Analisis Pengaruh Beban Tidak Seimbang Terhadap Kualitas Daya Pada Jaringan Distribusi Radial di PT. PLN (Persero) Flores Timur Rayon Adonara

[1]Krisantus Kia Pati, [2]Dr. Irrine Budi Sulistiawati.ST,MT.
Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia
[1]krisantuskiapati@gmail.com

Abstrak— ***Pertumbuhan beban listrik di wilayah Rayon Adonara mengalami peningkatan cukup pesat. Oleh sebab itu perlu adanya pengaturan beban yang efektif untuk meningkatkan mutu daya. Salah satunya melakukan pemerataan beban di setiap fasa agar beban seimbang. Ketidakseimbangan dalam sistem distribusi listrik kerap terjadi. Pembagian beban saluran distribusi sekunder wilayah Rayon Adonaa sering tidak memperhatikan proses pembagian beban di antara ketiga fasa. Sebelum sampai pada pemerataan beban di gardu distribusi listrik wilayah Rayon Adonara, peneliti melakukan analisis terkait data yang telah dikumpulkan.. Berdasakan data yang dikumpulkan tersebut diketahui bahwa di wilayah Rayon Adonara mengalami ketidakseimbangan beban. Hal tersebut menimbulkan rugi-rugi daya yang cukup besar yang yang pada akhirnya menurunkan mutu kualitas daya. Kemudian setelah melakukan proses analisi data dan melakukan simulasi penyeimbangan beban menggunakan software ETAP power station, maka didapatkan hasil penurunan rugi-rugi daya yangsignifikan baik dari segi*** P_{losses} ***maupun*** Q_{losses}.

Kata Kunci— ***Ketidakseimbangan Beban, Sistem Distribusi, ETAP Power Station***

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Membangkitkan unit catu tiga fase sinusoidal positif tegangan berurutan, yang seimbang dalam hal amplitudo dan 120^0 perbedaan fasa pada satu frekuensi. Setiap penyimpangan dari dua karakteristik dasar ini menghasilkan kondisi tidak seimbang. Oleh karena itu, terminologi yang tidak seimbang dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian utama: ketidakseimbangan amplitudo fundamental, perbedaan fasa ketidakseimbangan fundamental, dan gangguan harmonik tidak seimbang. Terjadinya setidaknya satu dari fitur ini cukup membuat jaringan distribusi menjadi tidak seimbang.

Kondisi tidak seimbang pada prinsipnya disebabkan oleh faktor struktural dan operasional. Ketidakseimbangan struktural biasanya dapat terjadi karena transposisi lengkap jalur transmisi dan kabel, distribusi asimetris kabel dari transformator, *open-Δ* (V-V) atau *terbuka Y-open-Δ* yang terkoneksi dengan transformator, kapasitor bank , sekring, dll Namun demikian, proses ketidakseimbangan dapat cukup besar ketika *single-phase* dan beban dua fase serta ketidakseimbangan beban tiga fase disuplai oleh jaringan distribusi.

Konsekuensi dari ketidakseimbangan tegangan dibahas pada peralatan sistem tenaga seperti motor induksi, konverter daya, variabel kecepatan drive AC, dan transformator daya. Studi komprehensif telah menjelaskan konsekuensi dari kondisi tidak seimbang pada motor induksi. Dapat disimpulkan bahwa hasil yang diperoleh sangat sensitif terhadap kondisi tidak seimbang. Selain itu, kondisi ketidakseimbangan bisa menurunkan stabilitas marjin, meningkatkan rugi daya. Hal ini terlihat bahwa ketidakseimbangan tegangan kecil mungkin menyebabkan ketidakseimbangan arus yang signifikan karena gelombang urutan impedansi negatif.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara menganalisa aliran daya tidak seimbang agar menjadi seimbang pada sistem distribusi 20 KV di PT. PLN (Persero) Flores Timur Rayon Adonara
2. Bagaimana cara menghitung rugi-rugi jaringan (losses) masing-masing fasa pada saluran penghubung antar bus.

1.3. Tujuan

1. Menganalisa aliran daya tidak seimbang pada sistem distribusi radial PT. PLN (Persero) Flores Timur Rayon Adonara.
2. Menghitung besarnya rugi-rugi jaringan (losses) masing-masing fasa pada saluran penghubung antar bus.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Kualitas Daya

Masalah kualitas daya adalah persoalan perubahan bentuk tegangan, arus atau frekuensi yang bisa menyebabkan kegagalan, peralatan, baik peralatan milik PLN maupun milik konsumen, artinya masalah kualitas daya bisa merugikan pelanggan maupun PLN.

Suatu sistem tenaga listrik dituntut dapat memenuhi syarat dasar kebutuhan layanan kepada konsumen yaitu:

1. Dapat memenuhi beban puncak.
2. Memiliki deviasi frekuensi dan tegangan yang minimum
3. Menjamin urutan fasa yang benar
4. Menjamin distorsi gelombang tegangan dan harmonik yang minimum dan bebas dari tegangan surja
5. Menjamin suplay sistem tegangan dalam keadaan setimbang
6. Memberikan suplay daya dengan keandalan tinggi dengan presentase waktu layanan tinggi dimana sistem dapat melayani beban secara efektif.

