

PENDETEKSI BEBAN ASIMETRI MENGGUNAKAN APLIKASI ANDROID

Julianus Gesuri Daud¹, Benny A.P. Loegimin², Janviver Luase³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado

Jl. Raya Politeknik Ds. Buha Manado PO BOX 1256 Telp (0431) 815212, 815217

Email: nus_its@yahoo.com

Abstrak

Konsekuensi dari pertumbuhan beban listrik yang meningkat dari tahun ke tahun menimbulkan permasalahan tersendiri karena penambahan beban listrik oleh konsumen sering dilakukan dengan sambungan langsung pada jaringan distribusi tegangan rendah 220 Volt milik PLN secara tak terencana sehingga dapat menyebabkan ketidakmerataan pembebanan untuk masing-masing fasa R, S dan T. Keadaan ini juga menyebabkan adanya arus yang besar pada kawat netral yang mengalir menuju ke transformator daya. Kondisi ini bila di biarkan terus menerus akan dapat menyebabkan suhu pada trafo menjadi naik dan bertambah panas mengakibatkan trafo bisa meledak sehingga penyaluran energy listrik ke masyarakat pengguna energy listrik menjadi terhenti. Alat yang dirancang ini akan mendeteksi perubahan yang terjadi. Setiap penambahan beban di masing-masing fasa R, S dan T akan di monitor kemudian besaran arus netral yang muncul akan di informasikan ke Operator melalui aplikasi android.

Kata kunci: *arus netral; beban asimetri; losses; transformator distribusi*

Pendahuluan

Pertambahan jumlah penduduk menyebabkan peningkatan di berbagai sektor terutama di bidang ketenagalistrikan yang mengalami kemajuan pesat. Titik akhir suplai tenaga listrik berada di bagian distribusi. Seperti di Negara berkembang lainnya di Indonesia juga kebanyakan menggunakan pola sambungan konfigurasi dengan system radial. Di mana pada system ini mengacu kepada prinsip sebatang pohon yakni terdiri dari batang sebagai pusat listrik kemudian ke cabang, ranting dan daun. Energi listrik yang di catu pelanggan kebanyakan di ambil di sisi ranting. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai adanya gangguan ketidakseimbangan yang terjadi pada sistem tenaga listrik menurut klasifikasi tegangan mulai dari level distribusi dengan tegangan 415 Volt sampai dengan level transmisi 400 kV menunjukkan bahwa prosentase terbesar berada pada sistem distribusi dengan tegangan 25 kV ke bawah. Permasalahan penambahan beban listrik oleh konsumen dengan melakukan sambungan langsung pada jaringan distribusi tegangan rendah 220 Volt milik PLN yang dilakukan secara tak terencana dapat menyebabkan ketidakmerataan pembebanan untuk masing-masing fasa R, S dan T. Kondisi ini akan mengakibatkan dampak buruk pada kualitas daya system energy yang dihasilkan karena dalam hubungan bintang maka akan menimbulkan nilai arus yang besar pada kawat netral dan arus tersebut akan mengalir dari beban menuju ke transformator daya pada sisi tegangan menengah 20 kV. Keadaan ini tidak bisa dibiarkan karena arus netral tersebut cenderung menyebabkan pemanasan yang bila dibiarkan terus menerus suhu akan naik dan trafo akan meledak.

