

ANALISA HARMONISA PADA WATER TREATMENT PLANT DI PDAM DELTA TIRTA SIDOARJO IPA KEDUNGULING

Muhammad Yusril Isvan Haikal¹⁾, Aris Heri Andriawan²⁾, Reza Sarwo Widagdo³⁾
Program Studi Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Email: yusrilhaikal21@gmail.com¹⁾, aris_po@untag-sby.ac.id²⁾, rezaswidagdo@untag-sby.ac.id³⁾

ABSTRAK

Water treatment plant Kedunguling merupakan instalasi pengolahan air minum milik PDAM Sidoarjo, hampir semua kegiatan dalam pengolahan air memanfaatkan energi listrik, seperti motor listrik *submersible* dan *sentrifugal* dengan pengendali, komputer, ac inverter, dan masih banyak lainnya yang termasuk beban non-linier. Beban non-linier memicu timbulnya harmonisa pada sistem kelistrikan yang menyebabkan berkurangnya masa pakai peralatan listrik. Harmonisa diartikan sebagai distorsi frekuensi tegangan dan arus yang tidak sinusoidal dari frekuensi murni. Kemudian, diperlukan untuk melakukan analisa seberapa tinggi harmonisa pada *water treatment plant* Kedunguling jika dibandingkan dengan standar SPLN D5.004-1: 2012. Hasil pengukuran dan analisa menunjukkan adanya harmonisa pada panel MDP, diketahui sumber harmonisa terdapat pada panel SDP 2, dengan nilai harmonisa arus adalah 42.2% untuk fasa R, 42.1% untuk fasa S, dan 48.6% untuk fasa T. Setelah dibandingkan, semua fasa melebihi SPLN dengan nilai maksimal 20%. Perlu adanya peredaman harmonisa dengan filter *single tuned* yang akan mengeliminasi pada urutan harmonisa ke-5, nilai komponen filter harmonisanya untuk (C) kapasitor adalah 678.7 μF , nilai (L) induktor adalah 0.73882 mH, dan nilai (R) Resistor adalah 0.00387 Ω . Sedangkan untuk mengeliminasi pada urutan harmonisa ke-7 nilai komponen (C) kapasitor adalah 678.7 μF , nilai (L) induktor adalah 0.376433mH, dan (R) resistor adalah 0.00237 Ω .

Kata Kunci: Beban non-linier, filter, harmonisa, *single tuned*, *water treatment plant*

ABSTRACT

The Kedunguling water treatment plant is a drinking water treatment plant owned by PDAM Sidoarjo, almost all activities in water treatment utilize electrical energy, such as submersible and centrifugal electric motors with controllers, computers, ac inverters, and many others including non-linear loads. Non-linear loads trigger the emergence of harmonics in the electrical system which reduces the life of electrical equipment. Harmonics are defined as voltage and current frequency distortions that are not sinusoidal from pure frequencies. Then, it is necessary to analyze how high the harmonics are at the Kedunguling water treatment plant when compared to the SPLN D5.004-1: 2012 standard. the current for the R phase is 42.2%, the S phase is 42.1%, and the T phase is 48.6%. After comparison, all phases exceed SPLN with a maximum value of 20%. It is necessary to have harmonic attenuation with a single tuned filter that will dampen on the 5th order, the value of the harmonic filter component for the capacitor (C) is 678.7 F, the inductor value (L) is 0.73882 mH, and the resistor value (R) is 0.00387. Meanwhile, for damping on the 7th order, the value of the capacitor component (C) is 678.7 F, the inductor value (L) is 0.376433mH, and the resistor (R) is 0.00237.

Keywords: Non-linear load, filter, harmonic, *single tuned*, *water treatment plant*

PENDAHULUAN

Kualitas daya dari sistem elektrikal dianjurkan menggunakan daya listrik yang tinggi kualitasnya, guna memberi daya yang sangat sensitif dan bekerja secara konstan pada beban. Masalah kualitas daya listrik berkaitan dengan tegangan, arus, dan penyimpangan gelombang yang mengakibatkan malfungsi perangkat listrik, salah satu gangguan kualitas daya pada sistem elektrikal adalah harmonisa (Hasanah, Koerniawan dan Yuliansyah, 2019).

