

Analisis Harmonik Beban Lampu *LED Taxiway Light*

Nurhedhi Desriyanto¹, Kgs. M. Ismail², Asep Samanhudi³

^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Indonesia
Email : kgs.ismail@ppicurug.ac.id

Received :
26 Jan 2024

Revised :
30 Jan 2024

Accepted :
31 Jan 2024

ABSTRAK

Harmonik merupakan suatu fenomena yang timbul akibat adanya penggunaan beban non linear pada sistem tenaga listrik. Masalah harmonik dalam sistem tenaga listrik semakin kompleks dengan bertambahnya penggunaan peralatan non linear (misal : lampu LED), Pada Penelitian ini dilakukan pengukuran harmonik dengan menggunakan alat ukur Power Analyzer. Pengukuran diambil untuk beban Taxiway Light pada Runway Selatan di bandara Soekarno Hatta yang menggunakan lampu LED. Hasil pengukuran menunjukkan masih terlihat arus harmonik yang masih tinggi, melebihi nilai standar rasio hubung singkat instalasi listrik sebesar 15%, Harmonik arus yang terbesar terdeteksi pada orde ke-3 dengan frekuensi 150 Hz (3×50 Hz). Persentase arus harmonik pada orde ke-3 mencapai 108.02%, sedangkan untuk harmonik tegangan memiliki karakteristik spektrum yang hampir sama dan terjadi pada orde ganji. Harmonik tegangan yang paling signifikan terdeteksi pada orde ke-5 yaitu 5×50 Hz = 250 Hz dengan rata-rata persentase tegangan harmonik pada frekuensi ini sebesar 1.54 %.

Kata kunci: *Taxiway Light*, Harmonik Arus, Harmonik Tegangan

ABSTRACT

Harmonics are a phenomenon that arises due to the use of non-linear loads in electric power systems. Harmonic problems in electric power systems are increasingly complex with the increasing use of non-linear equipment (for example: LED lights). In this research, harmonic measurements were carried out using a Power Analyzer measuring instrument. Measurements were taken for the Taxiway Light load on the South Runway at Soekarno Hatta Airport which uses LED lights. The measurement results show that high harmonic currents are still visible, exceeding the standard value of short circuit ratio for electrical installations of 15%. The largest harmonic currents are detected in the 3rd order with a frequency of 150 Hz (3×50 Hz). The percentage of current harmonics in the 3rd order reaches 108.02%, while the voltage harmonics have almost the same spectrum characteristics and occur in the odd order. The most significant voltage harmonics were detected in the 5th order, namely 5×50 Hz = 250 Hz with an average percentage of harmonic voltage at this frequency of 1.54%.

Keywords: *Taxiway Light*, Current Harmonic, Voltage Harmonic

PENDAHULUAN

Airfield Lighting System (ALS) merupakan sistem pencahayaan yang terpasang di bandar udara untuk membantu pesawat udara saat tinggal landas, mendarat, dan melakukan pergerakan di landasan pacu dan area terkait. Fasilitas-fasilitas yang umumnya terdapat pada Airfield Lighting System melibatkan berbagai peralatan yang dirancang untuk memberikan bantuan visual kepada pilot dalam berbagai kondisi cuaca dan selama malam hari. Beberapa fasilitas yang umumnya ada dalam sistem pencahayaan bandar udara adalah: *Runway Light*, *Threshold Light*, *Approach Light*, *Sequence Flashing Light (SQFL)*, *Precision Approach Path Indicator (PAPI)*, *Taxiway Light*. Lampu LED merupakan sumber cahaya yang umum digunakan untuk menghemat daya listrik, termasuk pada peralatan Airfield Lighting System (ALS) seperti lampu approach, lampu runway, dan lampu taxiway di bandara. Namun, perlu diingat bahwa lampu LED termasuk dalam kategori beban non-linear, yang dapat menghasilkan harmonik pada sistem tenaga listrik.

