

Analisa Harmonisa Trafo 197KVA di CV. Wana Indo Raya

Muhammad Mu'ammam Hikami¹, Aris Heri Andriawan², Ratna Hartayu³, Puji Slamet⁴, Santoso⁵

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118

Telp. +62-031-5931800

E-mail: aris_po@untag-sby.ac.id

ABSTRAK

CV. Wana Indo Raya Merupakan Industri barcore memerlukan energi listrik sebagai sumber energi untuk menggerakkan mesin-mesin produksi. Energi listrik dibutuhkan industri dituntut untuk mempunyai kualitas daya baik, karena apabila kualitas dayanya buruk dapat mempengaruhi kondisi mesin dan akhirnya menimbulkan kerusakan. Salah satu mempengaruhi kualitas daya adalah harmonisa, hal ini diakibatkan karena adanya gangguan sistem, karena distorsi gelombang arus dan tegangan. Harmonisa menyebabkan adanya rugi daya pada sistem distribution dan transformator. Pengukuran dilaksanakan dengan mengambil parameter berupa pengukuran MDP dan SDP, hasil pengukuran ini digunakan sebagai acuan pembandingan dengan standar IEEE.519-2014. Hasil penelitian menunjukan bahwa kandungan harmonisa tidak ada kandungan THDi dan THDv melebihi standar, namun tetap ada THDi masih mendekati standar khususnya pada SDP 3, phasa S dengan presentase sebesar 8,45%. Untuk meredam lonjakan tersebut disarankan adanya pemasangan filter pasif single tuned dengan Capacitor 16,03 μF , L 11,9299 mH dan R 0,062483 Ω .

kata kunci : harmonisa, IEEE 519 2014, pengukuran, peredam, transformator

1. PENDAHULUAN

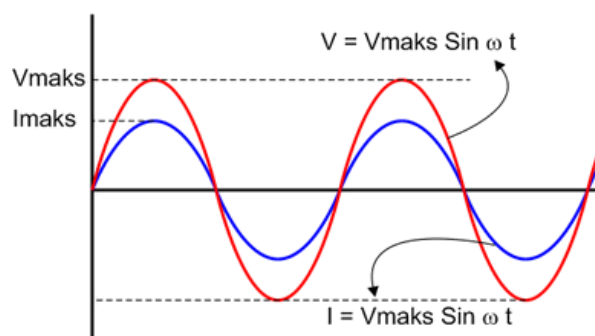
1.1. Latar belakang

Mengingat hampir semua kegiatan dilakukan dalam pabrik membutuhkan energi listrik sebagai sumber agar peralatan tersebut dapat bekerja atau berfungsi sebagaimana telah menjadi tugasnya. Salah satu kualitas daya dapat menimbulkan kerugian adalah permasalahan Harmonisa. Harmonisa adalah gangguan terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik disebabkan adanya distorsi gelombang arus dan tegangan. Distorsi gelombang arus dan tegangan ini disebabkan adanya pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya. Harmonisa sering digunakan untuk menggambarkan distorsi jumlah gelombang sinus dengan tegangan dan arus dari amplitude dan frekuensi berbeda. Harmonisa bisa muncul akibat adanya beban-beban non linier terhubung ke sistem distribusi. Beban-beban non linear pada umumnya akan menimbulkan perubahan pada bentuk gelombang sinusnya dapat mengakibatkan meningkatnya panas dan rugi-rugi energi pada setiap bagian peralatan listrik. IEEE 519 - 2014 merupakan pembaharuan dari standart IEEE 519 - 1992 berisikan tentang batasan-batasan kandungan harmonisa terdapat dalam sistem tenaga listrik, baik itu harmonisa tegangan ataupun harmonisa arus. Dari latar belakang di atas maka dilakukan penelitian " Analisa Harmonisa trafo listri" dengan harapan dapat diketahui tingkat harmonisa pada pabrik dan apakah sudah memenuhi standart IEEE sudah di tetapkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Harmonisa

