

Karakteristik Disturbansi di Rentang Frekuensi 9 kHz – 150 kHz pada Sistem UPS

Rheo Loridho Pratama, Budi Sudiarto

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

Jl. Margonda Raya, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat 16424, Indonesia

E-mail: rheo.loridho@ui.ac.id, budi@ee.ui.ac.id

ABSTRACT

The Uninterruptible Power Supply (UPS) contains power electronic components including inverter, the application of inverter will cause voltage disturbances at high frequency because switching frequency from inverter are at high frequency. The data recorded by oscilloscope along with Picolog Recorder software and processed by Matlab software to make it more efficient. Research conducted when the UPS in battery mode with resistive load level variation of electric water heater. From the test results it was found that voltage disturbances occur in three dominant frequency ranges at each resistive load level variation, that is 19-24 kHz, 39-44 kHz and 59-64 kHz. At 0% load condition when the battery is fully charged, the peak voltage disturbances occur at 207.43 mV at frequency of 20 kHz and at 100% load condition when the battery condition has linearly reduced the peak voltage disturbances occur at 46.42 mV at frequency 19.8 kHz.

Keywords: *Uninterruptible Power Supply, inverter, disturbance*

ABSTRAK

Pada setiap alat Uninterruptible Power Supply (UPS) terdapat komponen elektronika daya termasuk inverter, oleh sebab itu dengan penggunaan inverter akan menimbulkan tegangan disturbansi pada frekuensi tinggi karena frekuensi pensaklaran dari inverter berada pada frekuensi tinggi. Untuk perekaman data menggunakan alat osiloskop beserta software Picolog Recorder dan untuk pengolahan datanya menggunakan software Matlab agar lebih efisien. Penelitian dilakukan saat perangkat UPS menggunakan mode baterai dan dengan tingkat variasi pembebanan beban resistif berupa pemanas air elektrik. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa disturbansi tegangan terjadi pada tiga rentang frekuensi dominan pada setiap tingkat variasi pembebanan beban resistif yaitu frekuensi 19-24 kHz, 39-44 kHz dan 59-64 kHz. Pada kondisi pembebanan 0% saat kondisi baterai terisi penuh disturbansi tegangan puncak yang terjadi sebesar 207,43 mV pada frekuensi 20 kHz dan pada kondisi pembebanan 100% saat kondisi baterai sudah berkurang secara linear disturbansi tegangan puncak yang terjadi sebesar 46,42 mV pada frekuensi 19,8 kHz.

Kata Kunci: *Uninterruptible Power Supply, inverter, disturbansi*

1. Pendahuluan

Kebutuhan terhadap cadangan sumber daya listrik sebagai sumber yang mampu memikul beban daya listrik sementara ketika listrik dari sumber utama terputus atau mengalami gangguan membuat penggunaan perangkat *Uninterruptible Power Supply* (UPS) semakin meningkat. Karena dengan adanya perangkat UPS memastikan bahwa semua peralatan yang terhubung dengan perangkat UPS tidak akan padam sedetik pun.

Dalam pengoperasiannya UPS memiliki tiga mode yaitu mode *bypass*, mode baterai dan mode inverter. Mode *bypass* digunakan ketika perangkat UPS sedang dalam proses perawatan atau pada kondisi tertentu dapat secara otomatis beralih ke mode *bypass* ketika beban yang dipikul oleh perangkat UPS melebihi kapasitas nominalnya. Mode baterai atau mode darurat terjadi saat sumber listrik utama putus sehingga secara otomatis perangkat UPS beralih menggunakan baterai untuk menyuplai tegangan ke beban. Daya listrik yang tersimpan akan disalurkan ke peralatan elektronik saat sumber listrik utama putus [1]. Proses penyuplaian oleh baterai akan terus berlangsung sampai tegangan baterai jatuh. Dan yang terakhir adalah mode inverter, mode ini digunakan saat perangkat UPS bekerja pada kondisi normal.

