

## PENGARUH PENGGUNAAN BEBAN YANG TIDAK SETUJU PADA ALAT LISTRIK

Zuraidah Tharo<sup>1</sup>, Amani Darma Tarigan<sup>2</sup>, Rahmadsyah Pulungan<sup>3</sup>, Solly Aryza<sup>4</sup>,  
Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Pancabudi, Medan, Sumatera  
Utara Indonesia

### **Abstrak:**

*Pemakaian Biaya yang tidak seimbang merupakan hal yang biasa bagi konsumen listrik dan sering dijumpai di lapangan. Banyaknya Gardu Induk Distribusi 20 KV yang terpasang untuk melayani pengguna listrik, dan kurangnya pengelolaan instalasi kWh Meter berdasarkan profil masing-masing pelanggan yang berbeda satu sama lain, serta penggunaan energi listrik yang bervariasi. pada setiap pelanggan menyebabkan distribusi Trafo Distribusi tidak seimbang. A menimbulkan masalah lain yaitu hilangnya daya listrik akibat ketidakseimbangan Beban Listrik pada setiap fasa. Oleh karena itu, penulis menganalisis pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap umur peralatan listrik. Kemudian menerapkan langkah-langkah yang tepat untuk menyeimbangkan beban trafo, sehingga diharapkan konsumen lebih memahami akibat dari Ketidakseimbangan Beban Listrik.*

**Kata kunci:** Trafo Distribusi, Ketidakseimbangan Beban, Umur Peralatan Listrik.

### **1. PERKENALAN.**

Proses penyaluran energi listrik dimulai dari pembangkitan (PLTA, PLTM, PLTMG, PLTB, PLTS) kemudian ke Transmisi (SUTET, SUTT) kemudian ke Distribusi (TM) dan berakhir di Konsumen (TR)[1]. Proses tersebut merupakan tahapan dalam proses penyaluran energi listrik hingga sampai ke konsumen. Mengenai Distribusi Tegangan Menengah (TM) agar sampai ke konsumen Tegangan Rendah (TR), harus melalui proses penurunan tegangan melalui Trafo Distribusi TM 20 kV. Trafo Distribusi 20 kV berfungsi untuk menurunkan tegangan, dari tegangan 20 kV menjadi tegangan 400/231 volt, sehingga tegangan konsumsi masyarakat dapat memanfaatkannya[2].

Trafo 20 kV menggunakan sistem lilitan 3 fasa (delta-wye), untuk Delta pada Middle-End, dan wye pada sisi Low Voltage[3][4]. Distribusi TR ke konsumen terdiri dari 3 fase, yaitu Fase R, Fase S, Fase T plus Netral. Konsumen PLN Tegangan Rendah dibagi menjadi dua kelompok lagi berdasarkan pemakaiannya, yaitu pelanggan 3 fasa dan 1 fasa. Kemudian dibagi lagi berdasarkan kontrak beban yang berbeda pada setiap periodenya, sehingga penggunaan energi pada setiap konsumen semakin bervariasi. Dari permasalahan tersebut muncul permasalahan lain yaitu ketidakseimbangan penggunaan beban yang secara langsung mempengaruhi nilai arus pada setiap fasa R, S, dan T yang berbeda beda.[5].

Ketidakseimbangan beban akan menimbulkan efek kerugian tidak hanya bagi perusahaan PLN tetapi juga konsumen. Kerugian yang dialami PLN adalah besarnya energi yang tidak tersalurkan, nilai tegangan pelayanan yang tidak tercapai, umur peralatan yang semakin pendek dan sering terjadi gangguan distribusi. Sedangkan kerugian bagi konsumen antara lain kurang diterimanya kualitas tegangan rendah sehingga energi listrik yang digunakan tidak sesuai dengan kebutuhan konsumen peralatan listrik rumah tangga.[6].

Ketidakeimbangan tersebut akan berdampak langsung pada Trafo Distribusi 20 kV, mulai dari arus hingga beban yang nilainya berbeda pada setiap fasanya, sehingga pada sisi Netral akan memiliki nilai sekarang. Dalam keadaan normal, jika fasa R, S, dan T seimbang, arus di Netral adalah 0. Netral yang memiliki nilai arus niscaya akan menyebabkan kerusakan dan kehilangan peralatan. Kerusakan yang akan timbul dari kerusakan Trafo Distribusi 20 kV, Peralatan PHB-TR (Peralatan Kontak Tegangan Rendah), Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR),

