

# PEMBUATAN DAN PENGGUNAAN ALAT KONVERTER UNIVERSAL OSILOSKOP SEBAGAI PERALATAN KATAGORI 2 PADA PRAKTIKUM ELEKTRONIKA DAYA

I Wayan Lastera<sup>1</sup>, I Putu Arsikaputra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana  
Kampus Bukit Jimbaran

Email: wayan.lastera@unud.ac.id<sup>1</sup>, putu.arsikaputra@unud.ac.id<sup>2</sup>

## ABSTRAK

Untuk menampilkan bentuk gelombang listrik pada praktikum elektronika daya, alat yang digunakan adalah osiloskop. Dengan terbatasnya rentang tegangan uji dari osiloskop hasil pengukuran untuk praktikum elektronika daya menjadi kurang baik. Untuk memperbaikinya, salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah dengan pembuatan alat konverter universal osiloskop. Potensi alat konverter universal ini bisa diketahui dengan menggunakannya pada pengujian listrik AC tidak terkontrol, pengujian listrik AC terkontrol, pengujian listrik DC tidak terkontrol dan pengujian listrik DC terkontrol. Data pengujian yang diperoleh ditabulasi dan dianalisis secara deskriptif, agar bisa melihat dan bisa menyimpulkan potensi dari alat konverter universal osiloskop tersebut. Hasil pengujian menunjukkan dengan penggunaan konverter universal osiloskop mampu memperbaiki hasil pengukuran untuk praktikum elektronika daya, terbukti mampu digunakan pada tegangan listrik AC dan DC baik tidak terkontrol maupun terkontrol dengan tampilan bentuk gelombang yang normal, sehingga bisa dijadikan sebagai peralatan katagori 2 pada praktikum elektronika daya, guna menambah peralatan dilaboratorium.

**Kata kunci** : Alat Konverter, Universal, Osiloskop.

## ABSTRACT

*To display electric waveforms in power electronics practicum, the instrument used is an oscilloscope. With the limited range of test voltages from oscilloscopes the measurement results for the power electronics lab are not good enough. To improve the results of practicum, one effort that can be done is by making an universal converter oscilloscope tool. The potential of this universal converter tool can be identified by using it in uncontrolled AC electricity testing, controlled AC electricity testing, uncontrolled DC electricity testing and controlled DC electricity testing. The test data obtained are tabulated and analyzed descriptively, in order to be able to see and be able to infer the potential of the oscilloscope universal converter. The test results show that the use of an oscilloscope universal converter able to improve the measurement results for power electronics practicum, proven to be able to be used in AC and DC mains voltage either uncontrolled or controlled with normal waveform display, so that it can be used as category 2 equipment in the power electronics practicum, in order to add equipment to the laboratory.*

**Key Words** : : Converter tool, Universal, Oscilloscope

## 1. PENDAHULUAN

Untuk menampilkan bentuk gelombang listrik pada praktikum kelistrikan umumnya menggunakan alat osiloskop. Dengan terbatasnya rentang tegangan uji dari osiloskop, menyebabkan hasil

pengukuran pada praktikum elektronika daya menjadi kurang baik, tegangan 60 volt keatas tampilan bentuk gelombangnya tidak utuh. Perbaikannya dengan alat converter.

Alat konverter adalah rangkaian yang dimanfaatkan sebagai sebuah rangkaian

pengkonversi suatu besaran listrik yang diuji menggunakan alat ukur listrik menjadi besaran listrik tertentu, sehingga kinerja alat ukur tetap optimal. Komponen elektronika rangkaian konverter terdiri dari: transformers/ trafo, resistor/ tahanan, capasitor, fuse/ pengaman, kabel penghubung dan PCB.

