

# ANALISA BEBAN TIDAK SEIMBANG PADA SALURAN DISTRIBUSI Fak-Fak 220/380 V MENGUNAKAN SOFTWARE ETAP

ENGELBERTUS RUMSORY (1512011)<sup>1</sup>  
Dosen pembimbing : Awan Uji Karismanto, ST.,MT.,Ph.D.<sup>3</sup>  
Jurusan Teknik Elektro S-1, Institut Teknologi Nasional Malang  
E-mail : bertyengelbertus@gmail.com

## ABSTRAK

Perkembangan beban listrik di dunia sudah cukup tinggi. Kondisi demikian, mendorong saya untuk melakukan pengaturan beban yang lebih baik agar dapat mengoptimalkan mutu kualitas daya, oleh karena itu perlu dilakukan pemerataan beban disetiap fasa agar beban seimbang. Ketidakseimbangan beban suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi. Pembagian beban yang dilakukan di saluran distribusi sekunder kurang memperhatikan proses pembagian beban antara ketiga fasa. Sebelum melakukan pemerataan beban pada saluran distribusi sekunder di Gardu trafo yang ada di wilayah kota Fak-Fak maka penulis tersebut melakukan suatu pengamatan dan analisa beban menyangkut data yang diperoleh. Berdasarkan data hasil pengamatan diketahui bahwa di wilayah kota Fak-Fak mengalami ketidakseimbangan beban. Ketidakseimbangan beban menimbulkan rugi-rugi daya yang cukup besar akibatnya menurunkan mutu kualitas daya. Akan tetapi setelah melakukan simulasi penyeimbangan beban di wilayah kota Fak-Fak dengan menggunakan software ETAP power station rugi-rugi daya mengalami penurunan baik dari segi  $P_{\text{losses}}$  maupun  $Q_{\text{losses}}$ .

**Kata kunci** : Ketidakseimbangan Beban, Sistem Distribusi, ETAP Power Station

## 1. Pendahuluan

### 1.2. Latar Belakang

Penyaluran energi listrik dengan beban tersebar jauh yang disalurkan dari satu sisi menggunakan jaringan distribusi sistem radial. Sistem radial adalah bentuk jaringan yang paling sederhana yang menghubungkan beban-beban ke titik sumber, biayanya relatif murah akan tetapi memiliki keandalan yang relatif rendah dan mengalami susut tegangan lebih besar untuk beban yang terletak paling jauh. Besarnya beban yang harus dilayani oleh pihak penyedia daya (pembangkit) berubah sepanjang waktu tergantung kepada keperluan para pemakai tenaga listrik. Penambahan beban tersebut menyebabkan besarnya beban pada masing-masing fasa tidak sama besar. Beban dari fasa seimbang adalah beban dengan arus yang mengalir pada beban-beban simetris dan beban tersebut dihubungkan pada tegangan yang simetris pula. Dalam analisisnya sistem yang melayani beban-beban seperti ini biasanya diasumsikan dipasok oleh tegangan yang simetris. Dengan demikian analisisnya dapat dilakukan pada basis perfasa saja. Analisis sistem

tiga fasa yang seimbang lebih sederhana, transformasi komponen simetris akan memisahkan sistem tiga fase seimbang menjadi 3 sistem yang berdiri sendiri, yaitu rangkaian urutan positif, urutan negatif dan urutan nol. Selanjutnya dapat diselesaikan dalam bentuk fasa tunggal, digunakan hanya model urutan positif.

Analisis sistem tiga fasa yang seimbang lebih sederhana, transformasi komponen simetris akan memisahkan sistem tiga fase seimbang menjadi 3 sistem yang berdiri sendiri, yaitu rangkaian urutan positif, urutan negatif dan urutan nol. Selanjutnya dapat diselesaikan dalam bentuk fase tunggal, digunakan hanya model urutan positif. Dalam sistem tenaga listrik, aliran beban tak seimbang diterapkan untuk mengetahui profile tegangan, aliran daya dan losses masing-masing fasa yaitu. Proses komputasi dilakukan dengan perangkat lunak Etap 12.6.0, dengan objek penelitian adalah jaringan distribusi 220/380 V.

