

Uji Kelayaakan Generator Sinkron dengan Metode *Forward Chaining* berbasis PLC dan HMI

Ahmad Efendi Adi P¹, Anggara Trisna Nugraha²,
Adianto³, Rama Arya Sobhita⁴, Widi Nur Hidayat⁵

^{1,2,4,5}Program Studi Teknik Kelistrikan Kapal, Jurusan Teknik
Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia
³Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan
Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

ABSTRAK

Dalam era teknologi yang semakin berkembang, peminat penggunaan pembangkit listrik juga semakin meningkat. Salah satu komponen yang membantu pembangkit dalam menghasilkan listrik adalah generator. Generator merupakan alat yang berfungsi dalam mengubah energi kinetik mejadi enenrgi listrik. Syarat dalam menghasilkan energi listrik yang stabil pada generator adalah dengan menjaga kualitas dari kinerja generator. Maka dari itu, perlu melakukan uji kelayakan generator untuk mengetahui kinerja dari generator dan memastikan bahwa generator tersebut telah memenuhi standar yang ada. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa generator dalam keadaan layak beroperasi dan tidak terjadi gangguan seperti *over* dan *under voltage* maupun *over* dan *under* frekuensi. Hasil perbandingan pengujain dengan metode maupun tidak dengan metode tidak jauh berbeda. Rata-rata yang idapatkan untuk tegangan phasa to netral adalah 226V sedangkan tegangan pada phasa to phasa adalah 391V. Untuk frekuensi juga memiliki nilai yang stabil berkisar diantara 50.1 Hz. Metode *forward chaining* digunakan untuk memprediksi gangguan yang terjadi dengan kondisi tepenuhi dan nantinya akan sesuai dengan kaidah hasil klasifikasi yang dibuat.

Kata Kunci: generator; *Forward Chaining*

ABSTRACT

In an era of increasingly developing technology, enthusiasts for the use of power plants are also increasing. One component that helps generators produce electricity is a generator. Generator is a tool that functions to convert kinetic energy into electrical energy. The requirement to produce stable electrical energy in generators is to maintain the quality of generator performance. Therefore, it is necessary to carry out a generator performance test to determine the performance of the generator and ensure that the generator meets existing standards. Based on the research results, it was found that the generator was in a proper operating condition and there were no disturbances such as over and under voltage or over and under frequency. The results of the comparison of testing with the method and not with the method are not much different. The average obtained for the phase to neutral voltage is 226V while the voltage for phase to phase is 391V. For the frequency also has a stable value ranging from 50.1 Hz. The forward chaining method is used to predict disturbances that occur with the conditions met and will later be in accordance with the rules of the classification results made.

Keywords: generato; *forward chaining*

1. PENDAHULUAN

Dalam era teknologi yang terus berkembang, kebutuhan akan sumber energi yang bersih dan efisien semakin meningkat. Solusi yang banyak dipertimbangkan adalah penggunaan sumber energi baru terbarukan seperti pembangkit angin, matahari, dan air. Pembangkit listrik merupakan sebuah peralatan penting dan terintegrasi antara satu dengan yang lainnya. Salah satu contohnya adalah generator [1]. Generator merupakan alat yang memproduksi energi listrik dari energi mekanik dan dalam sistem kerjanya menggunakan sistem induksi elektromagnet [2]. Generator terdiri atas dua bagian utama yaitu kumparan medan yang berada pada stator dan rotor. Stator merupakan bagian yang tetap pada generator, sedangkan rotor merupakan bagian yang berputar [3].

Pentingnya kinerja maupun kualitas generator pada sebuah pembangkit tidak dapat dipandang sebelah mata. Generator yang efisien akan beroperasi untuk memberikan produksi energi listrik yang stabil dan dapat diandalkan. Maka dari itu, perlu melakukan uji kelayakan generator untuk mengetahui kinerja dari generator dan memastikan bahwa generator tersebut telah memenuhi standar yang ada.