Potensi alat konverter universal osiloskop ini bisa diketahui dengan menggunakannya pada pengujian listrik AC tidak terkontrol, pengujian listrik AC terkontrol, pengujian listrik DC tidak terkontrol dan pengujian listrik DC terkontrol. Dengan potensi alat konverter universal osiloskop diupayakan dapat memperbaiki hasil pengukuran untuk praktikum Elektronika Daya, bisa dipakai sebagai peralatan katagori 2 pada praktikum elektronika daya dan menambah peralatan di laboratorium.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Praktikum Elektronika Daya

Praktikum Elektronika Daya adalah merupakan salah satu mata kuliah bagi mahasiswa teknik elektro. Mata kuliah ini menjadi bahan pembelajaran mahasiswa dalam meningkatkan kompetensinya, karena mahasiswa dituntut mempelajari secara teori dan dibarengi dengan mempraktekkan langsung di laboratorium. Sub pokok bahasan praktikum elektronika daya meliputi: Penyearah satu phasa tidak terkontrol tanpa beban dan berbeban tahanan, berbeban tahanan seri dengan induktansi dan berbeban tahanan paralel kapasitor. Penyearah satu phasa terkontrol dengan berbeban tahanan dan berbeban tahanan seri induktansi. AC terkontrol satu phasa dengan berbeban tahanan dan berbeban tahanan seri dengan induktansi. Agar mahasiswa dapat menguasai lebih baik sub pokok bahasan yang dipelajari, mahasiswa dituntut dengan diberikan arahan langkah-langkah melakukan pengujian dengan modul penuntun praktikum berupa hard copy dan soft copy. Selain dengan modul praktikum, mahasiswa didampingi juga oleh PLP laboratorium mulai dari penyiapan alat, supervisi pengoperasian alat, supervisi pengujian menggunakan alat, validasi data pengujian dan evaluasi pelaksanaan praktikum.

### 2.2. Alat Konverter Universal Osiloskop

Alat konverter adalah rangkaian yang dimanfaatkan sebagai sebuah rangkaian

pengkonversi suatu besaran listrik yang diuji menggunakan alat ukur listrik menjadi besaran listrik tertentu, sehingga kinerja alat ukur tetap optimal dan mampu memberi hasil yang maximal.[3] Rangkaian konverter ini, ditambahkan sebagai pelengkap alat-alat ukur tertentu sehingga alat ukur tersebut mampu menampilkan hasil ukur pada range kerja tertentu yang diluar range kerja alat. Dalam penerapan rangkaian konverter umumnya dipasang pada input alat ukur dan disesuaikan dengan tegangan uji yang akan diukur.[4] Berdasarkan jenis tegangan uji, rangkaian konverter dibedakan menjadi 2 yaitu rangkaian konverter untuk tegangan uji AC dan rangkaian konverter tegangan uji DC.[5] Gabungan dari alat konverter AC dan alat konverter DC dikenal dengan alat konverter universal. Alat ini bisa difungsikan untuk tegangan uji AC dan tegangan uji DC, dengan tidak saling mengganggu fungsi masing-masing. Komponen elektronika rangkaian konverter terdiri dari transformers/ trafo, resistor/ tahanan, capasitor, fuse/ pengaman, kabel penghubung dan PCB.[6]

Alat Konverter Universal Osiloskop adalah alat konverter yang mampu difungsikan untuk tegangan uji AC dan tegangan uji DC, dengan tidak saling mengganggu fungsi masing-masing pada input osiloskop, sehingga kinerja osiloskop meningkat dan mampu memberi hasil keluaran yang terbaik.

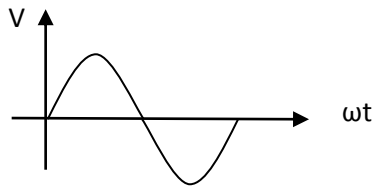
### 2.3 Peralatan Katagori 2 di Laboratorium

Peralatan Katagori 2 di Laboratorium adalah mesin, perkakas, perlengkapan dan alat-alat kerja lain yang secara khusus dipergunakan untuk pengujian, kalibrasi dan atau produksi dalam skala terbatas, yang cara pengoperasian dan perawatannya sedang, resiko penggunaannya sedang, akurasi kecermatan pengukurannya sedang, serta sistem kerja yang tidak begitu rumit namun pengoperasiannya memerlukan pelatihan atau arahan khusus atau tertentu, yang ada di Laboratorium.[7] Beberapa contoh peralatan katagori 2 di laboratorium: Avo meter, Volt meter, Amper meter, Power meter, Power Faktor meter, Frekwensi meter, sinkronising indikator dll.