### 1.1. RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana cara menganalisa aliran daya tidak seimbang agar menjadi seimbang pada system saluran distribusi 220/380 V.
2. Bagaimana cara menghitung rugi-rugi jaringan (losses) masing-masing fasa pada saluran penghubung antar bus. 1.

### 1.2. TUJUAN:

1. Menganalisa aliran daya tidak seimbang pada system saluran distribusi.
2. Menghitung besarnya rugi-rugi jaringan (losses) masing-masing fasa pada saluran penghubung antar bus.

### 1.3. MANFAAT:

1. Agar kita dapat mengetahui berapa beban tiap (fasa) pada saluran distribusi
2. Agar kita bisa mengetahui seberapa besar rugi-rugi daya (losses) yang ada pada saluran distribusi 220/380 V.

### 1.4. BATASAN MASALAH

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini dibatasi pada Analisa beban transformator, ketidakseimbangan beban

Transformator yang dapat berpengaruh pada ketidakseimbangan

Beban Terhadap Transformator yang dapat menimbulkan rugi-rugi (losses) yang besar.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

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.

1. Masalah daya menjadi penting karena: Saat ini kualitas peralatan yang dimiliki konsumen lebih sensitive
2. Pada sistem utilitas telah terjadi meningkat level harmonik
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.

**21.** Keseimbangan beban dari fasa seimbang adalah beban dimana Arus mengalir pada beban-beban simetris dan beban tersebut di hubungkan pada tegangan simetris. Dalam menganalisa beban-beban seperti ini biasanya di asumsikan atau di suplai oleh tegangan simetris. dengan demikian analisa dapat di lakukan dengan cara mengukur tiap fasa dalam hal ini beban selalu diasumsikan seimbang pada setiap fasa sedangkan pada kenyataannya beban tersebut tidak seimbang. dalam hal ini penyelesaiannya menggunakan komponen simetris.

### 22. Perhitungan Arus Beban Penuh

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

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh dapat menggunakan rumus:  $IFL = S / \sqrt{3}$ .

Dimana:

IFL = arus beban penuh (A)

S = daya transformator (Kvar)

V = tegangan sisi sekunder transformator (kV)

**23.** 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) mengalir arus di netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini

menyebabkan losses (rugi-rugi). Losses pada penghantar netral trafo ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$P_N = I_N^2 \cdot R_N$  Dimana:

$P_N$  = losses pada penghantar netral trafo (watt)

$I_N$  = arus yang mengalir pada netral trafo(A)

$R_N$  = tahanan penghantar netral trafo ( $\Omega$ )

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

$P_G = I_G^2 \cdot R_G$

Dimana:

$P_G$  = losses akibat arus netral ke tanah (watt)

$I_G$  = arus netral yang mengalir ke tanah (A)  $R_G$  = tahanan pembumian netral trafo ( $\Omega$ )

**2.4 Formulasi Ketidak Seimbangan Fenomena ketidakseimbangan** menjadi isu lebih 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  $\{V_{an}, V_{bn}, V_{cn}\}$ , dan tegangan line-to-line oleh  $\{V_{ab}, V_{bc}, V_{ca}\}$ ). (M. Tavakoli Bina, A. Kashefi, 2010):

- IEEE Std. 936 (1987): Tahap tingkat ketidakseimbangan tegangan:
- IEEE Std. 112 (1991): Fase modified tingkat ketidakseimbangan tegangan:
- IEEE defenisi benar (1996):

### 3 Metode penelitian

#### 3.1. Objek penelitian

Sesuai dengan tujuan analisa yang telah di uraikan dalam penyusunan tugas akhir in Meliputi :

- Pengambilan data di lapangan.
- Pengujian/Analisa data menggunakan Softwher, ETAP

