



Pengaruh Pelepasan *Wave Trap* terhadap Operasi Sistem Transmisi

Aji Suryo Alam^{1,*}, Sumardi Sumardi², Denis Denis², Hikmah Prasetya³

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

²Departemen Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

³PT PLN (persero)

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*}Corresponding author: ajielek07@gmail.com

(Received: May 1, 2024; Accepted: June 3, 2024)

Abstract

Effect of Wave Trap Release on Transmission System Operation. Wave trap is equipment that is installed in series on a transmission line and functions to filter high-frequency currents sent from the opposing substation as well as from the substation itself. High-frequency current filtering is useful so that the transmission does not interfere with other substation equipment and so that power distribution and communication do not affect each other. At the xyz substation, a wave trap is installed only on the R and T phases, the installation of this wave trap is suspected to cause an imbalance in the current flowing in that segment. The purpose of this case study is to determine the impact of releasing wave traps installed on the channel on system operation. The method used is to install a power quality monitoring tool on the section to determine the power quality characteristics (current and harmonic imbalance) before and after the release of the wave trap as well as to calculate the imbalance of field measurement results. The results of the case study showed that the current imbalance before the wave trap was released was 29.19%, while after the wave trap was released it decreased to 15%. The total stress harmonics before wave trap release is 1.433% and after wave trap release is 1.481%. Current harmonics before releasing wave trap is 22.53% and after releasing wave trap is 46.61%. From the results that have been obtained, it can be concluded that wave trap discharge has an impact on current imbalance, but does not have an impact on current and voltage harmonics.

Keywords: wave trap, monitoring, unbalance current, harmonics, power quality

Abstrak

Wave trap merupakan suatu peralatan yang dipasang secara seri pada saluran transmisi dan berfungsi menyaring arus frekuensi tinggi yang dikirim dari gardu induk lawan maupun dari gardu induk sendiri. Penyaringan arus frekuensi tinggi berguna agar pancaran tidak mengganggu peralatan gardu induk yang lain, sehingga penyaluran listrik dan komunikasi tidak saling mempengaruhi. Pada gardu induk Pegangsaan terpasang *wave trap* hanya pada fasa R dan T, pemasangan *wave trap* ini diduga menyebabkan ketidakseimbangan arus yang mengalir pada ruas tersebut. Tujuan dari studi kasus ini adalah untuk mengetahui dampak pelepasan *wave trap* yang terpasang pada saluran terhadap operasi sistem. Metode yang dilakukan adalah memasang alat *power quality monitoring* pada ruas tersebut guna mengetahui karakteristik *power quality* (ketidakseimbangan arus dan harmonisa) sebelum dan sesudah dilakukan pelepasan *wave trap* sekaligus dilakukan perhitungan ketidakseimbangan hasil pengukuran lapangan. Hasil studi kasus didapatkan ketidakseimbangan arus sebelum pelepasan *wave trap* adalah 29,19% sedangkan setelah *wave trap* dilepas turun menjadi 15%. Harmonisa tegangan total sebelum pelepasan *wave trap* sebesar 1,433% dan setelah pelepasan *wave trap* 1,481%. Harmonisa arus sebelum pelepasan *wave trap* sebesar 22,53% dan setelah pelepasan *wave trap* sebesar 46,61%. Dari hasil yang sudah didapatkan, dapat disimpulkan

pelepasan *wave trap* berdampak pada ketidakseimbangan arus, tetapi tidak berdampak pada harmonisa arus dan tegangan.

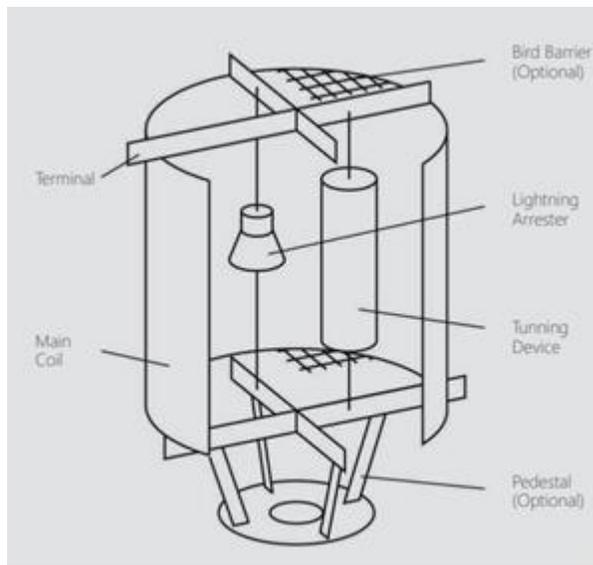
Kata kunci: *wave trap, monitoring, ketidakseimbangan arus, harmonisa, power quality*