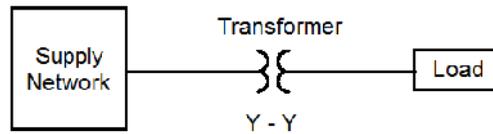
Losses Distribusi

Losses distribusi diakibatkan karena pendistribusian beban yang tidak merata. Hal ini dapat terjadi karena dalam kenyataan di lapangan, kebanyakan sambungan listrik ke konsumen tidak memperhatikan kondisi pembebanan di masing-masing penyulang sehingga semakin memperbesar losses pada saluran distribusi. Ketika gelombang sistem tenaga listrik terganggu akibat kondisi beban tidak seimbang yang memunculkan harmonisa ketiga maka akan mengakibatkan arus yang dihasilkan akan berbentuk *non sinusoidal* dan akan mengandung *harmonisa*. Dampak yang ditimbulkan oleh distorsi harmonik diantaranya adalah terjadinya pemanasan yang berlebihan pada peralatan, penurunan faktor daya, masalah resonansi, kesalahan pengukuran dari alat-alat ukur, fliker dan lain-lain. Distorsi akibat harmonisa sangat berpengaruh buruk pada kualitas daya sistem tenaga listrik karena menimbulkan bermacam-macam gangguan distribusi sehingga losses perlu dikurangi dan jaringan di tata ulang agar beban menjadi seimbang. Pengaruh ketidakseimbangan beban juga akan memunculkan arus mengalir pada kawat netral sehingga menyebabkan suhu trafo mengalami peningkatan dan pada titik tertentu transformator

distribusi menjadi sangat panas dan meledak. Harmonisa juga membuat arus netral menjadi semakin besar. Data menunjukkan sebanyak 211 trafo yang rusak. Kerusakan trafo pada saluran distribusi akan membuat konsumen tidak mendapat suplai energi listrik karena pemadaman dan pada kondisi ini terjadi kwh hilang atau akan menambah besar nilai KWh tak terjual. Trafo yang rusak di PT PLN Area Tahuna Rayon Siau belum lama ini mendorong penulis membuat simulasi pembebanan yang kemudian merancang detektor yang terkoneksi dengan Hand phone.

Beban Asimetri

Kebanyakan suplai daya listrik yang ditransmisikan ke konsumen selalu menggunakan transformator dua belitan yang memiliki hubungan Y – Y seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Suplai jaringan tiga fasa dengan transformator Y – Y

Penguraian tiga fasor *arus* tak seimbang menjadi komponen simetri (Gonen, 1986; Stevenson, 1982) dalam bentuk matriks yaitu

$$I_{abc} = A \cdot I_{012} \tag{1}$$

$$I_{012} = A^{-1} I_{abc} \tag{2}$$

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} \tag{3}$$

Misalkan *A* adalah

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \tag{4}$$

Sehingga A^{-1}

$$A^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \tag{5}$$

Bila kedua sisi Persamaan (4) dikalikan dengan A^{-1} maka

$$\begin{bmatrix} I_{a0} \\ I_{a1} \\ I_{a2} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \tag{6}$$

dengan

$$\begin{aligned} I_{b1} &= a^2 I_{a1} & I_{c1} &= a I_{a1} \\ I_{b2} &= a I_{a2} & I_{c2} &= a^2 I_{a2} \\ I_{b0} &= I_{a0} & I_{c0} &= I_{a0} \end{aligned} \tag{7}$$

Bila persamaan (7) ditulis kembali sebagai persamaan (8), (9) dan (10) :

$$I_a = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0} \tag{8}$$

$$I_b = a^2 I_{a1} + a I_{a2} + I_{a0} \tag{9}$$

$$I_c = a I_{a1} + a^2 I_{a2} + I_{a0} \tag{10}$$

Sebagaimana uraian terdahulu dalam mendapatkan komponen simetri *tegangan* urutan nol, positif dan negatif maka hal yang sama berlaku juga untuk *arus* sebagai berikut :

$$I_{a0} = \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c) \tag{11}$$

$$I_{a1} = \frac{1}{3} (I_a + a I_b + a^2 I_c) \tag{12}$$

$$I_{a2} = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c) \tag{13}$$

Pada sistem tiga fasa, jumlah arus-arus yang mengalir di saluran sama dengan arus I_n . Jadi arus-arus tersebut akan balik kembali melalui saluran **netralnya**.