Arus listrik bolak-balik yang berasal dari sumber utama masuk ke perangkat UPS yang kemudian diubah menjadi arus listrik searah oleh konverter. Arus listrik searah digunakan untuk menyuplai ke *charger* baterai untuk pengisian baterai dan keluaran dari itu diubah lagi menjadi arus listrik bolak-balik oleh inverter untuk menyuplai tegangan ke beban. Dengan penggunaan inverter, perangkat UPS menjadi salah satu alat yang dapat menimbulkan disturbansi pada sisi tegangan keluaran yang terhubung ke beban [2]. Karena inverter memiliki karakteristik yang tidak linear sehingga berpotensi menimbulkan disturbansi tegangan pada sistem kelistrikan [3]. Disturbansi pada rentang frekuensi tinggi terjadi karena pada umumnya *switching frequency* pada inverter diatas 1 kHz.

Dari penjabaran diatas maka pada penelitian ini akan menggunakan variasi pembebanan beban resistif untuk mendapatkan karakteristik disturbansi di rentang

frekuensi 9 kHz – 150 kHz pada perangkat UPS berkapasitas 6 KVA saat mode baterai.

2. Kajian Pustaka

Pada operasi normal, perangkat elektronik yang terhubung ke sistem akan menghasilkan dan mendistribusikan sinyal listrik. Sinyal listrik tersebut terbagi menjadi dua, yaitu *intended signal* dan *unintended signal*. *Intended signal* merupakan sinyal yang memang sengaja dibangkitkan untuk pengoperasian suatu alat seperti pada PLC yang digunakan untuk tujuan komunikasi. Namun sinyal ini akan dianggap sebagai disturbansi pada alat lain yang tidak terlibat pada proses tersebut. Sementara itu, *unintended signal* merupakan sinyal yang tidak dibutuhkan dalam pengoperasian suatu alat dan dapat menjadi disturbansi pada alat lain. Sebagai contoh, pada penggunaan inverter disturbansi yang dihasilkan terjadi pada rentang frekuensi pensaklaran yang digunakan.

Dengan meningkatnya penggunaan inverter maka banyak hasil laporan mengenai disturbansi yang terjadi pada rentang frekuensi pensaklaran inverter. Rentang frekuensi 9 kHz sampai 150 kHz menjadi yang paling dominan dalam menghasilkan disturbansi [4]. Namun, meskipun sudah banyak laporan terkait dengan disturbansi yang terjadi pada rentang frekuensi 9 kHz sampai 150 kHz sampai saat ini masih belum ada regulasi secara spesifik yang mengatur terkait batas maksimum disturbansi yang diperbolehkan [5].

Disturbansi yang dihasilkan pada setiap sistem memiliki karakteristik yang berbeda, sebagai contoh pada sistem PLTS yang diberi beban resistif, kapasitif dan induktif disturbansi terjadi pada tiga frekuensi dominan yaitu di rentang 17-25 kHz, 69-75 kHz dan 143- 150 kHz. [6]