How to Cite This Article: Alam, A. S., Sumardi, S., Denis, D., Prasetia, H. (2024). Pengaruh Pelepasan *Wave Trap* terhadap Operasi Sistem Transmisi. *JPII*, 2(3), 171-177. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2024.23915>

PENDAHULUAN

Wave trap atau perangkap gelombang adalah perangkat listrik yang digunakan untuk mencegah aliran sinyal listrik dengan frekuensi tinggi atau frekuensi radio dalam penyaluran sistem tenaga listrik. *Wave trap* biasanya digunakan dalam sistem tenaga listrik tegangan tinggi untuk mencegah interferensi yang disebabkan oleh sinyal frekuensi tinggi yang dihasilkan oleh peralatan elektronika daya seperti *inverter*, penyearah, dan catu daya mode sakelar. Sinyal frekuensi tinggi ini dapat menyebabkan gangguan pada pengoperasian sistem daya dan peralatan listrik. Komponen *wave trap* ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2 berdasarkan Solutions (n. d.).

Wave trap biasanya dipasang pada sirkuit antara peralatan pada sistem tenaga. *Wave trap* sendiri terdiri dari rangkaian LC paralel, di mana L adalah induktansi dan C adalah kapasitansi. *Wave trap* dirancang untuk beresonansi pada frekuensi tertentu, yang merupakan frekuensi dari sinyal yang tidak diinginkan. Ketika sinyal yang tidak diinginkan mencapai *wave trap*, sinyal tersebut diserap oleh rangkaian LC, mencegahnya mengalir lebih jauh ke dalam sistem penyaluran atau peralatan.



Gambar 1. Komponen *wave trap*



Gambar 2. *Wave trap*

Dalam beberapa tahun terakhir, kesalahan operasi proteksi rele yang disebabkan oleh kegagalan *wave trap* sering terjadi (Huang et al., 2021). Pertama, karena pemeriksaan saluran atau pengujian untuk tindakan pencegahan *wave trap* umumnya perlu mematikan saluran dan melepas *wave trap* dari saluran dan menggantungnya di tanah. Tetapi *wave trap* memiliki volume yang besar dan lokasi pemasangan yang tinggi dan ditambah beberapa lokasi gardu induk yang kecil dan sempit, dekat dengan bagian aktif lainnya dan truk pengangkat tidak dapat mendekati titik operasi sehingga sulit untuk pemeriksaan periodik *wave trap*. Kedua, kegagalan *wave trap* seringkali sangat tersembunyi dan dipengaruhi oleh posisi dan lingkungan saluran listrik, yang membuat tidak mungkin untuk menguji dan memelihara *wave trap* secara efektif selama operasi, sehingga menjadi kesulitan besar pada operasi dan analisis. Pada kasus yang lain, pemasangan *wave trap* pada ruas jaringan yang pendek dapat menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan tegangan dan arus pada operasi normal (Kalyuzhny & Kushnir, 2007). Ketidakseimbangan yang terjadi pada sistem dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik pada penyuplai listrik maupun pada konsumen (Singh, 2019; Quispe et al., 2018).

Pada artikel ini akan dianalisis pengaruh pelepasan *wave trap* yang sudah tidak terpakai di lapangan dan apabila dilepas tidak mengganggu operasi komunikasi. Dari hasil studi ini diharapkan dapat menjaga kualitas pelayanan pelanggan dan dapat menghindari pemadaman akibat gangguan.

METODE PENELITIAN

Peralatan yang dibutuhkan dalam pengukuran adalah:

1. *Power Quality Analyzer* merk Fluke 438-II.



