

REDUKSI RIPPLE DAN EVALUASI TEGANGAN PADA PENYEARAH SETENGAH GELOMBANG TIGA FASA BERBASIS KOMPONEN PASIF

Yudi Andika¹⁾, Aanggara Trisna Nugraha²⁾, Rama Arya Sobhita³⁾, dan Dita Dini Rivanda⁴⁾

¹Teknik Pengelasan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
^{2,3,4}Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

E-mail: yudi.andika@ppns.ac.id

Abstract

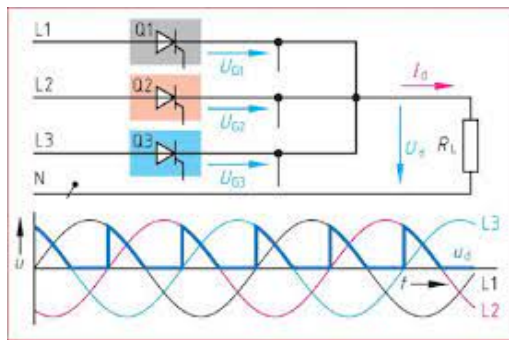
The three-phase half-wave rectifier circuit employs diodes as passive rectifying components to convert a three-phase sinusoidal input into a half-wave output, where only the positive portions of each phase are conducted. When combined with an inductive element, the circuit allows current to continue flowing even after the load voltage drops to zero, since the inductor stores and releases energy. Experimental results show that the output DC voltage is approximately equal to the peak voltage of the transformer, reduced by about 0.7 V due to the forward voltage drop of the silicon diode. Furthermore, the presence of a capacitor in the RC load significantly reduces the ripple voltage, producing a smoother DC output. Measurements also revealed that the Avo-Meter displays the effective (rms) voltage, while the oscilloscope indicates the peak value of the waveform. During the measurement process, the internal resistance of the measuring instruments slightly influenced the results due to continuous current flow through the circuit. Overall, the study confirms that increasing the capacitance value effectively minimizes ripple, thereby improving the quality of the rectified DC output.

Keywords: *Three phase, diode, uncontrolled*

PENDAHULUAN

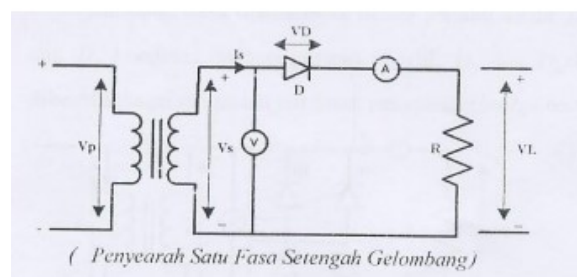
Listrik memegang peran penting dalam kehidupan modern dan mendukung kemajuan teknologi di berbagai sektor, termasuk industri. Salah satu teknologi yang umum digunakan adalah penyearah, yaitu rangkaian elektronika daya yang mengubah arus AC menjadi DC, seperti pada charger ponsel (Setiawan et al., 2025). Meski fungsinya dikenal luas, pemahaman mendalam mengenai karakteristik dan kinerjanya masih terbatas. Oleh karena itu, dilakukan praktikum penyearah tak terkontrol tiga fasa setengah gelombang untuk mempelajarinya.

Penyearah setengah gelombang dengan konfigurasi jembatan menggunakan empat dioda, dengan dua di antaranya aktif secara bersamaan dalam satu siklus AC (Nugraha et al., 2025). Arus DC yang dihasilkan memiliki riak serupa dengan penyearah menggunakan *center tap*. Sistem ini memungkinkan arus maju mengalir dua kali dalam satu siklus penuh. Konfigurasi ini efisien dan hemat, serta sering digunakan dalam rangkaian penyearah satu fasa (Sobhita et al., 2025). Jika diaplikasikan pada sistem tiga fasa, rangkaian ini berfungsi sebagai gabungan tiga penyearah satu fasa, dengan masing-masing dioda menghantar saat tegangan fasanya tertinggi dan konduksi berlangsung selama $2\pi/3$ radian (Pradana, 2024).