### 2.4 Listrik dan Bentuk Gelombang Listrik

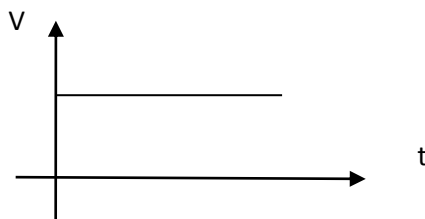
Listrik adalah merupakan muatan elektromagnetis atau gejala elektromagnetis, baik yang diam (statis) maupun yang bergerak (dinamis).[8] Dilihat dari sisi sumbernya, ada listrik alam

maupun listrik buatan. Listrik alam sumbernya dari proses alam, contohnya petir. Listrik buatan sumbernya dari proses buatan contohnya baterai yang merupakan listrik buatan dari proses kimia, menghasilkan listrik DC. Listrik yang dibangkitkan dari generator, umumnya menghasilkan listrik AC. Kedua listrik ini memiliki bentuk gelombang yang berbeda, gambar 1 menunjukkan bentuk gelombang tegangan listrik AC:[9]



Gambar 1. Bentuk Gelombang Tegangan Listrik AC

Gambar 2 menunjukkan bentuk gelombang tegangan listrik DC:



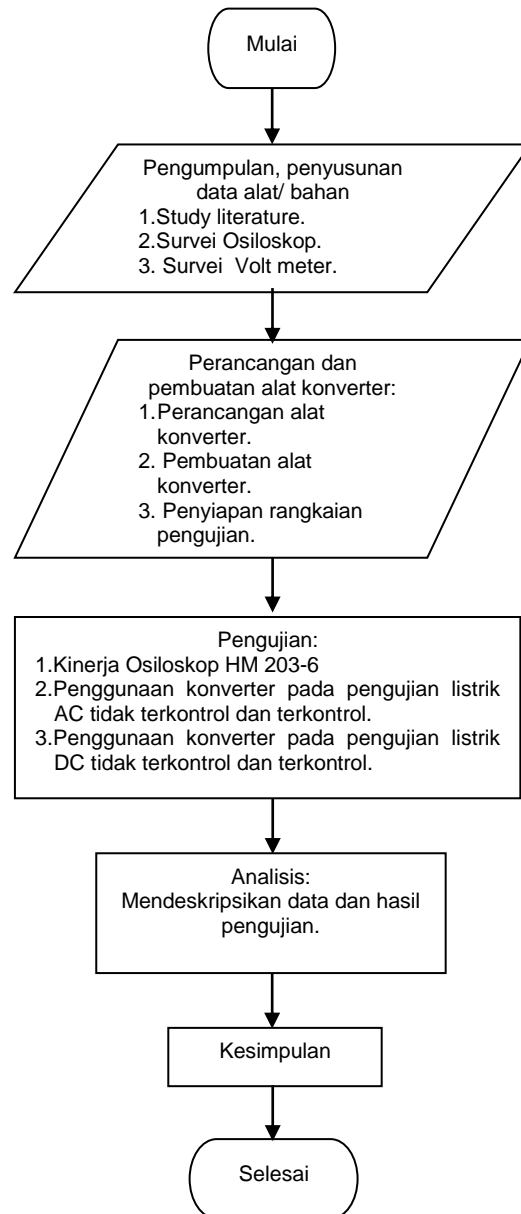
Gambar 2. Bentuk Gelombang Tegangan Listrik DC

Alat listrik yang digunakan untuk menampilkan bentuk gelombang listrik adalah osiloskop. Dengan rentang tegangan uji osiloskop yang sesuai dengan tegangan uji yang ditampilkan maka bentuk gelombang listrik terlihat utuh, sesuai bentuk gelombang listrik sebenarnya. Namun sebaliknya bentuk gelombang listrik terlihat cacat, tidak sesuai bentuk gelombang listrik sebenarnya jika rentang tegangan uji osiloskop tidak sesuai dengan tegangan uji yang ditampilkan. Kondisi tersebut memerlukan alat konverter untuk meningkatkan kinerja osiloskop.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan data sekunder diambil dari name plate osiloskop merek Hameg tipe HM 203-6 dan data primer diambil dari hasil pengujian yang dilakukan.