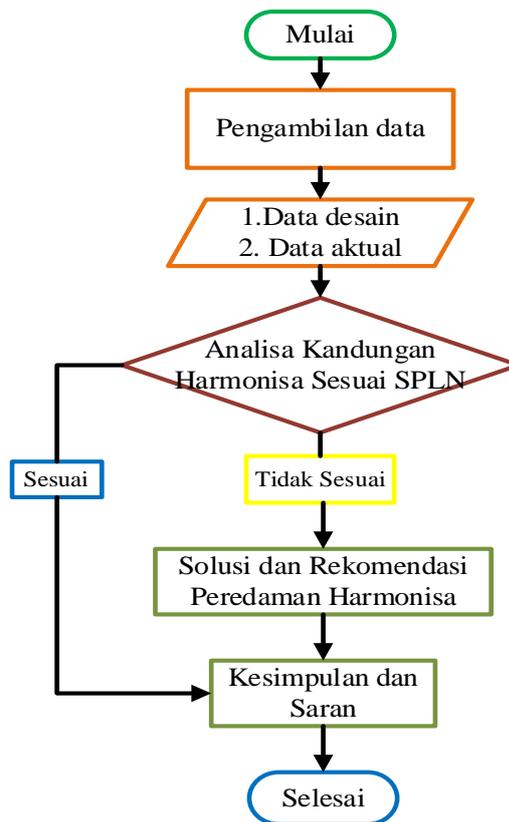
Dalam sistem elektrikal terdapat gejala gangguan gelombang sinus murni disebut dengan harmonisa. Harmonisa tersebut menyebabkan terdistorsinya gelombang arus dan tegangan karena adanya penyusunan frekuensi kelipatan bilangan bulat dari frekuensi fundamentalnya (Antono, 2015) ; (Koerniawan dan Hasanah, 2019). Penyebabnya karena distorsi harmonisa dari beban non-linier, seperti motor listrik dengan pengendali, komputer, televisi, ac inverter dan lain sebagainya. Beban listrik yang tegangannya tidak selaras dengan tegangan yang diberikan disebut beban non-linier. (Masoum A. S. dan Fuchs F., 2015).

Parameter distorsi harmonisa adalah (THD) *total harmonic distortion*. THD merupakan indeks ukuran dalam standar untuk mengevaluasi kualitas dalam sistem elektrikal secara sistematis, juga menunjukkan persentase perbandingan energi sinyal dari komponen fundamental (Arranz-Gimon *et al.*, 2021). Standar SPLN D5.004-1 2012 adalah rekomendasi batas distorsi yang dijalankan dalam sistem elektrikal, untuk batas arus maksimal 20% dan tegangan maksimal 5% (SPLN D5.004-1: 2012, 2012). Kajian terdahulu terkait analisis harmonisa arus dan tegangan dengan judul “Pengaruh Harmonisa Di Gedung Graha Widya Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya”, menunjukkan tingkat kandungan harmonisa tertinggi pada fasa S, untuk kandungan harmonisa arus (THDi) 33,02% dan kandungan harmonisa tegangan (THDv) 2,2%. Hasilnya menunjukkan nilai harmonisa arus melebihi standar yang ditetapkan sebesar 20%, untuk harmonisa tegangan tidak melebihi standar yang ditetapkan sebesar 5% (Cahyoko, 2020).

PDAM Delta Tirta Sidoarjo termasuk perusahaan daerah yang bergerak dibidang pengolahan air sekaligus pendistribusian air bersih, tempat penelitian yang diambil terdapat pada *Water Treatment Plant* IPA Kedunguling. Dalam proses pengolahan air perlu adanya distribusi listrik dengan kualitas daya yang baik. Namun pada IPA Kedunguling terdapat beban listrik non-linier, seperti motor listrik dengan pengendali frekuensi, perangkat komputer, lampu, ac inverter, peralatan las, dan beban lainnya. Beban listrik tersebut menyebabkan harmonisa dalam sistem elektrikal yang menyebabkan *overheat*. Berdasarkan temuan di lapangan maka pada artikel ini akan membahas tentang seberapa besar nilai harmonisa pada instalasi pengolahan air (IPA) Kedunguling, serta menganalisis tingkatan harmonisa pada sistem elektrikal dan perbandingan kadar harmonisa sesuai dengan ketetapan standar SPLN tahun 2012. Jika terdapat kadar harmonisa yang melebihi maka dilakukan teknik peredaman.