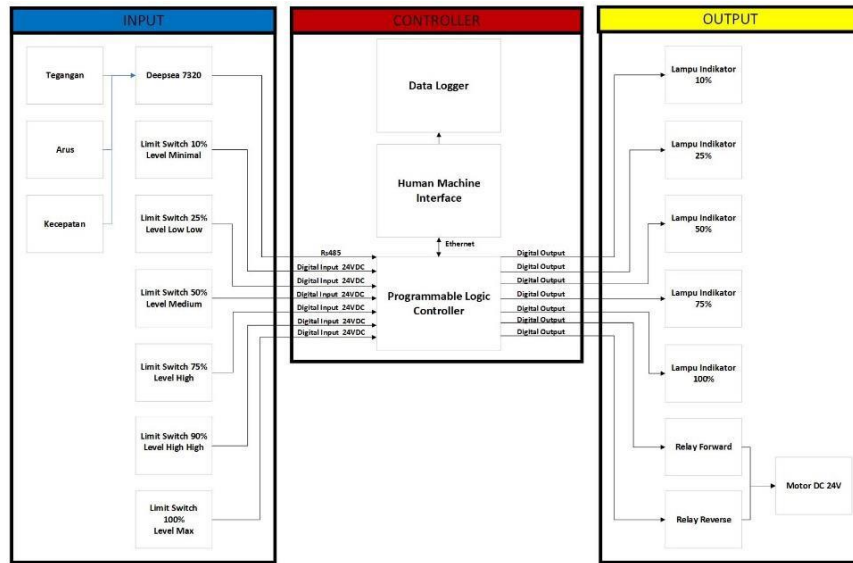
Terdapat beberapa penelitian yang telah dilakuakn mengenai uji kelayakan generator. Menurut data penelitian [4] dalam melakukan pemeriksaan dan penilaian terhadap genset dibutuhkan bantuan load bank testing. Load bank testing bertujuan untuk memastikan bahwa generator dapat diandalkan ketika dibutuhkan, serta memastikan semua komponen utama pada generator dalam keadaan sempurna. Pada saat proses pengujian dibutuhkan beban independent yang dapat diatur sesuai dengan prosedur pengujian

Berdasarkan penelitian [5] dikatakan bahwa pengujian genset dilakukan dengan menghubungkan langsung output aliran genset ke media pengalih beban sementara (load bank). Load bank berfungsi untuk mengetahui besar kemampuan genset sebelum dioperasikan langsung ke beban nyata. Dalam penelitian tersebut menggunakan power meter berbasis IoT untuk memonitoring kinerja genset.

Berdasarkan uraian tersebut maka peneliti ingin membuat penelitian mengenai uji kelayakan generator menggunakan metode *forward chaining*. Penelitian ini nantinya akan melibatkan pengukuran dan analisis berbagai parameter seperti stabilitas tegangan, arus dan frekuensi. Tujuan utama dari pengujian ini nantinya adalah untuk memastikan bahwa generator dapat bekerja secara optimal dalam kondisi yang beragam