Analisa dilakukan secara deskriptif terhadap keseluruhan data. Dengan alur kerja sebagai berikut:



Gambar 3. Alur kerja kegiatan penelitian Penyimpulan hasil penelitian dilakukan setelah analisis selesai dilakukan terhadap data dan hasil pengujian.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Data sekunder yaitu data yang berupa name plate dari alat-alat pendukung penelitian.

Data osiloskop merek Hameg tipe HM 203-6: Tegangan Suply = 220-240 Volt, Display vertical = 8 divisi dan horizontal = 10 divisi, Control panel vertical = 20

Volt/divisi, control panel horizontal = 0.2 Secon/divisi. Dari data, menunjukkan osiloskop bekerja memerlukan tegangan 220-240 volt, memiliki kemampuan menampilkan gelombang tegangan listrik 56 volt, dan periode 1 secon. Gambar 4 menunjukkan osiloskop Hameg tipe HM 203-6:



Gambar 4. Osiloskop Hameg tipe HM 203-6.

Data multi meter merek Extech tipe EX505: Dapat digunakan pada pengukuran Tegangan listrik dengan kemampuan pengukuran tegangan DC-AC 0-600 V dan 0-1000V, pengukuran arus listrik 400 mA dan 10 A, pengukuran frekuensi, pengukuran temperature, pengukuran hambatan listrik dan pengukuran kapasitor. Gambar 5 menunjukkan multi meter Extech tipe EX505:



Gambar 5. Multi Meter Extech tipe EX505.

Data alat Konverter Universal Osiloskop: Komponen penyusunnya adalah komponen elektronika dan komponen listrik, dengan tahapan penyiapan rancangan rangkaian konverter dan perakitan konverter. Rancangan dibuat berdasarkan kebutuhan alat osiloskop dengan keterbatasan rentang tegangan kerjanya, untuk mendukung kebutuhan praktikum elektronika daya. Gambar 6 menunjukkan Konverter Universal Osiloskop:



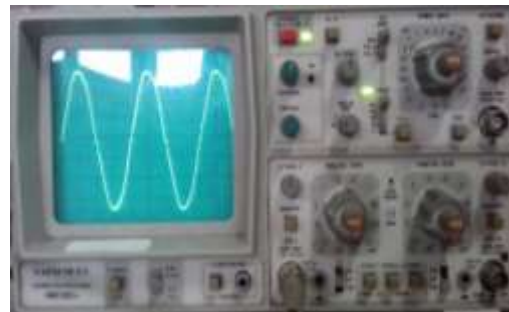
Gambar 6. Konverter Universal Osiloskop.

4.2 Data primer yang diperoleh dari pengujian menggunakan perangkat modul praktikum elektronika daya dan konverter, ditunjukkan pada tabel 1, tabel 2 dan tabel 3:

Tabel 1 Data pengujian Kinerja Osiloskop HM 203-6.

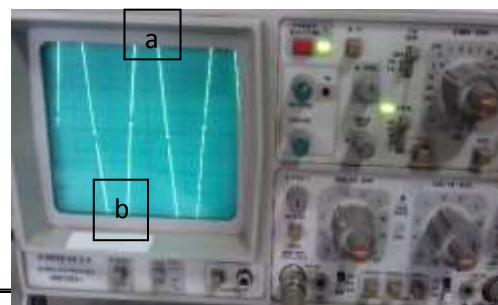
Tegangan masukan (Volt)	Tegangan Keluaran (Volt)	Kondisi Bentuk Gelombang
5	4,95	Sinus Normal
10	9,8	Sinus Normal
20	19,9	Sinus Normal
40	39,3	Sinus Normal
60	59,6	Tidak Normal
80	79,2	Tidak Normal

Gambar 7 menunjukkan kondisi bentuk gelombang normal pada pengujian kinerja Osiloskop HM 203-6:



Gambar 7. Gelombang normal pada pengujian kinerja Osiloskop HM 203-6.