Lampu LED (Light Emitting Diode) merupakan sumber cahaya yang menggunakan sirkuit semikonduktor untuk memancarkan cahaya ketika dialiri listrik. Ketika arus listrik mengalir melalui lampu LED, elektron-elektron di dalam semikonduktor mendapatkan energi. Elektron-elektron ini kemudian melompat ke tingkat energi yang lebih tinggi. Elektron yang telah melompat ke tingkat energi yang lebih tinggi akan bertemu dengan lubang (kekosongan yang ditinggalkan oleh elektron yang telah berpindah). Saat elektron dan lubang bertemu, terjadi proses rekombinasi di mana energi yang dimiliki oleh elektron dilepaskan dalam bentuk cahaya. Energi yang dilepaskan selama rekombinasi ini menghasilkan foton-foton cahaya, yang menciptakan efek cahaya pada lampu LED. Lampu LED adalah bahwa mereka relatif tidak menghasilkan banyak panas dibandingkan dengan beberapa jenis lampu lainnya, seperti lampu pijar konvensional atau lampu fluoresen. Ini disebabkan oleh karakteristik sirkuit semikonduktor yang digunakan dalam lampu LED. Karena itu lampu LED terasa dingin saat dipakai karena tidak menambah panas ruangan seperti lampu pijar.

Terdapat beberapa penelitian yang telah melakukan tingkat efisiensi dalam penggunaan lampu LED diantaranya adalah tingkat pemakaian energi listrik pada lampu LED pada fasilitas pencahayaan landas pacu lebih efisien jika dibandingkan dengan penggunaan lampu halogen[1], Pergantian lampu runway edge Halogen dengan LED terbukti bisa meningkatkan efisiensi pemakaian daya listrik yang terpakai dalam jangka waktu yang lama[2], penggunaan lampu LED pada Apron Flood Light memenuhi standar penerangan [3], Dari ketiga lampu LED, CFL dan Pijar dengan kuat penerangan yang setara, maka didapat bahwa lampu LED adalah yang paling hemat daya dan energi.[4]

Harmonik didefinisikan sebagai komponen sinusoidal dari periodik atau besaran yang frekuensinya merupakan kelipatan bulat dari frekuensi fundamental. Lampu LED termasuk beban non-linear yang dapat menyebabkan peningkatan distorsi harmonisasi dalam gelombang arus dan tegangan. Komponen harmonik yang dihasilkan dapat menciptakan gelombang yang tidak sinusoidal dan mempengaruhi kualitas daya sistem, Total Harmonic Distortion (THD) mengukur sejauh mana gelombang arus atau tegangan deviasi dari bentuk gelombang sinusoidal ideal. Penggunaan lampu LED dapat meningkatkan nilai THD dalam sistem, terutama jika ada banyak lampu LED yang terhubung dalam satu sistem, Distorsi harmonisasi dapat menyebabkan peningkatan beban pada peralatan distribusi seperti transformator dan kabel, dapat menyebabkan gangguan pada peralatan elektronik, dan dapat menyebabkan penurunan faktor daya dalam sistem.

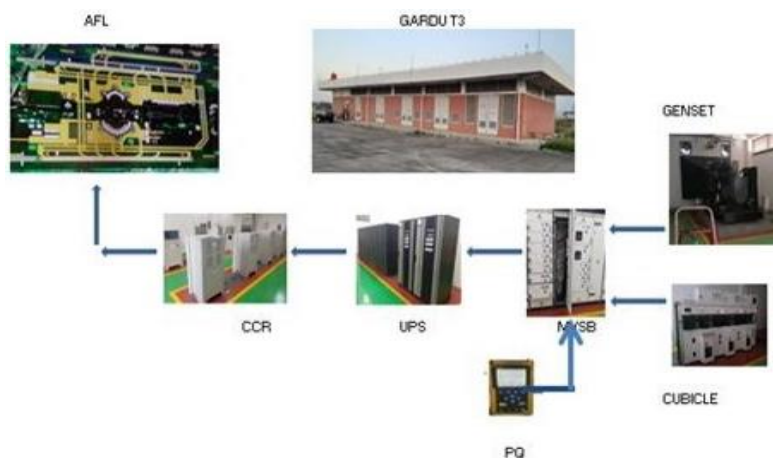
Beberapa penelitian yang sudah melakukan analisa adanya Distorsi Harmonik adalah penggunaan beban non linear atau lampu LED pada off-grid system photovoltaic solar power system dapat menyebabkan kandungan harmonisa sehingga arus keluaran akan terjadi

distorsi dan hasil pengukuran untuk nilai faktor daya THD-F dan THD-R masih belum sesuai standar[5], adanya pengaruh harmonisasi terhadap rugi-rugi daya (losses) pada transformator [6], pengurangan kandungan harmonia arus maupun distorsi harmonisasi dapat dilakukan dengan cara menggunakan single tuned passive filter [7], pengujian lampu LED dengan berbagai merk dihasilkan nilai THD tegangan lampu LED yang diuji masih dalam batas standar. Namun THD arus lampu LED yang diuji sangat tinggi dan melebihi standar[8], penggunaan LHE dan LED sebanyak 60 buah menimbulkan distorsi bentuk gelombang arus dan berdampak pada nilai faktor daya (PF)[9], penggunaan beban non linear berupa Variable Speed Drive (VSD) pada unit AHU mengakibatkan distorsi pada arus sumber AC tiga fasa[10].