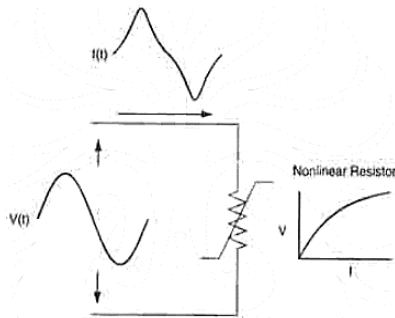
Harmonisa didefinisikan sebagai suatu gelombang sinusoidal tegangan atau arus berfrekuensi tinggi, dimana frekuensinya merupakan kelipatan diluar bilangan satu terhadap frekuensi fundamental (frekuensi 50 Hz atau 60 Hz). Nilai frekuensi dari gelombang harmonisa terbentuk merupakan hasil kali antara frekuensi fundamental dengan bilangan harmonisanya (f, 2f, 3f, dst). Bentuk gelombang terdistorsi merupakan penjumlahan dari gelombang fundamental dan gelombang harmonisa (h1, h2, dan seterusnya) pada frekuensi kelipatannya. Makin banyak gelombang harmonisa diikutsertakan pada gelombang fundamentalnya, maka gelombang akan semakin mendekati gelombang persegi atau gelombang akan berbentuk non sinusoidal. Jika frekuensi fundamental suatu sistem tenaga listrik adalah f_0 (50 Hz atau 60 Hz) maka frekuensi harmonisa orde ke-n adalah : $n.f_0$. [3].



Gambar 1. Gelombang sinusoidal arus dan tegangan

2.2. Distorsi Harmonisa

Distorsi harmonisa disebabkan oleh peralatan memiliki beban non-linier pada sistem tenaga listrik. Peralatan memiliki beban non-linier merupakan kondisi dimana arus tidak proporsional dengan gelombang tegangannya.



Gambar 2. Distorsi Arus Akibat Beban Non-Liner

Gambar di atas mengilustrasikan konsep distorsi harmonik apabila suatu rangkaian memiliki resistor non-linear diberikan tegangan sinusoidal sempurna, maka arus resultannya akan terdistorsi. Ini merupakan sumber dari distorsi harmonisa pada sistem tenaga listrik secara umum. Apabila suatu gelombang identik dari suatu siklus ke siklus lain, maka bisa dipersentasikan sebagai penjumlahan gelombang sinusoidal murni dimana frekuensi dari setiap sinusoidal merupakan kelipatan atau hasil perkalian bilangan bulat dari frekuensi gelombang dasar terdistorsi seperti terlihat pada gambar 2.3 gelombang dengan frekuensi kelipatan ini disebut harmonik. [4].

Individual Harmonik Distortion (IHD) adalah perbandingan antara nilai RMS dari harmonisa individual dan nilai RMS dari fundamental (gelombang dasar). [1] *Total Harmonik Distortion* (THD) adalah besaran digunakan untuk ukuran gelombang bukan sinus dinyatakan dalam satuan persen (%). Semakin besar prosentase atau nilai THD timbul maka menyebabkan semakin besarnya resiko kerusakan peralatan akibat elektronik harmonisa arus ataupun tegangan. Hubungan antara IHD dan THD dapat dilihat dalam persamaan berikut: [1] [5]

$$THD = (IHD_2^2 + IHD_3^2 + \dots IHD_n^2)^{1/2} \quad (1)$$

2.3. Daya Aktif (Active Power)

Daya aktif biasanya disebut juga dengan daya nyata. Daya ini dapat secara langsung digunakan oleh beban untuk diubah ke energi lain seperti energi panas, energi cahaya dan sebagainya. Daya ini dapat diserap oleh beban berupa tahanan murni atau beban mengandung komponen tahanan seperti lampu pijar, elemen pemanas, motor-motor listrik, kipas angin dan lain-lain sebagainya. Daya aktif (*active power*) diukur dalam satuan Watt (W), Kilowatt (KW), Megawatt (MW) dan

seterusnya. Persamaan daya aktif pada beban bersifat impedansi : [6]

