

# *Analisis Half-Wave dan Full-Wave Rectifiers Menggunakan Circuit Lab Online*

Alpiyan Arif Rojabi<sup>1</sup>, Hana Fatimah Zahra<sup>2</sup>, Pramudika Afriza Fahmi<sup>3</sup>, Nuriah Fadhilaturachman<sup>4</sup>,  
Diva Nuranty Yovanka<sup>5</sup>, Muhammad Rifyal<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Sistem Telekomunikasi, Kampus di Purwakarta, Universitas Pendidikan Indonesia  
Jln. Veteran No 8 Purwakarta 411151 INDONESIA  
Email: <sup>1</sup> alpiyanarif12@upi.edu

*Abstract- A diode serves a crucial function as a rectifier, which converts alternating current (AC) into direct current (DC). In electronics, diodes can be used in half-wave and full-wave rectifier circuits. The presence of diodes as active electronic components has brought many benefits to human life, making it important to understand the influence of capacitor values on diode performance. The purpose of this study is to analyze the output signal in a half-wave rectifier circuit and to determine the effect of capacitor values on the output signal in a full-wave rectifier circuit. The research methodology employed literature review and online experimentation using the Circuit Lab simulator to test hypotheses. The research findings indicate that the output signal in a half-wave rectifier circuit does not have a peak, while in a full-wave rectifier circuit, the capacitor value has an effect on the output signal.*

**Abstrak-** Dioda memiliki fungsi penting sebagai penyearah arus, yaitu mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Dalam rangkaian elektronika, dioda dapat digunakan dalam penyearah setengah gelombang (half wave rectifier) dan penyearah gelombang penuh (full wave rectifier). Kehadiran dioda sebagai komponen aktif elektronika telah memberikan banyak manfaat bagi kehidupan manusia, sehingga penting untuk memahami pengaruh nilai kapasitor terhadap kinerja dioda. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sinyal keluaran pada rangkaian penyearah setengah gelombang serta mengetahui pengaruh nilai kapasitor pada sinyal keluaran rangkaian penyearah gelombang penuh. Metode pendekatan studi literatur dan eksperimen online menggunakan simulator Circuit Lab digunakan untuk menguji hipotesis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sinyal keluaran pada rangkaian penyearah setengah gelombang tidak memiliki lembah, sedangkan pada rangkaian penyearah gelombang penuh, ditemukan bahwa nilai kapasitor berpengaruh terhadap sinyal keluarannya.

**Kata Kunci:** Dioda, Half wave, Full wave, Rectifier, Circuit Lab

## I. PENDAHULUAN

Lingkungan sekitar yang sering kita jumpai pastinya tidak terlepas dengan hal yang terkait dengan elektronika. Didalamnya terdapat perangkat elektronik seperti bohlam, laptop, televisi, dan masih banyak lainnya. Perangkat-perangkat tersebut mempunyai rangkaian di dalamnya yang salah satu komponen pentingnya adalah dioda. Dioda adalah sebuah komponen elektronika aktif dengan 2 kutub yang berfungsi untuk menyearahkan arus. Dioda merupakan

komponen yang berjenis VACUUM tube dengan 2 buah elektroda yang diciptakan oleh ilmuwan dari Inggris yaitu J.A. Fleming pada tahun 1904 [1].

Dalam dioda, terdapat sebuah struktur di dalamnya yang terdiri dari sebuah *plate* yang mengelilingi katoda, serta sebuah bagian heater yang terletak di dalam katoda. Proses kerja dioda sendiri melibatkan elektron yang terpanaskan pada katoda, kemudian akan bergerak dari katoda ke *plate*. [2].

Dioda memiliki fungsi sebagai penyearah, yang juga dikenal sebagai *rectifier*, yaitu mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) dengan hanya melewatkan arus pada satu arah saja. Karakteristik khas dari dioda adalah hanya dapat dialiri dengan arus yang mengalir pada satu arah saja [2]. Pada rangkaian *rectifier* dalam perangkat elektronik, ketika gelombang AC dengan bentuk sinusoidal positif pertama  $V_{in} = A \sin(\omega t)$  diterapkan, jika tegangan puncaknya melebihi tegangan *threshold* dioda ( $V_{th}$ ), maka arus akan mengalir melalui dioda dan menyebabkan dioda berada dalam keadaan forward bias atau rangkaian terbuka [3]. Dalam penerapannya, rangkaian penyearah digunakan dalam menciptakan Rectenna (*Rectifying Antenna*) yang merupakan sebuah integrasi dari *antenna* dan *rectifier* dimana terjadi dalam sinyal frekuensi radio dengan gelombang radiasi elektromagnetik yang tersebar di udara bebas [4]. Selain itu, terdapat kegunaan lainnya seperti dalam pembangkit listrik tenaga Pico-Hydro karena membutuhkan generator yang awalnya memiliki tegangan AC dibutuhkan rangkaian penyearah guna untuk merubah tegangan menjadi DC supaya pengisian ke *accumulator* sebagai sumber daya listrik dapat lebih stabil dan konstan [5].