Berdasarkan latar belakang dan beberapa penelitian yang sudah dilakukan serta untuk menjamin tingkat kehandalan sistem jaringan listrik khususnya pada Taxiway Light di Bandara Udara Soekarno-Hatta, maka penulis akan melakukan penelitian analisa terhadap penggunaan beban lampu LED pada Taxiway Light.

METODE

Pengujian data yang dilakukan diambil dari gardu T3 yang ada di area sisi udara runway selatan Bandara Soekarno Hatta. Ada beberapa power CCR yang digunakan untuk pengumpulan data serta arus dan tegangan THD (Total Harmonic Distortion) dari setiap fasa R, S, dan T. Peralatan pengukuran yang digunakan dalam pengambilan data ini ialah Power Analyzer [8] bermerk Fluke. Alat ini mampu untuk mengukur berbagai komponen listrik seperti tegangan (V), arus (I), frekuensi (f), daya kompleks (S), daya nyata (P), daya reaktif (Q), energi, dan faktor daya (PF).



Gambar 1. Pengukuran *Power Analyzer (PQ)*

Cara pengambilan data dilakukan dengan mengukur langsung di lapangan terhadap beban *Taxiway Light* di bandara Soekarno-Hatta pada bagian elektrik mekanikal pada sub unit *visual aid* yang di sisi utara pada RW 07R-25L, adapun pengukuran digunakan pada beban lampu *taxiway, runway, centerline* dan *approach* yang telah menggunakan lampu *LED*. Adapun peralatan diukur dengan menggunakan *power analyzer* pada output MVSB dimana *power supply* tersebut akan masuk ke UPS dan CCR untuk lampu lampu penerangan landasan. Pengukuran yang diambil adalah harmonik arus, tegangan tiap jalur listrik, dan harmonik tegangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENGAMBILAN DATA

Berdasarkan hasil survey lapangan diperoleh data beban Airfieldt Lighting System di bandara Soekarno-Hatta pada bagian elektrikal mekanikal pada sub unit visual aid yang di sisi utara pada RW 07R-25L, adapun pengukuran digunakan pada beban lampu taxiway, runway, centerline dan approach yang telah menggunakan lampu LED, dapat dilihat pada tabel 1.

Table 1. Data beban *Airfieldt Lighting System* pada RW 07R-25L

Nama Lampu	jumlah	unit	Total Daya
Taxiway edge light	978	20	9780
High speed exit taxiway (HST) centerline light	276	15	4140
Apron centerline light	220	15	3300
Taxiway centerline WC1 &WC2 (SPW-SP1)	36	15	540

Pengambilan data dengan menggunakan alat ukur Power Quality, untuk tegangan dipasang langsung secara parallel, sedangkan untuk deteksi arus menggunakan CT berbentuk *clamp meter* seperti pada gambar 2, dengan hasil data yang disajikan pada tabel 2.