$$P = V \times I \times \cos \phi \quad (2)$$

2.4. Daya Semu (Apparent Power)

Daya Semu (*Apparent Power*) adalah daya dihasilkan oleh perkalian antara tegangan rms dan arus rms dalam suatu jaringan atau daya merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Satuan daya semu adalah VA (*Volt Ampere*). [6]

$$S = V \times I \quad (3)$$

Dampak Jangka Pendek

Harmonisa jangka pendek dapat mengganggu alat-alat kontrol pada sistem elektronik, terjadinya kesalahan pada alat-alat ukur listrik mempunyai prinsip induksi magnetik, mengganggu alat pengaman pada sistem tenaga listrik (relay) seperti pada mesin-mesin berputar (generator/motor), torsi mekanik disebabkan oleh harmonisa arus dapat menyebabkan getaran dan suara/bising pada mesin-mesin tersebut secara sistem komunikasi berada dekat dengan sistem tenaga listrik akan terganggu oleh harmonisa. [4]

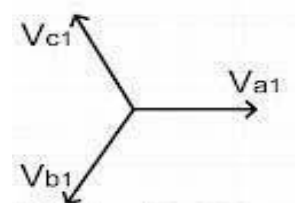
Dampak Jangka Panjang

Harmonisa jangka panjang dapat menyebabkan terjadinya pemanasan antara lain sebagai berikut:

1. Pemanasan pada mesin-mesin listrik Akibat harmonisa pada mesin adalah bertambahnya rugi-rugi pada sistem. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya rugi-rugi pada stator dan perbedaan kecepatan diakibatkan oleh medan dihasilkan oleh harmonisa dengan rotor.
2. Pemanasan kapasitor Kapasitor sensitif terhadap perubahan beban maka ketika terjadi harmonisa akan menyebabkan rugi-rugi meningkat.
3. Transformator Transformator distribusi menyatu daya beban non-linier akan menimbulkan arus harmonisa kelipatan tiga ganjil. Harmonisa ini akan menghasilkan arus netral lebih tinggi dari arus terjadi peningkatan temperatur pada kawat netral. [4]

Komponen urutan positif

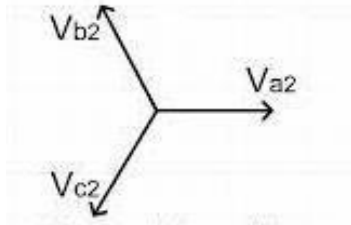
Komponen terdiri dari tiga fasa sama besarnya, dan terpisah satu sama lainnya dalam fasa sebesar 120°, dengan urutan fasa sama seperti fasor aslinya. [10]



Gambar 3. Komponen urutan positif

Komponen urutan negatif

Komponen terdiri dari tiga fasa sama besarnya, dan terpisah satu sama lainnya dalam fasa sebesar 120° , dengan urutan fasa berlawanan dengan fasor aslinya. [10]



Gambar 4. Komponen urutan negatif

Komponen urutan nol

Komponen terdiri dari tiga fasa sama besarnya, tetapi tidak memiliki perbedaan sudut fasa. [10]



Gambar 5. Komponen urutan nol

Dapat dilihat bahwa baik komponen urutan positif maupun negatif, masing-masing memiliki sudut fasa sebesar 120° , artinya kemunculan tegangan berselisih 120° secara berurutan. Sedangkan komponen urutan nol tidak memiliki selisih sudut fasa, berarti gelombang tegangan di ketiga fasa muncul dan memiliki besar bervariasi secara bersamaan [10]

