

PERANCANGAN PROTOTIPE *VOLTAGE FLICKER* METER DENGAN METODE DFT BERBASIS ARDUINO

Sawung Rananggono, Intan Eka Puspitasari, Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST., M. Eng.
Jurusan D3 Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
sawung313@gmail.com, intan_eka23@yahoo.co.id

ABSTRAK - Kualitas daya listrik mempunyai peranan yang sangat penting dalam sistem tenaga listrik. Salah satu yang dapat mempengaruhi kualitas daya listrik adalah *voltage flicker*. *Voltage flicker* adalah fenomena distorsi pada amplitudo gelombang tegangan secara berulang. Adanya *voltage flicker* tersebut bersumber dari adanya beban-beban fluktuatif, seperti *welding machine*, *arc furnace*, *static converter* dan *pulsating loads* seperti motor. Berdasarkan hasil studi lapangan, *voltage flicker* masih belum mendapatkan perhatian utama dari PLN. Sedangkan akibat yang ditimbulkan oleh *voltage flicker* itu sendiri sangat merugikan baik bagi pelanggan maupun PLN, diantaranya adalah terjadinya malfungsi pada relay proteksi yang dapat mengganggu sistem proteksi jaringan. *Voltage flicker* juga dapat merusak peralatan elektronik yang sensitif terhadap fluktuasi tegangan dan membuat lampu penerangan menjadi terang dan redup sehingga mengganggu kenyamanan penglihatan manusia.

Oleh karena itu, perlu dibuat alat untuk mendeteksi adanya *voltage flicker*. Pada Tugas Akhir ini dibuat Perancangan Prototipe *Voltage Flicker* Meter dengan Metode DFT Berbasis Arduino. Arduino akan mengirimkan data gelombang tegangan ke PC melalui komunikasi serial. Data akan diolah oleh *software* MATLAB menggunakan metode DFT dan menghasilkan indikasi ada atau tidaknya *voltage flicker*.

Alat ini memiliki nilai kesalahan pembacaan tegangan menggunakan *software* MATLAB sebesar 0,8001 % dan 1,7 % untuk pembacaan arus. Berdasarkan hasil pengujian, beban las listrik Falcon120e berpotensi menimbulkan *voltage flicker*. Sedangkan beban *grinder* tipe RBG200AL, *compressor* listrik tipe Swan SP-IS dan bor listrik tipe J1Z-10B tidak berpotensi menimbulkan *voltage flicker*.

Kata kunci : *Voltage Flicker*, Tegangan, Arduino, DFT.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Suatu sistem tenaga listrik dikatakan memiliki tingkat keandalan yang tinggi apabila sistem tersebut mampu menyediakan pasokan energi listrik yang dibutuhkan oleh beban secara kontinu dan dengan kualitas daya yang baik dari segi regulasi tegangan maupun regulasi frekuensi. Pada kenyataannya, banyak permasalahan-permasalahan yang dihadapi oleh PLN sebagai penyedia sistem tenaga listrik dalam menjaga

kualitas daya listrik. Salah satu permasalahan yang terjadi adalah *voltage flicker*.

Voltage flicker adalah sebuah fenomena distorsi pada amplitudo gelombang tegangan secara berulang. *Voltage flicker* merupakan salah satu dari beberapa gangguan serius dalam permasalahan kualitas daya yang dapat memperburuk stabilitas dan efisiensi dari sebuah sistem tenaga [1].

Voltage flicker memiliki beberapa dampak diantaranya dapat menyebabkan malfungsi pada relay proteksi [1]. Malfungsi yang terjadi pada relay proteksi dapat mengganggu sistem proteksi jaringan yang telah dikoordinasikan dengan baik. *Voltage flicker* juga dapat merusak peralatan elektronik yang sensitif terhadap fluktuasi tegangan [1]. Selain itu *voltage flicker* menyebabkan fluktuasi tegangan yang dapat menyebabkan kedipan terang dan redup pada lampu penerangan yang dapat mengganggu kenyamanan penglihatan mata manusia [2].

Tipikal beban potensial penghasil *flicker* adalah beban industri seperti *arc furnaces* dan motor dengan kapasitas besar [3]. Beban-beban penghasil harmonisa seperti *static converter* dan *arc furnaces* serta *pulsating loads* seperti motor induksi juga dapat menghasilkan *voltage flicker* [4]. Selain itu *electric welders* juga termasuk beban yang berpotensi menghasilkan *voltage flicker* [5].

Voltage flicker selama ini masih belum menjadi perhatian utama dalam pemantauan kualitas daya oleh PLN. Penggunaan *voltage flicker* meter sebagai pemantau *flicker* belum banyak digunakan. Sedangkan pengaruh yang dihasilkan oleh adanya *voltage flicker* sangat merugikan baik bagi pelanggan maupun bagi PLN sendiri.

Dengan melakukan pendeteksian gangguan *voltage flicker* pada pelanggan-pelanggan potensial penyumbang *flicker*, pelanggan yang memiliki beban-beban yang telah disebutkan diatas, maka PLN akan mendapatkan data gelombang tegangan dan indikasi *flicker* yang terjadi. Dengan data tersebut PLN dapat melakukan tindakan pencegahan dengan memberikan peringatan atau denda kepada pelanggan penyumbang *flicker*. Sehingga kualitas daya sistem tenaga listrik PLN terjaga dari gangguan *voltage flicker* dan pelanggan lain yang berada disekitar beban penyumbang *voltage flicker* tetap mendapatkan daya dengan kualitas yang baik tanpa khawatir peralatan listrik yang dimiliki akan rusak serta dapat melakukan aktifitas tanpa terganggu oleh kedipan dari lampu penerangan akibat adanya gangguan *voltage flicker*.

Harga *voltage flicker* meter saat ini relatif mahal. Dengan biaya pembuatan yang relatif lebih murah dan dengan beberapa proses pengembangan

lebih lanjut maka alat ini diharapkan bisa menjadi solusi terhadap permasalahan tersebut.

1.2. Permasalahan

Melihat dari latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan, diantaranya :

1. *Voltage flicker* belum menjadi perhatian utama dalam pemantauan kualitas daya listrik oleh PLN.
2. Harga alat pendeteksi *voltage flicker* relatif mahal.
3. *Voltage flicker* menyebabkan malfungsi *relay* proteksi, kerusakan peralatan listrik yang sensitif terhadap fluktuasi tegangan, dan kedipan lampu yang mengganggu kenyamanan penglihatan manusia.
4. *Voltage flicker* harus dideteksi agar dapat dilakukan tindakan pencegahan.

1.3. Batasan Masalah

Dari perumusan masalah diatas, maka batasan masalah dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Pengujian beban dilakukan secara *offline*.
2. Pengujian dilakukan dengan mendeteksi gelombang tegangan.
3. Beban yang diuji adalah beban satu fasa.
4. Komunikasi menggunakan komunikasi serial.
5. Sampel data diambil sebanyak 2500 data dengan frekuensi *sampling* berkisar 1500 data tiap detik.
6. Transformasi sinyal tegangan menggunakan DFT (*Discrete Fourier Transform*).
7. Parameter yang ditampilkan pada PC adalah gelombang tegangan, grafik hasil transformasi DFT, nilai V_{rms} , ΔV dan THDv.
8. Penyimpanan data informasi nilai tegangan, arus dan waktu pada *SD Card* sebagai informasi tambahan untuk memantau nilai tegangan dan arus.
9. Proses pendeteksian *voltage flicker* dengan menghubungkan alat ke PC dan proses penyimpanan informasi nilai tegangan, arus dan waktu pada *SD Card* dilakukan secara bergantian.