METODE

Pada penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan pendekatan deskriptif karena dapat mendeskripsikan variabel yang disusun secara sistematis, akurat, dan aktual. Metode kuantitatif merupakan metode penelitian menggunakan lima langkah yaitu, mendeskripsikan permasalahan, membuat pertanyaan riset, pengumpulan data aktual, melakukan analisis data aktual, dan rekomendasi permasalahan riset.



Gambar 1. Diagram Alir Analisa Harmonisa

Pada gambar 1 merupakan diagram alir pada proses analisa harmonisa yang dikerjakan. Hal pertama yang dilakukan yaitu dengan melakukan pengambilan data berupa data desain serta data aktual. Kemudian, dari kedua data tersebut nantinya akan dibandingkan dengan data SPLN yang berlaku. Jika terdeteksi harmonisa yang tidak sesuai maka akan dilakukan sebuah cara untuk memitigasinya dengan mendesain sebuah filter untuk meredam tingginya nilai harmonisa yang terjadi.

Proses Pengambilan Data

Dalam analisa harmonisa pada *water treatment plant* IPA Kedunguling diperlukan variabel berupa data. Data tersebut digunakan sebagai bahan rujukan dalam analisis kandungan harmonisa. Berikut adalah data yang diperlukan sebagai bahan rujukan dalam penelitian. Data sistem elektrikal dan spesifikasi transformator ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Spesifikasi Transformator

Merk Transformator	Starlite Transformator
Tipe	<i>Indoor / Outdoor</i>
Kapasitas Daya	630 kVA
Tegangan Kerja	400 V / 20 KV
Kelompok Vektor	Dyn 5
Impedansi	4 %
Fasa	3 ϕ

Data aktual didapat dengan cara pengukuran secara langsung dan *real time*, berupa data pengukuran tegangan, arus, daya nyata, daya aktif, cos phi, dan IHD (*Individual Harmonic Distortion*) pada masing-masing panel.

Analisis Tingkatan Harmonisa

Pada penelitian yang berjudul “Analisa Harmonisa 345 KVA di CV. Wana Indo Raya”. Proses analisa dilakukan dalam beberapa tahapan seperti menghitung THD, arus hubungan singkat, perhitungan nilai pembebanan dan nilai arus nominal, perbandingan kandungan harmonisa dengan standar yang sesuai (Rohaini, 2021). Perhitungan *Total Harmonic Distortion* (THD) baik arus maupun tegangan tiap fasa pada masing masing panel.

$$THD = (IHD_3^2 + IHD_5^2 + IHD_7^2 + \dots IHD_{19}^2)^{1/2} \quad (1)$$

Keterangan :

THD = Total Harmonics Distortion

IHD = Individual Harmonic Distortion

Untuk menghitung nilai arus dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut.

a. Arus pada beban penuh

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \quad (2)$$

Keterangan :

I_{FL} = Arus dengan beban penuh (A)

S = Daya semu (KVA)

V = Tegangan kerja (V)

b. Arus hubung singkat

$$I_{SC} = \frac{S \times 100}{\%Z \times \sqrt{3} \times V} \quad (3)$$

Keterangan :

I_{SC} = Arus hubung singkat

S = Daya semu (KVA)

%Z = Persentase nilai impedansi

V = Tegangan antar fasa (kV)

c. Nilai pembebanan pada masing masing panel

$$\%Pembebanan = \frac{Arus\ Nominal}{Arus\ Beban\ Penuh} \times 100\% \tag{4}$$

Nilai pembebanan ditunjukkan dalam persen (%) dengan melakukan pembagian arus nominal dengan arus beban penuh yang dikalikan dengan 100%.

d. Menentukan nilai arus pada beban

$$I_L = \frac{Pembebanan}{100} \times I_{FL} \tag{5}$$

Nilai I_L digunakan untuk menetapkan tolak ukur dalam standar yang ditetapkan dengan (I_{FL}) sebagai arus *full load*.

e. Perbandingan harmonisa dengan standar SPLN

Dalam buku SPLN tentang “Regulasi Harmonisa, Flicker, dan Ketidaseimbangan Tegangan” menunjukkan batas toleransi harmonisa arus maksimum sebesar 20 % sedangkan harmonisa tegangan batas toleransi tegangan sebesar 5 % (SPLN D5.004-1: 2012, 2012).