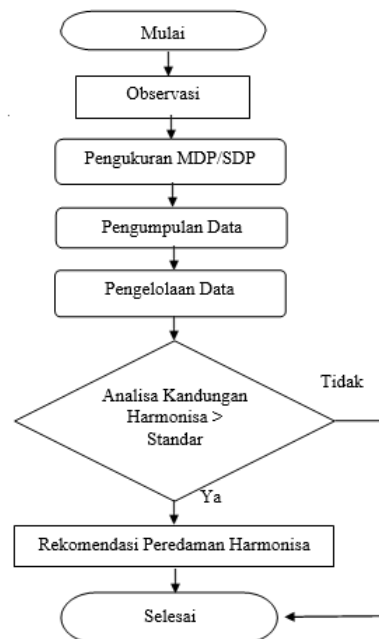
3. Metode

Ada beberapa langkah dilakukan untuk menganalisa kandungan harmonisa pada Pabrik dimulai dari pengambilan data di lapangan, melakukan perhitungan mengenai kandungan harmonisa sampai akhirnya menganalisa data dibandingkan dengan standar dan untuk mempermudah mengerjakan penulis membuat diagram alur atau flowchart agar selalu tetap berada dalam alur penelitian.

Alat digunakan dalam penelitian ini adalah clamp meter. Alat clamp meter memiliki spesifikasi lengkap dalam satu alat memiliki beberapa satuan komponen listrik. Sehingga alat ukur clamp meter dapat digunakan untuk mengetahui nilai harmonisa muncul pada MDP maupun SDP. Adapun bahan digunakan dalam penelitian ini adalah jurnal / buku dan data hasil pengukuran.



Gambar 6. Clamp Meter

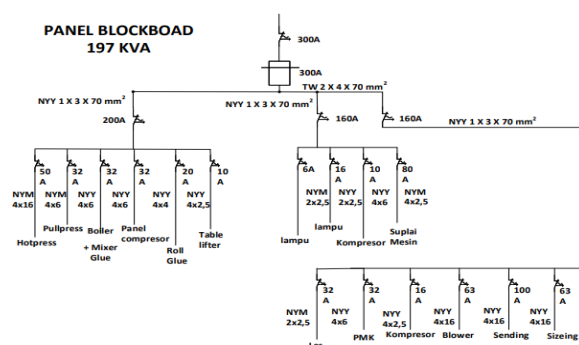


Gambar 7. Flow Chart Pengerjaan

Ada beberapa langkah dilakukan untuk menganalisa kandungan harmonisa pada pabrik, mulai dari pengambilan data di lapangan, melakukan perhitungan mengenai kandungan harmonisa sampai akhirnya menganalisa data dibandingkan dengan standar dan untuk mempermudah pelaksanaan dan juga agar selalu tetap berada dalam alur penelitian.

SINGLE LINE DIAGRAM

Dari data single line telah diberikan, dapat diketahui beban – beban ada pada sistem pendistribusian tenaga listrik pada pabrik.



Gambar 8. Panel BlockBoad 197 KVA

4. Hasil dan Pembahasan

Untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pabrik di suplai oleh sumber PLN dengan kapasitas Transformator sebesar 197KVA di gunakan untuk menyuplai peralatan elektronik ada, sehingga setiap peralatan dapat berjalan atau bekerja. Selain disuplai oleh Transformator, kebutuhan energi listrik juga disuplai oleh Generator Set tipe Perkins 100kVA nantinya akan digunakan Ketika terjadi pemadaman listrik.

Analisa arus hubung singkat

$$Z = 4\%$$

$$S = 197\text{kVA}$$

$$V = 0,4 \text{ kV phasa-phasas}$$

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{197000}{\sqrt{3} \times 400} = 284,34 \text{ Ampere}$$

$$I_{SC} = \frac{KVA \times 100}{\%Z \times \sqrt{3} \times V} = \frac{197000}{4 \times \sqrt{3} \times 0,4} = 7108,652 \text{ Ampere}$$

Data Hasil Pengukuran Pada MDP

Tabel 1. Pengukuran Kandungan Harmonisa Arus Ganjil Pada Panel MDP Menggunakan Clamp Meter