Rangkaian *rectifier* atau rangkaian penyearah gelombang yang menggunakan piranti dioda terdiri dari *low pass filter* (LPF), rangkaian penyearah (*rectifier*), rangkaian pengali tegangan (*voltage doubler*), dan beban [6]. Dalam rangkaian penyearah yang terhubung ke sumber daya listrik, digunakan transformator step down untuk mengonversi arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Transformator step down berfungsi sebagai penurun tegangan yang sesuai dengan perbandingan transformasi dari transformator yang digunakan. Penyearah (*Rectifier*) dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu penyearah dengan setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh. Penyearah gelombang penuh terdapat

beberapa macam seperti penyearah gelombang penuh dengan CT (Center Tap) dan penyearah gelombang penuh dengan dioda *bridge* [7].

Rangkaian penyearah setengah gelombang adalah rangkaian yang memiliki komponen sederhana karena hanya mempunyai satu dioda saja. Prinsip kerja dari rangkaian ini adalah pada saat sinyal input dengan siklus positif, maka dioda akan mengalami bias maju sehingga arus akan mengalir ke beban, begitupun sebaliknya, jika sinyal input bernilai negatif maka bias dioda akan mundur dan tidak mengalir arus [8].

Penyearah yang berperan dalam mengarahkan semua siklus gelombang sinusoidal dengan memakai dua blok dioda, yang berupa satu blok dioda dengan satu dioda saja atau dioda lainnya yang diparalelkan dengan fungsinya secara komplemen. Dimana satu dioda yang berfungsi pada fase siklus positif dan dioda lainnya dengan siklus fase negatif yang sudah dibalik. Maka dari itu sistem penyearah gelombang penuh ini menggunakan transformator center tap (CT) dengan output sinyal AC yang fasenya berkebalikan (Dwinata, 2017). Pada umumnya penyearah gelombang penuh (*rectifier full-wave*) menggunakan 2 sampai 4 dioda dalam rangkaianannya, karena dalam jenis *full-wave* memiliki kelebihan dimana dalam posisi *high state* maupun *low state* keadaan output dari rangkaian gelombang penuh ini tetap bisa menghasilkan sebuah tegangan [9].

Ada beberapa macam dari dioda yang memiliki fungsi sebagai penyearah dan pengamanan dari rangkaian elektronik jika terjadi kesalahan dalam memasang polaritas baterai yaitu *Rectifier Dioda* (120) atau disebut dioda CR<sub>5</sub> [9].

Dioda memiliki kode yang merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis dan karakteristik dioda. Kode ini terdiri dari gabungan huruf dan angka, yang ditetapkan oleh produsen untuk membantu pengguna dalam memilih dioda yang sesuai dengan aplikasi mereka. Sistem kode yang berbeda diterapkan pada setiap jenis dioda, tergantung pada karakteristiknya yang unik [10].

Sebagai contoh, dioda germanium memiliki kode "1N" diikuti dengan angka tertentu yang mengindikasikan tegangan breakdown dan arus maksimum yang dapat dilalui oleh dioda tersebut. Sedangkan dioda silikon memiliki kode "1N4" atau "1N4XXX" diikuti dengan tiga angka tambahan yang menunjukkan tegangan breakdown dan arus maksimumnya. Selain itu, kode dioda juga dapat menunjukkan karakteristik lain seperti kecepatan pemulihan, tipe pengemasan, dan karakteristik suhu [10].

Pemilihan dioda yang tepat sangat penting untuk memastikan kinerja yang optimal pada suatu rangkaian elektronik. Kode dioda juga dapat membantu pengguna dalam mengidentifikasi dioda yang rusak atau bermasalah pada suatu rangkaian [10].

