pada penghantar netral ke-6 trafo sebelum penyeimbangan dan setelah penyeimbangan beban:

$$\begin{aligned}
\sum P \text{ Sebelum penyeimbangan} &= 52,521 + 58,408 + 68,490 + 115,930 + \\
&\quad 113,903 + 113,230 \\
&= 522,482 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

Maka total kerugian finansial sebelum penyeimbangan selama 1 bulan pada ke-6 transformator adalah

a. Beban pada waktu malam hari (WBP) :

$$\begin{aligned}
W &= P \times t \\
&= 522,482 \text{ Watt} \times 1 \text{ jam} \\
&= 522,482 \text{ Wh} \\
&= 0,522482 \text{ kWh}
\end{aligned}$$

Susut daya selama WBP = $0,522482 \text{ kWh} \times 4 \text{ jam} = 2,089928 \text{ kWh}$

$$\begin{aligned}
\text{Kerugian finansial/bulan} &= \text{Energi yang hilang} \times 30 \text{ hari} \times \text{harga produksi listrik} \\
&= 2,089928 \text{ kWh} \times 30 \times \text{Rp } 983,00 \\
&= 61.631,976/\text{bulan}
\end{aligned}$$

b. Beban pada siang hari (LWBP) :

$$\begin{aligned}
W &= P \times t \\
&= 522,482 \text{ Watt} \times 1 \text{ jam} \\
&= 522,482 \text{ Wh} \\
&= 0,522482 \text{ kWh}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Susut daya selama LWBP} &= 0,522482 \text{ kWh} \times 20 \text{ jam} = 10,44964 \text{ kWh} \\
&= \text{Energi yang hilang} \times 30 \text{ hari} \times \text{harga produksi listrik} \\
&= 10,44964 \text{ kWh} \times 30 \times \text{Rp } 983,00 \\
&= 308.159,883/\text{bulan}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Total kerugian finansial/bulan} &= \text{Kerugian finansial WBP} + \text{LWBP} \\
&= 61.631,976 + 308.159,883 \\
&= \text{Rp } 369.791,859
\end{aligned}$$

Untuk menghitung rugi-rugi daya sebelum penyeimbangan dalam waktu satu bulan (30 hari) maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
&= 522,482 \text{ Watt} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \times (24 \times 30) \text{ h} \\
&= 376,187 \text{ kWh}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sum P \text{ Sesudah Penyeimbangan} &= 33,776 + 46,768 + 23,170 + 34,006 + \\
&\quad 58,325 + 46,141 \\
&= 242,186 \text{ Watt}
\end{aligned}$$

Maka total kerugian finansial sesudah penyeimbangan selama 1 bulan pada ke-6 transformator adalah

a. Beban pada waktu malam hari (WBP) :

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 242,186 \text{ Watt} \times 1 \text{ jam} \\ &= 242,186 \text{ Wh} \\ &= 0,242186 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Susut daya selama WBP = $0,242186 \text{ kWh} \times 4 \text{ jam} = 0,968744 \text{ kWh}$

$$\begin{aligned} \text{Kerugian finansial/bulan} &= \text{Energi yang hilang} \times 30 \text{ hari} \times \text{harga produksi listrik} \\ &= 0,968744 \text{ kWh} \times 30 \times \text{Rp } 983,00 \\ &= 28.568,260/\text{bulan} \end{aligned}$$

b. Beban pada waktu siang hari (LWBP) :

$$\begin{aligned} W &= P \times t \\ &= 242,186 \text{ Watt} \times 1 \text{ jam} \\ &= 242,186 \text{ Wh} \\ &= 0,242186 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Susut daya selama LWBP = $0,242186 \text{ kWh} \times 20 \text{ jam} = 4,84372 \text{ kWh}$

$$\begin{aligned} &= \text{Energi yang hilang} \times 30 \text{ hari} \times \text{harga produksi listrik} \\ &= 4,84372 \text{ kWh} \times 30 \times \text{Rp } 983,00 \\ &= 142.841,303/\text{bulan} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total kerugian finansial/bulan} &= \text{Kerugian finansial WBP} + \text{LWBP} \\ &= \text{Rp } 28.568,260 + 142.841,303 \\ &= \text{Rp } 171.409,563 \end{aligned}$$

Untuk menghitung rugi-rugi daya sebelum penyeimbangan dalam waktu satu bulan (30 hari) maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} &= 242,186 \text{ Watt} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} \times (24 \times 30) \text{ h} \\ &= 174,373 \text{ kW} \end{aligned}$$

4.3 Perbandingan Rugi-Rugi daya Sebelum dan Sesudah Penyeimbangan Beban

Sebelum penyeimbangan beban dilakukan, rugi-rugi daya yang terjadi di penghantar netral adalah 376,187 kWh. Setelah penyeimbangan beban, rugi-rugi daya turun menjadi 174,373 kWh. Prosentase penurunan rugi-rugi daya sebelum dan sesudah penyeimbangan beban dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \% \text{ Penurunan rugi rugi daya} &= \frac{\Delta P \text{ Sebelum penyeimbangan} - \Delta P \text{ Sesudah penyeimbangan}}{\Delta P \text{ Sebelum penyeimbangan}} \times 100\% \\ &= \frac{376,187 - 174,373}{376,187} \times 100\% \\ &= 81,56 \% \end{aligned}$$

Dari hasil diatas, maka setelah dilakukannya penyeimbangan beban pada transformator distribusi, rugi-rugi daya yang terjadi di penghantar netral turun secara signifikan dan prosentase penurunan rugi-rugi daya ikut mengalami penurunan.