1.4. Tujuan

Tujuan kami menuliskan Tugas Akhir ini adalah:

1. Membuat sebuah prototipe yang mampu mendeteksi adanya *voltage flicker* dengan menggunakan sensor tegangan.
2. Merancang *data logging* sebagai *file data history* nilai tegangan dan arus untuk informasi tambahan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir yang berjudul “Perancangan Prototipe *Voltage Flicker* Meter dengan

Metode DFT Berbasis Arduino”, terdapat beberapa kegiatan yang dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Studi Pustaka: dalam kegiatan ini dilakukan pembelajaran terhadap topik-topik yang bersangkutan dengan Tugas Akhir ini, diantaranya adalah kualitas daya, *voltage flicker*, Arduino, MATLAB, DFT, RTC, *SD Card*, sensor tegangan ZMPT101b.
2. Perencanaan dan Pembuatan Alat : perancangan dilakukan dengan pemodelan sistem dalam kondisi ideal. Perencanaan dilakukan untuk menyusun sistem yang terdiri atas sensor tegangan ZMPT101b, Arduino, rangkaian *power supply*, sensor arus ACS712 20A, *SD Card* dan RTC.
3. Perencanaan dan Pembuatan Software: software yang digunakan adalah pemrograman Arduino dan MATLAB untuk dapat menampilkan gelombang *output* dari sensor tegangan dan transformasi DFT.
4. Uji Coba dan Analisis Data : dengan proses uji coba dan analisa terhadap alat diharapkan akan membantu dan mempermudah mahasiswa apabila alat tersebut mengalami gangguan. Tahapan ini dilakukan dengan cara melakukan pengecekan alat, dan analisa hasil berdasarkan literatur yang telah dipelajari. Beberapa pengujian yang akan dilakukan pada alat yaitu : pengujian sensor tegangan ZMPT101b, pengujian sensor arus ACS712 20A, pengujian RTC, pengujian *SD Card*, pengujian komunikasi serial dan pengujian secara keseluruhan.
5. Penyusunan Laporan: Setelah melalui beberapa pengujian pada alat untuk mengetahui kelemahan serta penyempurnaan alat tersebut, maka dilakukanlah penyusunan laporan. Laporan berisikan informasi dan dokumentasi dari yang didapat selama pembuatan alat sampai selesai.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Sensor Tegangan ZMPT101b

Sensor tegangan digunakan untuk mengukur besar tegangan yang ada. Sensor tegangan yang dipakai adalah sensor tegangan ZMPT101b. Sensor Tegangan diuji dengan menggunakan variac dan multimeter SANWA CD800a. Data yang didapat ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Data Perbandingan Pengukuran Sensor Tegangan ZMPT101b Terhadap *Voltmeter* SANWA CD800a

NO	Pembacaan Tegangan		<i>Error</i>
	<i>Voltmeter</i> SANWA CD800a	ZMPT101b (Tampilan LCD 16x2)	
1	175,2 VAC	174 VAC	0,68 %
2	180,2 VAC	179,3 VAC	0,49 %

No	Pembacaan Tegangan		Error
	Voltmeter SANWA CD800a	ZMPT101b (Tampilan LCD 16x2)	
3	185,3 VAC	184,32 VAC	0,52 %
4	190,7 VAC	189,97 VAC	0,38 %
5	200 VAC	199,25 VAC	0,37 %
6	210,5 VAC	209,79 VAC	0,33 %
7	215,5 VAC	215,05 VAC	0,20 %
8	220,5 VAC	220,31 VAC	0,08 %
9	226,6 VAC	226,36 VAC	0,06 %
10	229,9 VAC	229,46 VAC	0,19 %
11	235,5 VAC	234,56 VAC	0,39 %
12	240,2 VAC	239,04 VAC	0,48 %
13	245,5 VAC	244,62 VAC	0,35 %
14	249,9 VAC	248,9 VAC	0,40 %
Error rata-rata			0,35 %

Dapat dilihat pada Tabel 3.1. bahwa *error* terbesar terjadi pada data ke-1 yaitu sebesar 0,68 % dan *error* terkecil terjadi pada data ke-9 yaitu sebesar 0,06 %. Sedangkan nilai *error* rata-rata adalah 0,35%. *Error* yang terjadi masih berada dalam batas toleransi.

3.2. Pengujian Sensor Arus ACS712

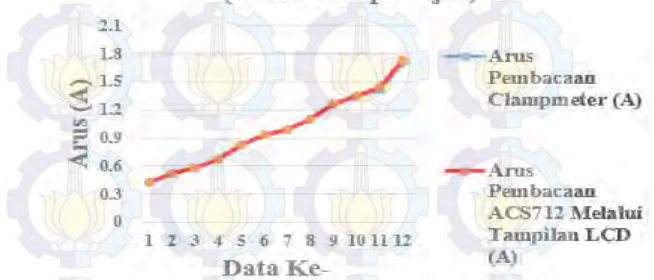
Pada pengujian sensor arus ACS712 ini dilakukan dengan cara membandingkan pembacaan arus beban lampu pijar oleh sensor ACS712 dengan pembacaan *clampmeter* Kyoritsu KEW 2117R. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah pembacaan sensor arus ACS712 telah sesuai atau belum. Data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Data Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712 20A Menggunakan Beban Lampu Pijar

No	P Beban Lampu Pijar (Watt)	Arus Pembacaan		Error (%)
		Clampmeter (A)	ACS712 Melalui Tampilan LCD (A)	
1	100	0,42	0,4	2,38
2	125	0,52	0,53	1,92
3	140	0,58	0,58	0
4	160	0,67	0,68	1,49
5	200	0,83	0,85	2,40
6	225	0,94	0,95	1,06
7	240	0,99	0,99	0
8	260	1,1	1,11	0,90
9	300	1,26	1,28	1,58
10	325	1,35	1,39	2,96
11	340	1,41	1,44	2,12
12	400	1,7	1,73	1,76
Error rata-rata				1,55

Gambar 3.1. ini merupakan pembacaan sensor arus ACS712 20A dan *Clampmeter* Kyoritsu KEW 2117R dengan beban lampu pijar.

Grafik Pembacaan Arus ACS712 dan *Clampmeter* Kyoritsu KEW 2117R (Beban Lampu Pijar)



Gambar 3.1. Pembacaan Sensor Arus dan *Clampmeter*

Dari Gambar 3.1. dapat diketahui bahwa pembacaan sensor arus ACS712 terhadap *clampmeter* memiliki grafik yang sebanding.

3.3. Pengujian Keseluruhan

Tujuan pengujian ini adalah sebagai pembuktian bahwa alat dapat berjalan sesuai dengan harapan yang diinginkan. Pada pengujian ini, akan digunakan beberapa jenis beban. Beban tersebut akan diuji apakah berpotensi menghasilkan *voltage flicker* atau tidak. Parameter yang akan ditampilkan dalam *software* adalah grafik tegangan, grafik transformasi DFT, nilai ΔV , nilai V_{rms} dan nilai THDv. Nilai V_{rms} akan dibandingkan dengan voltmeter CD800a. Nilai THDv akan dibandingkan dengan alat ukur FLUKE 43B *power quality analyzer*. Sedangkan untuk parameter lain tidak dilakukan perbandingan dikarenakan keterbatasan sarana berupa alat ukur *voltage flicker*.