Ketika melakukan eksperimen rangkaian dioda sebagai *rectifier* untuk menganalisis komponen dioda yang bertujuan untuk mengetahui website simulator Circuit Lab dapat

digunakan untuk membuat dan menganalisis rangkaian *rectifier*. Website simulator Circuit Lab merupakan simulator yang berbentuk website yang berguna sebagai media dalam membentuk dan mensimulasikan sirkuit dengan menggunakan browser secara online, dimana dalam fitur yang ditampilkan memuat banyak kegunaan seperti dapat mendesain, mengedit, dan masih banyak lainnya guna untuk membuat sebuah rangkaian elektronik [11].

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan untuk mencoba membuat rangkaian gelombang *half wave* dan *full wave* menggunakan simulator Circuit Lab. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui tentang penyearah gelombang dan kelayakan simulator Circuit Lab dalam menunjang penelitian penyearah gelombang. Metode yang digunakan pada penelitian ini ialah metode eksperimen. Adapun tahapan eksperimen yang dilakukan sebagai berikut:

### A. Tahapan Pengambilan data

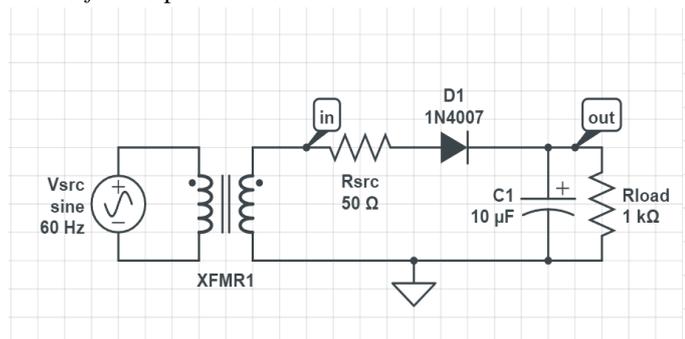
- a. Membuat rangkaian *half wave rectifier* dengan menggunakan komponen pada PCB *software* CIRCUIT LAB
- b. Sumber AC akan diatur pada tegangan 12V dengan frekuensi 60 Hz, sedangkan Resistor (*source*) akan diberikan nilai 50  $\Omega$  dan Resistor (*load*) sebesar 1 k $\Omega$ . Pada rangkaian *half wave* hanya terdiri dari satu dioda.
- c. Selanjutnya transformator CT akan menghasilkan signal sinus dengan fase yang berkebalikan. Pada saat sinyal input sebuah siklus positif maka dioda akan mendapat bias yang maju dan akan mengalir ke arah Rload dan sebaliknya. Maka dapat dikatakan dioda akan bekerja secara bergantian dan sebagai penyearah gantian.
- d. Pada rangkaian *full wave* ini digunakan 4 dioda dan akan menghasilkan signal sinus output penuh dari transformator.
- e. Diantara empat dioda yang terpasang, terdapat 2 dioda yang bekerja secara bersamaan, ketika 2 dioda pada bias maju maka 2 dioda lagi akan berada pada bias mundur. Hal tersebut mengakibatkan arus mengalir atau menghantarkan ketika dioda pada bias maju.
- f. Siklus ini akan digambarkan dengan sebuah gelombang pada osiloskop

Analisis dilakukan untuk mencoba membuat rangkaian *half-wave* dan *full-wave rectifier* dengan menggunakan *software* rangkaian elektronika yaitu CIRCUIT LAB yang dapat di akses secara online. Percobaan ini menggunakan komponen sebagai berikut :

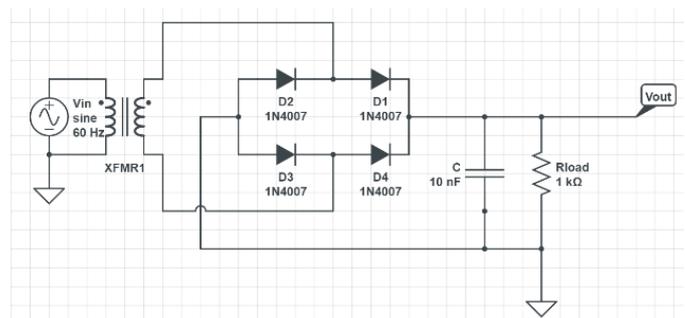
Tabel I Komponen yang digunakan

Komponen	Quantity
Trafo	1
Ground	1
Osiloskop	1
Stabilizator	1
Dioda	4
Kapasitor	1

Berikut merupakan gambar dari rangkaian *full wave* dan *half wave* pada CIRCUIT LAB



Gambar 1 Rangkaian Half Wave



Gambar 2 Rangkaian Full Wave

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkain penyearah gelombang akan mengubah gelombang sinus AC dirubah menjadi gelombang sinus DC. Hal tersebut dikarenakan fungsi dioda sebagai penyearah atau perubah tegangan input AC menjadi output tegangan DC. Pada percobaan ini tools yang digunakan ialah Simulator online Circuit Lab dan akan membahas rangkaian penyearah setengah gelombang dan rangkaian penyearah gelombang penuh.