Gambar 1. Baca penjelasan dari gambar

Tujuan dari pembelajaran ini adalah memahami prinsip kerja penyearah setengah gelombang tiga fasa tak terkontrol, mempelajari perancangannya, serta mengenali karakteristiknya baik secara teori maupun praktik (Rohman & Nugraha, 2024). Pembaca diharapkan mampu memahami prinsip dasar, melakukan simulasi atau perakitan rangkaian, serta membandingkan hasil perhitungan manual dengan simulasi (Satrianata et al., 2024). Penyearah sendiri merupakan rangkaian elektronika daya yang mengubah arus AC menjadi DC, dengan bentuk paling sederhana berupa penyearah satu fasa setengah gelombang.



Gambar 2. Baca penjelasan dari gambar

Kapasitor merupakan komponen dasar elektronika yang berfungsi menyimpan energi listrik dalam medan listrik dan menghambat aliran arus. Komponen ini terdiri dari dua pelat logam yang dipisahkan bahan dielektrik dan ditemukan oleh Michael Faraday (Nugraha et al., 2024a). Muatan listrik akan tertahan pada pelat selama tidak ada jalur konduksi eksternal, mirip seperti proses pembentukan petir di alam. Resistor adalah komponen yang membatasi dan mengatur arus dalam rangkaian. Terbuat dari bahan seperti karbon atau logam, resistor digunakan untuk membagi tegangan, menentukan waktu dalam rangkaian RC, serta mengontrol sinyal (Nugraha & Febrianti, 2024b). Dioda adalah komponen semikonduktor yang hanya menghantarkan arus searah. Dikembangkan dari tabung vakum, dioda modern bekerja berdasarkan sambungan tipe-p dan tipe-n. Beberapa jenisnya antara lain dioda penyearah, Zener, LED, dan Schottky (Nugraha & Sugianto, 2024).

Transformator (trafo) berfungsi mengubah tingkat tegangan listrik melalui prinsip induksi elektromagnetik. Komponen ini memiliki kumparan primer dan sekunder serta inti logam, dengan rasio lilitan menentukan besar tegangan dan arus. Jenis trafo meliputi step-up, step-down, satu fasa, dan tiga fasa, dan sangat penting dalam distribusi Listrik (Ivanuri et al., 2024). Osiloskop adalah alat ukur yang menampilkan bentuk gelombang sinyal listrik terhadap waktu dan tegangan. Alat ini berguna untuk menganalisis parameter sinyal dan tersedia dalam versi analog maupun digital. Sementara itu, PSIM adalah perangkat lunak simulasi sistem tenaga listrik yang banyak digunakan di dunia akademik dan industri. PSIM menawarkan fitur analisis seperti transien, harmonik, dan stabilitas, serta memudahkan perancangan rangkaian secara grafis dan efisien.

METODE PENELITIAN

Nilai dari kapasitor dalam suatu rangkaian sangat memengaruhi bentuk gelombang tegangan yang dihasilkan. Salah satu indikator kinerja filter adalah koefisien riak, yaitu perbandingan antara tegangan riak efektif (rms) terhadap tegangan DC. Semakin kecil nilai koefisien ini, maka semakin baik performa filter tersebut. Untuk menurunkan tingkat riak tersebut, dapat dilakukan dengan memperbesar nilai kapasitansi pada rangkaian.

Permasalahan dalam penelitian ini difokuskan pada dua variabel utama, yaitu arus masukan dan tegangan keluaran. Arus masukan berpengaruh terhadap bentuk gelombang pada sisi keluaran, sementara tegangan tidak memberikan dampak signifikan. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk memperoleh nilai arus rata-rata pada kapasitor.

Pada rangkaian penyearah setengah gelombang tiga fasa yang tidak dikendalikan, dioda berfungsi sebagai elemen utama untuk proses penyearahan. Dioda ini bekerja pada sinyal masukan berupa gelombang sinusoidal yang memiliki komponen positif dan negatif dalam satu siklus penuh. Proses penyearahan hanya menggunakan salah satu bagian gelombang tersebut. Di sisi lain, elemen induktif dalam rangkaian memiliki kemampuan untuk menyimpan energi listrik. Ketika tegangan pada beban mulai menurun, energi yang tersimpan dalam induktor dilepaskan dan mengalir ke beban, menyebabkan tegangan pada beban menjadi nol meskipun arus masih tetap mengalir.