#### 3.2. LOKASI PENELITIAN

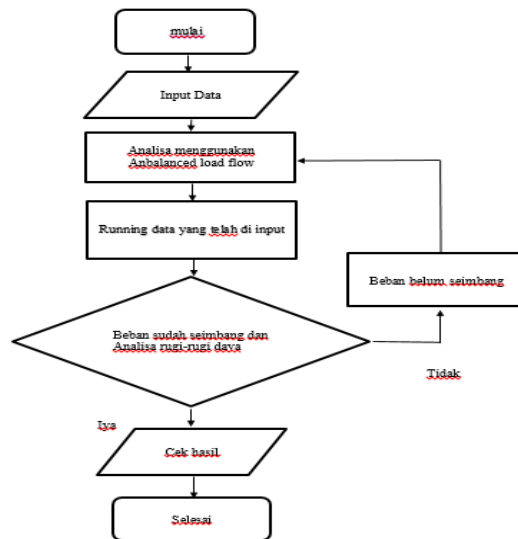
- Laboratorium Teknik Elektro Universitas ITN (Institut Teknologi Nasional Malang).

### 3.3. SOLUSI

Untuk mengurangi masalah akibat beban yang tidak seimbang adalah Mengurangi besarnya ketidak seimbangan beban tersebut pada saluran Distribusi 220/380 V. Salah satu caranya adalah dengan di lakukannya Pemerataan beban Sekunder pada saluran Distribusi 20 KV.

### 3.4. Flow chart

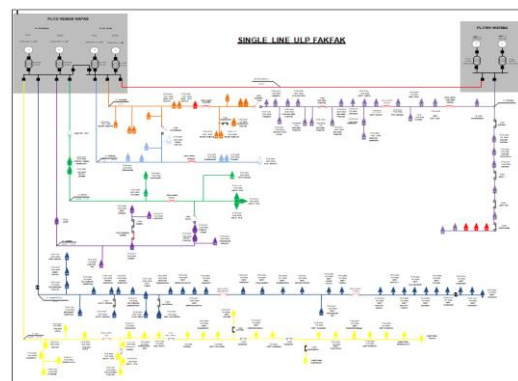
Desain Pengerjaan



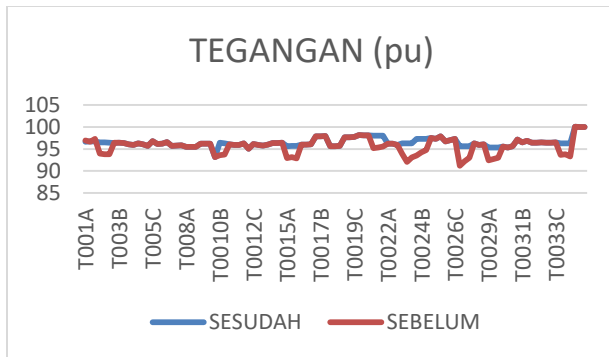
Gambar Flow chart penyelesaian masalah

## 4 HASIL DAN ANALISA

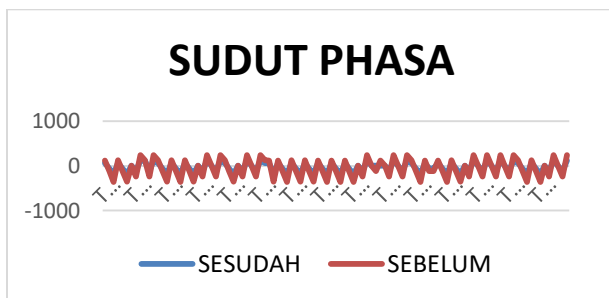
Singgel line diagram saluran distribusi kota Fak-Fak



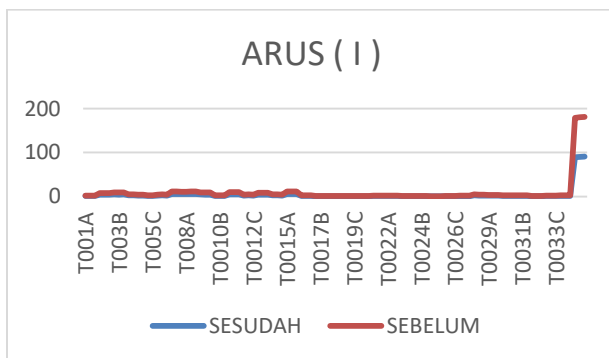
Gambar 4.1 single line diagram kota Fak-Fak