3. Metode Penelitian

3.1 Alat yang Digunakan

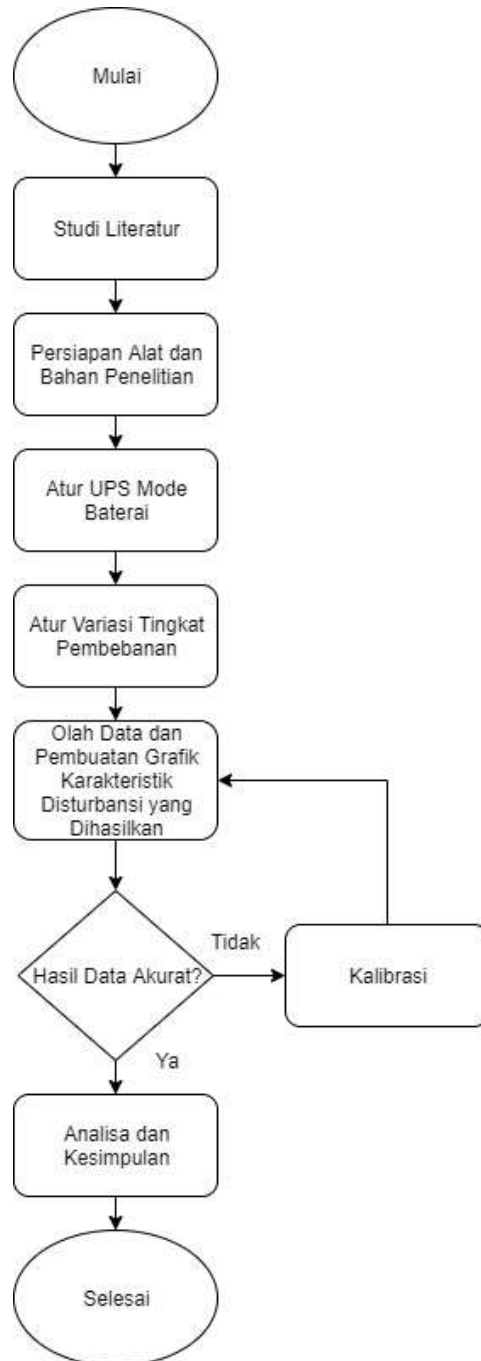
Pada penelitian ini menggunakan alat berupa laptop, osiloskop, UPS, tapis lolos atas dan beban uji tipe resistif. Osiloskop yang dipakai pada penelitian ini menggunakan jenis PicoScope 3000 Series karena memiliki banyak pilihan *channel*, mudah digunakan dan bisa digunakan untuk pengukuran tegangan arus bolak-balik dan tegangan arus searah. Selanjutnya untuk perangkat UPS yang digunakan adalah berkapasitas 6 KVA. Dengan kapasitas yang cukup besar yaitu 6 KVA maka dapat memudahkan dalam pengujian menggunakan variasi beban. Karena memiliki nilai faktor daya 0,8 maka UPS yang digunakan memiliki kapasitas maksimum sekitar 4,8 KW. Untuk spesifikasi UPS disajikan pada Tabel 1. Oleh sebab itu, untuk memvariasikan beban agar dapat mencapai kapasitas maksimum dibutuhkan beberapa beban uji tipe resistif berupa pemanas air elektrik yang spesifikasinya secara rinci disajikan pada Tabel 2. Kemudian tapis lolos atas yang digunakan adalah rangkaian RC paralel atau rangkaian yang terdiri dari rangkaian resistor dan kapasitor yang dirangkai secara paralel. Secara lebih rinci, skema penelitian dan rangkaian pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Tabel 1 Spesifikasi UPS

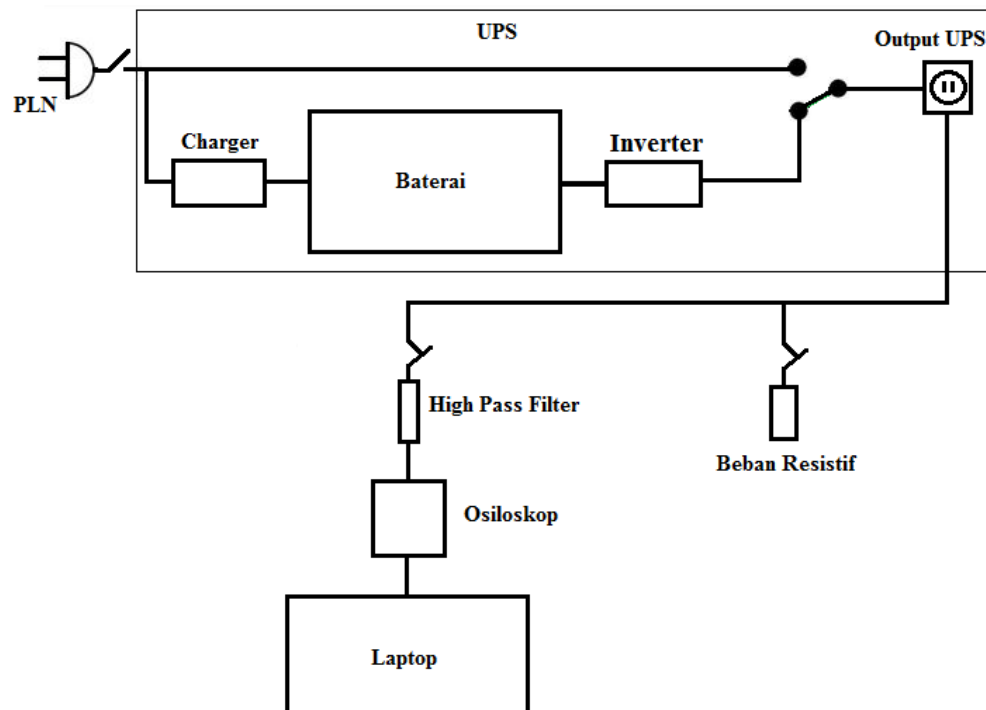
Spesifikasi UPS	
Tegangan	160 – 280 VAC
Power Factor	0,8
Jumlah Fasa	1 Fasa
Kapasitas	6 KVA (4,8 KW)
Jenis Inverter	<i>Sine Wave Inverter</i>
Baterai	12 Vdc/7Ah (20 buah)