Percobaan pertama merupakan percobaan rangkaian half-wave. Rangkain tersebut hanya menggunakan satu dioda saja, maka rangkaian tersebut terbilang sederhana, karena hanya menggunakan satu dioda saja.

Arus hanya dapat mengalir jika dioda mengalami bias maju, hal tersebut dapat diakibatkan oleh sinyal inputan memiliki siklus positif. Sedangkan arus tidak akan mengalir jika dioda mengalami bias mundur akibat dari sinyal input yang bernilai negatif. Pada simulator Circuit Lab tidak tersedia

Oscilloscope, tetapi tersedia fitur pilihan untuk menampilkan hasil rangkaian dapat berupa angka atau grafik. Sehingga masih bisa digunakan untuk menampilkan grafik hasil simulasi rangkaian tersebut.

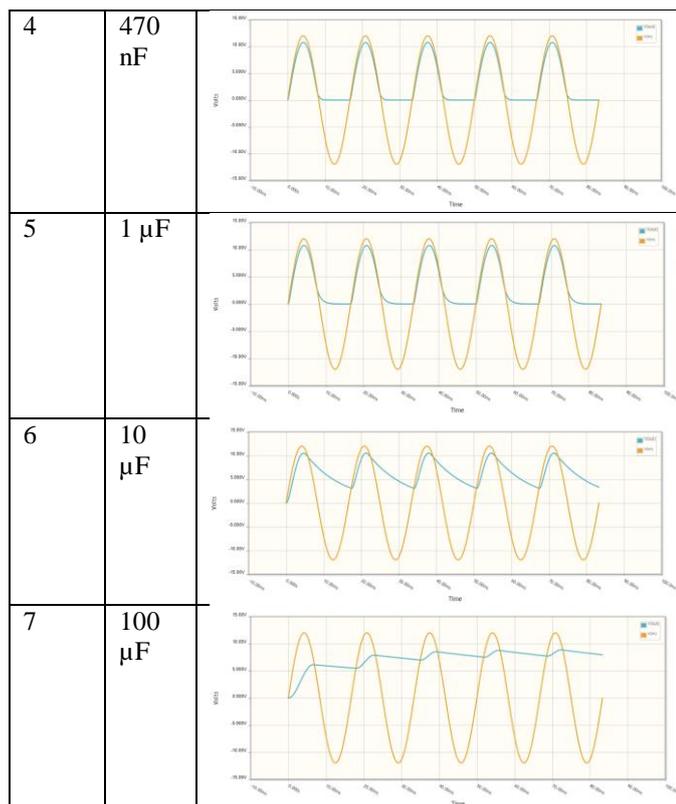
Rangkaian *half-wave* bekerja dengan cara sisi sinyal positif yang dihasilkan dari gelombang AC bersumber dari transformator akan diambil. Ketika transformator memberikan output sisi positif maka dioda dalam keadaan forward bias. Sehingga sisi positif yang dihasilkan gelombang akan dilewatkan. Sedangkan ketika transformator memberikan output sisi negatif maka dioda dalam keadaan reverse bias. Sehingga sinyal dari sisi negatif ditahan atau tidak dilewatkan.