Tabel 1. Standarisasi harmonisa arus

Toleranso Distrosi Harmonisa Arus ($V_n \leq 66\text{ Kv}$)						
Distorsi harmonisa arus maksimum I_L (%)						
I _h /I _L	Urutan Individual Harmonisa “h” Ganjil					Total Demand Distortion
	h<11	11 ≤ h < 17	17 ≤ h < 23	23 ≤ h < 35	35 ≤ h	
< 20*	4.0%	2.0%	1.5%	0.6%	0.3%	5.0%
20 – 50	7.0%	3.5%	2.5%	1.0%	0.5%	8.0%
50 – 100	10.0%	4.5%	4.0%	1.5%	0.7%	12.0%
100 – 1000	12.0%	5.5%	5.0%	2.0%	1.0%	15.0%
>1000	15.0%	7.0%	6.0%	2.5%	1.4%	20.0%

Tabel 2. Standarisasi harmonisa tegangan

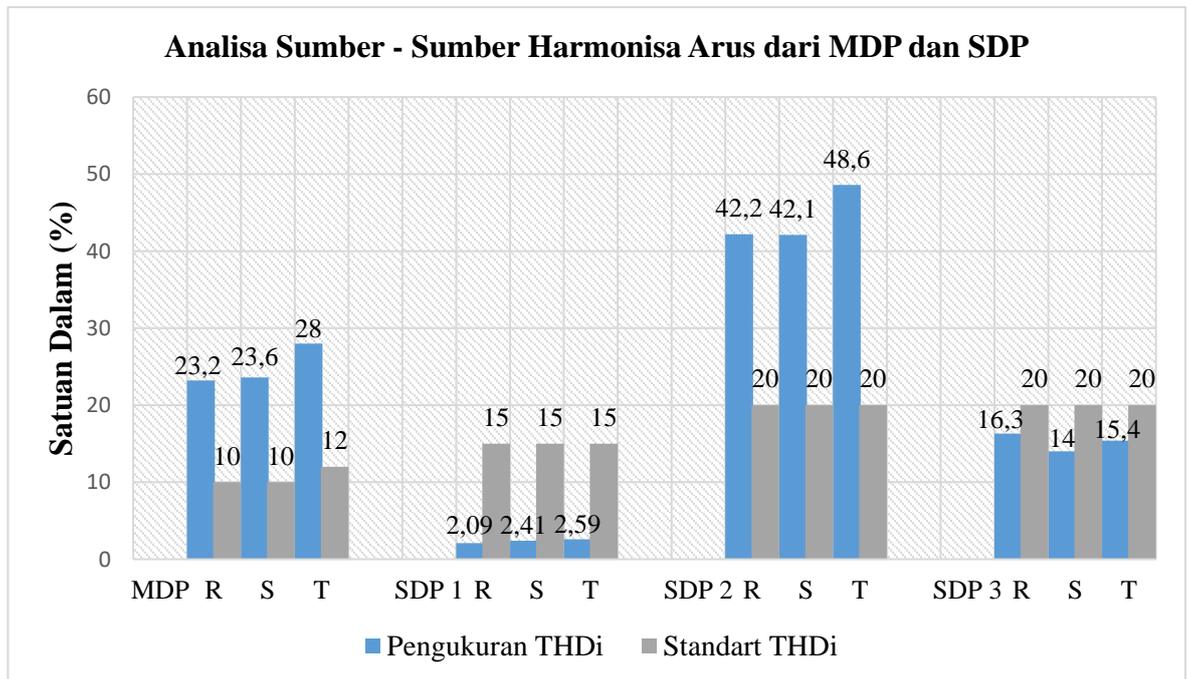
Toleransi Distorsi Harmonisa Tegangan		
Tegangan Sambung Pada Titik (V_n)	Distorsi Individu Harmonisa Tegangan (%)	Distorsi Harmonisa Tegangan Total – THDV _n (%)
($V_n \leq 66\text{ Kv}$)	3 %	5 %