Gambar 3. Power Quality Analyzer Fluke 437 (Fluke, 2016)

2. i5sPQ3 5A AC Current Clamp.



Gambar 4. Clamp arus maksimal 5 ampere

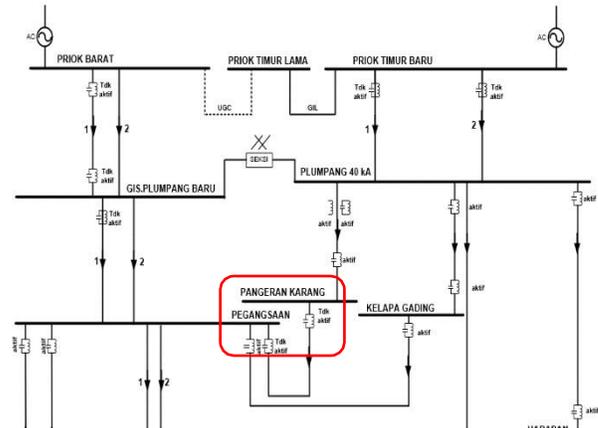
3. Fluke AC285 Suregrip/Alligator Clips



Gambar 5. Alligator clips tegangan

Pelepasan *wave trap* dilakukan pada ruas transmisi pada Gardu Induk A–Gardu Induk B. *Wave trap* yang dilepas adalah *wave trap* yang sudah tidak digunakan dengan spesifikasi sebagai berikut.

- Tegangan operasi : 150 kV
- HF range : 30 sampai dengan 500 kHz
- Inductance : 0.2 mH
- Arus nominal : 2000 A



Gambar 6. Lokasi pelepasan *wave trap* pada GI Pegangsaan dan GI Pangeran Karang

Pada artikel ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran menggunakan alat recorder (*Power Quality Measurement*) di gardu induk Pegangsaan yang ditunjukkan pada Gambar 6. Pengukuran dilakukan pada tanggal 25 Juni–1 Juli 2020 sebelum dan sesudah pelepasan *wave trap* pada penghantar A–B.

Pengukuran sebelum pelepasan *wave trap* dilakukan pada tanggal 25–26 Juni 2020, dan pengukuran setelah pelepasan *wave trap* dilakukan pada tanggal 30 Juni–1 Juli 2020. Pada tanggal 27–29 Juni 2020 data tidak terukur karena ruas penghantar sedang tidak beroperasi. Dari data pengukuran yang sudah didapatkan kemudian dilakukan analisis. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran sebelum dan setelah pelepasan untuk mengetahui ketidakseimbangan arus menggunakan rumus di bawah ini.

$$I_{unbalance}(\%) = \frac{|I_{max} - I_{av}|}{I_{av}} \times 100 \quad (1)$$

$$I_{av} = \frac{|I_{max} - I_{av}|}{I_{av}} \times 100 \quad (2)$$

Dimana:

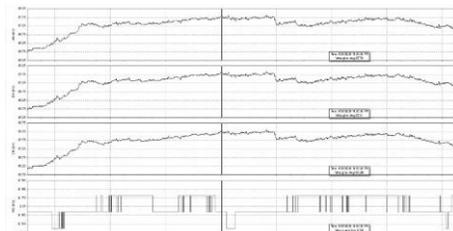
$I_{unbalance}$ = Ketidakseimbangan arus (%)

I_{max} = Arus tertinggi (A)

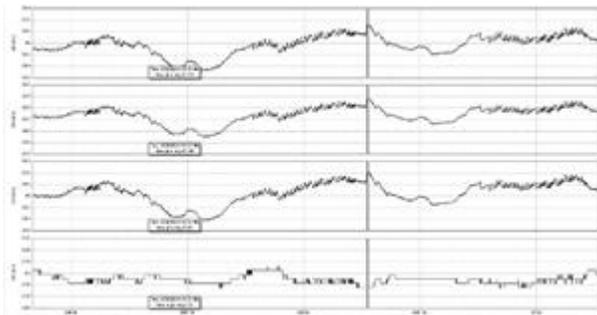
I_{av} = Arus rata-rata (A)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Tegangan