Gambar 8 menunjukkan kondisi bentuk gelombang tidak normal pada pengujian kinerja Osiloskop HM 203-6:



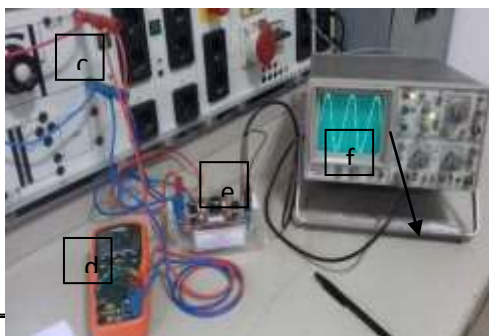
Gambar 8. Gelombang tidak normal pada pengujian kinerja Osiloskop HM 203-6.

Pada tabel 1: Tegangan masukan adalah tegangan menuju modul elektronika daya, tegangan keluaran adalah tegangan keluaran modul dan diukur/ ditampilkan dengan osiloskop. Dengan kondisi bentuk gelombang normal berarti osiloskop masih bekerja pada tegangan kerjanya, ditunjukkan pada gambar 7. Dengan bentuk gelombang tidak normal yang ditandai dengan huruf a dan b pada gambar 8, yang berarti osiloskop sudah bekerja diluar tegangan kerjanya, yang tidak diperbolehkan untuk menjaga kinerja osiloskop tetap baik dan optimal.

Tabel 2 Data pengujian Penggunaan konverter universal pada pengujian listrik AC tidak terkontrol dan terkontrol.

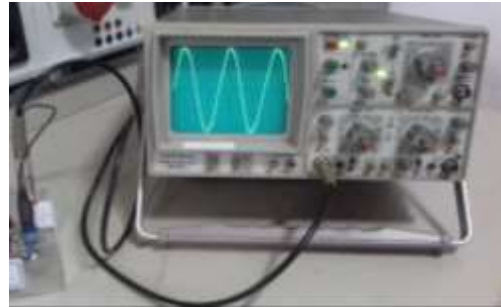
Sudut Penyulutan ( $^{\circ}$ )	Tegangan masukan (Volt) AC	Tegangan Keluaran (Volt) AC	Kondisi Bentuk Gelombang
0	20	19,8	Sinus Normal
0	40	39,6	Sinus Normal
0	80	79,4	Sinus Normal
0	160	158,6	Sinus Normal
0	220	219,9	Sinus Normal
30	220	217,1	Sinus Normal
60	220	210,7	Sinus Normal
90	220	175,7	Sinus Normal
120	220	58,2	Sinus Normal
150	220	22,3	Sinus Normal

Gambar 9 menunjukkan pengujian Penggunaan konverter universal pada pengujian listrik AC:



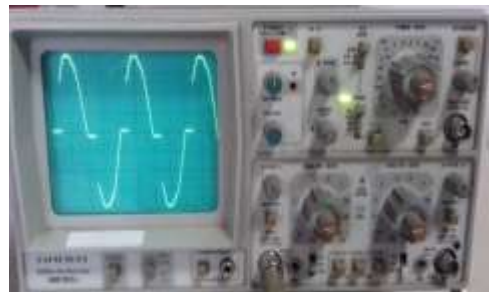
Gambar 9. Penggunaan konverter universal pada pengujian listrik AC

Gambar 10 menunjukkan kondisi bentuk gelombang normal pada pengujian Penggunaan konverter universal pada pengujian listrik AC tidak terkontrol:



Gambar 10. Bentuk gelombang normal pada pengujian Penggunaan konverter universal pada pengujian listrik AC tidak terkontrol.

Gambar 11 menunjukkan kondisi bentuk gelombang normal pada pengujian Penggunaan konverter universal pada pengujian listrik AC terkontrol:



Gambar 11. Bentuk gelombang normal pada pengujian Penggunaan konverter universal pada pengujian listrik AC terkontrol.