Masalah daya menjadi penting karena:

1. Saat ini kualitas peralatan yang dimiliki konsumen lebih sensitive
2. Pada sistem utilitas telah terjadi meningkat level harmonic
3. Konsumen belum memiliki dan mendapat informasi yang cukup mengenai masalah kualitas daya
4. Kegagalan suatu komponen pada sistem distribusi dan instalasi bisa membawa konsekuensi tertentu

2.2. *Keseimbangan Beban*

Beban dari fasa seimbang adalah beban dimana arus yang mengalir pada beban-beban simetris dan beban tersebut dihubungkan pada tegangan simetris pula. Dalam menganalisa beban-beban seperti ini biasanya diasumsikan disuplai oleh tegangan simetris pula. Dengan demikian analisa dapat dilakukan secara perfasa saja, jadi dalam hal ini beban selalu diasumsikan seimbang pada setiap fasa, sedangkan pada kenyataannya beban tersebut tidak seimbang. Dalam hal ini penyelesaiannya menggunakan komponen simetris [3].

2.3. Perhitungan Arus Beban Penuh

2.3.1. Transformator

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut (Julius Sentosa,2008) :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

Dimana:

S = daya transformator (Kvar)

V = tegangan sisi primer transformator (kV)

I = arus jala-jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh dapat menggunakan rumus:

$$IFL = \frac{S}{\sqrt{3.v}}$$

Dimana:

IFL = arus beban penuh (A)

S = daya transformator (Kvar)

V = tegangan sisi sekunder transformator (kV)

2.3.2. Losses (rugi-rugi) Akibat Adanya Arus Netral pada Penghantar Netral Transformator.

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan bebanan tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) mengalirlah arus di netral trafo.Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini menyebabka losses (rugi-rugi). Losses pada penghantar netral trafo ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$PN = IN^2.RN$$

Dimana:

PN = losses pada penghantar netral trafo (watt)

IN = arus yang mengalir pada netral trafo (A)

RN = tahanan penghantar netral trafo (Ω)

Sedangkan losses yang diakibatkan karena arus netral yang mengalir ke tanah (ground) dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$PG = IG^2.RG$$

Dimana:

PG = losses akibat arus netral ke tanah (watt)

IG = arus netral yang mengalir ke tanah (A)

RG = tahanan pembumian netral trafo (Ω)

2.3.3. Formulasi Ketidak Seimbangan

Fenomena ketidakseimbanganmenjadi lebih isu penting untuk sistem pendistribusian berbagai pelanggan dengan prioritas yang berbeda yang muncul, menuntut murah berkualitas tinggi listrik. Ada banyak kebingungan, namun, tentang arti tegangan jangka / skr sewa unbalance, di mana standar yang berbeda memperkenalkan definisi konvensional, yang berbeda sebagai berikut (mendefinisikan fase-ke-netral tegangan oleh {Van, Vbn, Vcn}, dan tegangan line-to-line oleh {Vab, Vbc, Vca}). (M. Tavakoli Bina, A. Kashefi,2010):

- IEEE Std. 936 (1987): Tahap tingkat ketidakseimbangan tegangan:

$$IEEE v_{936} = \frac{\text{Maximum of \{Van,Vbn,Vcn\}} - \text{Minimum of \{Van,Vbn,Vcn\}}}{\text{Mean of \{Van,Vbn,Vcn\}}} \times 100$$

- IEEE Std. 112 (1991): Fase modified tingkat ketidakseimbangan tegangan:

$$MVD = \frac{\text{Maximum deviation from mean of \{Vab,Vbc,Vca\}}}{\text{Mean of \{Vab,Vbc,Vca\}}} \times 100 \quad 00$$

- IEEE defenisi benar (1996):

$$TDV = \frac{\text{urutan tegangan negatif}}{\text{urutan tegangan positif}} \times 100$$

2.3.4. Penyaluran dan Susut Daya

Misalnya daya sebesar P disalurkan melalui suatu saluran dengan penghantar netral. Apabila pada penyaluran daya ini arus-arus fasa dalam keadaan seimbang, maka besarnya daya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$P = 3.[V].[I].\cos\phi$

Dimana:

P = daya pada ujung kirim

V = tegangan pada aujung kirim

Cos ϕ = faktor daya

Daya yang sampai ujung terima akan lebih kecil dari P karena terjadi penyusutan dalam saluran. Jika [I] adalah besaran arus fasa dalam penyaluran daya sebesar P pada keadaan seimbang, maka pada penyaluran daya yang sama tetapi dengan keadaan tak seimbang besarnya arus-arus fasa A dapat dinyatakan dengan koefisien a, b dan c sebagai berikut :

$[I_R] = a\,[I]$

$[I_S] = b\,[I]$

$[I_T] = c\,[I]$

dengan IR , IS dan IT berturut-turut adalah arus di fasa R, S dan T. dengan IR , IS dan IT berturut-turut adalah arus di fasa R, S dan T. Bila faktor daya di ketiga fasa dianggap sama walaupun besarnya arus berbeda, besarnya daya yang disalurkan dapat dinyatakan sebagai :

$P = (a+b+c).[V].[I].\cos\phi$

Apabila persamaan-persamaan tersebut menyatakan daya yang besarnya sama, maka dari kedua persamaan itu dapat diperoleh persyaratan untuk koefisien a, b, dan c yaitu : a + b + c = 3 dimana pada keadaan seimbang, nilai a = b = c = 1.

2.3.5. Analisa Ketidak Seimbangan Beban Pada Trafo

Dengan menggunakan persamaan, koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya,dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata (Irata).