Pada grafik 4.1.1 dapat di lihat kondisi pada Tegangan sebelum di setting menggunakan software etap Tegangan mengalami kondisi tidak stabil akibat beban trafo yang tidak seimbang setelah dilakukannya penyeimbangan beban pada penyulang RRI terlihat kondisi pada tegangan mulai stabil dikarenakan kondisi pada beban trafo sudah mulai seimbang.



Pada grafik 4.1.2 terlihat sudut fasa sebelum di setting mengalami kondisi yang bias di katakana yang tidak stabil atau seimbang akan tetapi setelah di lakukannya penyeimbangan beban terlihat bahwa sudut fasa kini mengalami kondisi stabil atau seimbang dari sebelum di setting.



Pada grafik 4.1.3 dapat di lihat arus pada penyulang RRI sebelum di setting mengalami kondisi yang bias dikatakan tidak seimbang dikarenakan beban trafo yang tidak seimbang akan tetapi setelah di lakukannya penyeimbangan beban terlihat bahwa arus pada penyulang RRI mulai lebih seimbang dari sebelumnya.

Table 4.1 Data beban sebelum dan sesudah diperbaiki

NO	ID	Kapasitas	PHASA	SEBELUM			SESUDAH		
				TEGANGAN (Pu)	SUDUT PHASA	ARUS (I)	TEGANGAN (Pu)	SUDUT PHASA	ARUS (I)
1	T0010050KV	FFK1000	A	96,921	60,9	1	96,673	60,9	1
			B	96,662	-58,8	1	96,678	-58,8	1
			C	97,299	-178,8	1	96,677	-178,8	1
2	T00100160KV	FFK02000	A	93,925	61,4	3,8	96,527	61,3	3,8
			B	93,792	-58,7	3,7	96,482	-58,7	3,7
			C	93,827	-178,6	3,9	96,442	-178,7	3,8
3	T00100200KV	FFK10100	A	96,398	1,4	4,5	96,343	1,4	4,5
			B	96,436	-118,7	4,4	96,447	-118,7	4,4
			C	96,312	121,3	4,6	96,312	121,3	4,6
4	T00100200KV	FFK10200	A	96,055	1,3	2,4	96,055	121,3	2,4
			B	95,931	-118,5	2,3	95,931	-118,5	2,3
			C	96,288	121,5	2,2	96,288	121,5	2,2
5	T001005650KV	FFK04000	A	96,077	61,3	2,2	96,077	61,3	2,2
			B	95,663	-58,5	1,3	95,663	-58,5	1,3