HASIL DAN PEMBAHASAN

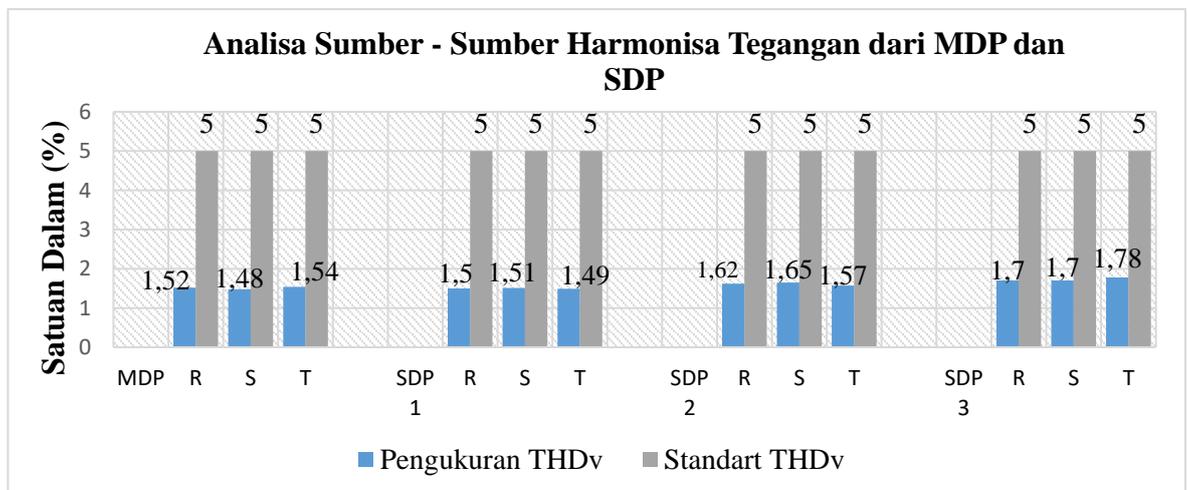
Harmonisa pada sistem elektrikal harus memenuhi ketentuan standar agar dapat mencapai kualitas daya listrik, analisa harmonisa didasarkan pada variabel yang telah diukur pada masing-masing panel baik panel MDP dan SDP, selain itu perlu juga diketahui beban apa saja yang menyebabkan timbulnya harmonisa agar memudahkan dalam melakukan peredaman, jika terdapat harmonisa yang melebihi.

Analisa Sumber Harmonisa

Setelah melakukan analisa pada masing-masing panel maka dapat diketahui dari mana sumber harmonisa berasal dan beban mana yang menyebabkan harmonisa,



Gambar 2. Grafik Perbandingan Sumber Harmonisa Arus dari MDP dan SDP

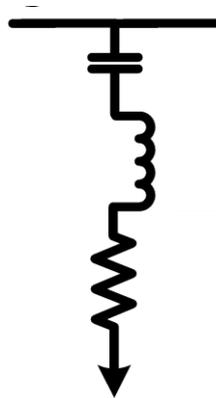


Gambar 3. Grafik Perbandingan Sumber Harmonisa Tegangan dari MDP dan SDP

Hasil analisis menunjukkan bahwa pada panel MDP dan SDP, besarnya harmonisa arus yang melebihi batas normal terhadap standar SPLN tahun 2012, yaitu pada panel MDP untuk fasa R, S, T masing masing sebesar 23.2%, 23.6 %, dan 28%. Yang merujuk pada panel SDP 2 sebagai penghasil sumber harmonisa arus terbesar, dengan fasa R sebesar 42.2%, fasa S 42.1%, dan fasa T 48.6 % yang diakibatkan karena beban listrik yang mengandung rangkaian semikonduktor berupa 4 buah panel *Variable Speed Drive (VSD)* 75 KW dan 55 KW yang tersambung pada spesifikasi motor yang sama dengan panel *Variable Speed Drive (VSD)* yang terpasang. Untuk nilai harmonisa tegangan pada panel SDP dan MDP masih dalam ambang batas normal sesuai standar SPLN tahun 2012.