Tabel 2 Spesifikasi Beban Uji Resistif

Spesifikasi Pemanas Air Elektrik	
Daya Listrik	± 500 Watt
Tegangan	220 - 240 VAC
Frekuensi	50 – 60 Hz



Gambar 1 Skema Penelitian



Gambar 2 Rangkaian Pengukuran

3.2 Software yang Digunakan

Software yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Picolog Recorder*, *Matlab* dan *Plw2csv Converter* yang fungsinya saling berhubungan satu dengan lainnya. *Picolog Recorder* berfungsi untuk merekam dan menampilkan data dari osiloskop pada layar laptop. Sebelum menjalankan perekaman data oleh *Picolog Recorder* terlebih dahulu harus melakukan penyesuaian pengaturan parameter sesuai dengan data yang ingin direkam. Untuk software *Matlab* yang digunakan adalah yang versi R2018a. Penggunaan *Matlab* bertujuan agar mempercepat dan mempermudah proses konversi data menggunakan transformasi fourier sehingga data yang diolah dapat disajikan dalam bentuk grafik. Kemudian *Plw2csv Converter* digunakan untuk mengubah format data dari PLW menjadi CSV. File data dengan format PLW dihasilkan dari hasil rekam *Picolog Recorder*, namun karena *Matlab* tidak dapat membaca file dengan format PLW maka perlu diubah terlebih dahulu ke format CSV.

3.3 Proses Pengambilan Data

Data penelitian yang diambil berdasarkan hasil pembacaan yang dicuplik menggunakan alat osiloskop yang dihubungkan ke laptop melalui sambungan *Universal Serial Bus* (USB) sehingga sinyal yang ditangkap oleh osiloskop dapat ditampilkan di layar laptop. Kemudian untuk menghubungkan Osiloskop ke beban, terlebih dahulu menghubungkan osiloskop ke masukan *High Pass Filter* (HPF) atau tapis lolos atas dan keluaran dari tapis lolos atas dihubungkan ke stop kontak keluaran dari perangkat UPS. Penggunaan tapis lolos atas dimaksudkan agar memotong frekuensi yang berada dibawah frekuensi uji yaitu dibawah 9 kHz. Untuk menampilkan data yang dicuplik oleh osiloskop harus menggunakan piranti lunak *Picolog Recorder*. *Picolog Recorder* merupakan piranti lunak yang berfungsi untuk mengumpulkan, merekam, menampilkan dan menganalisis data pengukuran. Dalam menggunakan *Picolog Recorder* terlebih dahulu mengatur beberapa parameter yang harus disesuaikan yaitu jenis data yang diambil, *timebase*, jumlah sampel, *range channel* dan jenis tegangan.