Gambar 2. Pemasangan Power Quality Meter

Tabel 2. Arus dan THD Arus

Date	Time	V L1N Max	V L2N Max	V L3N Max	A L1 Max	A L2 Max	A L3 Max	A N Max	THD V L1N Max	THD V L2N Max	THD V L3N Max	THD A L1 Max	THD A L2 Max	THD A L3 Max
19/07/2021	17:05:00	221.85	221.86	223.12	60	60	24	4	3.22	3.26	1.35	77.78	74.13	64
19/07/2021	21:05:00	221.85	221.85	223.1	60	60	24	4	3.23	3.26	1.39	77.94	74.08	63.79
20/07/2021	1:05:00	221.96	221.35	222.25	92	102	74	4	4.28	4.31	3.28	75.38	56.68	68.46
20/07/2021	5:05:00	221.62	221.31	222.18	78	79	52	4	3.78	3.67	2.71	75.39	63.33	72.7
20/07/2021	9:05:00	221.54	220.16	221.3	129	151	121	4	4.37	4.6	3.28	49.62	47.37	41.67
20/07/2021	13:05:00	221.73	221.58	222.74	72	77	35	4	4.11	4.11	2.16	77.04	64.95	54.92
20/07/2021	17:05:00	221.67	220.19	221.27	129	151	121	4	4.38	4.63	3.3	48.67	47.28	41.49
20/07/2021	21:05:00	221.79	221.48	222.15	92	102	74	4	4.26	4.25	3.3	75.31	63.35	71.88
21/07/2021	1:05:00	221.53	221.27	222.07	77	78	49	4	3.79	3.74	2.72	75.29	65.24	78.87
21/07/2021	5:05:00	221.52	221.27	222.08	77	78	49	5	3.79	3.73	2.72	75.36	65.19	78.65
21/07/2021	9:05:00	220.74	220.82	221.19	106	103	76	5	4.56	4.46	3.49	56.82	57.25	63.59
21/07/2021	13:05:00	220.72	220.8	221.2	117	131	110	4	4.54	4.56	3.99	56.66	57.19	63.51
21/07/2021	17:05:00	222.07	221.87	222.3	116	131	110	4	4.68	4.49	3.83	69.83	60.95	69.62
21/07/2021	21:05:00	221.28	220.78	221.79	86	94	65	5	4.14	4.21	3.27	73.06	53.83	68.05
22/07/2021	1:05:00	222.28	221.77	223.33	43	46	20	4	2.62	2.64	1.33	102.27	74.8	125.43
22/07/2021	5:05:00	222.23	221.97	223.33	86	86	63	4	4.1	3.95	2.91	102.32	74.85	126.04
22/07/2021	9:05:00	220.73	220.82	221.22	106	103	76	5	4.56	4.46	3.48	56.6	57.09	63.57

Analisis Harmonik Beban Lampu *LED Taxiway Light*

22/07/2021	13:05:00	221.72	221.69	222.95	60	60	24	4	3.22	3.28	1.46	77.78	74.18	64.01
22/07/2021	17:05:00	221.69	221.67	222.92	60	60	24	4	3.21	3.27	1.47	77.8	74.12	64.71
22/07/2021	21:05:00	221.8	221.68	223.35	103	111	87	4	4.7	4.5	3.74	96.94	74.22	124.41
23/07/2021	1:05:00	221.66	220.86	221.83	72	83	63	5	3.57	3.64	3.06	75.5	57.99	68.84
23/07/2021	5:05:00	221.09	220.54	221.48	94	102	76	5	4.26	4.29	3.27	66.66	52.19	62.73
23/07/2021	9:05:00	220.1	219.54	220.3	118	132	110	4	3.93	4.09	3.37	45.09	42.48	45.42
23/07/2021	17:05:00	221.72	221.69	222.97	60	60	24	4	3.21	3.26	1.39	77.83	73.98	63.86
23/07/2021	21:05:00	221.31	220.85	221.66	84	94	71	4	4.29	4.38	3.28	72.12	58.62	66.91
24/07/2021	1:05:00	222.17	222.29	223.3	40	41	14	5	2.81	2.81	1	115.98	94.22	155.32
24/07/2021	5:05:00	222.2	222.29	223.3	40	42	14	4	2.81	2.8	1.01	115.69	94.22	153.29
24/07/2021	9:05:00	221.09	220.66	221.56	144	157	110	4	5.17	4.71	4.06	69.69	57.33	64.28
24/07/2021	13:05:00	221.38	221.61	222.84	72	74	29	5	4.08	4.06	2.11	77.24	66.68	59.72
24/07/2021	17:05:00	221.42	221.62	222.83	72	74	29	5	4.08	4.04	2.07	77.31	66.58	59.85
24/07/2021	21:05:00	221.43	221.31	221.8	92	102	74	4	4.3	4.34	3.3	69.91	59.34	68.61
25/07/2021	1:05:00	221.49	220.64	221.62	79	91	74	4	3.72	3.72	3.26	69.56	55.99	64.13
25/07/2021	5:05:00	222.46	221.21	222.45	92	102	76	4	4.25	4.24	3.27	70.26	59.82	66.99
25/07/2021	9:05:00	220.94	220.98	221.16	118	132	110	5	3.98	4.16	3.75	44.74	48.99	52.99
25/07/2021	13:05:00	221.7	221.7	222.97	60	60	24	4	3.22	3.26	1.42	77.74	74.02	63.77
25/07/2021	17:05:00	221.73	221.76	223.05	60	60	24	4	3.22	3.25	1.39	77.93	74.04	63.43
25/07/2021	21:05:00	221.71	221.69	222.96	60	60	24	5	3.22	3.25	1.36	78.1	74.1	63.87
25/07/2021	23:05:00	222.17	221.89	223.08	60	60	24	5	3.22	3.25	1.38	77.96	74.54	63.89
26/07/2021	3:05:00	221.5	220.64	221.67	79	91	74	4	3.72	3.72	3.25	69.73	55.83	63.95
26/07/2021	7:05:00	221.49	220.65	221.65	79	91	74	5	3.72	3.75	3.26	69.56	55.84	64.11
26/07/2021	11:05:00	222.07	221.87	222.98	45	46	24	4	2.61	2.68	1.29	74.67	74.67	63.73
26/07/2021	15:05:00	222.08	221.87	222.96	45	46	24	5	2.61	2.69	1.33	74.48	74.91	67.01