2.1 Analisis Perhitungan Rangkaian Tanpa Beban

Apabila suatu rangkaian listrik tidak diberikan beban (beban = 0), maka tidak akan ada arus maupun tegangan yang mengalir dalam rangkaian tersebut. Hal ini sesuai dengan hukum Ohm

($V = I \times R$), di mana jika resistansi bernilai nol, maka tegangan pun menjadi nol. Pada kondisi ini, meskipun nilai tegangan rms dari sumber tetap, nilai tegangan rata-rata pada keluaran adalah nol karena tidak ada daya yang disalurkan ke beban.

2.2 Analisis Perhitungan Rangkaian dengan Beban

Dilakukan perhitungan pada rangkaian dengan beban sebesar 243,3 Ohm dan tegangan masukan sebesar 30 V rms. Besarnya tegangan maksimum input pada sistem dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Vm = Vrms \times \sqrt{2}$$

$$Vm = 30 \times \sqrt{2}$$

$$Vm = 42,43V$$

Berdasarkan nilai tersebut, tegangan keluaran rata-rata (DC) dan tegangan keluaran efektif (rms) dapat dihitung sebagai berikut:

$$Vo(dc) = 0,8274 \times Vs(rms)(L-N) = 1,17 \times 30 = 35,1V$$

$$Vo(rms) = 1,189 \times Vs(rms)(L-N) = 1,189 \times 30 = 35,67V$$

Untuk menghitung arus keluaran rata-rata (DC) dan arus rms, digunakan rumus:

$$Io(dc) = Vo(dc) / R = 35,1 / 243,3 = 0,144 A$$

$$Io(rms) = Vo(rms) / R = 35,67 / 243,3 = 0,149 A$$

2.3 Analisis Perhitungan Rangkaian dengan Beban

Pada kondisi rangkaian dengan beban sebesar 243,3 ohm dan tegangan input sebesar 45 V rms, tegangan maksimum input dapat dihitung dengan rumus:

$$Vm = Vrms \times \sqrt{2}$$

$$Vm = 45 \times \sqrt{2}$$

$$Vm = 63,64V$$

Dengan menggunakan nilai ini, maka tegangan keluaran rata-rata (DC) dan tegangan keluaran efektif (rms) diperoleh sebagai berikut:

$$Vo(dc) = 0,8274 \times Vs(rms)(L-N) = 1,17 \times 45 = 52,65V$$

$$Vo(rms) = 1,189 \times Vs(rms)(L-N) = 1,189 \times 45 = 53,5V$$

Sementara itu, arus keluaran rata-rata dan arus rms dapat dihitung dengan membagi tegangan output terhadap resistansi beban, yaitu:

$$Io(dc) = Vo(dc) / R = 52,65 / 243,3 = 0,216 A$$

$$Io(rms) = Vo(rms) / R = 53,5 / 243,3 = 0,219 A$$

2.4 Perhitungan Rangkaian dengan Beban 243,3 ohm saat Input Tegangan 60V rms

Apabila input tegangan yang diberikan ke sistem adalah sebesar 60V rms, maka tegangan maksimum dari input dapat dihitung dengan persamaan:

$$Vm = Vrms \times \sqrt{2}$$

$$Vm = 60 \times \sqrt{2}$$

$$Vm = 84,85V$$

Dengan demikian, diperoleh nilai tegangan keluaran rata-rata (dc) dan tegangan keluaran rms sebagai berikut:

$$Vo(dc) = 0,8274 \times Vs(rms)(L-N) = 1,17 \times 60 = 70,2V$$

$$Vo(rms) = 1,189 \times Vs(rms)(L-N) = 1,189 \times 60 = 71,34V$$

Sedangkan nilai arus keluaran rata-rata (dc) dan arus keluaran rms dihitung sebagai berikut:

$$Io(dc) = Vo(dc) / R = 70,2 / 243,3 = 0,288 A$$

$$Io(rms) = Vo(rms) / R = 71,34 / 243,3 = 0,293 A$$

2.5 Analisa Perhitungan dengan Beban 243,3 Ohm

Pada kondisi ketika beban memiliki nilai resistansi sebesar 243,3 ohm dan tegangan input sistem sebesar 30V rms, maka tegangan maksimum yang dapat dicapai oleh sistem dihitung menggunakan rumus:

$$Vm = Vrms \times \sqrt{2}$$

$$Vm = 30 \times \sqrt{2}$$

$$Vm = 42,43V$$

Berdasarkan nilai tegangan ini, diperoleh tegangan output rata-rata (DC) sebesar:

$$Vo(dc) = 0,8274 \times Vs(rms)(L-N) = 1,17 \times 30 = 35,1V$$

Sementara itu, untuk tegangan output RMS-nya adalah:

$$Vo(rms) = 1,189 \times Vs(rms)(L-N) = 1,189 \times 30 = 35,67V$$

Sedangkan perhitungan arus output rata-rata (dc) dan arus output rms yaitu:

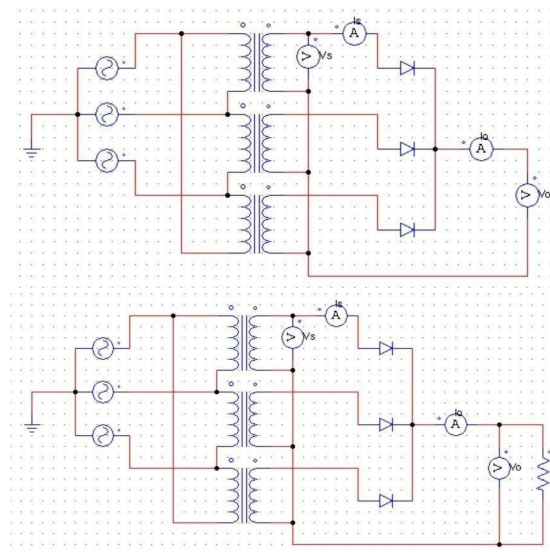
$$Io(dc) = Vo(dc) / R = 35,1 / 243,3 = 0,144 A$$

$$Io(rms) = Vo(rms) / R = 35,67 / 243,3 = 0,149 A$$

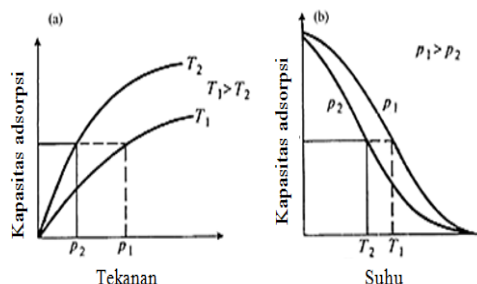
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1

No	Komponen	Cara Kerja
1	Variac 1 Phasa	Sumber tegangan AC dengan <i>output</i> yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.
2	Transformator 1 Phasa	Menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menaikkan atau menurunkan tegangan. Pada sistem penyearah ini berfungsi untuk menurunkan sumber
3	Dioda	Sebagai penyearah arus dengan mencegah arus balik sehingga arus mengalir searah dari sumber ke <i>output</i> saja. Pada sistem ini sebagai penyearah arus AC menjadi arus DC.
4	Resistor	Cara kerjanya yaitu memberib beban pada sistem
5	Kapasitor	Menyimpan sesaat arus dan tegangan listrik. Pada sistem ini berfungsi sebagai <i>filter</i> sinyal <i>output</i> .
6	Osilloscope	Membaca tegangan listrik kemudian mengubahnya dalam bentuk dua dimensi.