$$\boxed{I_a + I_b + I_c = I_n} \tag{14}$$

Dengan membandingkan persamaan (7) dan persamaan (14), diperoleh

$$I_n = 3I_{a0} \quad (15)$$

Dalam kondisi ideal untuk suatu sistem tiga fasa hubungan Y di mana tidak ada arus yang mengalir pada saluran netralnya maka I_n sama dengan nol. Hal ini karena arus-arus salurannya tidak mengandung komponen-komponen urutan nol. Di banding dengan hubungan delta yang cenderung mencatu beban seimbang maka hubungan bintang selain menggunakan sistem satu fasa juga tiga fasa sehingga permasalahan paling banyak terjadi di jaringan distribusi dengan sistem tegangan 220 Volt yang kebanyakan adalah pelanggan rumah tangga.

Arus Netral

Adapun spesifikasi data trafo distribusi yang mengalami gangguan yang di jadikan acuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Buatan Pabrik	: TRAFINDO
Type	: Outdoor
Daya	: 200 kVA
Tegangan	: 21/20,5/20/19,5/19 kV//400 V
Arus	: 6,8 – 359 A
Hubungan	: Dyn5
Impedansi	: 4 %

Data kerusakan trafo distribusi dari PT PLN Area Tahuna Rayon Siau yang JEBOL adalah sebagai berikut :

Kejadian Gangguan	: Tanggal 30 Maret 2014 jam 00.50
Nomor Gardu	: HO3AJ0
Merk	: Trafindo
Kapasitas	: 200 kVA
Sistem	: 3 Phase
Penyebab kerusakan	: TIDAK DIKETAHUI.

Kondisi pembebanan sebelum trafo tersebut mengalami gangguan fatal berdasarkan data yang di ambil pada tanggal 26 Pebruari 2014 seperti di tunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran beban Trafo 200kVA

Penghantar	Beban (Ampere)
Fasa R	147 A
Fasa S	154 A
Fasa T	177 A
Netral	122 A

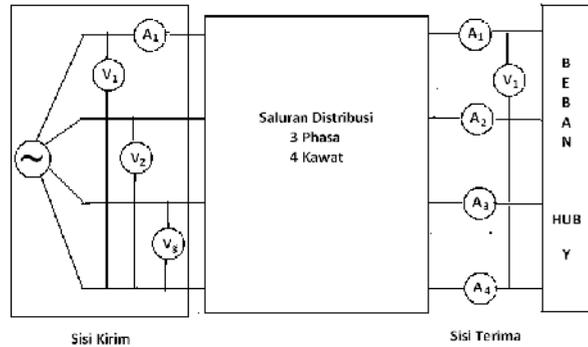
Diperoleh data total beban trafo yakni $S = 105$ kVA atau 53 % dari daya total yang ada pada Trafo Distribusi sebesar 200 kVA. Dari tabel 1 diketahui keadaan beban di masing-masing fasa tidaklah sama persis namun terlihat nilai besaran arus yang terukur pada penghantar Netral sangat besar yakni tercatat **arus netral** sebesar **122 Ampere** sehingga dapat dikatakan bahwa dengan nilai tersebut suhu pada Trafo tersebut sangat begitu panas meskipun suhu lingkungan sekitar begitu dingin karena kejadian Trafo jebol terjadi malam hari pada jam 00.50. Dengan demikian dapat di katakan bahwa faktor arus netral yang ke Trafo inilah yang menjadi satu-satunya pemicu Trafo rusak karena beban yang di pikul Trafo 53 % atau belum terlalu besar dan masih di kategorikan beban sedang. Gejala arus netral yang besar akhir-akhir ini sudah sangat memprihatinkan seperti terlihat pada tabel 2.