Fast block (single converter only) digunakan untuk mengumpulkan data yang relatif pendek dengan kecepatan tinggi. Untuk menentukan *timebase* dapat menggunakan Persamaan (1)

$$timebase = \frac{1}{f_s} \quad (1)$$

f_s merupakan frekuensi yang nilainya dua kali dari nilai frekuensi maksimum. Karena penelitian ini menguji di rentang 9 kHz – 150 kHz maka frekuensi uji maksimumnya adalah 150 kHz sehingga nilai f_s nya adalah 300 kHz dan berdasarkan Persamaan (1) maka didapat nilai *timebase* nya 3,33 μ s namun berhubung tidak ada opsi 3,33 μ s pada *Picolog Reader* maka digunakan nilai 3 μ s sebagai nilai *timebase*. Karena standar frekuensi listrik di Indonesia 50 Hz maka periodenya atau nilai T_c adalah 20 ms dan berdasarkan Persamaan (2) maka didapat nilai sampel sebanyak 6250 sampel.

$$N_{sampel} = \frac{T_c}{timebase} \quad (2)$$

Untuk *range channel* yang digunakan 400 Volt dan jenis tegangan yang digunakan adalah tegangan AC atau arus bolak-balik. Kemudian untuk rangkaian tapis

lolos atas yang digunakan adalah rangkaian RC paralel dengan nilai kapasitor 1nF dan resistor 22 kΩ. Nilai tersebut digunakan agar mendekati frekuensi *cut-off* yang diinginkan yaitu mendekati 9 kHz dan jika menggunakan Persamaan (3) maka didapat frekuensi *cut-off* 7,238 kHz yang artinya tapis lolos atas ini akan memotong sinyal frekuensi dibawah 7,238 kHz dan akan meloloskan sinyal frekuensi diatas 7,238 kHz.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (3)$$

Setelah data direkam oleh *Picolog Recorder* maka selanjutnya akan tersimpan didalam folder yang sudah ditentukan dalam bentuk format PLW dan masih dalam domain waktu. Untuk mengubah domain waktu ke domain frekuensi perlu menggunakan program Matlab, namun terlebih dahulu harus mengubah bentuk format PLW ke CSV karena program Matlab tidak dapat membaca data dalam bentuk format PLW sehingga perlu menggunakan piranti lunak *Plw2csv Converter*. Jika data sudah dalam format CSV maka proses *Fast Fourier Transform* (FFT) dapat dilakukan dengan memasukan perintah pada program Matlab. Melakukan transformasi fourier dengan Matlab membuat pemrosesan data menjadi lebih cepat dan efisien.

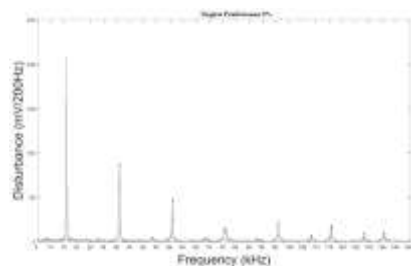
4. Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian ini dilakukan pemberian variasi pembebanan dimulai dari 0% kemudian ditingkatkan menjadi 20%, 40%, 60%, 80% sampai dengan beban maksimum atau 100% saat perangkat UPS berada pada mode baterai dengan kondisi awal baterai terisi penuh. Pengukuran disturbansi tegangan dilakukan secara kontinyu pada saat tegangan baterai terisi penuh sampai dengan tegangan baterai jatuh. Hasil pengukuran karakteristik disturbansi tegangan pada perangkat UPS berkapasitas 6 KVA saat mode baterai memperlihatkan bahwa seiring dengan menurunnya tegangan yang disuplai baterai ke beban maka semakin menurun juga disturbansi tegangan yang dihasilkan.

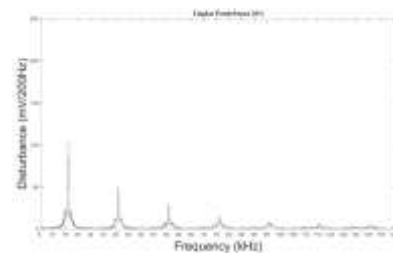
Selain itu dengan pemberian variasi tingkat pembebanan pada perangkat UPS terlihat bahwa tegangan disturbansi yang dihasilkan semakin menurun seiring dengan meningkatnya tingkat pembebanan, hal ini dikarenakan semakin tingginya beban yang

dipikul oleh perangkat UPS maka semakin cepat juga penurunan daya yang disuplai oleh baterai.