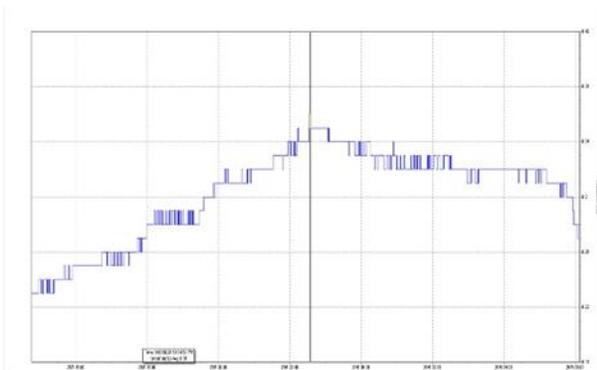
Gambar 7. Kurva tegangan sebelum pelepasan *wave trap*



Gambar 8. Kurva tegangan setelah pelepasan wave trap

Pada Gambar 7 menunjukkan tegangan fasa-netral tertinggi sebelum pelepasan wave trap sebesar 88,245 kV dan Gambar 8 menunjukkan tegangan tertinggi setelah pelepasan wave trap sebesar 87,66 kV.

Untuk mengetahui ketidakseimbangan tegangan, dilakukan pengukuran dengan parameter ketidakseimbangan tegangan. Karakteristik ketidakseimbangan tegangan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 9. Karakteristik ketidakseimbangan tegangan sebelum pelepasan wave trap

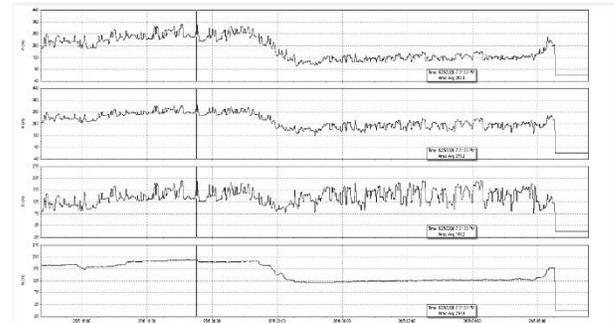


Gambar 10. Karakteristik ketidakseimbangan tegangan setelah pelepasan wave trap

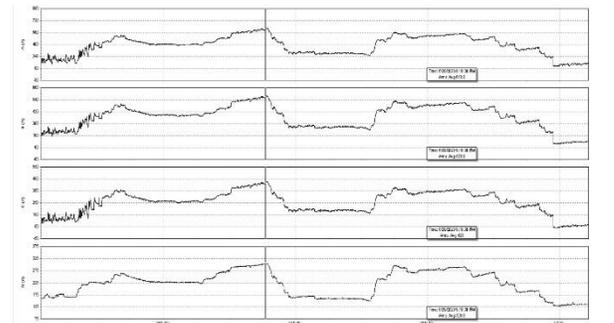
Pada Gambar 9 menunjukkan besar ketidakseimbangan tegangan sebelum pelepasan wave trap sebesar 0,35% dan Gambar 10 menunjukkan besar ketidakseimbangan tegangan setelah pelepasan wave trap sebesar 0,41%.

Hasil Pengukuran Arus

Pengukuran arus dilakukan guna mengetahui kurva karakteristik arus pada saat sebelum (25–26 Juni 2020) dan setelah (30 Juni–1 Juli 2020) wave trap dilepas. Kurva arus dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 11. Kurva arus sebelum pelepasan wave trap



Gambar 12. Kurva arus setelah pelepasan wave trap

Pada Gambar 11 terlihat arus pada fasa R sebesar 349,2, fasa S sebesar 325,0, fasa T sebesar 221,15 dan arus netral sebesar 213,89. Sedangkan pada Gambar 12 terlihat arus fasa R sebesar 566,7 A, fasa S sebesar 532,9 A, fasa T sebesar 395,17 A, dan arus netral wave trap sebesar 302,11 A. Hasil perbandingan arus tertinggi sebelum dan setelah pelepasan wave trap dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