3.3.1. Pembacaan Nilai Tegangan pada Tampilan *Software* MATLAB

Dalam pengujian ini, dilakukan pengukuran nilai tegangan *output variac* menggunakan voltmeter sanwa CD800a. Nilai yang terukur oleh voltmeter akan dibandingkan dengan nilai yang ditampilkan oleh tampilan MATLAB. Hal ini untuk menguji apakah perhitungan nilai tegangan pada program MATLAB telah sesuai atau tidak. Tabel 3.3. menunjukkan hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 3.3. Hasil Pengujian Pembacaan Nilai Tagangan pada Tampilan MATLAB

No	V MATLAB (VAC)	V Voltmeter SANWA CD800a (VAC)	Error (%)
1	219,213	220,2	0,4482
2	224,453	225,3	0,3759
3	221,41	222	0,2657
4	230,1163	230,9	0,3394
5	234,0013	235,2	0,5096
6	239,3743	240,1	0,3022
7	243,9798	244,6	0,2535
8	214,0423	215	0,4454
9	209,0033	210,2	0,5693
10	203,84	205	0,5658

No	V MATLAB (VAC)	V Voltmeter SANWA CD800a (VAC)	Error (%)
11	199,0978	200,4	0,6498
12	193,1661	194,5	0,6858
13	188,8152	190,1	0,6758
14	183,8152	184,8	0,5329
15	179,4035	180,6	0,6625
16	174,1029	175,5	0,7960
17	169,1643	170,3	0,6668
18	164,1758	165,5	0,8001
Error Rata-Rata			0,5023

Berdasarkan Tabel 3.3. terlihat persen *error* terbesar yang terjadi adalah 0,8001 % pada data ke-18. *Error* rata-rata sebesar 0,5023%. Dari nilai *error* yang ditunjukkan data, dapat dikatakan proses penghitungan nilai tegangan pada MATLAB telah sesuai.

3.3.2. Perbandingan Hasil Perhitungan Nilai THDv dengan Alat Ukur FLUKE

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan nilai THDv yang dihitung oleh tampilan MATLAB dengan nilai THDv yang ditampilkan oleh alat ukur FLUKE 43B *power quality analyzer*. Tabel 3.4. adalah hasil perbandingan pengukuran THDv.

Tabel 3.4. Perbandingan Pembacaan THDv antara MATLAB dan FLUKE

No	Beban	THDv MATLAB (%)	THDv FLUKE (%)
1	Tanpa beban	1,8162	1,5
2	Bor listrik	1,8324	1,6
3	Setrika	1,7926	1,5
4	Kipas angin	1,8273	1,6
5	Heater	1,8192	1,5

3.3.3. Hasil Pengujian Menggunakan Beban Las Listrik Falcon120e

Pada pengujian ini akan dilakukan pengambilan data pada beban las listrik Falcon120e, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.31. dengan spesifikasi peralatan sebagai berikut [6] :

Daya Listrik	: 900 Watt
Arus Output	: 10 - 120 A
Diameter Kawat Las	: 2 - 4 mm
Ukuran Soket	: 25 mm
Dimensi	: 270 x 200 x 110 mm
Pendingin	: Kipas
Duty Cycle	: 60 % (pada 120A), 100 % (pada 100A)

Tujuan melakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah las listrik tipe Falcon120e merupakan beban penghasil *voltage flicker* atau tidak. Cara pengujian yang dilakukan adalah dengan membandingkan bentuk grafik tegangan, grafik transformasi DFT, nilai ΔV dalam keadaan tanpa beban, keadan las listrik tidak aktif melakukan

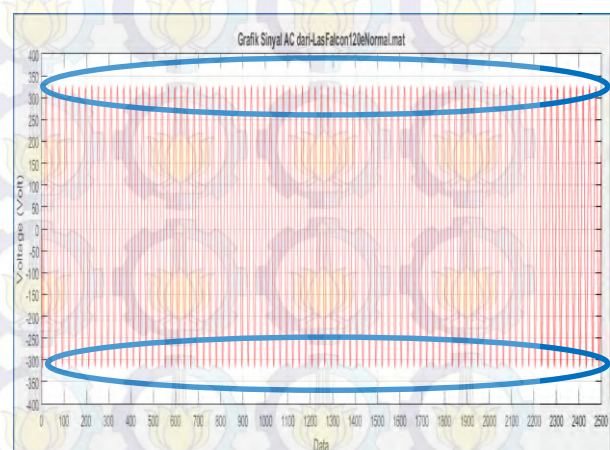
pengelasan, dan keadaan saat las listrik digunakan untuk melakukan proses pengelasan. Tabel 3.5. dibawah ini adalah hasil pengujian pada beban las listrik Falcon 120e.

Tabel 3.5. Data Pengujian Beban Las Listrik Falcon 120e

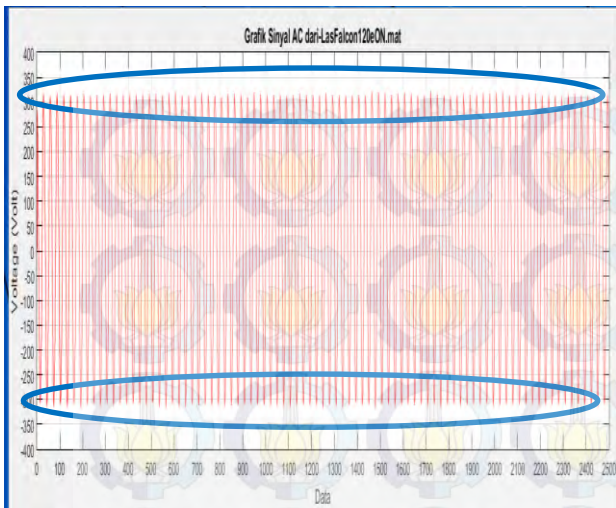
No	Kondisi	Tampilan MATLAB			
		Vrms (Volt)	ΔV positif (Volt)	ΔV negatif (Volt)	THDv (%)
1	Normal Tanpa Beban	225,063	1,8601	-2,3952	3,5212
2	Beban Las Terpasang Tanpa Melakukan Pengelasan	224,428	7,67407	-8,48593	4,6495
3	Melakukan Pengelasan	217,062	55,1857	-47,6343	9,2414

Selanjutnya berdasarkan data pada Tabel 3.5. dapat terlihat nilai ΔV positif saat keadaan tanpa beban hanya 1,8601 Volt dan naik saat beban terpasang namun tidak melakukan pengelasan menjadi 7,67407 Volt, sedangkan pada saat melakukan proses pengelasan nilai ΔV positif semakin besar menjadi 55,1857 Volt. Sedangkan ΔV negatif pada saat tanpa beban yaitu sebesar -2,3952 dan turun ketika beban dipasang namun tidak melakukan pengelasan menjadi -8,48593 Volt, lalu saat beban melakukan proses pengelasan nilainya menurun menjadi -47,6343 Volt.

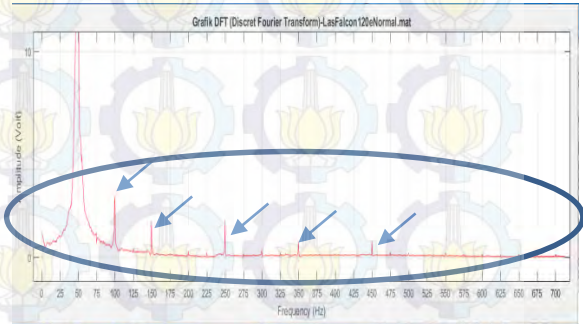
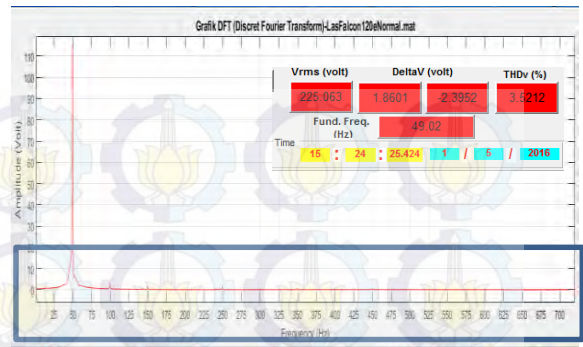
Pada Gambar 3.2. berikut ini adalah gelombang tegangan tanpa beban, pada Gambar 3.3. adalah gelombang tegangan untuk keadaan tidak melakukan pengelasan sedangkan pada Gambar 3.4. adalah gelombang tegangan dalam keadaan pengelasan.