Gambar 3. Baca penjelasan dari gambar



Gambar 4. (a) Grafik pengaruh tekanan dan (b) suhu pada adsorpsi hidrogen [75]

Penulisan Persamaan Matematika

$$\begin{aligned}V_{o(rms)} &= V_{s(max)(L-N)} \sqrt{\left[\frac{3}{2\pi} \left(\frac{\pi}{3} + \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{3} \right) \right]} \\V_{o(rms)} &= 0.841 \times V_{s(max)(L-N)} = 1.189 \times V_{s(rms)(L-N)} \\V_{o(dc)} &= \frac{3\sqrt{3} V_{s(max)(L-N)}}{2\pi} = 0.8274 \times V_{s(max)(L-N)} \\V_{o(dc)} &= 1.17 \times V_{s(rms)(L-N)} \\\Delta V_o &= \frac{V_m}{3fRC} = \frac{V_{s(max)(L-N)}}{3fRC}\end{aligned}$$

Rangkaian penyearah setengah gelombang menggunakan diode untuk mengalirkan arus hanya dalam satu arah, menghasilkan arus searah dari setengah siklus sinyal AC. Pada siklus positif, diode menghantar arus saat tegangan melebihi ambang batas, sedangkan pada siklus negatif, arus terhenti. Hasilnya, output berupa gelombang searah yang terputus-putus. Untuk menstabilkan tegangan dan mengurangi riak, rangkaian dapat ditambah transformator dan kapasitor.

SIMPULAN

Semakin besar nilai kapasitor yang digunakan, maka tegangan ripple yang dihasilkan akan semakin kecil, yang mengindikasikan bahwa tegangan DC menjadi lebih halus atau murni. Dalam rangkaian penyearah setengah gelombang dengan beban RC, tegangan outputnya setara dengan tegangan puncak dari transformator, hanya mengalami sedikit penurunan sekitar 0,7V yang merupakan tegangan maju dari diode berbahan silikon. Nilai yang ditampilkan oleh Avo-Meter merupakan hasil pembacaan tegangan efektif, sedangkan osiloskop menunjukkan nilai puncak dari sinyal. Selama proses pengukuran berlangsung, arus listrik mengalir secara bebas, sehingga menyebabkan adanya resistansi internal dalam alat ukur yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Setiawan, A., Nugraha, A., & Rohman, M. (2025). Integration of renewable energy sources in maritime operations. In *Maritime infrastructure for energy management and emission reduction using digital transformation* (pp. 185–210). Springer.

- Nugraha, A., Setiawan, A., & Rohman, M. (2025). Case studies of successful energy management initiatives. In *Maritime infrastructure for energy management and emission reduction using digital transformation* (pp. 211–228). Springer.
- Sobhita, R., Pradana, Y., & Nugraha, A. (2025). Analysis of capacitor implementation and rectifier circuit impact on the reciprocating load of a single-phase AC generator. *Sustainable Energy Control and Optimization*, 1(1), 1–9.
- Pradana, Y. (2024). Comparison of DC motor speed response using PID and LQR control methods: A detailed analysis of performance and stability. *Journal of Marine Electrical and Electronic Technology*, 2(1), 1–7.
- Rohman, M., & Nugraha, A. (2024). DC motor analysis 42D29Y401 for system optimization through LQR and LQT approaches. *Conference of Electrical, Marine and Its Application*, 3(1).
- Satrianata, R., Nugraha, A., & Setiawan, A. (2024). Implementasi sistem filtrasi air alami terintegrasi sensor TDS dan ESP32 untuk pemenuhan baku mutu air kelas. *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, 11(3), 690–699.
- Nugraha, A., Sugianto, B., & Rohman, M. (2024a). Monitoring air quality parameters (NO , NO_2 , O_3) at Surabaya city stations. *Jurnal Cakrawala Maritim*, 7(1), 52–59.
- Nugraha, A., & Febrianti, D. (2024b). Prototype of ship fuel monitoring system using NodeMCU. *Journal of Marine Electrical and Electronic Technology*, 2(1), 1–9.
- Nugraha, A., & Sugianto, B. (2024). Development of a monitoring system for daily fuel tank levels on ships. *Journal of Marine Electrical and Electronic Technology*, 2(1), 1–9.
- Ivanuri, M., Subiyanto, B., & Nugraha, A. (2024). Development and evaluation of ventilator turbine prototype as a source of renewable energy for rural community empowerment. *Maritime in Community Service and Empowerment*, 2(1), 1–7.