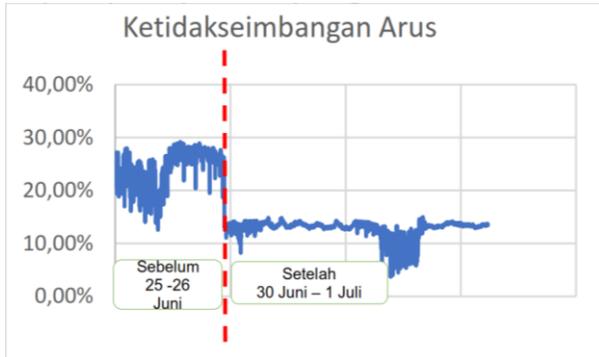
Tabel 1. Perbandingan arus sebelum dan setelah pelepasan

Status Pengukuran	Tanggal	Arus (A)			
		Fasa R	Fasa S	Fasa T	Netral
Sebelum	25 Juni 2020	349,2	325,0	221,15	213,89
Pelepasan	26 Juni 2020	257,4	257,4	218,73	182,47
Setelah	30 Juni 2020	427,7	397,5	283,99	230,81
Pelepasan	01 Juli 2020	566,7	532,9	395,17	302,11

Catatan: Periode pengambilan selama 24 jam setiap hari selama pengukuran sebelum dan setelah.

Pada Tabel 1, dilakukan perbandingan arus beban sebelum dan setelah pelepasan wave trap. Hasil perbandingan arus beban tidak bisa menunjukkan hasil perbedaan arus sebelum dan setelah pelepasan karena beban sistem bersifat fluktuatif. Oleh karena itu,

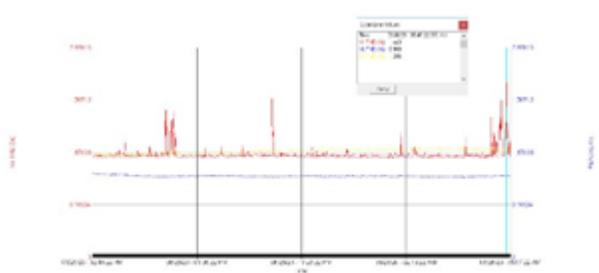
perbandingan dilihat dari parameter ketidakseimbangan yang ditunjukkan pada Gambar 13. Kurva perbandingan sebelum dan sesudah *wave trap* dilepas dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



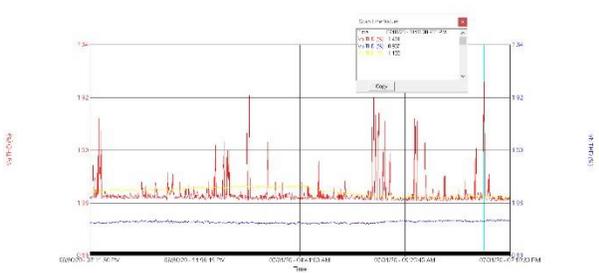
Gambar 13. Kurva ketidakseimbangan arus sebelum dan setelah pelepasan *wave trap*

Pada gambar di atas terlihat perbandingan sebelum dan setelah *wave trap* dilepas dari penghantar. Pengukuran sebelum ketidakseimbangan arus tertinggi adalah 29,19% sedangkan setelah *wave trap* dilepas dari penghantar ketidakseimbangan arus tertinggi adalah 15% dan grafik ketidakseimbangan terlihat lebih datar. Ketidakseimbangan arus bisa disebabkan karena nilai impedansi pada *wave trap* yang terpasang pada salah satu fasa, sehingga masing-masing fasa memiliki nilai impedansi yang berbeda (Kalyuzhny & Kushnir, 2007).

Hasil Pengukuran Harmonisa Tegangan



Gambar 14. Karakteristik harmonisa tegangan total sebelum pelepasan *wave trap*



Gambar 15. Karakteristik harmonisa tegangan total setelah pelepasan *wave trap*

Pada Gambar 14 menunjukkan harmonisa tegangan total tertinggi sebelum pelepasan *wave trap* sebesar 1,443% pada fasa R. Sedangkan pada Gambar 15 menunjukkan harmonisa tegangan total tertinggi setelah pelepasan *wave trap* sebesar 1,481%.