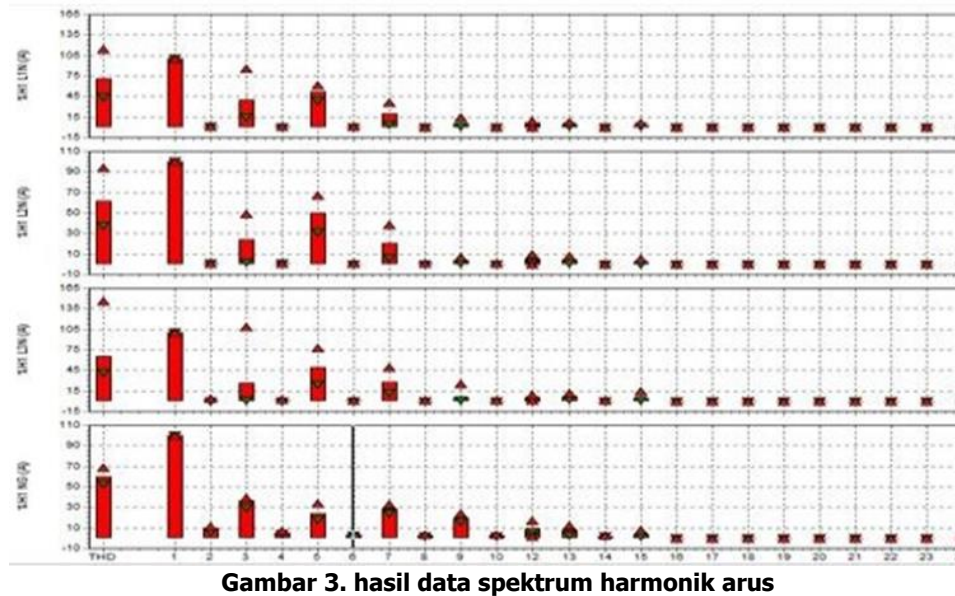
B. PENGOLAHAN DATA HARMONIK ARUS

Berdasarkan pada tabel 1 diatas maka dapat dilakukan pengelompokan lagi untuk melakukan pengolahan data arus listrik dan THD arus yang dapat dilihat pada tabel 3, dan hasil data spektrum harmonik arus pada gambar 2.

Tabel 3. Arus dan THD Arus

Date	Time	Current L1 Max	Current L2 Max	Current L3 Max	Current N Max	THD A L1 Max	THD A L2 Max	THD A L3 Max	THD A N Max
19/07/2021	17:05:00	60	60	24	4	77.78	74.13	64	76.51
19/07/2021	21:05:00	60	60	24	4	77.94	74.08	63.79	74.19
20/07/2021	1:05:00	92	102	74	4	75.38	56.68	68.46	71.27
20/07/2021	5:05:00	78	79	52	4	75.39	63.33	72.7	73.32
20/07/2021	9:05:00	129	151	121	4	49.62	47.37	41.67	62.76
20/07/2021	13:05:00	72	77	35	4	77.04	64.95	54.92	79.35
20/07/2021	17:05:00	129	151	121	4	48.67	47.28	41.49	63.8
20/07/2021	21:05:00	92	102	74	4	75.31	63.35	71.88	73.27
21/07/2021	1:05:00	77	78	49	4	75.29	65.24	78.87	67.3
21/07/2021	5:05:00	77	78	49	5	75.36	65.19	78.65	68.3
21/07/2021	9:05:00	106	103	76	5	56.82	57.25	63.59	63.22
21/07/2021	13:05:00	117	131	110	4	56.66	57.19	63.51	64.5
21/07/2021	17:05:00	116	131	110	4	69.83	60.95	69.62	71.11
21/07/2021	21:05:00	86	94	65	5	73.06	53.83	68.05	68.59
22/07/2021	1:05:00	43	46	20	4	102.27	74.8	125.43	80.24
22/07/2021	5:05:00	86	86	63	4	102.32	74.85	126.04	79.57
22/07/2021	9:05:00	106	103	76	5	56.6	57.09	63.57	62.05
22/07/2021	13:05:00	60	60	24	4	77.78	74.18	64.01	73.21
22/07/2021	17:05:00	60	60	24	4	77.8	74.12	64.71	77.52
22/07/2021	21:05:00	103	111	87	4	96.94	74.22	124.41	74.69