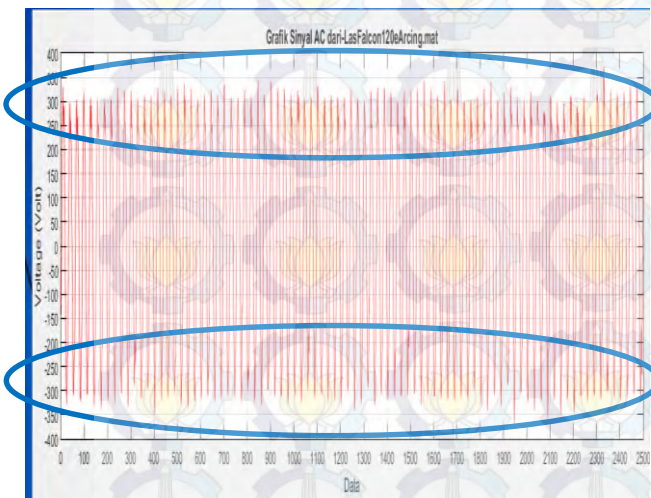
Gambar 3.2. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Tanpa Beban



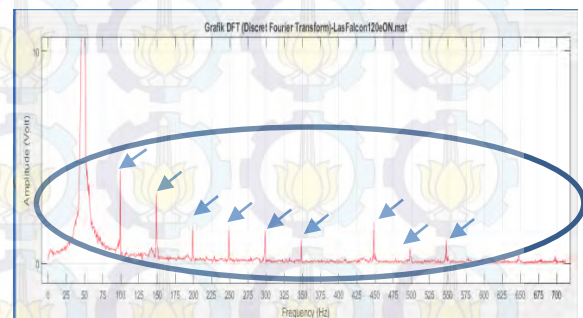
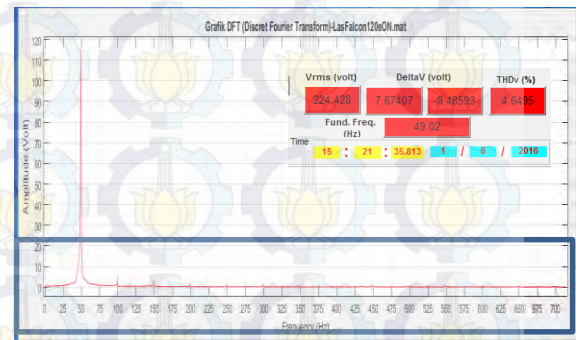
Gambar 3.3. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Beban Las Terpasang Tanpa Melakukan Pengelasan



Gambar 3.5. Transformasi Gelombang Tegangan Tanpa Beban.



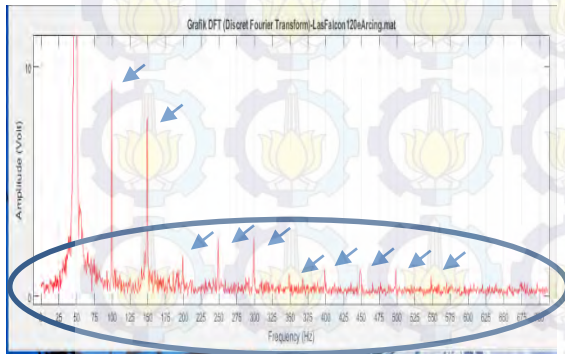
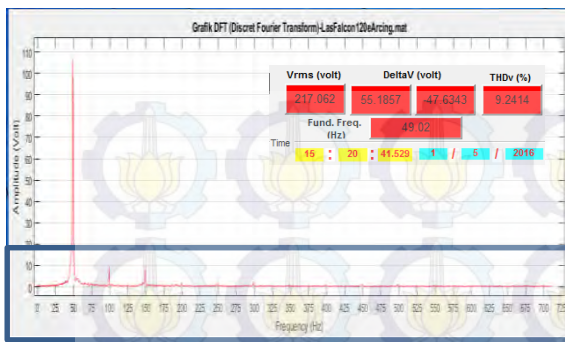
Gambar 3.4. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Beban Las Melakukan Proses Pengelasan



Gambar 3.6. Transformasi Gelombang Tegangan dengan Beban Las Listrik Tanpa Melakukan Pengelasan

Pada Gambar 3.2. dan Gambar 3.3. terlihat bahwa amplitudo gelombang tegangan yang terukur relatif rata sedangkan pada Gambar 3.4. terlihat bahwa amplitudo gelombang tegangan yang terukur mengalami fluktuasi naik turun secara berulang. Hal inilah yang menyebabkan nilai ΔV saat melakukan pengelasan lebih besar daripada saat tidak melakukan pengelasan dan saat tanpa beban.

Selanjutnya akan dibandingkan grafik hasil transformasi dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode DFT. Gambar 3.5. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan tanpa beban, Gambar 3.6. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan dengan beban las terpasang tanpa melakukan pengelasan dan pada Gambar 3.7. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan saat melakukan pengelasan.



Gambar 3.7. Transformasi Gelombang Tegangan dengan Beban Las Listrik saat Melakukan Pengelasan

1. Penjelasan Gambar 3.5.

Gambar 3.5. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan tanpa beban dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode DFT. Dari Gambar 3.5. terlihat frekuensi fundamental berada pada kisaran nilai 50 Hz. Di frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 250 Hz, 300 Hz, dan 450 Hz terdapat komponen gelombang selain fundamental.

2. Penjelasan Gambar 3.6.

Gambar 3.6. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan dengan beban las tanpa melakukan pengelasan dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode DFT. Dari Gambar 3.6. terlihat frekuensi fundamental berada pada kisaran nilai 50 Hz. Di frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 300 Hz, 350 Hz, 450 Hz, 500 Hz dan 550 Hz terdapat komponen gelombang selain fundamental.

3. Penjelasan Gambar 3.7.

Gambar 3.7. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan dengan beban las ketika melakukan pengelasan dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode DFT. Dari Gambar 3.7. terlihat frekuensi fundamental berada pada kisaran nilai 50 Hz. Di frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 300 Hz, 350 Hz, 450 Hz, 500 Hz dan 550 Hz terdapat komponen gelombang selain fundamental. Pada daerah yang berada dalam lingkaran

terlihat relatif tidak sehalus seperti pada Gambar 3.5. dan Gambar 3.6.

Terdapat perbedaan antara grafik yang ada pada Gambar 3.5., Gambar 3.6. dan Gambar 3.7.. Pada Gambar 3.5. komponen gelombang selain fundamental hanya muncul di frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 250 Hz, 300 Hz, dan 450 Hz. Sedangkan pada Gambar 3.6. komponen gelombang selain fundamental muncul di frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 300 Hz, 350 Hz, 450 Hz, 500 Hz dan 550 Hz. Selanjutnya pada Gambar 3.7. komponen selain fundamental yang muncul memiliki frekuensi yang sama dengan Gambar 3.6. hanya saja nilai amplitudonya relatif lebih tinggi.

Komponen gelombang yang memiliki frekuensi kelipatan 50 Hz (frekuensi fundamental) adalah komponen gelombang yang menyebabkan nilai THDv tinggi. Hal ini bisa dilihat pada Tabel 3.5. nilai THDv terendah dimiliki oleh gelombang tegangan tanpa beban yang memiliki grafik hasil transformasi pada Gambar 3.5. dengan jumlah komponen dengan frekuensi kelipatan fundamental paling sedikit. Selanjutnya di urutan kedua adalah gelombang tegangan dengan beban las namun tanpa melakukan pengelasan yang memiliki grafik hasil transformasi pada Gambar 3.6. dengan jumlah komponen frekuensi kelipatan fundamental lebih banyak daripada Gambar 3.5. Dan yang tertinggi adalah ketika melakukan proses pengelasan yang memiliki grafik hasil transformasi pada Gambar 3.7. dengan jumlah komponen frekuensi kelipatan fundamental sama dengan Gambar 3.6. hanya saja nilai amplitudonya yang relatif lebih tinggi.