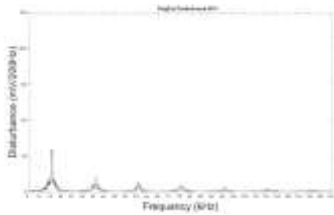
Dari Gambar 3 sampai dengan Gambar 8 terlihat bahwa disturbansi tegangan yang dihasilkan pada tingkat pembebanan 0% sampai dengan 100% memiliki tiga frekuensi dominan yang selalu menghasilkan disturbansi tegangan pada masing-masing tingkat pembebanan. Tiga frekuensi dominan tersebut yaitu berada pada rentang 19–24 kHz, 39–44 kHz dan 59–64 kHz. Berdasarkan Tabel 3, dari tiga frekuensi dominan tersebut rentang 19–24 kHz menghasilkan disturbansi tegangan yang paling tinggi dari setiap tingkat variasi pembebanan. Pada tingkat pembebanan 0%, disturbansi tegangan yang dihasilkan paling tinggi terjadi pada frekuensi 20 kHz sebesar 207,43 mV. Pada tingkat pembebanan 20%, disturbansi tegangan yang dihasilkan paling tinggi juga terjadi pada frekuensi 20 kHz sebesar 104,05 mV. Pada tingkat pembebanan 40%, disturbansi tegangan yang dihasilkan paling tinggi juga terjadi pada frekuensi 20 kHz sebesar 59,34 mV. Pada tingkat pembebanan 60%, disturbansi tegangan yang dihasilkan paling tinggi juga terjadi pada frekuensi 20 kHz sebesar 52,62 mV. Pada tingkat pembebanan 80%, disturbansi tegangan yang dihasilkan paling tinggi terjadi pada frekuensi 19,8 kHz sebesar 46,61 mV. Pada tingkat pembebanan 100%, disturbansi tegangan yang dihasilkan paling tinggi juga terjadi pada frekuensi 19,8 kHz sebesar 46,42 mV.



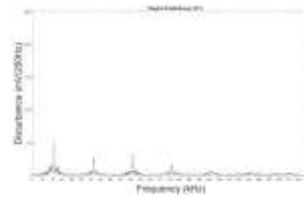
Gambar 3 Disturbansi Tegangan Saat
Beban 0%



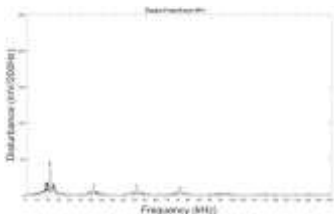
Gambar 4 Disturbansi Tegangan Saat
Beban 20%



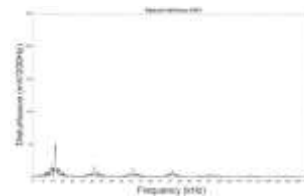
Gambar 5 Disturbansi Tegangan Saat
Beban 40%



Gambar 6 Disturbansi Tegangan Saat
Beban 60%



Gambar 7 Disturbansi Tegangan Saat
Beban 80%



Gambar 8 Disturbansi Tegangan Saat
Beban 100%

Tabel 3 Hasil Pengukuran Disturbansi pada 3 Frekuensi Dominan

Tingkat Pembebanan	Deskripsi	Rentang Frekuensi (kHz)		
		19-24	39-44	59-64
0%	Frekuensi (kHz)	20,0	39,8	60,0
	Tegangan Puncak (mV)	207,43	109,74	51,63
20%	Frekuensi (kHz)	20,0	40,0	59,8
	Tegangan Puncak (mV)	104,05	38,29	28,10
40%	Frekuensi (kHz)	20,0	40,0	60,0
	Tegangan Puncak (mV)	59,34	22,07	15,62
60%	Frekuensi (kHz)	20,0	39,8	60,0
	Tegangan Puncak (mV)	52,62	26,14	32,80
80%	Frekuensi (kHz)	19,8	40,0	60,0
	Tegangan Puncak (mV)	46,61	17,18	17,86
100%	Frekuensi (kHz)	19,8	40,0	60,0
	Tegangan Puncak (mV)	46,42	16,25	14,93