Pada tabel 2 adalah data pengujian penggunaan modul elektronika daya dengan sub pengujian listrik AC 1 fasa tidak terkontrol dan terkontrol yang sudah ditambahkan konverter osiloskop. Tegangan masukan AC adalah tegangan listrik AC yang menuju modul elektronika daya, diberikan penyulutan dengan sudut  $0^{\circ}$  berarti tidak terkontrol, diberikan penyulutan dengan sudut  $30^{\circ}$  s/d  $150^{\circ}$  berarti terkontrol, tegangan keluaran AC adalah tegangan keluaran modul elektronika daya yang sudah mendapat perlakuan berupa

penyulutan. Tegangan keluaran ini menjadi tegangan masukan pada perangkat konverter, kemudian tegangan keluaran konverter diukur/ ditampilkan pada osiloskop dengan kondisi gelombang listrik AC yaitu sinus. Sinus Nusmal berarti ditampilkan dengan utuh pada osiloskop, tidak ada bagian gelombang yang terpotong.

Pada gambar 9, bagian yang ditandai huruf c, d, dan f adalah modul elektronika daya. Bagian yang ditandai dengan huruf e adalah perangkat konverter. Pada pengujian yang dilakukan yang ditunjukkan dengan gambar 9 urutannya adalah c, d, e dan f, yang menunjukkan pengujian penggunaan konverter pada pengujian listrik AC tidak terkontrol dan terkontrol

Pada tabel 2 untuk pengujian tanpa penyulutan dengan tegangan masukan 20 volt sampai dengan 220 volt menuju modul elektronika daya dengan tegangan keluaran dari modul elektronika daya nilainya mendekati. Berbeda dengan pengujian dengan penyulutan, untuk sudut penyulutan yang bertahap dari 30° sampai dengan 150°, tegangan keluarannya mengikuti proporsional sesuai sudut penyulutannya. Tegangan keluaran modul elektronika daya yang menjadi masukan konverter kemudian dikonversi pada konverter yang menjadi tegangan keluaran konverter dan ditampilkan pada osiloskop nampak kondisi bentuk gelombangnya normal. Kondisi ini menunjukkan alat konverter bekerja dengan baik. Sehingga alat konverter ini dapat digunakan sebagai konverter osiloskop pada pengujian listrik AC 1 fasa.

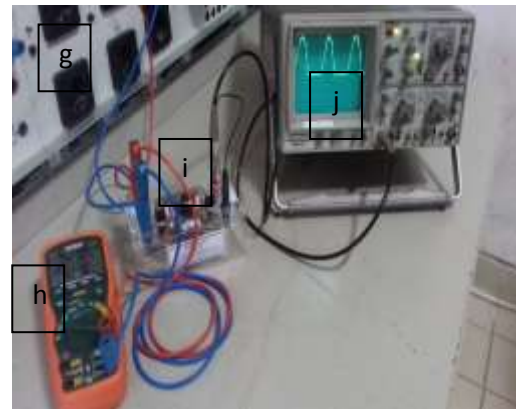
Kondisi bentuk gelombang pengujian listrik AC nampak pada gambar 10 dan 11. Dimana pada gambar 10 nampak bentuk tegangan yang ditampilkan osiloskop adalah gelombang sinus normal dan tidak mengalami penyulutan. Pada gambar 11 nampak bentuk tegangan yang ditampilkan osiloskop adalah gelombang sinus normal dan mengalami penyulutan.

Tabel 3 Data pengujian Penggunaan konverter universal pada pengujian listrik DC tidak terkontrol dan terkontrol.

Sudut Penyulutan (...°)	Tegangan masukan (Volt) AC	Tegangan Keluaran (Volt) DC	Kondisi Bentuk Gelombang
0	20	7,85	DC1/2G Normal
0	40	17,3	DC1/2G Normal
0	80	34,35	DC1/2G

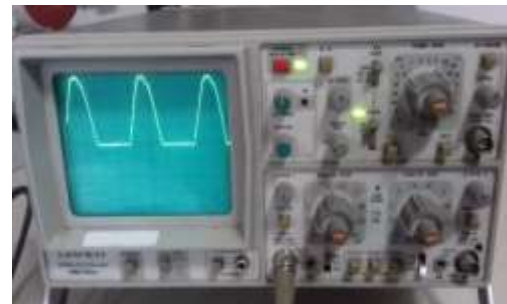
			Normal
0	160	70,2	DC1/2G Normal
0	220	97,2	DC1/2G Normal
30	220	91,6	DC1/2G Normal
60	220	82,5	DC1/2G Normal
90	220	61,2	DC1/2G Normal
120	220	12,8	DC1/2G Normal
150	220	2,37	DC1/2G Normal