IR = a.I maka $a = \frac{IR}{I}$

IS = b.I maka $b = \frac{IS}{I}$

IT = c.I maka $c = \frac{IT}{I}$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$= \frac{(|a-1|+|b-1|c-1|)}{3} \times 100$$

Dari persamaan losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya, yaitu:

$PN = IN^2.R_N$

Dimana daya aktif trafo (P):

$P = S.\cos\phi$

Sehingga, persentase losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah :

$\%PN = \frac{P_N}{P} x100\%$

Losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah dapat dihitung besarnya dengan menggunakan persamaan:

$PG = IG^2.RG$

Dengan demikian presentase losses-nya adalah:

$\%PG = \frac{P_G}{P} x100\%$

2.4. Faktor Daya

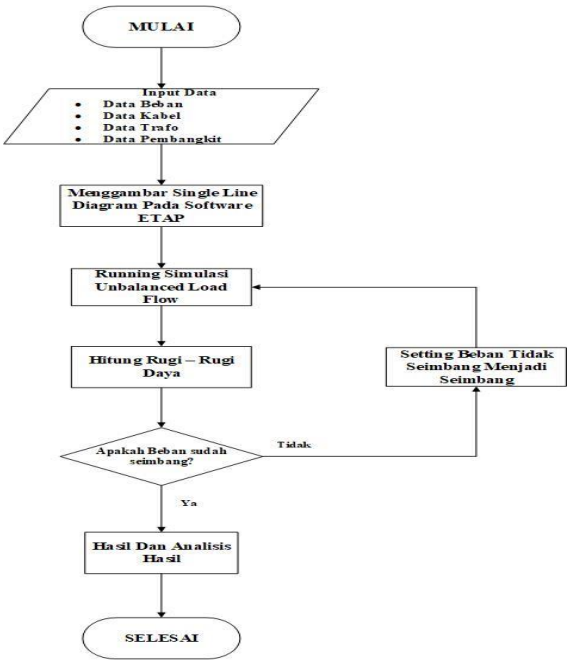
Bila arus dan tegangan berbentuk sinusoidal, maka faktor daya (power factor) didefinisikan sebagai cosinus sudut yang dibentuk antara simpangan nol (zero-crossing) tegangan dan simpangan nol arus, dengan nol tegangan sebagai acuan. Faktor daya merupakan suatu besaran yang dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara daya aktif dan daya semu (Suhendi dan Widjaksono, TT : 4).

2.5. Aliran Daya

Aliran daya adalah studi yang dilaksanakan untuk mendapatkan informasi mengenai aliran daya atau tegangan sistem dalam kondisi operasi tunak (steady state). Informasi ini sangat dibutuhkan guna mengevaluasi untuk kerja sistem tenaga dan menganalisis kondisi pembangkitan maupun pembebanan. Analisa ini memerlukan pula informasi aliran dalam kondisi normal maupun darurat[4].

Tujuan aliran daya adalah untuk mengetahui besar vector tegangan pada tiap bus dan besar aliran daya pada tiap cabang suatu jaringan untuk satu kondisi beban tertentu dalam kondisi normal[2].

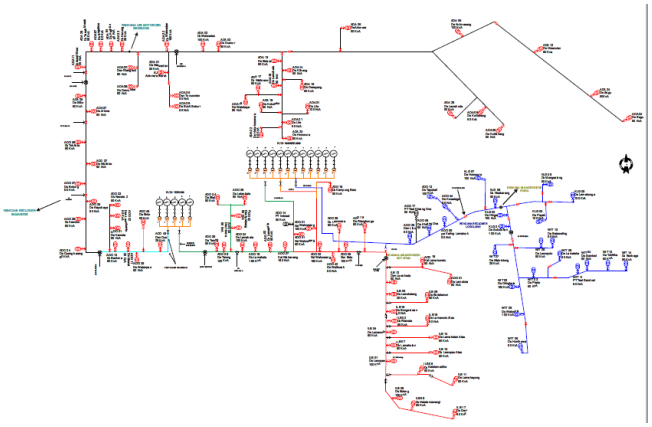
2.6. Flowchart



III. METODELOGI PENELITIAN

3.1. Sistem Jaringan Distribusi di PT.PLN (Presero) Rayon Adonara

Analisa pada skripsi ini mengambil data dari PT.PLN (persero) Rayon Adonara, Flores bagian timur. Sistem distribusi Rayon Adonara ini merupakan jaringan sistem distribusi 20 kV. Untuk menganalisa aliran daya terlebih dahulu ditetapkan single line diagram sesuai dengan gambar di bawah. Kemudian dianalisa dengan menggunakan *software ETAP Power Station* 12.6.0 dengan tujuan untuk mengetahui keadaan ketidakseimbangan beban (*Unbalace load*).

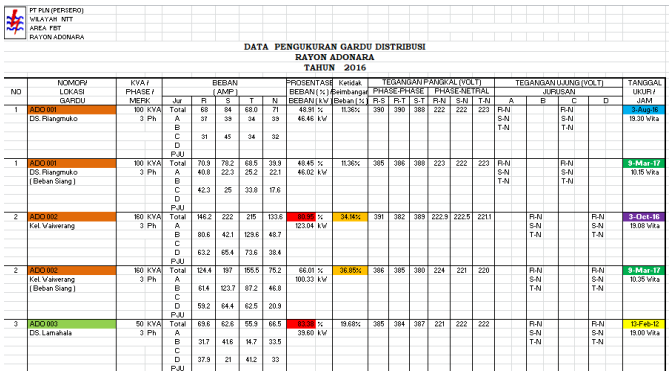


Gambar 3.1 *Single Line* 20 KV PT. PLN (Persero) Rayon Adonara

3.2. Tempat Penelitian

Tempat yang digunakan untuk melakukan penelitian dan pengambilan data yaitu di sistem PLN RAYON ADONARA, FLORES, NUSA TENGGARA TIMUR