Saluran Beranda (SR) dan kWh[7]. Sedangkan rugi-rugi yang akan timbul adalah rugi-rugi energi listrik dari sisi netral dan pentanahan serta kualitas tegangan pelayanan tidak tercapai. Upaya yang dapat dilakukan untuk menyeimbangkan beban pada masing-masing dari 3 fase tersebut adalah melalui proses balancing dengan metode yaitu dengan kondisi distribusi dan profil konsumen. Dengan menerapkan cara yang benar, diharapkan terjadi penurunan rugi-rugi energi dari sisi ketidakeimbangan beban Trafo Distribusi 20 kV[8]. Kondisi ini menimbulkan permasalahan lain yaitu mengenai umur trafo yang semakin berkurang dan kerusakan energi yang seharusnya dimanfaatkan tetapi rugi-rugi distribusi pada masing-masing Trafo Distribusi adalah 20 kV.[9]. Sehingga menyebabkan beban Trafo yang tidak seimbang menjadi tidak terkendali. Dampak cedera lebih signifikan. Disusul dengan Stasiun Distribusi 20 kV banyak Trafo yang saldonya >30% sehingga menjadi Target

## 2. METODE PENELITIAN.

Penelitian atau analisis masalah dapat dilihat dari seringnya terjadi kerusakan pada peralatan listrik yang digunakan, hal ini menimbulkan rasa ingin tahu mengenai penyebab kerusakan pada komputer tersebut, setelah dilakukan pengecekan jaringan instalasi listrik tidak ada masalah, penelitian difokuskan pada Trafo Distribusi 20 KV dan pengaruhnya terhadap umur peralatan karena ketidakeimbangan beban. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah:

1. Trafo Distribusi 20 KV
2. Beban 3 fasa pada Trafo Distribusi 20 KV
3. Peralatan listrik yang rusak

Data diperoleh dari beberapa pelanggan listrik di sekitar peneliti.

Langkah-langkah analisis data:

Penetapan Target Balancing

Berdasarkan Unbalanced Load yaitu tidak > 30% dari kapasitas trafo, dapat dilakukan penyaringan berdasarkan hasil data triwulanan (Oktober-Desember) pengukuran beban gardu – stasiun distribusi 20 kV wilayah kerja PT. PLN (Persero) Rayon Medan Baru.

Simulasi Penyeimbangan Beban

Berdasarkan data pengukuran beban WBP dan LWBP, maka dilakukan simulasi pembagian beban pada setiap fasa, untuk mengetahui seberapa besar beban yang dipindahkan pada setiap fasa. Untuk keberhasilan pekerjaan penyeimbangan beban metode WBP dan LWBP maka perlu disusun urutan kerja, agar hasilnya dapat maksimal. Tata kerja atau Standar Operasi dari perimbangan beban metode WBP dan LWBP, disusun sebagai berikut:

1. Tentukan transformator yang akan diseimbangkan.
2. Amati JTR (Jaringan Tegangan Rendah) untuk semua arah hingga ujung jaringan.
3. Catat hal-hal menarik yang ditemukan seperti:

Sebuah. Ada satu cabang yang hanya terdiri dari 2 fase

B. Koneksi JTR

- C. Di mana saja ada seri SR
  - D. Dimana ada pelanggan 3 fase
  - e. Dimana ada 1 fase pelanggan besar
  - F. Di mana ada pelanggan non-rumah tangga
  - g Apakah ada beban PJU
  - H. Apakah ada banyak warung tenda yang hanya buka pada malam hari.
  - 4. Beri tanda pada jaringan TR yang akan dilakukan.
  - 5. Ukur beban (sebelum keseimbangan) dengan tang ampere pada malam hari dan siang hari, yang benar/baik dengan kriteria sebagai berikut:  
Sebuah. Cuaca normal/cerah (tidak mendung/hujan)
  - B. Gardu Induk yang akan diukur tidak terkena jadwal pemadaman
  - C. Pada saat pengukuran adalah pada hari kerja (bukan hari libur). Lebih baik antara Senin dan Kamis.
  - D. Di gardu induk yang akan diukur dalam kondisi normal tidak ada acara yang ramai (open stage, final piala dunia, dll).
  - e. Selama proses pengukuran tidak ada aktivitas penyeimbangan tunggal di lapangan, seperti mengidentifikasi fase atau arus listrik pelanggan.
  - 6. Memasukkan data pengukuran ke dalam simulasi penyeimbangan WBP dan LWBP dan mencoba melakukan simulasi meskipun dalam simulasi ini tidak dapat mensimulasikan secara tepat karena tidak ada data yang pasti mengenai:  
Sebuah. Berapa banyak pelanggan di fase apa?  
B. Dari "fase apa ke fase" pelanggan akan dipindahkan.  
C. "Tentang pelanggan mana pun" yang akan dipindahkan.  
D. "Berapa ampere" akan dipindahkan.  
e. Cetak / print "Rekomendasi Transfer Pelanggan"
  - F. Berikan lembar tercetak "Rekomendasi Transfer Nasabah" kepada petugas untuk dieksekusi di lapangan.
  - g Menyiapkan semua perlengkapan kerja, perlengkapan K2K3, formulir timbangan, dan alat komunikasi. Berkoordinasi dengan pihak terkait jika diperlukan pemadaman.
  - H. Melakukan pekerjaan transfer beban untuk pekerjaan load balancing.  
saya. Lakukan pengukuran berulang, setelah pelaksanaan pekerjaan penyeimbangan beban pada jam relatif yang sama pada saat pengukuran, bandingkan perbedaan sebelum dan sesudah pelaksanaan pekerjaan penyeimbangan beban.
  - J. Lakukan penilaian beban, dan berikan analisis langkah apa yang akan diambil dengan mengatur ulang beban per fase per departemen. Jika ternyata hasilnya tidak signifikan, maka seimbangkan tahap kedua dalam waktu satu minggu.
  - k. Masukkan data pengukuran hasil kerja di lapangan dan cocokkan dengan data simulasi balancing sebelumnya. Evaluasi dan analisis.
  - l. Cetak/cetak lembar "Evaluasi". Dari lembar evaluasi ini dapat dilihat seberapa baik hasil perimbangan yang telah dilakukan.
- penyeimbang beban[10]