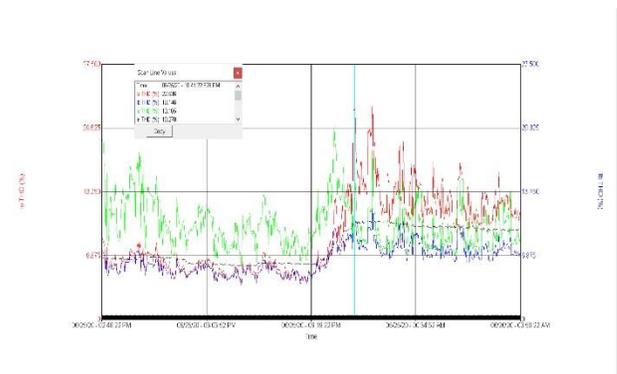
Perbandingan pada gambar di atas dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai harmonisa yang dibandingkan adalah hasil pengukuran nilai tertinggi.

Tabel 2. Perbandingan THD tegangan sebelum dan setelah

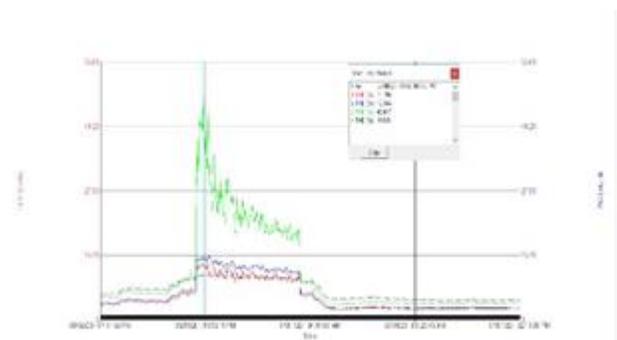
Parameter	Sebelum	Setelah
THD Tegangan	1,443%	1,481%

Berdasarkan standar PT PLN (Persero) tahun 2012 tentang *Power Quality*, maksimal nilai harmonisa tegangan total pada sistem 150 kV adalah 2,5%.

Hasil Pengukuran Harmonisa Arus



Gambar 16. Karakteristik harmonisa arus sebelum pelepasan *wave trap*



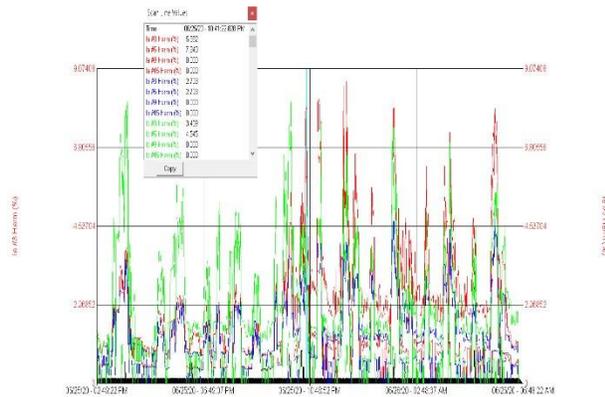
Gambar 17. Karakteristik harmonisa setelah pelepasan *wave trap*

Pada Gambar 16 menunjukkan harmonisa arus total sebelum pelepasan *wave trap* sebesar 22,53% pada fasa R. Sedangkan pada Gambar 17 menunjukkan besar harmonisa arus total setelah pelepasan *wave trap* sebesar 46,61% pada fasa T. Perbandingan pada gambar di atas dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai harmonisa yang dibandingkan adalah hasil pengukuran nilai tertinggi.

Tabel 3. Perbandingan THD tegangan sebelum dan setelah

Parameter	Sebelum	Setelah
THD Arus	22,53 %	46,61 %

Berdasarkan standar PT PLN (Persero) tahun 2012 tentang *Power Quality* dan Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik (*Grid Code*) yang diterbitkan oleh Kementerian ESDM tahun 2020, harmonisa arus total yang diperbolehkan adalah sebesar 6,0%. Harmonisa yang terukur sebelum pelepasan *wave trap* memiliki karakteristik grafik yang stabil dengan rata-rata 13%. Harmonisa yang terukur setelah *wave trap* ditemukan harmonisa yang tinggi pada pengukuran tanggal 30 Juni 2020, hal ini bisa disebabkan beban non linear (Baggini, 2008) yang masuk pada sistem pada tanggal tersebut. Sedangkan pada tanggal 1 Juli 2020 grafik harmonisa cenderung stabil dengan rata-rata 5%.