Pembahasan selanjutnya adalah perbedaan dari ketiga grafik hasil transformasi diatas berdasarkan daerah yang dilingkari. Pada grafik di Gambar 3.5. dan 3.6. bentuk grafik cenderung halus, tidak ada lonjakan lonjakan kecil. Namun hal lain terjadi pada grafik di Gambar 3.7. yang cenderung terdapat lonjakan-lonjakan kecil. Hal ini bisa diperhatikan dengan melihat grafik pada daerah yang dilingkari.

Setelah melakukan pengujian pada las listrik Falcon120e dan membandingkan hasil pengujian dengan kondisi tanpa beban dimana kondisi ini dianggap normal tidak ada gangguan *voltage flicker* maka dapat ditarik kesimpulan bahwa las listrik Falcon120e adalah beban yang berpotensi menghasilkan *voltage flicker* ketika melakukan proses pengelasan karena memiliki bentuk amplitudo gelombang tegangan yang fluktuatif. Hal ini bisa dilihat dari grafik gelombang tegangan dengan domain waktu maupun hasil transformasi dengan domain frekuensi dan nilai ΔV yang begitu besar dibandingkan dengan keadaan normal tanpa beban maupun saat tanpa melakukan pengelasan.

3.3.4. Hasil Pengujian Menggunakan Beban *Grinder* Tipe RBG200AL

Pada pengujian ini akan dilakukan pengambilan data pada beban grinder tipe RBG200AL. Adapun beban grinder RBG200AL ini memiliki spesifikasi sebagai berikut [7]:

Daya Listrik : ¾ HP

Tegangan : 220 Volt
 Frekuensi : 50 Hz
 Kecepatan : 2950 rpm

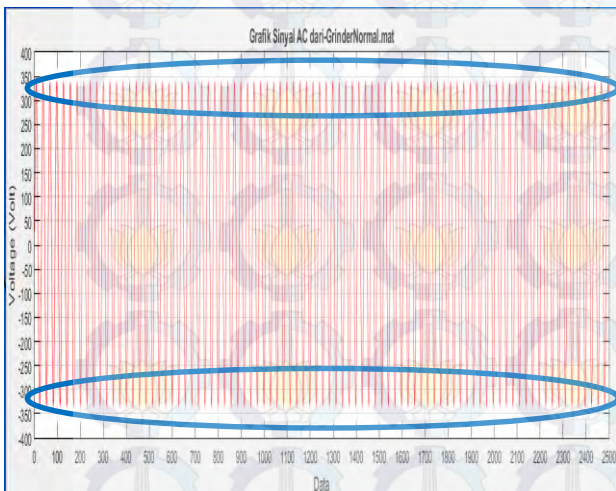
Tujuan melakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah grinder RBG200AL merupakan beban penghasil voltage flicker atau tidak. Dengan membandingkan bentuk grafik tegangan, grafik transformasi DFT dan nilai ΔV dalam keadaan tanpa beban dan keadaan saat grinder digunakan dapat terlihat apakah beban ini berpotensi menimbulkan *voltage flicker* atau tidak. Tabel 3.6. dibawah ini adalah hasil pengujian pada beban grinder RBG200AL.

Tabel 3.6. Data Pengujian Beban Grinder

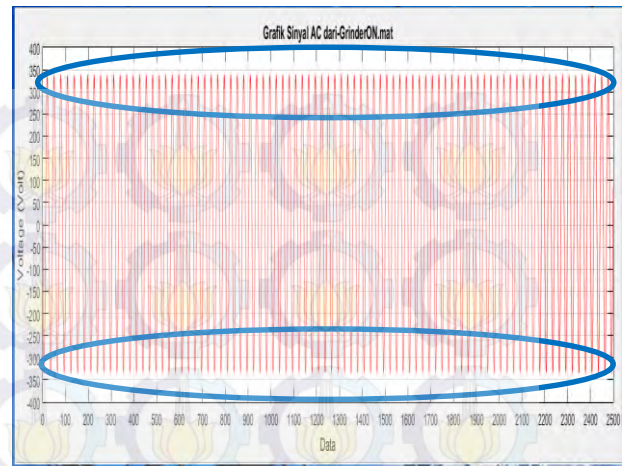
No	Kondisi	Tampilan MATLAB			
		Vrms (Volt)	ΔV positif (Volt)	ΔV negatif (Volt)	THDv (%)
1	Normal Tanpa Beban	235,378	1,7074	-1,2226	3,7717
2	Beban Grinder Digunakan	234,967	0,56035	-2,3697	3,7548

Pada Tabel 3.6. dapat terlihat nilai ΔV positif saat keadaan tanpa beban sebesar 1,7074 Volt dan berubah saat beban grinder digunakan menjadi 0,56035 Volt. Sedangkan ΔV negatif saat tanpa beban sebesar -1,2226 Volt dan ketika beban grinder digunakan menjadi -2,3697 Volt. Perubahan ΔV saat tanpa beban dan beban digunakan tidak terlalu signifikan.

Pada Gambar 3.8. berikut ini adalah gelombang tegangan tanpa beban, dan Gambar 3.9. adalah gelombang tegangan untuk keadaan grinder digunakan.



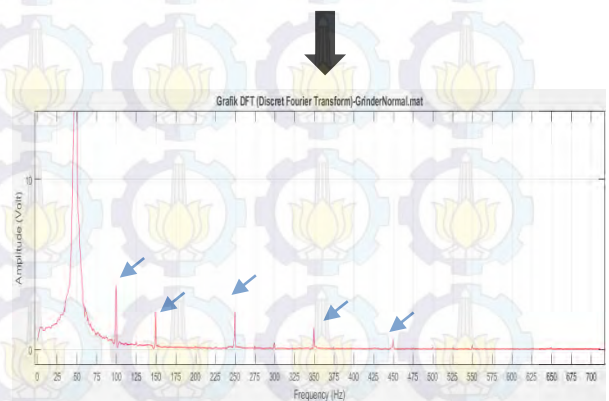
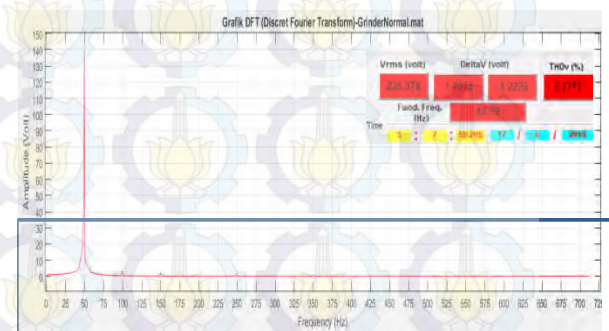
Gambar 3.8. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Tanpa Beban



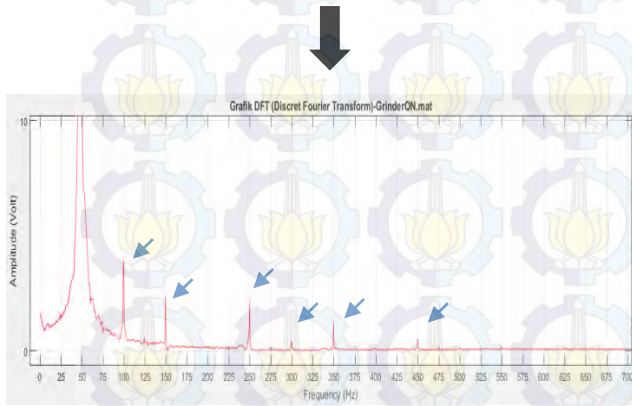
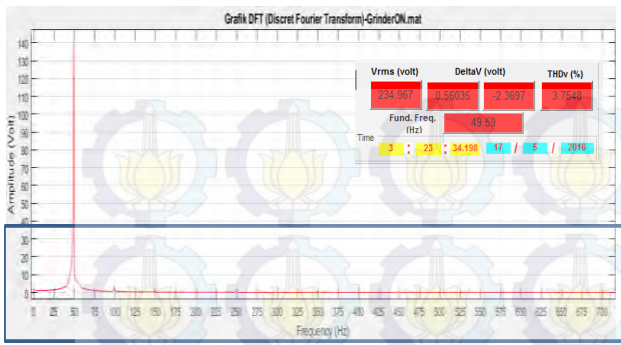
Gambar 3.9. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Grinder Digunakan

Bentuk gelombang tegangan dan amplitudo gelombang tegangan pada Gambar 3.8. dan Gambar 3.9. terlihat relatif sama dan rata. Tidak terdapat adanya perubahan naik turun amplitudo gelombang tegangan yang begitu besar.