Berdasarkan hasil perhitungan sederhana dari data yang telah dilakukan, akan lebih mudah untuk menentukan perpindahan nilai arus yang harus dilakukan, tetapi tidak memungkinkan untuk memindahkan nilai arus berdasarkan kondisi di lapangan. Tidak hanya faktor profil pelanggan, tetapi ada faktor teknis lain yang menjadi pertimbangan, seperti kondisi pemuatan di masing-masing departemen. Proses balancing dilakukan berdasarkan hasil pengukuran WBP dengan memperhitungkan hasil pengukuran LWBP selama proses balancing di lapangan. Berikut ini adalah beberapa kondisi balancing yang telah dilakukan simulasi dan faktor teknis yang terjadi selama proses balancing. Pengukuran tahanan pentanahan netral trafo bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai tahanan fasa netral trafo sehingga dapat digunakan sebagai perhitungan nilai rugi-rugi akibat ketidakseimbangan fasa RS – T pada trafo distribusi 20 kV. - setiap gardu.

### 3. ANALISIS DAN HASIL.

Ada beberapa poin yang berbeda antara penyeimbangan berdasarkan simulasi pengukuran hasil pengukuran dengan penyetelan penyeimbangan beban berdasarkan kondisi lapangan, antara lain:

1. Penyeimbangan berdasarkan data pengukuran beban dengan metode pemerataan nilai arus pada setiap fase hingga mencapai nilai rata-rata bukan merupakan tolak ukur mutlak untuk dijadikan sebagai ketentuan kesetimbangan di lapangan, melainkan menjadi acuan seberapa besar nilai beban untuk ditransfer atau diambil dalam setiap fase yang membutuhkan. Karena jika benar-benar didasarkan pada nilai perpindahan beban berdasarkan simulasi, maka akan sangat sulit untuk mendapatkan nilai tersebut karena nilai penggunaan beban pada setiap pelanggan berbeda naik turun. Pembentukan harus didasari oleh kebiasaan rentan menggunakan beban di setiap fase di masing-masing jurusan.
2. Ada juga dimana kondisi penyeimbangan hanya dilakukan melalui pemindahan beban penuh ke beban kosong ke arah gardu induk karena memang diperlukan keseimbangan yang lebih untuk menyeimbangkan beban fasa utama trafo saja.

Hasil simulasi data pengukuran LWBP dan WBP akan menjadi acuan yang baik dalam penyeimbangan beban di lapangan karena kita dapat melihat seberapa besar beban yang akan dialihkan pada siang hari sehingga pada malam hari beban yang dialihkan juga sesuai dengan penyeimbangan WBP kebutuhan.

Berdasarkan data pengukuran yang telah dilakukan setelah proses penyeimbangan, maka dapat diperoleh selisih penurunan nilai arus fasa netral pada WBP malam dan LWBP pada siang hari. Sehingga dapat diartikan bahwa proses keseimbangan beban trafo distribusi 20 kV mengalami perbaikan meskipun nilai arus fasa netral masih mendekati nol. Data berikut mengoreksi nilai arus fasa netral sebelum dan sesudah dilakukan penyeimbangan.