Gambar 12 menunjukkan pengujian Penggunaan konverter universal pada pengujian listrik DC:



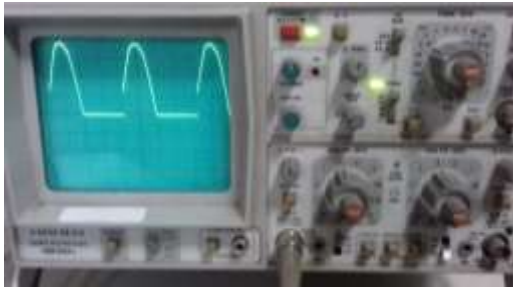
Gambar 12. Penggunaan konverter universal pada pengujian listrik DC

Gambar 13 menunjukkan kondisi bentuk gelombang normal pada pengujian Penggunaan konverter universal pada pengujian listrik DC tidak terkontrol:



Gambar 13. Bentuk gelombang normal pada pengujian Penggunaan konverter universal pada pengujian listrik DC tidak terkontrol.

Gambar 14 menunjukkan kondisi bentuk gelombang normal pada pengujian Penggunaan konverter universal pada pengujian listrik DC terkontrol:



Gambar 14. Bentuk gelombang normal pada pengujian Penggunaan konverter universal pada pengujian listrik DC terkontrol.

Pada tabel 3 adalah data pengujian penggunaan modul elektronika daya dengan sub pengujian listrik DC tidak terkontrol dan terkontrol yang sudah ditambahkan konverter osiloskop. Tegangan masukan AC adalah tegangan listrik AC yang menuju modul elektronika daya, diberikan penyulutan dengan sudut  $0^{\circ}$  berarti tidak terkontrol, diberikan penyulutan dengan sudut  $30^{\circ}$  s/d  $150^{\circ}$  berarti terkontrol, tegangan keluaran DC adalah tegangan keluaran modul elektronika daya yang sudah mendapat perlakuan berupa penyulutan. Tegangan keluaran ini menjadi tegangan masukan pada perangkat konverter, kemudian tegangan keluaran konverter diukur/ ditampilkan pada osiloskop dengan kondisi gelombang listrik DC. DC  $\frac{1}{2}$  G Nusmal berarti ditampilkan berupa gelombang listrik DC  $\frac{1}{2}$  gelombang, ditampilkan dengan utuh pada osiloskop, tidak ada bagian gelombang yang terpotong. Pada gambar 12, bagian yang ditandai huruf g, h, dan j adalah modul elektronika daya. Bagian yang ditandai dengan huruf i adalah perangkat konverter. Pada pengujian yang dilakukan yang ditunjukkan dengan gambar 12 urutannya adalah g, h, i dan j.

## 5. KESIMPULAN

Dari pengujian dan analisa yang telah dilakukan dalam penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Tanpa menggunakan alat konverter, Osiloskop HM 203-6 mampu menampilkan bentuk gelombang tegangan listrik dengan normal sampai

Pada tabel 3 untuk pengujian tanpa penyulutan dengan tegangan masukan 20 volt sampai dengan 220 volt menuju modul elektronika daya dengan tegangan keluaran dari modul elektronika daya nilainya mendekati  $\frac{1}{2}$  dari tegangan masukan., karena pengujian dilakukan pada thyristor sebagai penyearah setengah gelombang. Berbeda dengan pengujian dengan penyulutan, untuk sudut penyulutan yang bertahap dari  $30^{\circ}$  sampai dengan  $150^{\circ}$ , tegangan keluarannya kurang dari  $\frac{1}{2}$  tegangan masukannya mengikuti proporsional sesuai sudut penyulutannya, namun tetap setengah gelombang. Tegangan keluaran modul elektronika daya yang menjadi masukan konverter kemudian dikonversi pada konverter yang menjadi tegangan keluaran konverter dan ditampilkan pada osiloskop nampak kondisi bentuk gelombangnya normal. Kondisi ini menunjukkan alat konverter bekerja dengan baik. Sehingga alat konverter ini dapat digunakan sebagai konverter osiloskop pada pengujian listrik DC.