Selanjutnya akan dibandingkan grafik hasil transformasi dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode DFT. Gambar 3.10. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan tanpa beban dan Gambar 3.11. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan saat beban grinder digunakan.



Gambar 3.10. Transformasi Gelombang Tegangan Tanpa Beban



Gambar 3.11. Transformasi Gelombang Tegangan ketika Beban *Grinder* Digunakan

Gambar 3.10. merupakan grafik hasil transformasi gelombang tegangan dalam keadaan tanpa beban dan Gambar 3.11. merupakan grafik hasil transformasi gelombang tegangan dalam keadaan beban *grinder* digunakan.

Pada Gambar 3.10. terlihat frekuensi fundamental berada pada kisaran nilai 50 Hz. Pada frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 250 Hz, 350 Hz dan 450 Hz terdapat komponen gelombang selain fundamental.

Pada Gambar 3.11. frekuensi fundamental juga berada pada kisaran nilai 50 Hz. Pada frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 250 Hz, 300 Hz, 350 Hz dan 450 Hz terdapat komponen gelombang selain fundamental.

Setelah melakukan pengujian pada *grinder* RBG200AL dan membandingkan hasil pengujian saat *grinder* digunakan dengan kondisi tanpa beban dimana kondisi ini dianggap normal tidak ada gangguan *voltage flicker* maka dapat ditarik kesimpulan bahwa *grinder* RBG200AL adalah beban yang tidak berpotensi menghasilkan *voltage flicker*. Hal ini bisa dilihat pada grafik gelombang tegangan dengan domain waktu maupun grafik hasil transformasi dengan domain frekuensi saat beban *grinder* digunakan yang bentuknya relatif sama dengan grafik ketika dalam keadaan tanpa beban.

3.3.5. Hasil Pengujian Menggunakan Beban *Compressor* Listrik Swan SP-IS.

Tujuan melakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah *compressor* SWAN SP-IS, merupakan beban penghasil *voltage flicker* atau tidak. Dengan membandingkan bentuk grafik tegangan, grafik transformasi DFT dan nilai ΔV dalam keadaan

tanpa beban dan keadaan saat *compressor* digunakan dapat terlihat apakah beban *compressor* Swan SP-IS dapat menimbulkan *voltage flicker* atau tidak. Adapun beban *compressor* listrik Swan SP-IS ini memiliki spesifikasi sebagai berikut [8] :

- Daya Listrik : ¼ HP
- Frekuensi : 50 Hz
- Tegangan : 110-220 Volt
- RPM : 1430
- Arus Nominal : 2,7 – 5,4 A

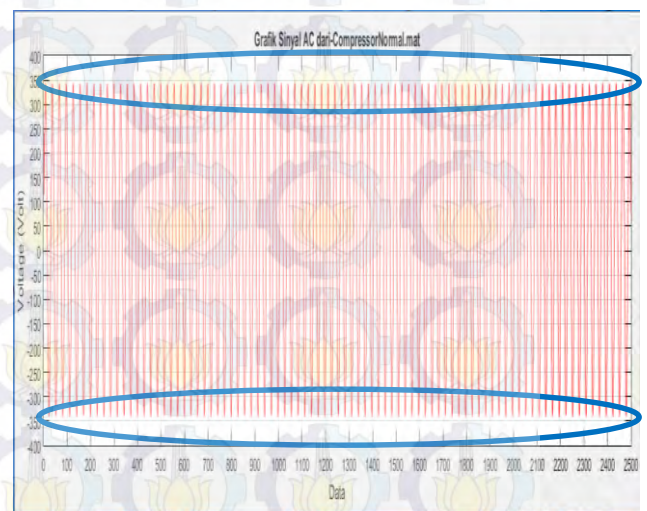
Tabel 3.7.. dibawah ini adalah hasil pengujian pada beban *compressor*.

Tabel 3.7. Data Pengujian Beban *Compressor*

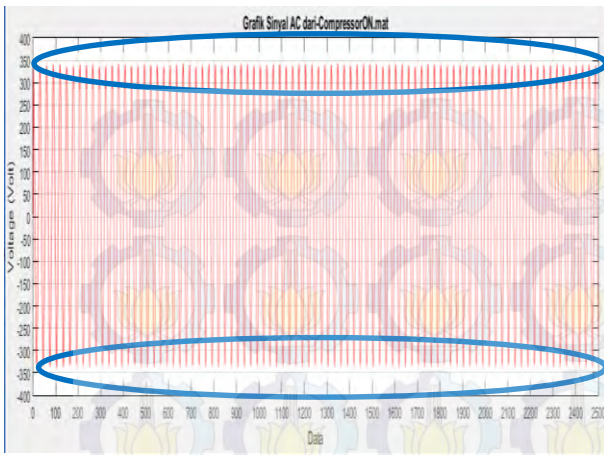
No	Kondisi	Tampilan MATLAB			
		Vrms (Volt)	ΔV positif (Volt)	ΔV negatif (Volt)	THDv (%)
1	Tanpa Beban	237,644	2,205	-2,205	3,6421
2	Beban <i>Compressor</i> Digunakan	234,036	3,022	-5,788	3,8988

Pada Tabel 3.7. dapat terlihat nilai ΔV positif saat keadaan tanpa beban sebesar 2,205 Volt dan berubah saat beban *compressor* digunakan menjadi 3,022 Volt. Sedangkan ΔV negatif saat tanpa beban sebesar -2,205 Volt dan ketika beban *compressor* digunakan menjadi -5,788 Volt. Perubahan ΔV saat tanpa beban dan beban digunakan tidak terlalu signifikan.

Pada Gambar 3.12. berikut ini adalah gelombang tegangan tanpa beban, dan Gambar 3.13. adalah gelombang tegangan untuk keadaan *compressor* digunakan.



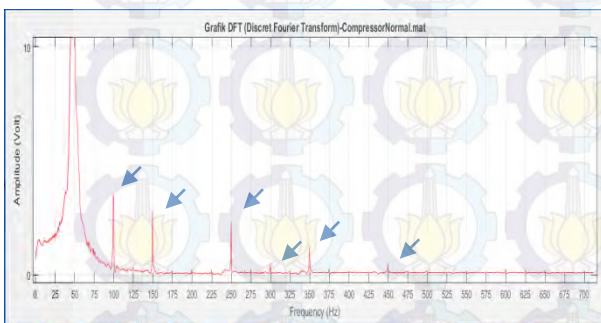
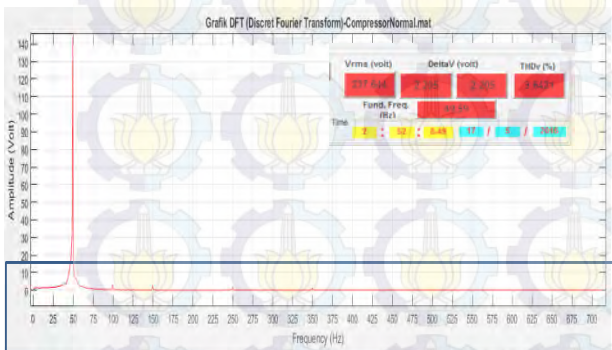
Gambar 3.12. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Tanpa Beban