Meja. 1 Menyeimbangkan Data Hasil

No GARDU	BEBAN INDIK (SEBELUM)								BEBAN INDIK (SETELAH)							
	SIANG (LWBP)				MALAM (WBP)				SIANG (LWBP)				MALAM (WBP)			
	R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N
BS 070	63	45	76	30	95	52	123	64	59	60	59	15	102	89	92	35
BS 074	133	202	155	69	183	191	110	67	175	176	157	41	184	188	149	40
BS 115	56	39	44	20	114	29	41	53	47	62	64	15	47	62	64	15
BS 008	81	147	79	107	87	123	84	93	132	125	128	36	111	127	142	49
BS 006	69	110	121	50	58	100	147	57	105	85	79	23	122	111	88	35
BS 151	47	81	67	37	44	119	45	65	83	70	90	25	83	95	51	37
BS 150	32	6	22	22	44	8	22	32	16	22	22	10	28	15	22	16
BS 160	43	66	67	23	53	81	92	35	55	64	57	19	68	75	80	26
BS 073	75	104	60	43	97	110	58	45	77	90	80	22	95	79	88	23
BS 099	19	54	37	35	82	58	104	53	38	31	36	15	82	78	83	30
BS 111	80	61	103	52	112	82	134	70	79	71	94	21	105	125	128	52
BS 140	38	45	53	18	49	85	95	37	45	44	43	16	68	73	88	23
BS 174	27	12	14	13	43	26	32	19	19	18	14	11	33	36	32	13
BS 053	104	128	176	58	76	89	117	38	107	116	163	48	93	89	96	19
BS 110	23	26	41	17	48	41	74	21	22	23	33	12	54	52	60	18
BS 125	57	69	49	31	100	142	80	56	55	55	62	21	100	111	110	23
BS 142	64	64	42	32	97	82	64	46	62	67	54	22	83	82	75	25

Berdasarkan data pengukuran setelah dilakukan proses penyeimbangan maka penulis melakukan perhitungan untuk mencari nilai arus yang mengalir pada fasa netral sehingga nantinya dapat dibandingkan dengan perolehan nilai simpanan kWh antara real dilapangan berdasarkan perhitungan hasil. Berikut datanya:

Tabel. 2 Data Perhitungan Fase Netral

NO	NO GARDU	PENGUKURAN								PERHITUNGAN							
		SIANG				MALAM				SIANG				MALAM			
		R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N	R	S	T	N
1	BS 070	59	60	59	15	102	89	92	35	59	60	59	1	102	89	92	12
2	BS 074	175	176	157	41	184	188	149	40	175	176	157	18	184	188	149	37
3	BS 115	47	62	64	15	47	62	64	15	47	62	64	16	47	62	64	16
4	BS 008	132	125	128	36	111	127	142	49	132	125	128	6	111	127	142	27
5	BS 006	105	85	79	23	122	111	88	35	105	85	79	24	122	111	88	30
6	BS 151	83	70	90	25	83	95	51	57	83	70	90	18	83	95	51	39
7	BS 150	16	22	22	10	28	15	22	16	16	22	22	6	28	15	22	11
8	BS 160	55	64	57	19	68	75	80	26	55	64	57	8	68	75	80	10
9	BS 073	77	90	80	22	95	79	88	23	77	90	80	12	95	79	88	14
10	BS 099	38	31	36	15	82	78	83	30	38	31	36	6	82	78	83	5
11	BS 111	79	71	94	21	105	125	128	52	79	71	94	20	105	125	128	27
12	BS 140	45	44	43	16	68	73	88	23	45	44	43	2	68	73	88	18
13	BS 174	19	18	14	11	33	36	32	13	19	18	14	5	33	36	32	7
14	BS 053	107	116	163	48	93	89	96	19	107	116	163	52	93	89	96	6
15	BS 110	22	23	33	12	54	52	60	18	22	23	33	10	54	52	60	7
16	BS 125	55	55	62	21	100	111	110	23	55	55	62	5	100	111	110	10
17	BS 142	62	67	54	22	83	82	75	25	62	67	54	11	83	82	75	7

Berdasarkan data pengukuran yang telah dilakukan setelah proses balancing, dapat diperoleh perubahan yang cukup baik dari aspek Unbalanced Distribution Trafo 20 kV, sehingga dapat dikatakan target balancing berdasarkan target > 30% Trafo Distribusi Tidak Seimbang 20 kV mengalami perbaikan, walaupun masih ada beberapa trafo yang belum mencapai < 30%.