Kandungan Harmonisa Arus Ganjil Pada Panel MDP				
Phasa	Harmonisa k	IHD(%)	Arus (A)	Urutan
R	3	0,9	0,8	Nol
	5	0,5	1,9	Negatif
	7	0,9	0,9	Positif
	9	0,7	0,7	Nol
	11	2,3	2,1	Negatif
	13	0,4	0,5	Positif
	15	0,1	0,2	Nol
	17	0,2	0,2	Negatif
	19	0,1	0,1	Positif
S	3	1,6	2,5	Nol
	5	1,9	1,8	Negatif
	7	5,2	6,0	Positif
	9	1,3	1,9	Nol
	11	1,4	1,3	Negatif
	13	0,2	0,2	Positif
	15	0,1	0,1	Nol
	17	0,0	0,1	Negatif
	19	0,0	0,0	Positif
	3	0,5	0,0	Nol
	5	1,7	1,8	Negatif
	7	1,8	1,9	Positif
	9	0,9	1,1	Nol

T	11	0,7	0,8	Negatif
	13	1,2	1,3	Positif
	15	0,0	0,1	Nol
	17	0,0	0,1	Negatif
	19	0,1	0,0	Positif

Tabel 2. Pengukuran Kandungan Harmonisa Tegangan Ganjil Pada Panel MDP Menggunakan Clamp Meter

Kandungan Harmonisa Tegangan Ganjil Pada MDP				
Phasa	Harmonisa ke	IHD(%)	Tegangan (V)	Urutan
R	3	0,4	2	Nol
	5	0,3	1	Negatif
	7	0,4	2	Positif
	9	0,1	0	Nol
	11	0,6	2	Negatif
	13	0,1	0	Positif
	15	0,0	0	Nol
	17	0,0	0	Negatif
	19	0,0	0	Positif
S	3	0,4	2	Nol
	5	0,4	2	Negatif
	7	0,6	2	Positif
	9	0,3	1	Nol
	11	0,2	0	Negatif
	13	0,1	0	Positif
	15	0,0	0	Nol
	17	0,0	0	Negatif
	19	0,0	0	Positif
T	3	0,4	1	Nol
	5	0,5	2	Negatif
	7	0,6	2	Positif
	9	0,3	0	Nol
	11	0,1	0	Negatif
	13	0,1	0	Positif
	15	0,0	0	Nol
	17	0,0	0	Negatif
	19	0,0	0	Positif

Untuk mengetahui Total Harmonik Distortion Tegangan dan Arus pada trafo maka menggunakan rumus berikut :

$$THD = (IHD2^2 + IHD3^2 + IHD4^2 + \dots IHDn^2)^{1/2}$$

THD Arus :

$$ITHD_r = (0,9^2 + 0,5^2 + 0,9^2 + 0,7^2 + 2,3^2 + 0,4^2 + 0,1^2 + 0,2^2 + 0,1^2)^{1/2} = 2,81\%$$

$$ITHD_s = (1,6^2 + 1,9^2 + 5,2^2 + 1,3^2 + 1,4^2 + 0,2^2 + 0,1^2 + 0^2 + 0^2)^{1/2} = 6,08\%$$

$$ITHD_t = (0,5^2 + 1,7^2 + 1,8^2 + 0,9^2 + 0,7^2 + 1,2^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2)^{1/2} = 3,01\%$$

THD Tegangan :

$$VTHD_r = (0,4^2 + 0,3^2 + 0,4^2 + 0,1^2 + 0,6^2 + 0,1^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2)^{1/2} = 0,88\%$$

$$VTHD_s = (0,4^2 + 0,4^2 + 0,6^2 + 0,3^2 + 0,2^2 + 0,1^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2)^{1/2} = 0,90\%$$

$$VTHD_t = (0,4^2 + 0,5^2 + 0,6^2 + 0,3^2 + 0,1^2 + 0,1^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2)^{1/2} = 0,93\%$$

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Phasa-Phasa Pada Panel MDP

Phasa	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya aktif (Kw)	Daya semu (Kva)	Cos Ø	THDi	THDv
R-S	392,2	195,4	64,0	63,0	0,9	3,4	3,9
S-T	393,4	124,5	67,5	100,1	0,9	1,8	1,8
R-T	388,3	130,3	65,0	61,5	0,9	2,4	3,9