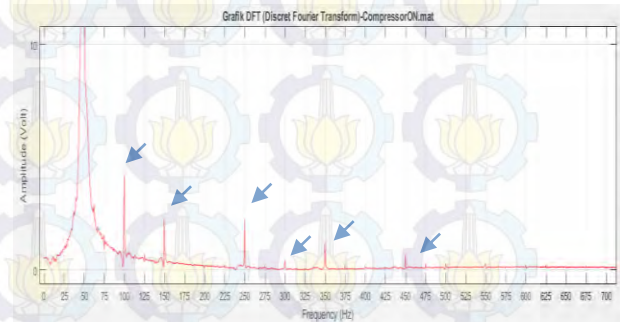
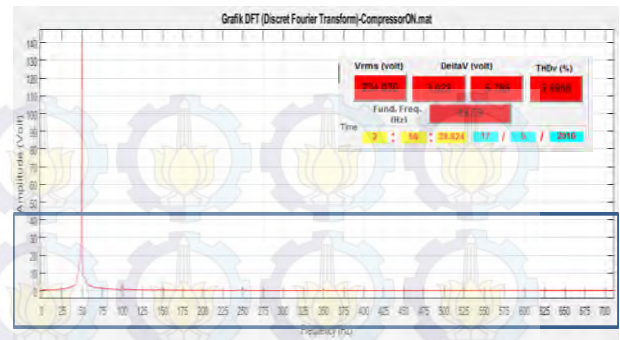
Gambar 3.13. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Compressor Digunakan

Bentuk gelombang tegangan dan amplitudo gelombang tegangan pada Gambar 3.12. dan Gambar 3.13. terlihat relatif sama dan rata. Tidak terdapat adanya perubahan naik turun amplitudo gelombang tegangan yang begitu besar.

Selanjutnya akan dibandingkan grafik hasil transformasi dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode DFT. Gambar 3.14. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan tanpa beban dan Gambar 3.15. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan saat beban *compressor* digunakan.



Gambar 3.14. Transformasi Gelombang Tegangan Tanpa Beban



Gambar 3.15. Transformasi Gelombang Tegangan ketika Beban Compressor Digunakan

Pada Gambar 3.14. terlihat frekuensi fundamental berada pada kisaran nilai 50 Hz. Pada frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 250 Hz, 300 Hz, 350 Hz dan 450 Hz terdapat komponen gelombang selain fundamental. Begitupula hal yang sama terjadi pada Gambar 3.15..

Setelah melakukan pengujian pada *compressor* Swan SP-IS dan membandingkan hasil pengujian saat *compressor* digunakan dengan kondisi tanpa beban dimana kondisi ini dianggap normal tidak ada gangguan *voltage flicker* maka dapat ditarik kesimpulan bahwa *compressor* Swan SP-IS adalah beban yang tidak berpotensi menghasilkan *voltage flicker*. Hal ini bisa dilihat pada grafik gelombang tegangan dengan domain waktu maupun hasil transformasi dengan domain frekuensi saat beban *compressor* digunakan yang bentuknya relatif sama dengan grafik ketika dalam keadaan tanpa beban.

3.3.6. Hasil Pengujian Menggunakan Beban Bor Listrik Tipe J1Z-10B.

Pada pengujian ini akan dilakukan pengambilan data dengan menggunakan beban bor listrik. Adapun beban bor listrik tipe J1Z-10B ini memiliki spesifikasi sebagai berikut [9]:

- Daya Listrik : 300 Watt
- Tegangan : 220 Volt
- Frekuensi : 50 – 60 Hz
- Kecepatan Tanpa Beban : 2400 rpm
- Kapasitas Bor Besi : 10 mm
- Kapasitas Bor Kayu : 25 mm

Tujuan melakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah bor listrik merupakan beban

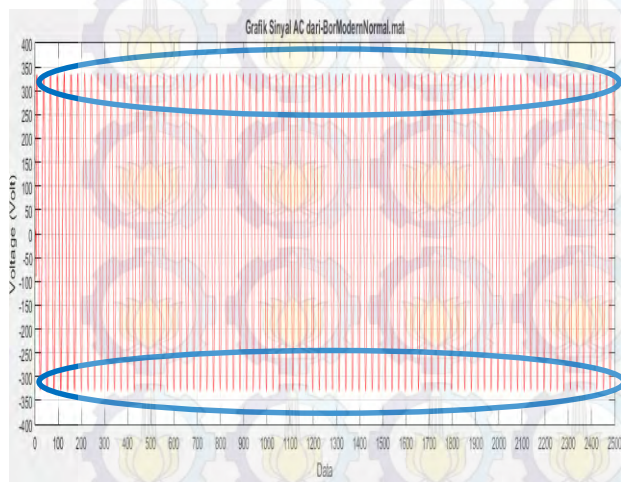
penghasil *voltage flicker* atau tidak. Dengan membandingkan bentuk grafik tegangan, grafik transformasi DFT, nilai ΔV dalam keadaan tanpa beban dan keadaan saat bor listrik digunakan dapat terlihat apakah beban ini dapat menimbulkan *voltage flicker* atau tidak. Tabel 3.8. dibawah ini adalah hasil pengujian pada beban bor listrik.

Tabel 3.8. Data Pengujian Beban Bor Listrik

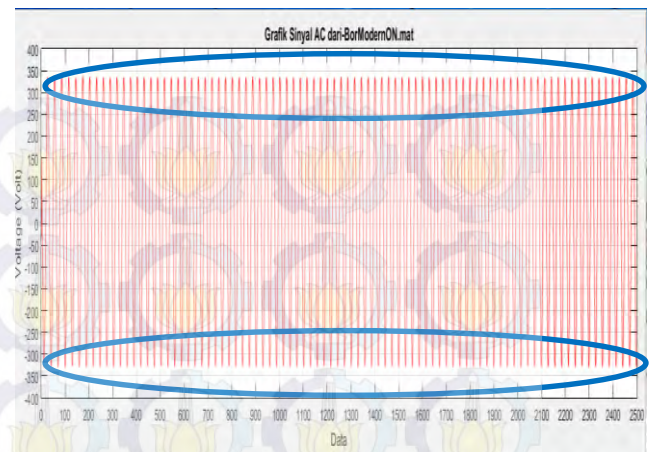
No	Kondisi	Tampilan MATLAB			
		Vrms (Volt)	ΔV positif (Volt)	ΔV negatif (Volt)	THDv (%)
1	Tanpa Beban	233,612	1,7264	-1,2136	3,661
2	Beban Bor Digunakan	233,03	2,5981	-1,8119	3,9441

Pada Tabel 3.8. dapat terlihat nilai ΔV positif saat keadaan tanpa beban sebesar 1,7264 Volt dan berubah saat beban bor listrik digunakan menjadi 2,5981 Volt. Sedangkan ΔV negatif saat tanpa beban -1,2136 Volt dan ketika beban bor listrik digunakan menjadi -1,8119 Volt. Perubahan ΔV saat tanpa beban dan beban digunakan tidak terlalu signifikan.

Pada Gambar 3.16. berikut ini adalah gelombang tegangan tanpa beban, dan Gambar 3.17. adalah gelombang tegangan untuk keadaan bor listrik digunakan.