Rekomendasi Peredaman

Setelah melakukan analisa sumber harmonisa dapat diketahui bahwa penyumbang harmonisa terbesar adalah pada SDP-2 dengan beban non-liniernya, maka dilakukan teknik peredaman harmonisa dengan *filter single tuned* untuk meredam pada orde tertentu saja, orde yang diredam adalah urutan ke-5, dan ke-7. *Filter single tuned* dipilih karena sangat baik dalam mengurangi harmonisa tertentu namun perlu adanya riset lebih mendalam agar filter tersebut dapat efektif meredam harmonisa (Lubis, 2017). Pendesainan *filter single tuned* menggunakan tiga komponen yang akan ditentukan nilainya yaitu, kapasitor (C), resistor (R), dan induktor (L), desain *filter single tuned* terdapat pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Desain filter single tuned

Tabel 3. Nilai yang digunakan untuk peredaman harmonisa

Panel SDP-2	Fasa	Nilai Kapasitor	Nilai Induktor	Nilai Resistor
Harmonisa Orde Ke-5	R	678,7 μF	0,738 mH	0,0038 Ω
	S	792,3 μF	0,198 mH	0,0030 Ω
	T	759,0 μF	0,662 mH	0,0035 Ω
Harmonisa Orde Ke-7	R	678,7 μF	0,376 mH	0,0024 Ω
	S	792,3 μF	0,323 mH	0,0020 Ω
	T	759,0 μF	0,397 mH	0,0025 Ω

Pada tabel 3 menjelaskan bahwa nilai dari kapasitor yang didesain terbilang sama, namun untuk nilai induktor dan resistor berbeda. Pada panel SDP-2 filter harmonisa dipasangkan setiap fasa untuk melakukan eliminasi harmonisa pada urutan ke-5 dan ke-7, karena orde tersebut adalah penyumbang harmonisa tertinggi.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis besarnya harmonisa arus pada panel MDP dan panel SDP-2 terdapat harmonisa yang melebihi standar SPLN tahun 2012, masing-masing nilai yang melebihi adalah pada panel MDP fasa R sebesar 23.2% , Fasa S sebesar 23.6% , dan fasa T sebesar 28%, dimana sumber harmonisa terbesar disumbang oleh panel SDP-2 yang nilainya untuk fasa R sebesar 42.2%, Fasa S 42.1%, Fasa T 48.6%, yang melayani beban listrik berupa dua buah motor pengendali VSD 75 KW dua buah dan 55 KW. Peredaman harmonisa yang dilakukan dengan menggunakan *filter single tuned* untuk meredam *Individual Harmonic Distortion* pada urutan ke-5 dan ke-7 pada semua fasa R, S, dan T. Pada nilai harmonisa tegangan yang terukur masih berada pada ambang batas normal dan tidak ada yang melebihi standar SPLN tahun 2012.

REFERENSI

- Antono, D. (2016). Pengaruh Filter Pasif pada Jaringan Listrik Industri dan Rumah Tangga Akibat Pembebanan Air Condition (AC) Inverter. *JTET (Jurnal Teknik Elektro Terapan)*, 3(2).
- Agus Kiswantono, A. (2016) “Perbandingan Penggunaan Model Filter Pasif Dan Filter Aktif Seri Tiga Fasa Untuk Meningkatkan Kualitas Daya Listrik Akibat Beban Non-Linier,” hal. 25–36.
- Arranz-Gimon, A. *et al.* (2021) “A Review of Total Harmonic Distortion Factors for the Measurement of Harmonic and Interharmonic Pollution in Modern Power Systems,” *Energies*, 14(20). doi: 10.3390/en14206467.
- Cahyoko, i, A. (2020) “Pengurangan Harmonisa di Gedung Graha Widya Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya”
- Hasanah, A. W., Koerniawan, T. dan Yuliansyah, Y. (2019) “Kajian Kualitas Daya Listrik PLTS Sistem Off-Grid Di STT-PLN” *Energi & Kelistrikan*, 10(2), hal. 93–101. doi: 10.33322/energi.v10i2.211.
- Koerniawan, T. dan Hasanah, A. W. (2019) “Kajian Harmonisa Pada Pemakaian Tenaga Listrik Gedung STT-PLN Jakarta,” *Kilat*, 8(2), hal. 180–189. doi: 10.33322/kilat.v8i2.547.
- Lubis, A. R. (2017). Efektivitas Penggunaan Filter Pasif LC dalam Mengurangi Harmonik Arus. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 2(3), 1-7.
- Masoum A. S., M. dan Fuchs F., E. (2015) "*Power Quality in Power System and Electrical Machines*.
- Rohaini (2021) “Analisa Harmonisa pada Transformator 345 KVA di CV. Wana Indo Raya,” 1, hal. 2–7.
- SPLN D5.004-1: 2012 (2012) “Standar PT PLN (Persero),” *Power Quality (Regulasi Harmonisa, Flicker dan Ketidakseimbangan Tegangan)*, (563).