3.2.1. Data Beban, Panjang Saluran dan Jumlah Trafo Penulang Rayon Adonara



PT.PLN (PERSERO)
WILAYAH NTT
AREA FBT
RAYON ADONARA

DATA PENGUKURAN GARDU DISTRIBUSI
RAYON ADONARA
TAHUN 2016

NO	NOMOR/ LOKASI GARDU	KVA / PHASE / MERK	BEBAN (AMP)					PROSENTASE BEBAN (%) / BEBAN (KW)	Keadaan Seimbangan Beban (%)	TEGANGAN PANGKAL (VOLT) PHASE-PHASE			PHASE-NETRAL			TEGANGAN UJUNG (VOLT) JURUSAN				TANGGAL UKUR / JAM
			Jur	R	S	T	N			R-S	R-T	S-T	R-N	S-N	T-N	A	B	C	D	
1	ADO 001	100 KVA 3 Ph	Total	68	84	68.0	71	46.91 %	11.36%	390	380	388	222	222	223	R-N		R-N		7-Aug-16
	DS.Riangmuko		A	37	39	34	39	46.46 kW								S-N		S-N		19.30 Wkta
			B													T-N		T-N		
			C	31	45	34	32													
			D																	
			PJU																	
1	ADO 001	100 KVA 3 Ph	Total	70.9	78.2	68.5	39.9	48.45 %	11.36%	385	388	389	223	222	223	R-N		R-N		9-Mar-17
	DS.Riangmuko		A	40.8	22.3	25.2	22.1	48.02 kW								S-N		S-N		10.15 Wkta
	(Beban Siang)		B													T-N		T-N		
			C	42.3	25	33.8	17.6													
			D																	
			PJU																	
2	ADO 002	160 KVA 3 Ph	Total	146.2	222	215	133.6	69.85 %	34.14%	391	382	389	222.9	222.5	221.1		R-N		R-N	3-Oct-16
	Kel. Waiwerang		A					123.04 kW									S-N		S-N	19.00 Wkta
			B	80.6	42.1	129.6	48.7										T-N		T-N	
			C																	
			D	63.2	65.4	73.6	38.4													
			PJU																	
2	ADO 002	160 KVA 3 Ph	Total	124.4	197	155.5	75.2	66.01 %	36.85%	386	385	380	224	221	220		R-N		R-N	9-Mar-17
	Kel. Waiwerang		A					100.33 kW									S-N		S-N	10.35 Wkta
	(Beban Siang)		B	61.4	123.7	97.2	46.8										T-N		T-N	
			C																	
			D	59.2	64.4	62.5	20.9													
			PJU																	
3	ADO 003	50 KVA 3 Ph	Total	63.6	62.6	55.3	66.5	63.36 %	19.68%	385	384	387	221	222	222		R-N		R-N	13-Feb-12
	DS. Lamahala		A					39.60 kW									S-N		S-N	19.00 Wkta
			B	31.7	41.6	14.7	33.5										T-N		T-N	
			C																	
			D	37.9	21	41.2	33													
			PJU																	

Gambar 3.2. Data Beban, Panjang Saluran Dan Jumlah Trafo Penulang Rayon Adonara

3.3. Metode Newton Repson

Metode newton Repson merupakan salah satu metoe terbuka untuk menentukan solusi akar dari persamaan non linear dengan prinsip utama sebagai berikut :

1. Metode ini melakukan pendekatan terhadap kurva f(x) dengan garis singgun (gradien) pada suatu titik nilai awal.
2. Nilai taksiran selanjutnya adalah titik poton antra garis singgun (gardien) kurva dengan sumbu x.

Proses yang dilakukan adalah membandingkan antara daya yang ditempatkan berdasarkan data (pk,$al\ c$ dan Qk, $sched$) dengan daya hasil perhitungan (pk,$cal\ c$ dan Qk, $sched$) selisih daya yang ditetapkan dan diperhitungkan (Δpk dan ΔQk) dihitung dengan persamaan :

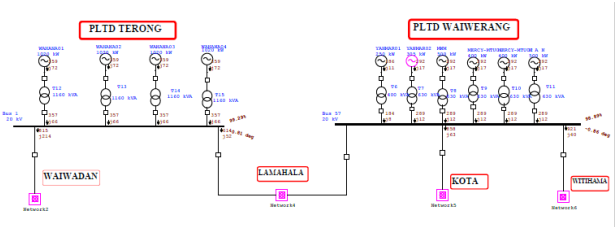
$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \\ \Delta P_{n-1} \\ \Delta Q_1 \\ \\ \Delta Q_{n-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial V_1} & \cdots & \frac{\partial P_1}{\partial V_1} & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_1} & \cdots & \frac{\partial P_1}{\partial \delta_n - 1} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial P_{n-1}}{\partial V_1} & \cdots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_1} & \cdots & \frac{\partial P_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \\ \frac{\partial Q_1}{\partial V_1} & \cdots & \frac{\partial Q_1}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_1} & \cdots & \frac{\partial Q_1}{\partial \delta_n - 1} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial V_1} & \cdots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial V_{n-1}} & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_1} & \cdots & \frac{\partial Q_{n-1}}{\partial \delta_{n-1}} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \Delta v1 \\ \\ \Delta vn - 1 \\ \Delta \delta 1 \\ \\ \Delta \delta n - 1 \end{bmatrix} \left(\begin{matrix} \Delta P \\ \Delta Q \end{matrix}\right) = \begin{bmatrix} l_1 & l_1 \\ l/_1 & l/_4 \end{bmatrix} \cdots\cdots\cdots\cdots$$

Perubahan nilai tegangan bus dijumlahkan dengan nilai tegangan bus sebelumnya, yang kemudian nilai tegangan bus terbaru ini dugunakan untuk menhitung pk,alc dan $Qk,sched$. Proses initerus berulang, hal inilah yang disebut iterasi hingga mencapai kondisi dimana nilai perubahan daya ΔP dan ΔQ Konvergen mencapai suatu nilai minimum yang telah ditentukan (berkisar 0,001 hingga 0,0001 pu).