Pada rangkaian gelombang penyearah penuh digunakan transformator center rap (CT). Hal tersebut disebabkan karena satu dioda berfungsi pada fase periode positif dan dioda lainnya berfungsi pada periode negatif dengan output sinyal AC yang fasenya berkebalikan

Rangkaian *full-Wave* memiliki prinsip kerja berbeda-beda tergantung jumlah dioda yang digunakan. Pada percobaan ini menggunakan empat dioda. Ketika transformator memberikan output periode positif, maka dioda 1 dan 3 berada pada posisi forward bias, sedangkan dioda 4 dan 2 pada posisireverse bias. Sehingga level pada tegangan puncak positif akan dilewatkan melalui dioda 1 ke dioda. Sedangkan ketika transformator memberikan output periode puncak negatif maka dioda 3 dan 4 dalam keadaan forward bias dan dioda 1, dioda 2 berposisi reverse bias. Sehingga tegangan sisi negatif mengalir melalui dioda 1 dan dioda 2. Berikut tabel hasil sinyal keluaran yang dihasilkan:

Tabel II Sinyal keluaran

NO	Capa sitor	Sinyal keluaran
1	10 nF	
2	100 nF	
3	220 nF	

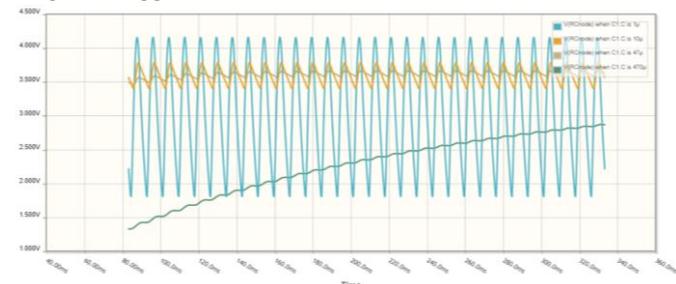


Catatan tabel : Menunjukkan grafik Vin  
 Menunjukkan grafik Vout

Berdasarkan tabel II terlihat bahwa output dari rangkain rectifier gelombang searah menghasilkan bentuk gelombang yang sebagian. Gelombang dari sinyal keluaran tersebut tidak memiliki lembah. Hal tersebut karena dioda pada rangkaian *half wave rectifier* mengubah arus AC menjadi DC. Jika bebab muatan berubah maka hal tersebut dapat mengubah bentuk gelombang keluaran.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan puncak ke puncak ( $V_{pp}$ ) sebesar 10,78V untuk kapasitor bernilai 10 nF. Sebagaimana kapasitor yang bernilai 100 nF, 220 nF, dan 470 nF, ketiganya menghasilkan tegangan antar puncak sebesar 10,78 V. Kemudian kapasitor yang bernilai 1 μF, 10 μF, dan 100 μF, masing-masing tegangan antar puncaknya sebesar 10,77V, 10,52V dan 6,061V. Sehingga terlihat bahwa semakin kecil nilai resistornya maka akan semakin kecil tegangan antar puncak ke puncaknya.

Untuk hasil percobaan rangkaian *Full Wave Rectifier* akan disajikan dalam bentuk gambar. Berikut merupakan gambar sinyal keluaran dari rangkaian *full wave rectifier* dengan menggunakan *online simulator CircuitLab* :



Gambar 3 Hasil Sinyal Keluaran dari Rangkaian Full Wave Rectifier

Catatan gambar : menunjukkan grafik Vout saat C1 = 1 μF  
 menunjukkan grafik Vout saat C1 = 10 μF  
 menunjukkan grafik Vout saat C1 = 47 μF  
 menunjukkan grafik Vout saat C1 = 470 μF

Berdasarkan gambar dapat dilihat bahwa besarnya nilai kapasitor berpengaruh terhadap sinyal keluaran pada *full wave rectifier*. Pada kapasitor bernilai 10 μF, 47 μF, dan 470 μF dapat dilihat bahwa jika nilai kapasitor yang digunakan semakin besar maka sinyal keluaran yang dihasilkan akan memiliki gelombang yang lebih halus.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan bahwa terbukti prinsip rangkain penyearah gelombang mengubah arus AC menjadi arus DC dengan menggunakan dioda tunggal. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil penelitian sinyal keluaran yang dihasilkan rangkaian *half wave rectifier* tidak memiliki lembah, melainkan hanya memiliki bukit. Hal tersebut dikarenakan dioda yang terdapat pada rangkaian menghambat siklus negatif gelombang arus AC, keadaan tersebut dikarenakan dioda mengalami bias terbalik. Sedangkan siklus positif gelombang dilewatkan oleh dioda karena dioda mengalami bias maju. Sehingga grafik yang dihasilkan menunjukkan perbedaan yang signifikan antara sinyal input dan sinyal output.