		V A	C	96,81 8	-178,4	1,4	96,81 8	- 178,4	1,4		1 2	0 K V A		2			2	118,6		
6	0 0 6	T K 10 9 10 0 K V A	A	96,15 1	61,2	2,1	96,15 1	61,2	2,1		1 3	T 0 0 1 3	FF K 00 9 16 0 K V A	C	96,12 9	121,5	2,2	96,12 9	121,5	2,2
			B	96,23 8	-58,5	2,4	96,23 8	-58,5	2,4	A				95,92 2	61,5	4,1	95,92 2	61,5	4,1	
			C	96,58 6	-178,7	2,2	96,58 6	- 178,7	2,2	B				95,76 4	58,5	4,1	95,76 4	58,5	4,1	
7	0 0 7	T K 05 8 20 0 K V A	A	95,66 8	61,6	5,5	95,66 8	61,6	5,5		1 4	T 0 0 4	FF K 03 2 10 0 K V A	A	96,32 3	60,4	2,3	96,32 3	60,4	2,3
			B	95,73 7	-58,4	5,6	95,73 7	-58,4	5,6	B				96,31 7	-59,6	2,3	96,31 7	-59,6	2,3	
			C	95,83	-178,4	5,4	95,83	- 178,4	5,4	C				96,39 7	-179,6	2,2	96,39 7	- 179,6	2,2	
8	0 0 8	T K 00 7 20 0 K V A	A	95,51 1	1,7	5,4	95,51 1	1,7	5,4		1 5	T 0 0 1 5	FF K 02 1 20 0 K V A	A	92,90 2	61,8	6	95,64 5	61,6	5,5
			B	95,49 4	-118,4	5,5	95,49 4	- 118,4	5,5	B				93,12 7	-58,3	5,7	95,69	-58,4	5,6	
			C	95,48 5	121,7	5,6	95,48 5	121,7	5,6	C				92,86 9	-178,4	5,6	95,72 1	- 178,4	5,5	
9	0 0 9	T K 01 1 50 K V A	A	96,21 5	1,4	4,5	96,21 5	1,4	4,5		1 6	T 0 0 1 6	FF K 02 1 20 0 K V A	A	96,01	61,8	1,3	96,01	61,8	1,3
			B	96,18 2	-118,6	4,4	96,18 2	- 118,6	4,4	B				96,00 4	-58,3	1,3	96,00 4	-58,3	1,3	
			C	96,21	121,4	4,4	96,21	121,4	4,4	C				96,08 4	-178,4	1,3	96,08 4	- 178,4	1,3	
1 0	0 0 1 0	T K 10 8 20 0 K V A	A	93,15 9	61,5	1,2	93,15 9	61,4	1,2		1 7	T 0 0 1 7	FF K 06 9 50 K V A	A	97,84 7	60,7	0,4	97,84 7	60,7	0,4
			B	93,59 7	-58,3	1,3	96,41	-58,7	1,1	B				97,86 7	-59,2	0,4	97,86 7	-59,2	0,4	
			C	93,71 2	-178,6	1,2	96,26 8	- 178,7	1,1	C				97,94 7	-179,2	0,4	97,94 7	- 179,2	0,4	
1 1	0 0 1 1	T K 00 8 20 0 K V A	A	96,05 4	1,5	4,8	96,05 4	1,5	4,8		1 8	T 0 0 1 8	FF K 03 3 50 K V A	A	95,59 3	60,7	0,4	95,59 3	60,7	0,4
			B	95,90 5	-118,6	4,9	95,90 5	- 118,6	4,9	B				95,58 6	-59,3	0,4	95,58 6	-59,3	0,4	
			C	95,94 2	121,5	4,8	95,94 2	121,5	4,8	C				95,66 5	-179,3	0,4	95,66 5	- 179,3	0,4	
1 2	0 0 7 10	T K 06 7 10	A	96,27 4	1	2,2	96,27 4	1	2,2		1 0	T 0 0	FF K 03 4	A	97,66 9	60,8	0,5	97,66 9	60,8	0,5
			B	95,05	-118,6	2,3	95,05	-	2,3											

9	0	50	B	97,66	-59,1	0,5	97,66	-59,1	0,5
	1	K							
	9	V	C	97,74	-179,2	0,5	97,74	-	0,5
		A							
2	T	FF	A	98,15	0,7	0,6	98,15	0,7	0,6
0	K	K0							
0	43	50	B	98,08	-119,4	0,6	98,08	-	0,6
	2	K							
	0	V	C	98,07	120,7	0,6	98,07	120,7	0,6
		A							
2	T	FF	A	95,15	0,7	1,1	97,99	0,7	1,1
0	K	K50							
0	10	0	B	95,33	-119,1	0,8	97,99	0,7	0,8
	2	K							
	1	V	C	95,57	120,7	0,8	97,99	0,7	0,8
		A							
2	T	FF	A	96,17	1,5	1,1	96,17	1,5	1,1
0	K	K04							
0	1	10	B	96,23	-118,7	0,8	96,23	-	0,8
	2	K							
	2	V	C	95,92	121,4	0,8	95,92	121,4	0,8
		A							
2	T	FF	A	93,86	1,3	0,7	96,25	1,4	0,5
0	K	K04							
0	4	50	B	92,07	-118,6	0,9	96,24	-	0,5
	2	K							
	3	V	C	93,08	121,4	0,7	96,25	121,4	0,5
		A							
2	T	FF	A	93,51	61,1	0,4	97,26	61	0,4
0	K	K08							
0	6	25	B	94,21	-58,3	0,6	97,27	-58	0,4
	2	K							
	4	V	C	94,72	-179	0,4	97,27	-179	0,4
		A							
2	T	FF	A	97,51	60,7	0,2	97,51	60,7	0,2
0	K	K05							
0	9	52	B	97,26	-59,3	0,3	97,26	-59,3	0,3
	2	K							
	5	V	C	97,9	-59,3	0,3	97,9	-59,3	0,3
		A							
2	T	FF	A	96,69	61	0,4	96,69	61	0,4
		K							