Gambar 18. Karakteristik individu harmonisa arus sebelum pelepasan *wave trap*



Gambar 19. Karakteristik nilai harmonisa arus setelah pelepasan *wave trap*

Pada Gambar 18 hasil pengukuran individu harmonisa arus tertinggi pada harmonisa ke-5 sebesar 7,843%. Sedangkan pada Gambar 19 hasil pengukuran individu harmonisa arus tertinggi pada harmonisa ke-5 sebesar 2,532%.

Berdasarkan standar PT PLN (Persero) tahun 2012 tentang *Power Quality* dan IEEE Std 519-2014, nilai individu harmonisa tertinggi maksimal 5%, sedangkan

berdasarkan Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik (*Grid Code*) yang diterbitkan oleh Kementerian ESDM tahun 2020, nilai individu harmonisa tertinggi maksimal 6% pada Ihs/IL sebesar 84,68. Pada Gambar 9 didapatkan nilai yang melebihi batasan, tetapi apabila dilihat pada grafik Gambar 9, nilai lebih tinggi dari 5% hanya beberapa saat, lebih banyak nilai dibawah 5%. Sedangkan pada Gambar 10 nilai harmonisa tertinggi masih di bawah batasan standar PT PLN (Persero) tahun 2012 tentang *Power Quality*.

KESIMPULAN

Dari studi kasus ini didapatkan bahwa pelepasan *wave trap* berdampak pada ketidakseimbangan arus, tetapi tidak berdampak signifikan pada ketidakseimbangan tegangan, harmonisa tegangan dan harmonisa arus. Ketidakseimbangan arus sebelum pelepasan *wave trap* adalah 29,19%, sedangkan setelah pelepasan *wave trap* turun menjadi 15%. Ketidakseimbangan tegangan sebelum pelepasan *wave trap* adalah 0,35% sedangkan setelah pelepasan *wave trap* sebesar 1,433% dan setelah pelepasan *wave trap* sebesar 1,481%. Harmonisa arus sebelum pelepasan *wave trap* sebesar 22,53% dan setelah pelepasan *wave trap* sebesar 46,61%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PLN Unit Transmisi Jawa Bagian Barat, PLN Puslitbang dan pihak-pihak yang membantu pelaksanaan studi kasus.

DAFTAR PUSTAKA

Baggini, A. 2008. *Handbook of Power Quality*.
 Committee, D., Power, I., & Society, E. 2014. IEEE Std 519TM-2014. *IEEE Std 519-2014 (Revision IEEE Std 519-1992)*, vol. 2014.
 Fluke. 2016. *Fluke 434-II/435-II/437-II Users Manual*.
 Kalyuzhny, A., & Kushnir, G. (2007). Analysis of current unbalance in transmission systems with short lines. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 22(2), 1040-1048.
 Kementerian ESDM. 2020. Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik (*Grid Code*). *Menteri Energi dan Sumber Daya Miner. Republik Indones.*, no. 3, pp. 417–607 [Online]. Available: [https://jdih.esdm.go.id/storage/document/PMESDM No 20 Tahun 2020.pdf](https://jdih.esdm.go.id/storage/document/PMESDM%20No%2020%20Tahun%202020.pdf).
 PT PLN (Persero). 2012. *SPLN D5.004-1: 2012 Tentang Power Quality*, no. 563, pp. 6, 6–7, 14, 16, 17.
 Quispe, E. C., López, I. D., Ferreira, F. J., & Sousa Santos, V. (2018). Unbalanced voltages impacts on the energy performance of induction motors.
 Rong, H., Yi, X., Chao, F., Xianhui, C., & Jun, W. (2021). Fracture failure analysis for wave trap hanging ring in 220kV line. In *IOP Conference Series:*

Earth and Environmental Science (Vol. 621, No. 1, p. 012021). IOP Publishing.

Singh, S., & Srivastava, A. (2019). Voltage Unbalance and Its Impact on the Performance of Three Phase Induction Motor: A Review. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, 7(5), 106-111.

Solutions, G. "Line Traps ®," *Components*.