Grafik hasil sinyal input memiliki satu lembah dan satu bukit sedangkan sinyal output hanya memiliki satu bukit. Nilai kapasitor yang digunakan pada rangkaian berpengaruh terhadap sinyal keluaran yang dihasilkan. Semakin kecil nilai kapasitor yang digunakan maka semakin terlihat jelas bentuk bukit gelombang yang dihasilkan. Seperti hasil penelitian yang diperoleh ketika nilai kapasitor 10 nF, 100 nF, 220nF dan 470 nF sinyal keluaran yang menghasilkan satu bukit dengan tegangan puncak ke puncak sebesar 10,78V. Makah hal tersebut menunjukkan sinyal keluaran setengah dari sinyal masukan. Sedangkan ketika menggunakan kapasitor bernilai 1 μF, 10 μF, 100 μF sinyal keluaran yang dihasilkan memiliki bukit dengan tegangan antar puncak sebesar 10,77V, 10,52V dan 6,061V. Tegangan antar puncak yang dihasilkan semakin menurun. Oleh karena itu membuktika bahwa *half wave rectifier* atau penyearah setengah gelombang hanya melewatkan setengah panjang gelombang yang dihasilkan dari sumber tegangan bolak-balik.

Keuntungan dari penggunaan rangkaian *half wave rectifier* ialah komponen yang dibutuhkan pada rangkaian hanya satu dioda dan satu kapasitor, sehingga cukup sederhana dan biaya yang dibutuhkan sedikit. Oleh karena itu, penyearah setengah gelombang banyak digunakan pada perangkat elektronik yang sering digunakan sehari-hari. Akan tetapi karena yang dilewarkan hanya setengah dari siklus arus AC maka setengahnya terbuang atau tidak digunakan. Sehingga efisiensinya rendah dan voltase keluaran tidak konstant. Hal tersebut merupakan kekurangan yang dimiliki *half wave rectifier*.

Kemudian kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian rangkaian *full wave rectifier* mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Akan tetapi kedua siklusnya dilewatkan dengan mengubah polaritas salah satu siklus. Rangkaian *full wave rectifier* menggunakan empat buah dioda dan transformator. Sehingga jika dibandingkan dengan rangkaian penyearah setengah gelombang rangkaian penyearah gelombang penuh lebih kompleks. Rangkaian *full wave rectifier* bekerja dengan cara dua dioda akan mengalami keadaan bias maju ketika arus AC melewatinya sehingga siklus positif dilewatkan dan dua dioda lainnya tidak bisa dilewati siklus negatif. Keadaan bias maju yang dialami oleh dioda dipengaruhi oleh output tegangan yang berasal dari sisi trafo. Jika salah satu sisi trafo menerima tegangan positif maka sisi lainnya akan menerima tegangan negatif. Proses tersebut terus berlanjut secara bergantian jika dua dioda mengalami bias maju maka dioda lainnya tidak bisa dilewati oleh siklus positif dan sebaliknya.

Grafik hasil sinyal keluaran memiliki satu lembah dan satu bukit seperti sinyal masukan. Nilai kapasitor berpengaruh terhadap sinyal keluaran yang dihasilkan. Semakin besar nilai kapasitor yang digunakan maka semakin halus sinyal keluaran yang dihasilkan. Seperti hasil penelitian ketika kapasitor 10  $\mu\text{F}$ , 47  $\mu\text{F}$ , dan 470  $\mu\text{F}$  sinyal keluaran yang dihasilkan memiliki gelombang yang memiliki satu bukit dan satu lembah yang halus.

Keuntungan *full wave rectifier output* tegangan yang dihasilkan lebih tinggi dengan tegangan riak yang lebih rendah. Tegangan yang dihasilkan lebih konstan dan stabil tidak terpengaruh oleh kondisi beban. Hal tersebut dikarenakan kedua siklus sumber tegangan digunakan. Akan tetapi komponen yang digunakan pada rangkaian *full wave rectifier* cukup banyak dan membutuhkan banyak biaya.