2. Pengukuran Arus Beban di PLN Rayon Manado Selatan

No	No Gardu	Tanggal/Jam Pengukuran	Fasa			Netral	Keterangan
			R	S	T		
1	M 139	18 Agustus 2016	180	212	104	135	Jam 20.10
2	M 386	18 Agustus 2016	289	298	372	112	Jam 21.13
3	M 366	21 Agustus 2016	221	114	95	114	Jam 19.11
4	M 24	21 Agustus 2016	204	62	146	133	Jam 19.02
5	M 228	21 Agustus 2016	276	179	322	132	Jam 20.19
6	M 133 A	22 Agustus 2016	627	460	348	265	
7	M 342 B	23 Agustus 2016	101	99	63	165	

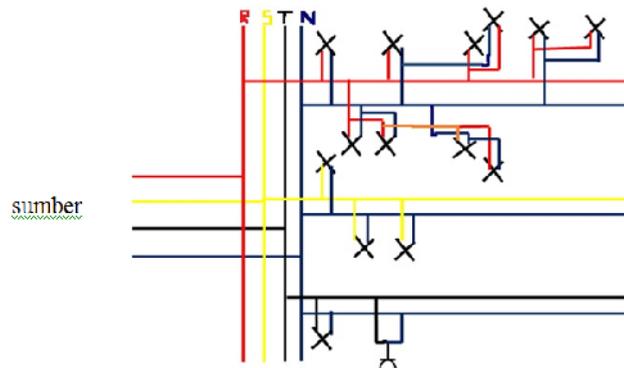
Metode Penelitian

Rancangan penelitian yang dilakukan sebagaimana pada gambar 2 berikut.

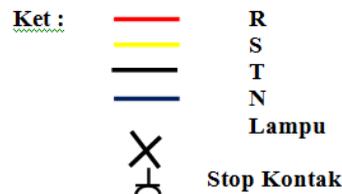


Gambar 2. Rancangan penelitian pengukuran arus netral.

Dari gambar 2 untuk sisi kirim terukur arus pada fasa R atau A_1 , tegangan V_1, V_2, V_3 masing-masing berlaku untuk tegangan fasa R, S dan T kemudian bila di sisi terima yang mencatu beban dalam hubungan bintang dengan A_1 berupa amperemeter untuk mengukur arus fasa R, A_2 untuk fasa S dan A_3 untuk fasa T sedangkan A_4 adalah amperemeter untuk mengukur arus netral yang berasal dari beban menuju ke trafo. Kasus yang terjadi pada Trafo tistribusi di atas yang meledak di jadikan sampel untuk kemudian di buat wiring diagram seperti pada gambar 3 berikut. Trafo ini mencatu 3 jurusan dengan masing-masing jurusan punya beban yang bervariasi. Untuk mengetahui secara pasti apakah benar bahwa akibat penggunaan beban-beban listrik oleh konsumen akan menyebabkan **arus mengalir pada kawat Netral** atau lebih dikenal sebagai **Arus Netral** maka di adakan rangkaian simulasi di Laboratorium Sistem Tenaga.



Gambar 3. Alokasi beban pada wiring diagram.



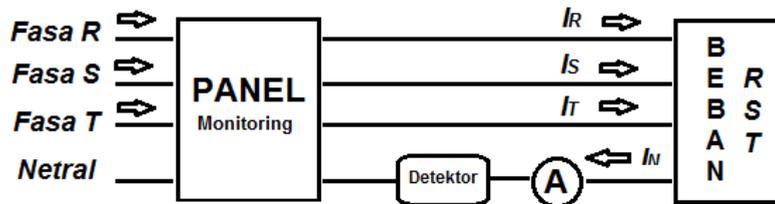
Setiap penambahan beban di masing-masing fasa R, S dan T akan di monitor kemudian dibandingkan. Arus yang mengalir pada kawat netral juga di amati terus menerus. Untuk tahap pertama dilakukan pemodelan beban distribusi system 3 fasa 4 kawat (Load) yang di catu dari panel distribusi yang berasal dari main distribution panel dengan sumber listrik dari trafo distribusi dalam hubungan delta (Δ) dan bintang (Y). Sisi primer trafo dalam hubungan delta memiliki tegangan 20 kV sedangkan sisi sekunder trafo dalam hubungan bintang dengan tegangan yang di turunkan menjadi 380/220 volt. Panel distribusi kemudian dibuat dan di pasang alat monitoring pemakaian beban.