Tabel 5. Data Hasil Pengukuran Phasa-Netral Pada Panel MDP

Phasa	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya aktif (Kw)	Daya semu (Kva)	Cos Ø	THDi	THDv
R	227,7	120,9	27,40	33,18	0,9	2,9	1,2
S	224,6	139,3	30,34	33,28	0,9	3,5	0,8
T	4,3	80,6	0,36	0,40	0,9	2,7	2,6

$$\%Pembenan = \frac{\text{Arus Nominal} \times 100\%}{\text{Arus Full Load}}$$

$$\text{Phasa R \%Pembenan} = \frac{120,9 \times 100\%}{284,34} = 42,51\%$$

$$\text{Phasa S \%Pembenan} = \frac{139,3 \times 100\%}{284,34} = 49\%$$

$$\text{Phasa T \%Pembenan} = \frac{80,6 \times 100\%}{284,34} = 28,34\%$$

Tabel 6. Analisa Pembebanan Pada MDP

Phasa	Arus Nominal	Arus Full Load	% Pembebanan
R	120,9	284,34	42,51%
S	139,3	284,34	49%
T	80,6	284,34	28,34%

Tabel 7. Analisa THD Tegangan pada MDP

Phasa	THDv Pengukuran	THDv Standart	Keterangan
R	1,2	5	Tidak Melebihi Standart
S	0,8	5	Tidak Melebihi Standart
T	2,6	5	Tidak Melebihi Standart

Analisa THD (Total Harmonic Distortion) Arus pada MDP

Untuk mencari nilai I_L Menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I_L = \frac{\text{Pembenan}}{100} \times I_{FL}$$

$$I_{SC} / I_L$$

Mencari nilai phasa R :

$$I_L = \frac{42,51}{100} \times 284,34 = 120,87$$

$$7108,625 / 120,87 = 58,81$$

Mencari nilai phasa S :

$$I_L = \frac{49}{100} \times 284,34 = 139,31$$

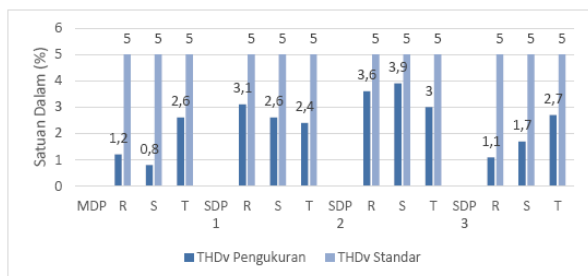
$$7108,625 / 139,31 = 51,02$$

Mencari nilai phasa T :

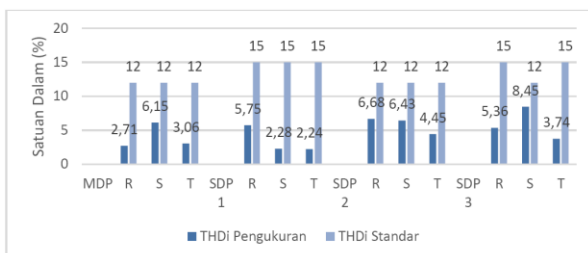
$$I_L = \frac{28,34}{100} \times 284,34 = 80,58$$

$$7108,625 / 80,58 = 88,21$$

Berikut Grafik hasil perbandingan Analisa Sumber Harmonisa Tegangan dan Arus Tiap Phasa pada Transformator 197 KVA di bandingkan dengan standar IEEE 519 – 2014



Gambar 9. Grafik Perbandingan Sumber Harmonisa Tegangan Pada Transformator 179 KVA



Gambar 10. Grafik Perbandingan Sumber Harmonisa Arus Pada Transformator 179 KVA

Hasil perbandingan nilai Total Harmonic Distortion tegangan dan arus terdapat pada MDP dan SDP 1, SDP 2, dan SDP 3, nilai THDv dan THDi tidak ada melebihi standar IEEE 519 – 2014. Namun Terdapat Nilai Harmonisa mendekati standar sebesar 7,85% terdapat pada SDP 3 Fasa S.