Simulator *Circuit Lab* setelah digunakan penelitian dapat disimpulkan bahwa simulator tersebut berbasis web berbayar yang memiliki sifat *user friendly*. Nilai perhitungan yang digunakan cukup akurat. Akan tetapi terdapat beberapa komponen pendukung penelitian yang tidak tersedia. Salah satu komponen yang tidak tersedia ialah *Oscilloscope*, sehingga ketika melakukan pengukuran terdapat kendala untuk mendapatkan data yang lengkap. Walaupun simulator tersebut menyediakan komponen yang mirip seperti *Oscilloscope*, namun fungsi yang dimiliki tidak seperti *Oscilloscope* pada umumnya, dan data yang disajikan tidak lengkap. Maka dari itu, tidak disarankan melakukan penelitian *half wave* dan *full wave rectifier* menggunakan *Software Circuit Lab* karena kurang kredibel dari sisi komponen yang tersedia. Disarankan menggunakan simulator lain seperti PSIM atau simulator lain yang menyediakan komponen lebih lengkap.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terimakasih kepada Allah swt yang telah memberi rahmat kepada tim penulis untuk menyelesaikan penulisan paper hasil eksperimen ini, Penulis juga

mengucapkan terimakasih kepada Universitas Pendidikan Indonesia Kampus daerah Purwakarta khususnya kepada Program Studi S1 Sistem Telekomunikasi atas dukungan finansial melalui RKAT Program Studi. Terimakasih penulis ucapkan kepada Bapak Syiful Fuada, S.T., M.T. sebagai pembimbing dalam penyelesaian paper ini, serta rekan-rekan yang terlibat dalam penyusunan jurnal ilmiah. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Tim JTE UNIBA yang telah meluangkan waktu untuk membuat template ini

#### REFERENSI

- [1] A. Budiman, S. Sunariyo, and J. Jupriyadi, "Sistem Informasi Monitoring dan Pemeliharaan Penggunaan SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)," *J. Tekno Kompak*, vol. 15, no. 2, p. 168, Aug. 2021, doi: 10.33365/jtk.v15i2.1159.
- [2] Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara and S. Lubis, "Analisa Tegangan Keluaran Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif," *RELE Rekayasa Elektr. Dan Energi J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 44–47, Jul. 2018, doi: 10.30596/rele.v1i1.2270.
- [3] M. N. R. Rajab and R. Saptono, "PERANCANGAN RANGKAIAN RECTIFIER PADA SISTEM RF ENERGY HARVESTING DENGAN ANTENA TELEVISI PADA FREKUENSI UHF," *JARTEL*, vol. 9, no. 4, pp. 464–469, 2019.
- [4] R. Rivaldo, H. Wijanto, and Y. Wahyu, "RECTENNA (RECTIFIER ANTENNA) 800 MHz - 2500 MHz," *E-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 2281–2288, 2018.
- [5] N. Alipan, "PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PICO-HYDRO DENGAN MEMANFAATKAN ALTERNATOR UNTUK MEMBANTU PENERANGAN JALAN SEPUTARAN KEBUN SALAK," *J. Edukasi Elektro*, vol. 2, no. 2, Dec. 2018, doi: 10.21831/jee.v2i2.22457.
- [6] A. Asriyadi, M. Fadhli, and A. Nurdin, "Design dan Implementasi Rectenna (Rectifier Antenna) Untuk Jaringan 4G LTE," *POSITRON*, vol. 11, no. 1, p. 47, Oct. 2021, doi: 10.26418/positron.v11i1.43147.
- [7] Y. A. Cahyono, "KOMPONEN ELEKTRONIKA DAN CARA KERJANYA," *portaldata.org*, vol. 2, no. 4, pp. 1–11, 2022.
- [8] M. I. Firmansyah and B. Suprianto, "Kombinasi CDROM dan Dioda Zener Sebagai Suplai Energi Listrik Untuk LED 1,5 Volt," *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 146–154, 2022, doi: <https://doi.org/10.26740/jte.v11n1.p146-154>.
- [9] W. H. Gunawan, F. Oktafiani, and D. Balalembang, "Microwave Rectifier untuk Transmisi Listrik Tanpa Kabel dengan Metode Matching Impedance," *JST J. Sains Terap.*, vol. 4, no. 2, pp. 130–133, Nov. 2018, doi: 10.32487/jst.v4i2.478.
- [10] M. Khair and M. Mirna, "Rancang Bangun Media Pembelajaran Praktikum Piranti Elektronika Untuk Memahami Karakteristik Dioda," *Mechatron. J. Prof. Entrep. MAPLE*, vol. 2, no. 1, Jun. 2020, [Online]. Available: <http://jurnal.politeknikbosowa.ac.id/index.php/JMAPLE/article/view/274/129>
- [11] M. S. D. Utomo *et al.*, "Analisis Perhitungan Teori dengan Menggunakan Variasi Simulator Online pada Rangkaian Pembagi Tegangan," *TELNECT*, vol. 1, no. 2, pp. 61–70, 2021.