23/07/2021	1:05:00	72	83	63	5	75.5	57.99	68.84	70.84
23/07/2021	5:05:00	94	102	76	5	66.66	52.19	62.73	65.67
23/07/2021	9:05:00	118	132	110	4	45.09	42.48	45.42	60.71
23/07/2021	17:05:00	60	60	24	4	77.83	73.98	63.86	75.43



Gambar 3. hasil data spektrum harmonik arus

Berdasarkan pada gambar 3 diatas, Dari hasil pengukuran, terlihat bahwa terdapat arus harmonik yang masih tinggi, melebihi nilai standar rasio hubung singkat instalasi listrik sebesar 15%. Hal ini bisa menandakan adanya distorsi harmonik yang signifikan dalam arus listrik. Pada spektrum harmonik arus, terlihat bahwa terdapat orde harmonik yang tinggi pada orde ke-3, ke-5, dan ke-7. Harmonik arus yang terbesar terdeteksi pada orde ke-3 dengan frekuensi 150 Hz (3×50 Hz). Persentase arus harmonik pada orde ke-3 mencapai 108.02%, yang jelas melebihi nilai standar 15%. Ini menunjukkan bahwa terdapat masalah serius dalam hal distorsi harmonik pada arus.

C. PENGOLAHAN DATA TEGANGAN HARMONIK

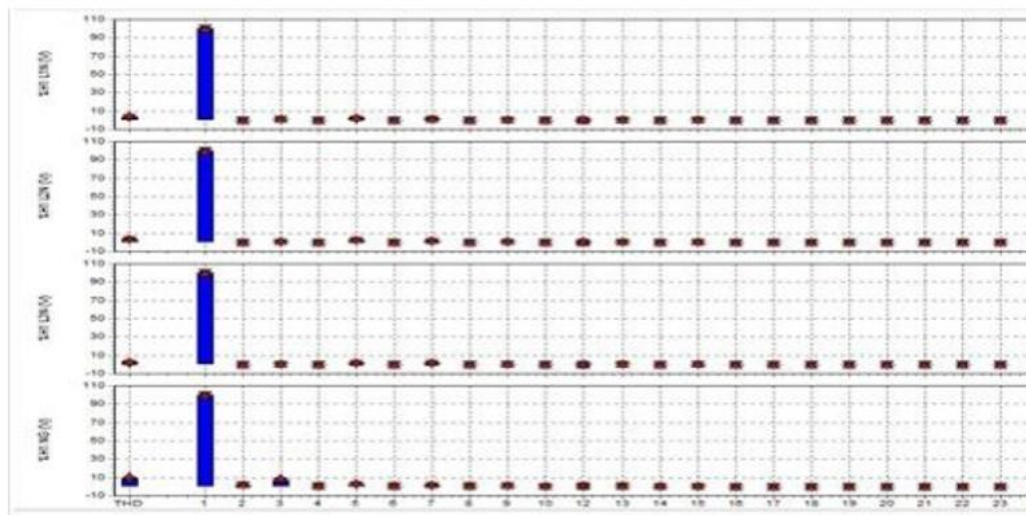
Berdasarkan pada tabel 1 diatas maka dapat dilakukan pengelompokan lagi untuk melakukan pengolahan data arus listrik dan THD arus yang dapat dilihat pada tabel 4, dan hasil data spektrum harmonik arus pada gambar 3