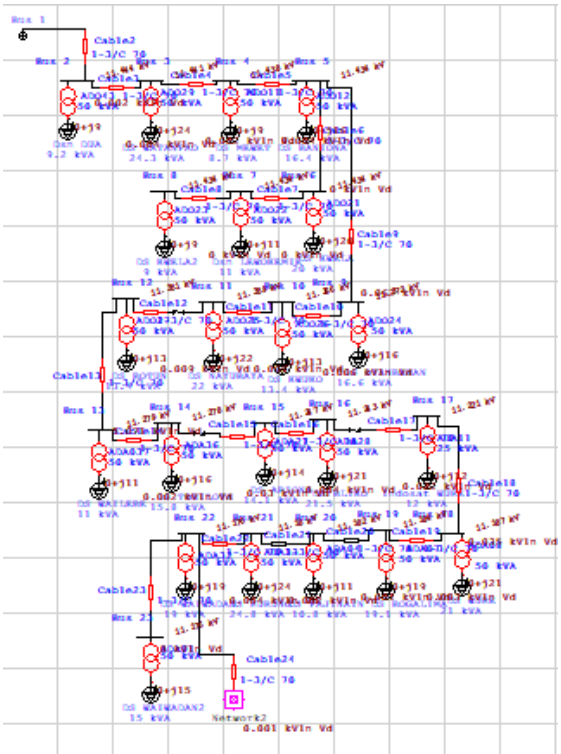
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisa Beban Rugi-Rugi (Losses) Trafo Sebelum Diseting



Gambar 4.1. Analisa Ketidakseimbangan Beba Pada Penyulang Kota dan Waiwadan

4.1.1. Analisa Ketidakseimbangan Penyulang Waiwadan Sebelum Diseting



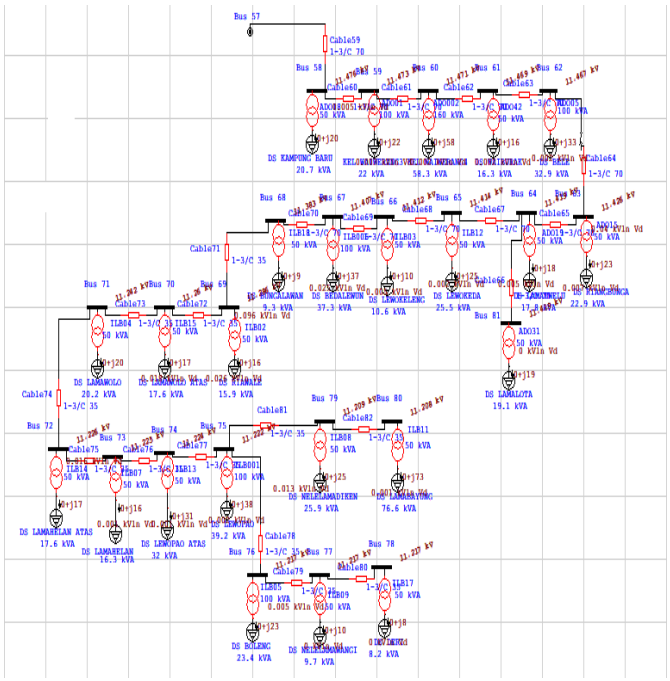
Gambar 4.2. Analisa Ketidakseimbangan Penyulang Waiwadan Sebelum Diseting

Tabel 4.1. Data Trafo Simulasi Penyulang Waiwadan Sebelum Diseting

CKT / Branch		From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd	Amperes
ID	Phase	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	% Drop in Vmag	in Buried Winding
ADA01	A	-0,001	0,006	0,000	-0,006	-1,0	0,1	96,4	95,1	1,39	0,00
	B	0,000	0,004	0,001	-0,005	0,6	-0,7	94,9	93,4	1,52	0,00
	C	0,001	0,005	-0,001	-0,004	0,5	1,2	97,3	94,3	2,98	0,00
ADA03	A	0,001	0,007	0,001	-0,007	2,0	-0,1	96,4	94,6	1,73	0,00
	B	0,001	0,010	-0,002	-0,008	-0,7	2,1	94,8	91,3	3,55	0,00
	C	-0,002	0,010	0,001	-0,010	-0,9	-0,8	97,2	91,8	5,41	0,00
ADA04	A	0,000	0,002	0,001	-0,003	1,4	-0,3	96,5	96,6	0,10	0,00
	B	0,001	0,005	-0,001	-0,003	-0,4	1,4	95,0	93,8	1,24	0,00
	C	-0,001	0,004	0,000	-0,005	-0,9	-0,7	97,3	94,2	3,11	0,00
ADA06	A	0,002	0,006	0,000	-0,005	1,4	1,3	96,3	95,4	0,87	0,00
	B	0,000	0,008	-0,001	-0,007	-1,7	0,8	94,8	91,7	3,08	0,00
	C	-0,001	0,005	0,002	-0,007	0,6	-1,4	97,2	93,4	3,79	0,00
ADA07	A	-0,001	0,005	0,002	-0,007	0,8	-1,5	96,6	95,3	1,35	0,00
	B	0,002	0,006	-0,001	-0,005	1,1	1,6	95,1	93,4	1,69	0,00
	C	-0,001	0,008	-0,001	-0,008	-1,7	0,7	97,3	92,8	4,49	0,00
ADA08	A	0,001	0,006	0,001	-0,006	1,3	0,1	96,7	95,3	1,33	0,00
	B	0,001	0,008	-0,001	-0,007	-0,6	1,3	95,1	92,5	2,68	0,00
	C	-0,001	0,007	0,001	-0,008	-0,4	-0,6	97,3	93,1	4,28	0,00
ADA09	A	0,002	0,006	-0,001	-0,004	1,7	1,8	96,3	95,6	0,73	0,00
	B	-0,001	0,009	-0,002	-0,008	-2,2	0,9	94,8	91,5	3,30	0,00
	C	-0,002	0,005	0,002	-0,007	0,8	-1,8	97,2	93,5	3,69	0,00

Dari hasil analisa ketidakseimbangan beban sebelum melakukan setingan pada beban Penyulang Waiwadan rugi-rugi daya pada trafo untuk daya aktif sebesar 47.9 Kw dan daya reaktif sebesar 99.0 Kvar.