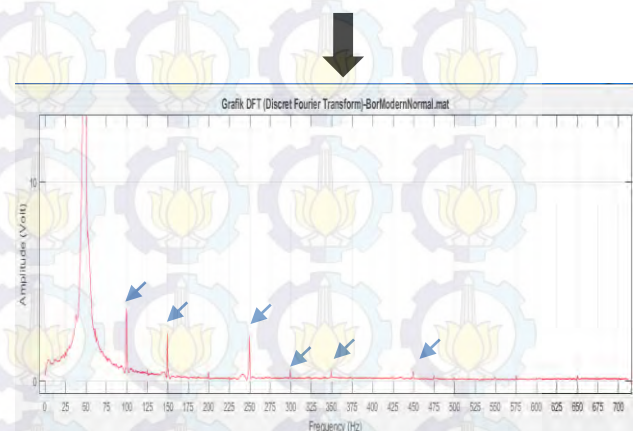
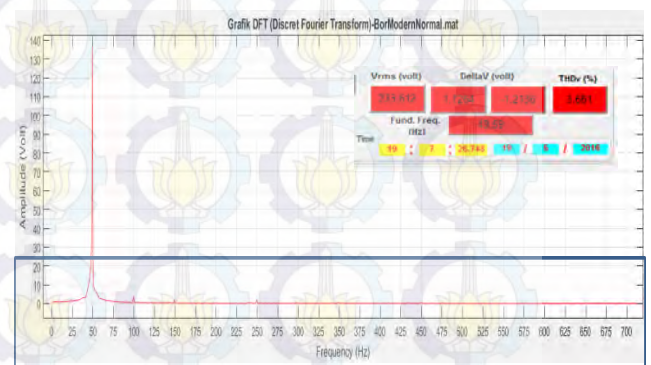
Gambar 3.16. Gelombang Tegangan Tanpa Beban



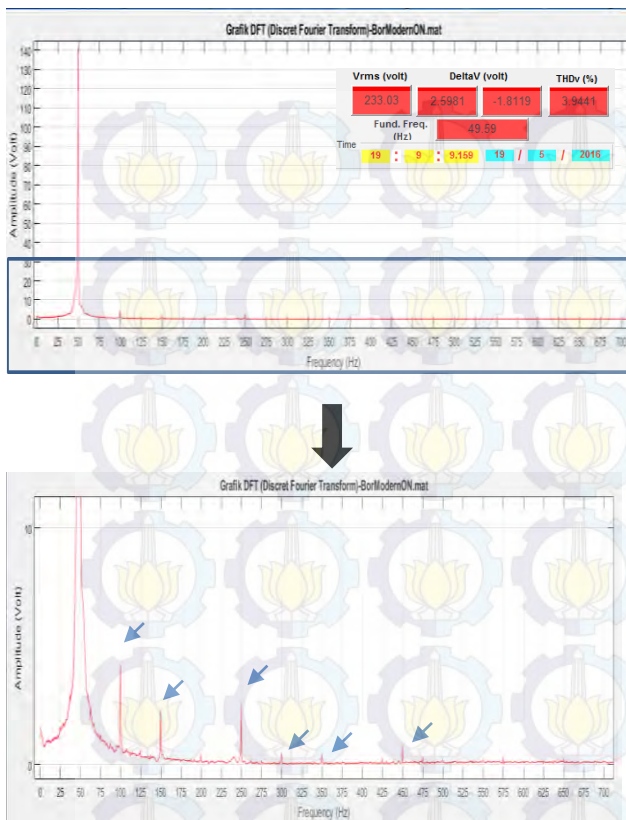
Gambar 3.17. Gelombang Tegangan dalam Keadaan Bor Listrik Digunakan

Bentuk gelombang tegangan dan amplitudo gelombang tegangan pada Gambar 3.16. dan Gambar 3.17. terlihat relatif sama dan rata. Tidak terdapat adanya perubahan naik turun puncak gelombang tegangan yang begitu besar.

Selanjutnya akan dibandingkan grafik hasil transformasi dari domain waktu menjadi domain frekuensi menggunakan metode DFT. Gambar 3.18. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan tanpa beban dan Gambar 3.19. adalah grafik hasil transformasi gelombang tegangan saat beban bor listrik digunakan.



Gambar 3.18. Transformasi Gelombang Tegangan Tanpa Beban



Gambar 3.19. Transformasi Gelombang Tegangan ketika Bor Listrik Digunakan

Pada Gambar 3.18, terlihat frekuensi fundamental berada pada kisaran nilai 50 Hz. Pada frekuensi 100 Hz, 150 Hz, 250 Hz, 300 Hz, 350 Hz dan 450 Hz terdapat komponen gelombang selain fundamental. Begitupula hal yang sama terjadi pada Gambar 3.19.

Setelah melakukan pengujian pada bor listrik JIZ-10B dan membandingkan hasil pengujian saat bor listrik digunakan dengan kondisi tanpa beban dimana kondisi ini dianggap normal tidak ada gangguan *voltage flicker* maka dapat ditarik kesimpulan bahwa bor listrik JIZ-10B adalah beban yang tidak berpotensi menghasilkan *voltage flicker*. Hal ini bisa dilihat pada grafik gelombang tegangan dengan domain waktu maupun hasil transformasi dengan domain frekuensi saat beban bor listrik digunakan yang bentuknya relatif sama dengan grafik ketika dalam keadaan tanpa beban.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian pada alat yang telah dibuat, dapat ditarik beberapa kesimpulan, diantaranya adalah :

1. Nilai dari sensor tegangan menggunakan ZMPT101b hasil yang didapatkan linier terhadap perubahan tegangan input dengan prosentase kesalahan rata-rata sebesar 0,35%
2. Nilai dari sensor arus menggunakan ACS712 hasil yang didapatkan linier terhadap perubahan arus dengan prosentase kesalahan rata-rata sebesar 1,7%.

3. Pada pengujian pembacaan nilai tegangan pada *software* MATLAB dengan menggunakan variac sebagai variasi tegangan diperoleh prosentase kesalahan rata-rata sebesar 0,5023 %.
4. Hasil pengambilan data dengan beban las listrik Falcon120e dapat ditarik kesimpulan bahwa beban tersebut dapat menimbulkan *voltage flicker*.
5. Hasil pengambilan data dengan beban *grinder* RBG200AL, *compressor* Swan SP-IS dan bor listrik JIZ-10B dapat ditarik kesimpulan bahwa beban-beban tersebut tidak berpotensi menimbulkan *voltage flicker*.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cheng-I Chen, Member, IEEE, Yeong-Chin Chen, Yung-Ruei Chang, Member, IEEE, dan Yih-Der Lee, Member, IEEE, "An Accurate Solution Procedure for Calculation of Voltage Flicker Components", *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 61, no. 5, May 2014.
- [2] Navid Eghtedarpour, Ebrahim Farjah, Member, IEEE, dan Alireza Khayatian, "Effective Voltage Flicker Calculation Based on Multiresolution S-Transform", *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 27, no. 2, April 2012.
- [3] E. A. Feilat, Senior Member, IEEE, "Detection of Voltage Envelope Using Prony Analysis–Hilbert Transform Method", *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 21, no. 4, Oktober 2012.
- [4] Cristian F. Albistur, Pablo A. Aravena, Student Member, IEEE, Luis A. Morán, Fellow, IEEE, dan José R. Espinoza, Member, IEEE, "A Simple Predictive Method to Estimate Flicker", *IEEE Transactions on Industrial Applications*, vol. 50, no. 3, Mei/Juni 2014.
- [5] Wenxuan Yao, Qiu Tang, Zhaosheng Teng, Yunpeng Gao, dan He Wen, Member, IEEE, "Fast S-Transform for Time-Varying Voltage Flicker Analysis", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 63, no. 1, Januari 2014.
- [6] Sulistya, *Lakoni Mesin Las Inverter*, http://www.graha-teknik.com/1_10_Products-Catalogue.html, 9 Juni 2016
- [7] Li, *Bench Grinder*, http://spanish.everychina.com/f-z51f2d4b/p-92654701-bench_grinder.html, 9 Juni 2016.
- [8] Charisma, *Swan Air Compressor*, http://www.swan-compressors.com/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=7, 9 Juni 2016.
- [9] Hartono, *Mesin Bor Modern*, <http://www.rodateknik.com/product/7/138/MODERN-JIZ-10-B>, 9 Juni 2016.