1. Gardu Induk BS 070 no

Data dari trafo distribusi sebagai berikut:

Sebuah. Daya: 100 kVA

B. Tegangan Kerja: 21/20,5 / 20 / 19,5 / 19 kV // 400 V

C. Trafo: 1 x 3 fasa

Sehingga dari data di atas dapat dihitung:

$$S = 100 \text{ kVA}$$

$$V = 0,4 \text{ kV fasa – fasa}$$

#### 4. KESIMPULAN.

1. Pembebanan yang tidak seimbang pada trafo distribusi 20 kV menyebabkan arus mengalir pada penghantar netral. Arus ini menjadi rugi-rugi yang harus ditanggung oleh PT PLN karena di sepanjang jalur penghantar netral terdapat hambatan.
2. Penyetaraan beban dilakukan dengan cara memasang kembali sambungan rumah pelanggan dari fase padat ke aspek ringan.
3. Dengan program pemerataan beban pada Trafo Distribusi 20 kV didapatkan hasil supresi rugi-rugi pada konduktor netral adalah 65,68 kW (kondisi LWBP) dan 72,72 kW (kondisi WBP) berdasarkan hasil pengukuran.
4. Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan hasil supresi rugi-rugi sebesar 41,79 kW (kondisi LWBP) dan 44,82 kW (kondisi WBP).
5. Perbedaan yang terjadi antara hasil data berdasarkan pengukuran dan perhitungan disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain umur Trafo, kandungan oli trafo, kondisi kumparan trafo, konduktor kontak yang hilang, nilai tahanan pentanahan netral, dan alat ukur yang presisi.
6. Load balancing pada trafo dapat memperpanjang umur peralatan listrik.

#### REFERENSI.

- [1] S. Aryza, M. Irwanto, Z. Lubis, A. Putera, dan U. Siahaan, “Kestabilan Baru Sistem Kelistrikan Mesin Tunggal Berbasis Metode Runge Kutta Orde 4,” *IOSR J. Listrik. Elektron. Ind. Ver. II*, vol. 12, tidak. 4, hlm. 2278–1676, 2017.
- [2] “KONTROL KECEPATAN MOTOR INDUKSI FASA TUNGGAL MENGGUNAKAN TEKNIK LOGIKA FUZZY DENGAN SENSOR MAGISTER OF SCIENCE ( Teknik Elektro dan Elektro ) UNIVERSITAS PERTANIAN JOMO KENYATTA,” 2013.
- [3] F. Zidanidkk., “Pendekatan Berbasis Fuzzy untuk Diagnosis Mode Gangguan pada Motor Inverter PWM Tegangan-Fed Untuk mengutip versi ini: Pendekatan Berbasis Fuzzy untuk Diagnosis Mode Gangguan pada Penggerak Motor Inverter PWM Tegangan-Fed,” 2010.
- [4] V. Tipsuwanporn, W. Sawaengsinkasikit, dan A. Numsomran, “9-Level Inverter untuk Kontrol Motor Induksi,” *Kontrol Motor*, hlm. 2462–2466, 2010.
- [5] Pak Punit L. Ratnani, “Pemodelan Matematika Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan MATLAB/Simulink\,n,” *Ijmer*, vol. 4, tidak. 6, hlm. 62–67, 2014.
- [6] APU Siahaandkk., “Kombinasi Jarak Levenshtein dan Rabin-Karp untuk Meningkatkan Keakuratan Tingkat Kesetaraan Dokumen,” *Int. J. Eng. Teknologi.*, vol. 7, tidak. 2.27, hlm. 17–21, 2018.
- [7] I. Motor, Metode FE, BR Singla, S. Marwaha, dan A. Marwaha, “Desain dan Analisis Transien Motor Induksi Sangkar Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *2006 Int. Kon. Elektron Daya. Sistem Energi Drive.*, 2006.
- [8] AI Solly Aryza, Hermansyah, Muhammad Irwanto, Zulkarnain Lubis, “Kebaruan Pengeriing Pupuk Berkualitas Berbasis Solar Cell dan Ann,” *Scopus*, hal. 1-5, 2017.
- [9] S. Aryza, M. Irwanto, Z. Lubis, APU Siahaan, R. Rahim, dan M. Furqan, “Desain Baru Meminimalkan Rugi-Rugi Listrik Pada Penggerak Mesin Induksi Terkendali Vektor,” *Konferensi IOP Ser. ibu. Sci. Ind.*, vol. 300, tidak. 1, hal. 12067, 2018.
- [10] P. Melo, R. De Castro, dan R. Esteves Araújo, “Evaluasi Algoritme Minimisasi Rugi Energi untuk EV Berdasarkan Motor Induksi,” di *Motor Induksi – Pemodelan dan Kontrol*, 2012, hlm. 401–426.