6	0	03		3			3		
	0	9							
	2	25	B	96,99	-58,7	0,5	96,99	-58,7	0,5
		K							
	6	V	C	97,33	-179	0,4	97,33	-179	0,4
		A							
2	T	FF	A	91,18	61,8	0,8	95,58	61,6	0,7
0	K	K06							
0	2	25	B	92,20	-57,3	1,1	95,59	-58,4	0,7
	7	K							
	2	V	C	92,99	-178,3	0,8	95,59	-	0,7
		A							
2	T	FF	A	96,30	1,4	2,3	96,30	1,4	2,3
0	K	K06							
0	4	25	B	95,93	-118,7	2,2	95,93	-	2,2
	8	K							
	2	V	C	96,09	121,5	2,2	96,09	121,5	2,2
		A							
2	T	FF	A	92,42	1,7	1,7	95,34	1,7	1,5
0	K	K06							
0	5	50	B	92,69	-118	1,5	95,34	-	1,5
	2	K							
	9	V	C	93,00	121,7	1,5	95,34	121,7	1,5
		A							
3	T	FF	A	95,55	1,5	1,4	95,55	1,5	1,4
0	K	K06							
0	6	50	B	95,34	-118,3	1,3	95,34	-	1,3
	3	K							
	0	V	C	95,64	121,7	1,3	95,64	121,7	1,3
		A							
3	T	FF	A	97,17	1	1,4	97,17	1	1,4
0	K	K07							
0	3	50	B	96,51	-119	1,4	96,51	-119	1,4
	3	K							
	1	V	C	96,83	121,4	1,3	96,83	121,4	1,3
		A							
3	T	FF	A	96,42	61,3	0,5	96,42	61,3	0,5
0	K	K07							
0	4	25	B	96,41	-58,7	0,5	96,41	-58,7	0,5
	3	K							
	2	V	C	96,49	-178,7	0,5	96,49	-	0,5
		A							

30333	T	FF K 10 3 25 K V A	A	96,42 2	61,3	1,1	96,42 2	61,3	1,1
			B	96,41 6	-58,7	1,1	96,41 6	-58,7	1,1
			C	96,49 6	-178,7	1,1	96,49 6	-178,7	1,1
30434	T	FF K 08 0 50 K V A	A	93,62 7	1,7	1,2	96,24 9	1,4	1,1
			B	93,82 9	-118,6	1,2	96,24 4	-118,6	1,1
			C	93,31 0	121,4	1,3	96,24 9	121,4	1,1
30502	T	FF K 01	A	100,0 23	0	89,5	100,0 23	0	89, 5
			B	99,99 1	-120	90,3	99,99 1	-120	90, 3
			C	99,98 5	120	90,6	99,98 5	120	90, 6

Pada table 4.1 di atas terlihat jelas pada trafo T002,T0010,T0015,T0021,T0023,T0024,T0027,T0029 dan T0034 sebelum di lakukannya pemerataan beban kondisi pada tiap-tiap trafo tersebut mengalami kondisi kritis atau trouble dikarenakan beban yang tidak seimbang pada masing masing trafo tersebut akan tetapi setelah dilakukannya pemerataan beban terlihat jelas pada Tegangan,Sudut phasa dan Arus sudaj mulai lebih stabil.