4.1.2. Analisa Ketidakseimbangan Penyulang Kota Sebelum Diseting



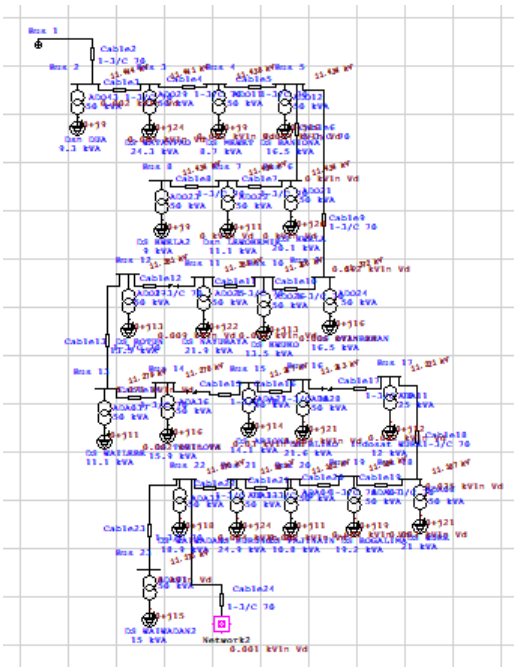
Gambar 4.3. Analisa Ketidakseimbangan Penyulang Kota Sebelum Diseting

Tabel 4.2.Data Trafo Penyulang Kota Sebelum Diseting

CKT / Branch		From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag	Amperes in Buried Winding
ID	Phase	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To		
ADO01	A	0,001	0,007	0,000	-0,007	0,5	0,5	99,5	97,8	1,71	0,00
	B	0,000	0,008	0,000	-0,008	-0,4	0,5	99,7	98,3	1,39	0,00
	C	0,000	0,007	0,000	-0,008	0,1	-0,3	99,0	97,8	1,13	0,00
ADO002	A	0,000	0,018	0,002	-0,018	2,4	-0,3	99,5	96,9	2,56	0,00
	B	0,002	0,021	-0,002	-0,018	0,1	3,1	99,6	97,4	2,25	0,00
	C	-0,002	0,021	0,000	-0,021	-1,8	-0,6	98,9	96,5	2,40	0,00
ADO05	A	-0,001	0,011	0,001	-0,011	0,1	-0,8	99,4	96,9	2,57	0,00
	B	0,001	0,011	0,000	-0,010	1,2	0,9	99,6	97,8	1,75	0,00
	C	0,000	0,012	-0,001	-0,011	-0,9	1,0	98,9	96,9	2,02	0,00
ADO15	A	0,000	0,008	-0,001	-0,007	-0,2	0,9	99,1	95,6	3,53	0,00
	B	-0,001	0,008	0,000	-0,008	-0,2	-0,2	99,3	96,3	2,97	0,00
	C	0,000	0,007	0,000	-0,007	0,7	0,2	98,5	96,1	2,35	0,00
ADO18	A	0,001	0,006	0,000	-0,005	1,4	1,0	99,5	97,0	2,45	0,00
	B	0,000	0,009	-0,001	-0,008	-1,2	1,1	99,7	96,6	3,05	0,00
	C	-0,001	0,006	0,001	-0,008	0,1	-1,2	99,0	96,5	2,46	0,00
ADO19	A	0,001	0,007	-0,001	-0,006	-0,4	1,3	99,1	96,2	2,93	0,00
	B	-0,001	0,006	0,000	-0,007	-0,6	-0,7	99,2	96,8	2,44	0,00
	C	0,001	0,005	0,001	-0,005	1,2	0,0	98,4	96,9	1,52	0,00
ADO31	A	0,001	0,008	-0,001	-0,007	-0,9	1,4	99,1	95,8	3,32	0,00
	B	-0,001	0,006	0,001	-0,007	-0,3	-1,1	99,2	96,7	2,54	0,00
	C	0,001	0,005	0,000	-0,005	1,5	0,5	98,4	96,8	1,64	0,00
ADO42	A	0,000	0,005	0,001	-0,005	0,3	-0,4	99,4	97,0	2,43	0,00
	B	0,001	0,006	0,000	-0,005	0,5	0,7	99,6	97,8	1,78	0,00
	C	0,000	0,006	0,000	-0,006	-0,6	0,3	98,9	96,8	2,08	0,00
ILB001	A	0,000	0,014	-0,001	-0,013	-0,6	1,0	97,6	94,0	3,58	0,00
	B	0,000	0,013	0,001	-0,013	0,4	-0,4	97,6	95,5	2,14	0,00
	C	0,001	0,013	0,000	-0,012	0,8	0,9	96,3	94,3	1,96	0,00

Dari hasil analisa ketidakseimbangan beban sebelum melakukan setingan pada beban Penyulang kota rugi-rugi daya pada trafo untuk daya aktif sebesar 28,9 Kw dan daya reaktif sebesar 76,2 Kvar.