Kondisi bentuk gelombang pengujian listrik DC nampak pada gambar 13 dan 14. Dimana pada gambar 13 nampak bentuk tegangan yang ditampilkan osiloskop adalah bentuk tegangan DC  $\frac{1}{2}$  gelombang normal dan tidak mengalami penyulutan. Pada gambar 14 nampak bentuk tegangan yang ditampilkan osiloskop adalah bentuk tegangan DC  $\frac{1}{2}$  gelombang normal dan mengalami penyulutan.

Dengan mampu digunakan pada tegangan AC dan tegangan DC digandengkan dengan masukan osiloskop, menghasilkan hasil pengukuran yang baik, serta tingkat kerumitan penggunaannya, maka alat konverter ini disebut konverter universal osiloskop dengan katagori 2. Konverter osiloskop ini untuk mendukung praktikum elektronika daya, serta untuk menambah peralatan di laboratorium.

pada tegangan 56 Volt. Sehingga rentang tegangan uji Osiloskop HM 203-6 tanpa konverter adalah 0-56 Volt.

2. Penggunaan alat konverter osiloskop pada pengujian listrik AC 1 phasa baik tidak terkontrol maupun terkontrol untuk tegangan masukan dari 0 sampai dengan 220 Volt, mampu menampilkan

- bentuk tegangan keluaran dengan normal.
3. Penggunaan alat konverter osiloskop pada pengujian listrik DC 1 fasa baik tidak terkontrol maupun terkontrol untuk tegangan masukan dari 0 sampai dengan 220 Volt, mampu menampilkan bentuk tegangan keluaran dengan normal.
  4. Dengan mampu digunakan pada tegangan AC dan tegangan DC digandengkan dengan masukan osiloskop, menghasilkan hasil pengukuran yang baik, serta tingkat kerumitan penggunaannya, maka alat konverter ini disebut konverter universal osiloskop dengan katagori 2 dan dapat digunakan mendukung praktikum elektronika daya serta menambah peralatan di laboratorium.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhammad, H. Rashid, *Power Electronics Circuits, Devices and Applications*, Third Editions, United States of America: Pearson Education Inc, 2004: 510-858.
- [2] Albert Paul Malvino, Joko Santoso Alb, *Prinsip-Prinsip Elektronika*, Jakarta: Salemba Teknika, 2003.
- [3] I. W. Lastera, *Peningkatan Kapasitas Rentang Tegangan Uji Osiloskop Tipe Hm 203-7 dengan Pemanfaatan Alat Konverter*, SPEKTRUM, 2019; Volume 6, No. 3: 154-158.
- [4] A.A.N. Amrita, W.G. Ariastina, and I.B.G. Manuaba, *Study Of Transformer Lifetime Due to Loading Process on 20 KV Distribution Line*, Journal of Electrical, Electronics and Informatics, p-ISSN: 2549-8304, e-ISSN: 2622-0393, 2018; Vol. 2, No. 2: 25-28.
- [5] I.G.N.S. Hernanda, I.M.Y. Negara, A. Suprianto, D.A. Asfani, M. Wahyudi, and D. Fahmi, *Analisis Karakteristik Arus dan Tegangan Pada Inisiasi Peresonansi Transformator Tegangan Rendah*, JNTETI, ISSN: 2301-4156, 2018; Vol. 7, No.2: 241-248.
- [6] <https://www.teknik elektronik.com/pengertian-osiloskop-spesifikasi-penentu-kinerjanya/>, diakses tanggal 7 Juni 2019.
- [7] Stephen L. Herman, *The Complete Laboratory Manual for Electricity*, United States of America: Delmar, a division of Thomson Learning, Inc., 2001.
- [8] I.G.S. Widharma, I.N. Sunaya, *Simulasi Pengukuran Nilai Tegangan RMS Berbasis Mikrokontroler Arduino*, LOGIC, 2018, Vol. 18, No. 1: 37-41.
- [9] I. Setiawan, M. Facta, A. Friyadi, and M.H. Purnomo, *Estimator Parameter Tegangan Jaringan Tiga Fasa Berbasis D-SOGI PLL*, MITE, p-ISSN: 1693-2951; e-ISSN: 2503-2372, 2017; Vol. 16, No. 2: 84-87.