Beban distribusi di kategorikan dalam dua macam yakni beban R untuk resistif seperti lampu pijar dan Lampu Hemat Energi atau LHE kemudian beban L untuk induktif seperti lampu neon serta power supply dc. Spesifikasi beban sebagaimana tertera pada tabel 3. Pengambilan data dilakukan dengan mengatur komposisi beban pada fasa R sebanyak 11 buah lampu, fasa S sebanyak 3 buah lampu dan fasa T terdiri dari 1 buah lampu serta power supply dc.

Tabel 3. Beban Distribusi yang digunakan

Spesifikasi Beban	Fasa		Jumlah
LHE 28 W Jazz	R		1 buah
LHE 20 W Ekonomat	R		1 buah
LHE 22 W Philips	R		1 buah
LHE 9 W Hinomaru	R		1 buah
LP 100 W Philips	R		1 buah
LP 75 W Philips Clear	R		2 buah
LP 25 W Philips Softone	R		1 buah
LP 25 W Ekonomat	R		1 buah
LP 15 W Philips	R		1 buah
LP 5 W Chiyoda	R		1 buah
LHE 28 W Jazz		S	1 buah
Neon 10 W Chiyoda		S	1 buah
Neon Philips		S	1 buah
LHE 28 W Jazz		T	1 buah
Power supply dc		T	1 buah

Sebenarnya penempatan beban bisa di atur-aturl melalui rekonfigurasi untuk mengetahui besar kecilnya arus netral yang mengalir melalui kawat netral. Peralatan detektor kemudian di pasang seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Pemasangan detektor pada rangkaian

Peralatan detektor ini menggunakan Arduino Uno yang dihubungkan ke system melalui current transformer untuk mengukur arus yang lewat akibat pemakaian beban pada fasa R, fasa S dan fasa T. Gambar 5 menunjukkan bagian dalam dari rangkaian Arduino Uno termasuk penempatan posisi kartu. Hasil pembacaan kemudian dikirim ke operator melalui aplikasi android untuk pengambilan keputusan segera terhadap kondisi beban asimetri.



Gambar 5. Pemasangan kartu Android pada Arduino Uno



Gambar 7. Uji coba Pendeteksi Beban Asimetri

Hasil dan Pembahasan

Tabel 4, tabel 5 dan tabel 6 memperlihatkan perubahan nilai ketika beban di atur secara bervariasi.

Tabel 4. Kondisi beban mendekati seimbang

Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Arus Netral
Daya (W)	168	164	166	-
Tegangan (V)	226	221	224	-
Arus (A)	0,746	0,736	0,740	0,015 Amp

Tabel 5. Kondisi beban tak seimbang

Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Arus Netral
Daya (W)	46	159	379	-
Tegangan (V)	222	218	219	-
Arus (A)	0,206	0,726	1,73	1,1 Amp

Tabel 6. Fasa T tidak di bebani

Parameter	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Arus Netral
Daya (W)	72,5	96,1	0	-
Daya reaktif	66,4	2,99	0	-
Arus (A)	0,430	0,428	0	0,4

Beban yang terbagi rata atau cenderung seimbang menunjukkan nilai arus netral yang relative kecil (tabel 4) sedangkan beban yang tidak seimbang atau asimetri, nilai arus netral melebihi 1 Ampere (tabel 5).