4.1.3. Analisa Beban Tidak Seimbang Penyulang Waiwadan Sesudah Diseting



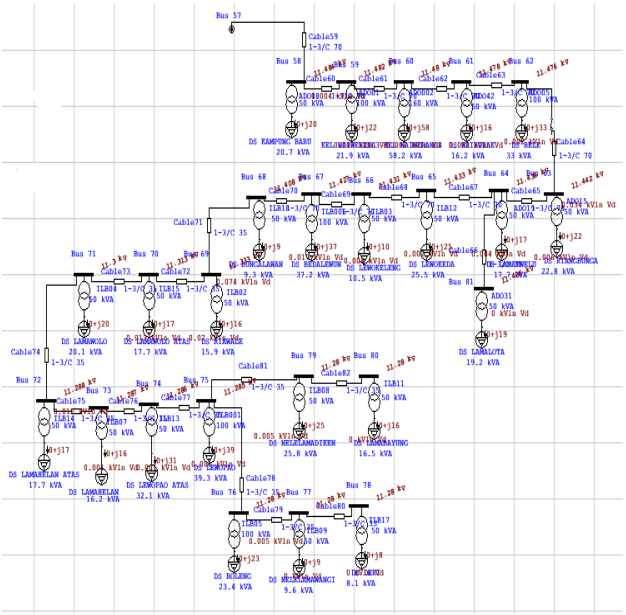
Gambar 4.4. Analisa Ketidakseimbangan Penyulang Waiwadan sesudah Diseting

Tabel 4.3 .Data Trafo Simulasi Penyulang Waiwadan Sesudah Diseting

CKT / Branch		From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag	Amperes in Buried Winding
ID	Phase	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To		
ADA01	A	0,000	0,005	0,000	-0,005	0,1	0,2	96,8	94,8	1,96	0,00
	B	0,000	0,005	0,000	-0,005	0,1	0,2	96,8	94,8	1,96	0,00
	C	0,000	0,005	0,000	-0,005	0,1	0,2	96,8	94,8	1,96	0,00
ADA03	A	0,000	0,009	0,000	-0,009	0,2	0,4	96,7	93,2	3,56	0,00
	B	0,000	0,009	0,000	-0,009	0,2	0,4	96,7	93,2	3,56	0,00
	C	0,000	0,009	0,000	-0,009	0,2	0,4	96,7	93,2	3,56	0,00
ADA04	A	0,000	0,004	0,000	-0,004	0,0	0,1	96,8	95,4	1,41	0,00
	B	0,000	0,004	0,000	-0,004	0,0	0,1	96,8	95,4	1,41	0,00
	C	0,000	0,004	0,000	-0,004	0,0	0,1	96,8	95,4	1,41	0,00
ADA06	A	0,000	0,007	0,000	-0,006	0,1	0,2	96,7	94,1	2,55	0,00
	B	0,000	0,007	0,000	-0,006	0,1	0,2	96,7	94,1	2,55	0,00
	C	0,000	0,007	0,000	-0,006	0,1	0,2	96,7	94,1	2,55	0,00
ADA07	A	0,000	0,007	0,000	-0,006	0,1	0,2	96,9	94,3	2,51	0,00
	B	0,000	0,007	0,000	-0,006	0,1	0,2	96,9	94,3	2,51	0,00
	C	0,000	0,007	0,000	-0,006	0,1	0,2	96,9	94,3	2,51	0,00
ADA08	A	0,000	0,007	0,000	-0,007	0,1	0,3	96,9	94,1	2,75	0,00
	B	0,000	0,007	0,000	-0,007	0,1	0,3	96,9	94,1	2,75	0,00
	C	0,000	0,007	0,000	-0,007	0,1	0,3	96,9	94,1	2,75	0,00
ADA09	A	0,000	0,007	0,000	-0,006	0,1	0,2	96,7	94,2	2,55	0,00
	B	0,000	0,007	0,000	-0,006	0,1	0,2	96,7	94,2	2,55	0,00
	C	0,000	0,007	0,000	-0,006	0,1	0,2	96,7	94,2	2,55	0,00

Dari hasil analisa ketidakseimbangan beban sesudah melakukan setingan pada beban Penyulang waiwadan rugi-rugi daya pada trafo untuk daya aktif sebesar 47,6 Kw dan daya reaktif sebesar 98,3 Kvar.