Tabel 4. Tegangan dan THD Tegangan

Date	Time	Voltage L1N Max	Voltage L2N Max	Voltage L3N Max	Voltage NG Max	THD V L1N Max	THD V L2N Max	THD V L3N Max	THD V NG Max
19/07/2021	17:05:00	221.85	221.86	223.12	24.81	3.22	3.26	1.35	10.02
19/07/2021	21:05:00	221.85	221.85	223.1	30.6	3.23	3.26	1.39	10.04
20/07/2021	1:05:00	221.96	221.35	222.25	23.48	4.28	4.31	3.28	9.02
20/07/2021	5:05:00	221.62	221.31	222.18	23.63	3.78	3.67	2.71	8.76
20/07/2021	9:05:00	221.54	220.16	221.3	23.14	4.37	4.6	3.28	10.03
20/07/2021	13:05:00	221.73	221.58	222.74	24.6	4.11	4.11	2.16	11.93
20/07/2021	17:05:00	221.67	220.19	221.27	30.23	4.38	4.63	3.3	9.93
20/07/2021	21:05:00	221.79	221.48	222.15	24.93	4.26	4.25	3.3	8.76
21/07/2021	1:05:00	221.53	221.27	222.07	25.15	3.79	3.74	2.72	8.93
21/07/2021	5:05:00	221.52	221.27	222.08	25.26	3.79	3.73	2.72	8.94
21/07/2021	9:05:00	220.74	220.82	221.19	24.68	4.56	4.46	3.49	9.9
21/07/2021	13:05:00	220.72	220.8	221.2	31.34	4.54	4.56	3.99	9.79
21/07/2021	17:05:00	222.07	221.87	222.3	24.93	4.68	4.49	3.83	9.5

Analisis Harmonik Beban Lampu *LED Taxiway Light*

21/07/2021	21:05:00	221.28	220.78	221.79	25.32	4.14	4.21	3.27	8.97
22/07/2021	1:05:00	222.28	221.77	223.33	26.45	2.62	2.64	1.33	8.54
22/07/2021	5:05:00	222.23	221.97	223.33	26.4	4.1	3.95	2.91	9.63
22/07/2021	9:05:00	220.73	220.82	221.22	31.06	4.56	4.46	3.48	9.87
22/07/2021	13:05:00	221.72	221.69	222.95	26.15	3.22	3.28	1.46	10.05
22/07/2021	17:05:00	221.69	221.67	222.92	26.27	3.21	3.27	1.47	10.07
22/07/2021	21:05:00	221.8	221.68	223.35	26.27	4.7	4.5	3.74	9.97
23/07/2021	1:05:00	221.66	220.86	221.83	25.13	3.57	3.64	3.06	8.19
23/07/2021	5:05:00	221.09	220.54	221.48	31.25	4.26	4.29	3.27	9.02
23/07/2021	9:05:00	220.1	219.54	220.3	24.88	3.93	4.09	3.37	8.63
23/07/2021	17:05:00	221.72	221.69	222.97	26.28	3.21	3.26	1.39	9.91
23/07/2021	21:05:00	221.31	220.85	221.66	25.22	4.29	4.38	3.28	8.48
24/07/2021	1:05:00	222.17	222.29	223.3	33.17	2.81	2.81	1	8.17
24/07/2021	5:05:00	222.2	222.29	223.3	26.48	2.81	2.8	1.01	8.28
24/07/2021	9:05:00	221.09	220.66	221.56	25.56	5.17	4.71	4.06	10.66
24/07/2021	13:05:00	221.38	221.61	222.84	26.26	4.08	4.06	2.11	11.22
24/07/2021	17:05:00	221.42	221.62	222.83	26.32	4.08	4.04	2.07	11.38
24/07/2021	21:05:00	221.43	221.31	221.8	32.97	4.3	4.34	3.3	9.13
25/07/2021	1:05:00	221.49	220.64	221.62	25.22	3.72	3.72	3.26	8.13
25/07/2021	5:05:00	222.46	221.21	222.45	25.3	4.25	4.24	3.27	8.98
25/07/2021	17:05:00	221.73	221.76	223.05	33.94	3.22	3.25	1.39	9.99
25/07/2021	21:05:00	221.71	221.69	222.96	26.39	3.22	3.25	1.36	10.06
25/07/2021	23:05:00	222.17	221.89	223.08	26.36	3.22	3.25	1.38	10.07
26/07/2021	3:05:00	221.5	220.64	221.67	32.89	3.72	3.72	3.25	8.15
26/07/2021	7:05:00	221.49	220.65	221.65	25.53	3.72	3.75	3.26	8.05
26/07/2021	11:05:00	222.07	221.87	222.98	26.05	2.61	2.68	1.29	9.04
26/07/2021	15:05:00	222.08	221.87	222.96	26.32	2.61	2.69	1.33	9.1



Gambar 4. hasil data spektrum harmonik tegangan

Berdasarkan pada grafik spektrum harmonik tegangan untuk L1, L2, dan L3 pada gambar 4 terlihat bahwa LED yang diukur memiliki karakteristik spektrum yang hampir sama.. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa harmonik tegangan pada LED terjadi pada orde ganjil dan Harmonik tegangan yang paling signifikan terdeteksi pada orde ke-5 yaitu $5 \times 50 \text{ Hz} = 250 \text{ Hz}$ dengan rata-rata persentase tegangan harmonik pada frekuensi ini sebesar 1.54 %.