## 5. KESIMPULAN

1. dapat dilihat dari hasil simulasi sebelum di setting Tegangan,Sudut fasa dan Arus memiliki perbedaan yang cukup besar yang mengakibatkan Beberapa trafo lmengalami kondisi tidak stabil pada penyulang RRI yang ada di Kota Fak-Fak. Akan tetapi setelah dilakukan penyeimbangan dengan menggunakan *software* ETAP *Power Station* beban pada tiap fasa, kondisi trafo menjadi normal karena tegangan sudut fasa dan arus sudah menjadi lebih seimbang.

Hasil analisis rugi-rugi daya pada sistem kelistrikan di wilayah kota Fak-Fak sesudah dilakukan proses penyeimbangan beban pada tiap phasa rugi-rugi mengalami penurunan dari 57,7 Kw dan 144,7Kvar menjadi 55,1 Kw dan 139,1 Kvar

### Saran

Sebagai masukan untuk PLN kota Fak-FakKa bahwa kondisi trafo pada penyulang RRI saat ini mengalami kondisi kritis karena beban tiap fasa tidak seimbang sehingga mempengaruhi kualitas daya. Untuk mengatasi kondisi tersebut, PLN harus lebih memperhatikan proses pembagian beban pada tiap fasa dengan seimbang sehingga tidak mempengaruhi kualitas daya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Simamora, Yoakim., Tobing, Panusur, S.M.L., *Analisa Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Untuk Identifikasi Beban Lebih Dan Estimasi Rugi-Rugi Pada Jaringan Tegangan Rendah*, SINGUDA ENSIKON, Juni 2014
- [2] Kawihing, Apriliana, P., et al. *Pemerataan Beban Transformator Pada Saluran Distribusi Sekunder*, e-journal Teknik Elektro Dan Komputer (2013)
- [4] J.B.V. Subrahmanyam, *Load Flow Solution of Unbalanced Radial Distribution Systems*, Department of Electrical & Electronics Engg, BRECW, Hyderabad, AP, India-500 059
- [6] Setiadji, Julius, Sentosa., et al., *Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Trafo Distribusi*, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya
- [7] Winardi, Bambang., et al. *Perbaikan Losses Dan Drop Tegangan PWI 9 Dengan Pelimpahan Beban Ke Penyulang Baru PWI 11 Di PT PLN (PERSERO) Area Semarang*, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia
- [8] Tipe-Tipe Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 KV – web:  
<https://electricdot.wordpress.com/2011/08/16/tipe-tipe-jaringan-distribusi-tegangan-menengah/>
- [9] Kosasih, GB. (2017). *Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150kV Pada Gardu Induk jajar Gondangrejo*. Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Dunia Listrik. (2009). *Tegangan Transmisi dan Rugi-Rugi Daya*. [http://dunia-](http://dunia-listrik.blogspot.co.id/2009/03/tegangan-transmisi-dan-rugirugi-daya.html)  
[listrik.blogspot.co.id/2009/03/tegangan-transmisi-dan-rugirugi-daya.html](http://dunia-listrik.blogspot.co.id/2009/03/tegangan-transmisi-dan-rugirugi-daya.html)
- Santos, Antonio, Romero Campinez, Alfredo lorenzo, Perez Clara. 2014. *Simplified Analysis of The Electric Power Losses for On Shore Wind Farms Considering Weibull Distribution Parameters*. [.http://www.mdpi.com/1996-1073/7/11/6856/pdf](http://www.mdpi.com/1996-1073/7/11/6856/pdf)
- [10] Nazaruddin<sup>1</sup>, Mahalla<sup>2</sup>, Fauzi<sup>3</sup> <sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
- [11] Adrianti dan Iriani, S., 2008, “Studi Aliran Daya Tiga Fasa Sistem Distribusi dengan Metode Pendekatan Langsung”, *Jurnal Teknik*, UNAND, Vol. 2 No. 29, pp 60-66, Padang