5. Kesimpulan

Pengukuran yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui karakteristik disturbansi tegangan pada perangkat UPS berkapasitas 6 KVA melalui hubungan parameter seperti saat perangkat UPS disuplai oleh tegangan baterai dan variasi tingkat pembebanan menggunakan beban resistif.

Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa disturbansi tegangan terjadi pada tiga rentang frekuensi dominan pada setiap tingkat variasi pembebanan yaitu frekuensi 19-24 kHz, 39-44 kHz dan 59-64 kHz. Seiring meningkatnya variasi pembebanan maka tegangan baterai menurun secara linear, hal ini menyebabkan tegangan disturbansi yang dihasilkan pun semakin menurun. Selain itu, dapat disimpulkan bahwa beban yang digunakan tidak menghasilkan disturbansi sehingga disturbansi yang disebabkan oleh inverter pada perangkat UPS tidak terakumulasi dan menyebabkan tegangan disturbansi yang dihasilkan menurun seiring menurunnya tegangan baterai.

Pada kondisi pembebanan 0% saat kondisi baterai terisi penuh disturbansi tegangan puncak yang terjadi sebesar 207,43 mV pada frekuensi 20 kHz dan pada kondisi pembebanan 100% saat kondisi baterai sudah berkurang secara linear disturbansi tegangan puncak yang terjadi sebesar 46,42 mV pada frekuensi 19,8 kHz. Kemudian jika dilihat dari sisi frekuensi, frekuensi 20 kHz pada penelitian ini menjadi frekuensi yang terbanyak dalam menghasilkan tegangan puncak disturbansi yaitu pada kondisi pembebanan 0%, 20%, 40% dan 60% sementara untuk kondisi pembebanan 80% dan 100% tegangan puncak disturbansi terjadi pada frekuensi 19,8 kHz.

Daftar Pustaka

- [1] V. T. Bawotong, D. J. Mamahit, and S. R. U. A. Sompie, "Rancang Bangun Uninterruptible Power Supply Menggunakan Tampilan LCD Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 4, no. 2, pp. 1–7, Feb. 2015, doi: 10.35793/JTEK.4.2.2015.6805.

- [2] B. Sudiarto, "The Properties and Behavior of Disturbances in the Frequency Range 9 kHz to 150 kHz Produced by Household Appliances in a Residential Network Environment."
- [3] RP Purnamaputra and B. Sudiarto, "Disturbance Frequency 9 – 150 kHz Characteristics towards Total Demand Distortion on On-Grid Solar Panel System in the Electrical System of Kuningan Gas Station - IOPscience." [Online]. Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/353/1/012011>. [Accessed: 05-Mar-2020].
- [4] I. M. A. dan C. H. Budi Sudiarto, A. Zahra, F. Jufri, "Characteristics of Disturbance in Frequency 9 -150 kHz of Photovoltaic System under Fluctuated Solar Irradiance," in *2nd International Conference on Power and Energy Applications*, 2019, pp. 271–272.
- [5] B. Sudiarto, A. N. Widyanto, and H. Hirsch, "Effect of standby mode operation of some household appliances on disturbance voltage and current in frequency range of 9-150 kHz produced by other equipment in low voltage network," in *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, 2016, vol. 2016-Novem, pp. 722–725, doi: 10.1109/EMCEurope.2016.7739175.
- [6] N. Muhammad, "Analisa Karakteristik Disturbansi Frekuensi 9 – 150 kHz pada Sistem Photovoltaic Terhadap Variasi Tipe Beban dan Pemberian Efek Bayang Bayang," 2019.