KESIMPULAN

Untuk penggunaan lampu LED pada beban taxiway light, masih terlihat bahwa terdapat arus harmonik yang masih tinggi, melebihi nilai standar rasio hubung singkat instalasi listrik sebesar 15%, Harmonik arus yang terbesar terdeteksi pada orde ke-3 dengan frekuensi 150 Hz (3 x 50 Hz). Persentase arus harmonik pada orde ke-3 mencapai 108.02%, sedangkan untuk harmonik tegangan memiliki karakteristik spektrum yang hampir sama dan terjadi pada orde ganjil. Harmonik tegangan yang paling signifikan terdeteksi pada orde ke-5 yaitu 5 x 50 Hz = 250 Hz dengan rata-rata persentase tegangan harmonik pada frekuensi ini sebesar 1.54 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai dari DIPA Politeknik Penerbangan Indonesia Curug tahun anggaran 2022 dan didukung penuh oleh Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (PusPPM) Politeknik Penerbangan Indonesia Curug.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Aryani Koedoes, H. Tari Mokui, S. Nawal Jaya, and A. Nur Aliansyah, "Analisis Perbandingan Lampu Led Dengan Lampu Halogen Pada Air Field Lighting (Afl) Sebagai Upaya Efisiensi Penggunaan Energi Listrik di Bandar Udara Halu Oleo," *J. Pendidik. Vokasional Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 33–44, 2023.
- [2] A. Saragi and M. Caesar Akbar, "Analisa Peningkatan Efisiensi Daya Listrik Runway Edge Light Di Bandar Udara Minangkabau Dengan Lampu LED," *Airman J. Tek. dan Keselam. Transp.*, vol. 5, no. 2, pp. 54–62, 2022, doi: 10.46509/ajtk.v5i2.230.
- [3] T. (2), R. S. (3) Aditya Pratama. Y (1), "Analisa Apron Floodlight Menggunakan Lampu Led Di Bandar Udara Adi Soemarmo Solo," *J. Ilm. Aviasi Langit Biru*, vol. Vol. 13 No, no. 1, pp. 1–160, 2020.
- [4] F. Husnayain, D. S. Himawan, A. R. Utomo, I. M. Ardita, and B. Sudiarto, "Analisis Perbandingan Kinerja Lampu LED , CFL , dan Pijar pada Sistem Penerangan Kantor," *Cyclotr. J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 01, 2023.
- [5] A. W. Leonardus Heru Pratomo, Satrio Fitrianto, "Analisis Harmonisa pada off-grid Photovoltaic Solar Power System terhadap Beban non-linier," *Pros. RITEKTRA*, pp. 1–9, 2021.
- [6] I. G. Ariana, I. G. D. Arjana, and I. W. Rinas, "Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Rugi -Rugi Daya (Losses) Pada Transformator Di Penyulang Sedap Malam," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 1, p. 97, 2017, doi: 10.24843/mite.1601.14.
- [7] Mustamam, M. Affandi, and A. R. Lubis, "Analisis dan Reduksi Harmonisa Arus pada Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan Menggunakan Single Tuned Passive Filter," *Semnastek Uisu*, pp. 158–163, 2019.
- [8] E. Sarwono and V. N. Sulistyawan, "Karakteristik Hamonik Pada Beban Nonlinear Lampu LED," *Edu Elektr. J.*, vol. 8, no. 2, pp. 78–83, 2019, [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/eduel/article/view/38548%0Ahttps://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/eduel/article/view/38548/15944>.
- [9] E. M. Silalahi, B. Widodo, and R. Purba, "Analisis Total Harmonic Distortion (THD) dan Arus Harmonik Akibat Penggunaan Lampu Hemat Energi (LHE) dan Light-Emitting Diode (LED) secara Kolektif Pada Jaringan Tegangan Rendah," *J. Fokus Elektroda Energi List. Telekomun. Komputer, Elektron. dan Kendali*, vol. 6, no. 1, p. 54, 2021, doi: 10.33772/jfe.v6i1.16044.
- [10] E. Yusuf and W. Kastawan, "Karakteristik Harmonisa Pada Sistem Daya Listrik Air Handling Unit (AHU) Industri Farmasi," *J. Tek. Energi*, vol. 10, no. 1, pp. 1–6, 2021, doi: 10.35313/energi.v10i1.2311.