Tabel 7. Pengujian Beban Asimetri

Pengujian	Fasa R	Fasa S	Fasa T	Arus Netral (Ampere)	
				Meter Analog	Meter Digital
pertama	187 W	93,7 W	0 W	0,6 A	0,75 A
kedua	353 W	0 W	0 W	1,4 A	1,63 A
ketiga	255 W	0 W	0 W	0,9 A	1,18 A
keempat	20,6 W	108 W	95,2W	0,7 A	0,84 A
kelima	212 W	92 W	0 W	0,7 A	0,84 A
keenam	281 W	92,3 W	0W	0,9 A	1,15 A
ketujuh	0 W	0 W	3,33W	0,39 A	0,47 A
kedelapan	0 W	108 W	3,33W	0,5 A	0,68 A
kesembilan	191 W	109 W	3,33W	0,30 A	0,58 A
kesepuluh	384 W	0 W	3,33W	1,48 A	1,79 A

Hal yang sama pula berlaku untuk pengujian terhadap beban asimetri yang di atur-atur baik pada fasa R, fasa S dan fasa T. Dari ke 10 pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa beban tak seimbang seperti pada pengujian ke 2 dan 10, nilai arus netral melebihi dari 1 ampere. Karena peralatan deteksi sudah menggunakan aplikasi Android maka hanya dibutuhkan waktu 4 detik, operator sudah mendapat informasi kelebihan arus netral.

Kesimpulan

1. Kenaikan beban yang selalu berubah setiap saat dapat cepat langsung di ketahui serta di monitor menggunakan aplikasi android.
2. Penggunaan aplikasi android sangat membantu dalam mengakses dengan cepat gejala yang membahayakan akibat peningkatan arus netral pada pemakaian energi listrik.
3. Akses informasitentang perubahan kenaikan arus netral hanya membutuhkan waktu 4 detik.

Daftar Pustaka

- Baran, M. E, Wu, F. F., (1989)"*Network Reconfiguration in Distribution Systems for Loss Reduction and Load Balancing.*" IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 4 No.2, pp. 1401-1407.
- Daud, Julianus. G., (2007), "*Analisis Penggunaan High Pass Filter dalam upaya mengurangi Losses Daya Trafo Distribusi di PT PLN (PERSERO) APJ Surabaya Selatan*", Prosiding Seminar Nasional Diversifikasi Sumber Energi untuk Mendukung Kemajuan Industri dan Sistem Kelistrikan Nasional, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta, pp 117-118.
- Daud, Julianus. G., (2008), "*Estimasi Pengurangan Susut Distribusi Menggunakan Kombinasi Rekonfigurasi dengan Algoritma Ant Colony dan Pemasangan Filter Harmonik* ", Tesis Magister, Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, pp 49-50.
- Daud, Julianus. G., (2006), "*Estimasi Pengurangan susut energy pada saluran Distribusi 20 kV Penyulang Barata menggunakan Filter harmonik.*"Prosiding Seminar Nasional dan Workshop Energy Security, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, pp 165.
- Daud, Julianus. G. dan Sundah, J., (2016), "*Simulasi Beban Asymmetric Pada Transformator Distribusi.*"Prosiding^{7th} Industrial Research and National Seminar, Politeknik Negeri Bandung, pp 209-212.
- Dilek, Murat,(2001), "*Integrated Design of Electrical Distribution Systems : Phase Balancing and Phase Prediction Case Studies.*"Dissertation, Virginia USA.
- Gonen, Turan, (1986), "*Electric Power Distribution System Engineering* ", Mc Graw Hill, pp 226-230
- Grady, W.M, Santoso, S.,(2001)," *Understanding Power System Harmonics*, "Sept.
- Karunakara, E. and Muthu Kumar,E., (1999),"*Field measurement and analysis of harmonics level.* " High VoltageEngineering simposium, Conference Publication No. 467.IEE.
- Stevenson, William D, Mismail, Budiono. (1982) "*Analisa Sistem Tenaga* "UniversitasBrawijaya Malang Jawa Timur, pp 447-449
- Tolbert, Leon. M, Harolds D. Hollis.,(1996)," *Survey of Harmonics measurements in Electrical Distribution System.* " IEEE IAS Annual Meeting Oct, 6-10, San Diego.
- Zimmerman, R. D., (1992),"*Network Reconfiguration for Loss Reduction in Three Phase Powded Distribution Systems.* " Cornell Univ. in Ithaca New York.