5. KESIMPULAN

Hasil dari pengukuran kandungan harmonisa Tegangan dan Arus pada transformator 197 KVA telah dilakukan perhitungan dan dibandingkan dengan standar harmonisa IEEE 519 – 2014, tidak ada kandungan harmonisa Tegangan dan Arus melebihi standar IEEE 519 – 2014 pada Panel MDP dan SDP.

Dari grafik THDi bisa dilihat kandungan nilai harmonisa mendekati standar panel SDP 3 fasa S sebesar 8,45%. Sehingga data tersebut dapat di rekomendasikan alat peredam harmonisa berupa *Filter Pasif Single Tuned*. Alat peredam harmonisa berupa filter pasif single tuned pada SDP 3 Fasa S dengan Nilai C sebesar $16,0304 \mu F$, L sebesar $11,9299 \text{ mH}$, dan R sebesar $0,062483 \Omega$ gunaantisipasi lonjakan harmonisa dapat menyebabkan terjadinya Rugi – Rugi pada Sistem Distribusi dan Transformator.

PUSTAKA

- [1] P. Astanti, " analisa harmonisa di gedung pasca sarjana universitas 17 agustus 1945 surabaya," 2020.
- [2] Y. Istiono, J. Sentosa, E. Hosca, P. Studi, T. Elektro, and U. K. Petra, Analisa Hamonisa Akibat Penggunaan Lampu LED," vol. 10, no. 1, pp. 30-33, 2017, doi: 10.9744/jte. 10.1.30-33.

- [3] B. H. T. Dan, B. H. T. Rsg, and G. A. Siwabessy, ") terendah pada BHTO1 adalah 1,07% pada fasa S dan tertinggi adalah 1,90% pada fasa R, sedangkan %THD," 1992.
- [4] F. J. Wirawan, "Implementasi LCL Filter dalam Mereduksi Hamonisa Akibat Penggunaan VSD (Variable Specd Drive) untuk Meningkatkan Kualitas Daya dan Efisiensi Energi," vol. 01, no. September, pp. 1-7,2017.
- [5] A. D. Cahyoko and J. T. Elcktro, "Analisa hamonisa di gedung graha widya universitas 17 agustus 1945 surabaya," 1945.
- [6] L. Shintawaty, "Peranan daya reaktif pada sistem kelistrikan 1)," vol. 1, no. 2, pp. 109-128, 2013.
- [7] A. Ketidakseimbangan, B. Dan, I. W. Y. Prasetya, I. N. Setiawan, and I. G.D. Arjana, "HARMONISA PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI M 0096 PENYULANG ABIANBASE," vol. 7, no. 1, pp. 109-115, 2020.
- [8] I P. A. Wirajaya, I. W. Rinas, and I. W. Sukerayasa,_"Sudi Analisa Pengaruh Total Hamonic Distortion (THD) terhadap Rugi-Rugi , Efisiensi dan Kapasitas Kerja Transformator pada Penyulang Korobokan," vol. 6, no0.2, pp. 121-129, 2019.
- [9] I. Zulkamain, "Analisis Pengaruh Hamonisa Terhadap Arus Netral, Rugi- Rugi Dan Penurunan Kapasitas Pada Transformator Distribusi," Univ. Diponogoro, pp. 1-8, 2009.
- [10] I. CUMENTAS and N. H., WALUYO, "Analisis Penganuh Ketidakseimbangan Kondisi Beban terhadap Hamonik Arus dan Faktor Daya Generator Sinkron Tiga Fasa," vol. 1, no. 3, p. 258, 2013.
- [11] "Andriawan, Aris Heri. 2009. Analisis Dan Stmulasi Eliminasi Harmonisa Dengan Shunt Active Power Pller (AP) Berbasis Neutral Point Clamped NPC) PWM Inverter. Jumal Sain Dan Tegnologi Vol. 7, No. 1."
- [12] P. Studi, T. Elcktro, and F. Teknik, "PENGURANGAN HARMONISA DI GEDUNG" 2020.
- [13] F. Dan, "Power quality," no. 563, 2012.
- [14] D. Committee, I. Power, and E. Society, "IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic control in Electric Power Systems IEEE Power and Energi Society, " vol. 2014, 2014