4.1.4. Analisa Beban Tidak Seimbang Penyulang Kota Sesudah Diseting



Gambar 4.5. Analisa Ketidakseimbangan Penyulang Kota sesudah Diseting

Tabel 4.4. Data Trafo Simulasi Penyulang Kota Sesudah Diseting

CKT / Branch		From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag	Ampere in Winding
ID	Phase	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To		
ADO01	A	0,000	0,008	0,000	-0,007	0,1	0,3	99,4	98,0	1,40	0,00
	B	0,000	0,008	0,000	-0,007	0,1	0,3	99,4	98,0	1,40	0,00
	C	0,000	0,008	0,000	-0,007	0,1	0,3	99,4	98,0	1,40	0,00
ADO002	A	0,000	0,020	0,000	-0,019	0,2	0,7	99,4	97,0	2,40	0,00
	B	0,000	0,020	0,000	-0,019	0,2	0,7	99,4	97,0	2,40	0,00
	C	0,000	0,020	0,000	-0,019	0,2	0,7	99,4	97,0	2,40	0,00
ADO05	A	0,000	0,011	0,000	-0,011	0,1	0,4	99,4	97,3	2,12	0,00
	B	0,000	0,011	0,000	-0,011	0,1	0,4	99,4	97,3	2,12	0,00
	C	0,000	0,011	0,000	-0,011	0,1	0,4	99,4	97,3	2,12	0,00
ADO15	A	0,000	0,008	0,000	-0,007	0,1	0,3	99,1	96,1	2,95	0,00
	B	0,000	0,008	0,000	-0,007	0,1	0,3	99,1	96,1	2,95	0,00
	C	0,000	0,008	0,000	-0,007	0,1	0,3	99,1	96,1	2,95	0,00
ADO18	A	0,000	0,007	0,000	-0,007	0,1	0,3	99,5	96,8	2,66	0,00
	B	0,000	0,007	0,000	-0,007	0,1	0,3	99,5	96,8	2,66	0,00
	C	0,000	0,007	0,000	-0,007	0,1	0,3	99,5	96,8	2,66	0,00
ADO19	A	0,000	0,006	0,000	-0,006	0,1	0,2	99,0	96,8	2,28	0,00
	B	0,000	0,006	0,000	-0,006	0,1	0,2	99,0	96,8	2,28	0,00
	C	0,000	0,006	0,000	-0,006	0,1	0,2	99,0	96,8	2,28	0,00
ADO31	A	0,000	0,007	0,000	-0,006	0,1	0,2	99,0	96,6	2,48	0,00
	B	0,000	0,007	0,000	-0,006	0,1	0,2	99,0	96,6	2,48	0,00
	C	0,000	0,007	0,000	-0,006	0,1	0,2	99,0	96,6	2,48	0,00
ADO42	A	0,000	0,006	0,000	-0,005	0,1	0,2	99,4	97,3	2,08	0,00
	B	0,000	0,006	0,000	-0,005	0,1	0,2	99,4	97,3	2,08	0,00
	C	0,000	0,006	0,000	-0,005	0,1	0,2	99,4	97,3	2,08	0,00

Dari hasil analisa ketidakseimbangan beban sesudah melakukan setingan pada beban Penyulang kota, rugi-rugi daya pada trafo untuk daya aktif sebesar 27,1 Kw dan daya reaktif sebesar 69,0 Kvar.

4.2. Rugi-Rugi Aliran Daya Peyulang Waiwadan dan Penyulang Kota Sebelum dan Sesudah Diseting

Tabel 4.5 Data Hasil Analisa Losses Pada Sistem Kelistrikan Rayon Adonara

No	Penyulang	*Losses*	Sebelum	Sesudah
1	Waiwadan	Aktif	34,2 Kw	30,6 Kw
		Reaktif	65,2 Kvar	57,1 Kvar
2	Kota	Aktif	58,1 Kw	55,2 Kw
		Reaktif	100,7 Kvar	96,8 Kvar

V. KESIMPULAN

1. Dari hasil analisa ketidakseimbangan beban sebelum melakukan setingan pada beban Penyulang Waiwadan rugi-rugi daya pada saluran dan trafo untuk daya aktif sebesar 34,2 Kw dan daya reaktif sebesar 65,2 kvar. Dari hasil analisa ketidakseimbangan sesudah melakukan setingan pada Penyulang Waiwadan Rugi-rugi daya pada saluran dan trafo untuk daya aktif sebesar 30,6 kW dan daya reaktif sebesar 57,1 kvar

2. Dari hasil analisa ketidakseimbangan beban sebelum melakukan setingan pada beban Penyulang Kota rugi-rugi daya pada saluran dan trafo untuk daya aktif sebesar 58,1 kW dan daya reaktif sebesar 100,7 kvar. Dari hasil analisa ketidakseimbangan sesudah melakukan setingan pada Penyulang Kota Rugi-rugi daya pada saluran dan trafo untuk daya aktif sebesar 55,2 kW dan daya reaktif sebesar 96,8 kvar.

3. Dari hasil analisis data dan proses simulasi di *software* ETAP maka ditemukan ketidakseimbangan di seluruh trafo di wilayah Rayon Adonara. Sehingga proses perbaikan kualitas daya dilakukan pada semua trafo tersebut.

VI. DAFTAR PUSTAKA

[1] Bambang Winardi, Heru Winarno, and Kunanda Rizki Aditama, *Perbaikan Losses dan Drop Tegangan PWI 9 dngan Pelimpahan Beban Ke penylan Baru PWI 11 Di PT. PLN (persero) Area Semarang*, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponogoro Semarang

[2] Glover, *Sarma. Power System Analysis and Design*. 2nd ed. Boston" PWS Publishing Company, (1994)

[3] Saadat,H (1999) *Power System Analysis*, WCB McGraw-Hill Series In Electrical and Computer Engineering, Milwauke School of Engineering, New York

[4] Stevenson,Jr.,W.D (1996), *Analisis Sistem Tenaga LIstrik*, Edisi ke 4 Terjemahan Kamal Idris, Penerbit Erlangga, Jakarta

[5] J.B.V. Subrahmanyam, *Load Flow Solution of Unbalanced Radial Distribution Sistems*, Department of Electrical & Electronics Engg, BRECW, Hyderabad,AP,India-500 059

[6] J.B.V. Subrahmanyam, C. Radhaksihna, *Distributed Generator Placement and Sizing in Unbalanced Radial Distribution System*, International journal of Electrical and Electronics Engineering (3:12 2009)

[7] M. Tavakoli Bina, A. Kashefi, *Three-phasa Unbalance Of Distribution Systems: Complementary analysis and Experimental Case Study*, Faculty Of Electrical Engineering, K.N. Toosi UniversityOf Technology, Seid Khandan, P.O. Box 16315-1355, Tehran(16314), Iran

[8] Teng, J.H., (2000), *A Network-Topology-Based Three-Phase Load Flow for Distribution System*, Proc. Natl.Sci. ROC(A), Vol. 24, No.4, pp. 259-264