2. METODE PENELITIAN

2.1 Blok Diagram

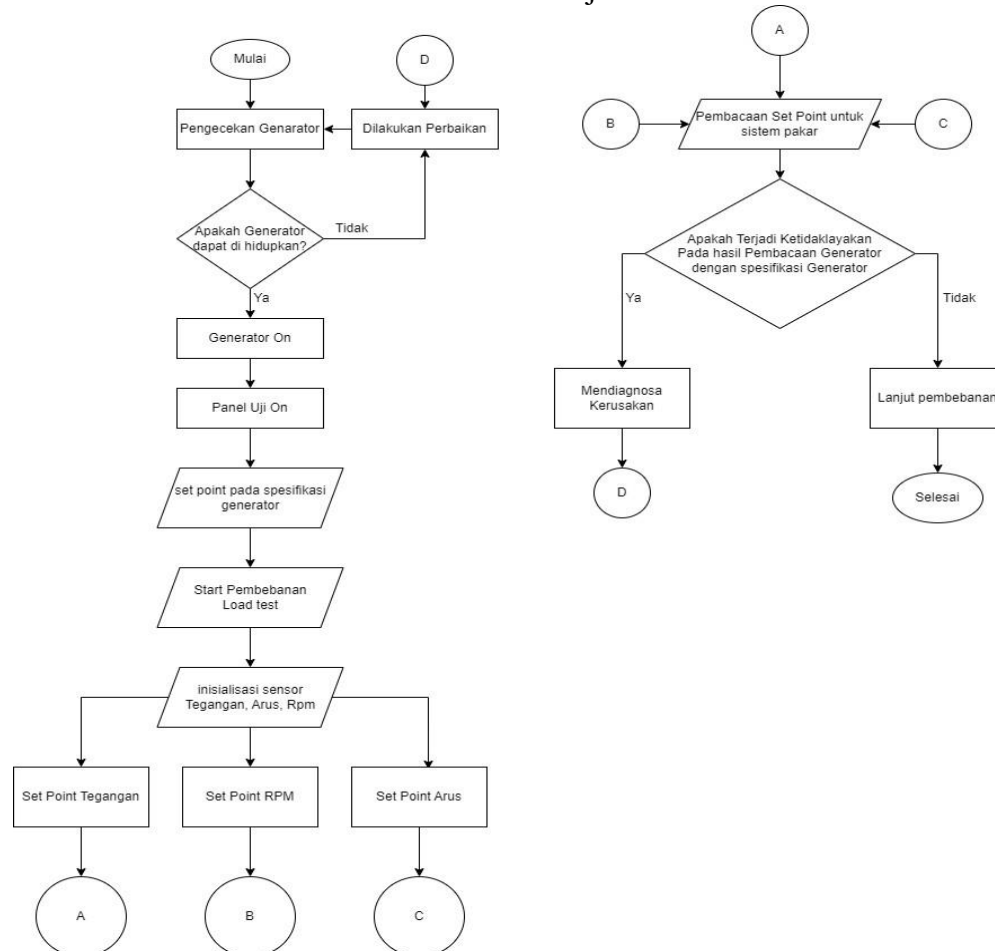


Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Perencanaan pada penelitian ini ditujukan pada gambar 1 yang mencakup rancangan software dan hardware secara menyeluruh. Input pada penelitian ini terdiri dari limit switch dan sensor yang outputnya akan dihubungkan pada deepsea. Sedangkan controller pada penelitian ini menggunakan PLC M221 dan HMI. Data yang diterima oleh deepsea akan dikirim ke PLC untuk melakukan pengolahan data sehingga hasil dari pengolahan tersebut akan dikirim ke HMI untuk ditampilkan pada layer HMI. Output pada sistem ini berupa lampu indikator, relay, dan motor.

Limit switch berfungsi untuk menghentikan kerja dari motor dan mengetahui jarak beban. Relay berfungsi untuk mengontrol forward dan reverse pada motor yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan busbar saat proses pengujian. Sedangkan lampu indikator berfungsi sebagai indikator panel jika beban berada pada posisi yang telah ditentukan.

2.2 Flowchart Kerja Alat



Gambar 2. Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja pada penelitian ini adalah pada tahap pertama melakukan pengecekan pada generator untuk mengetahui kapasitas bahan bakar dan air cooling generator. Jika volumenya kurang, maka harus melakukan penambahan hingga batas yang telah ditentukan. Tahap selanjutnya adalah mengaktifkan generator hingga tahap pemanasan. Setelah tahap pemanasan maka panel uji generator dinyalakan dan dilakukan set point pada spesifikasi generator sebagai pacuan kelayakan pada generator.

2.3 Penentuan Under dan Over Voltage

Menurut PERMEN ESDM NO. 20 tahun 2020 tegangan pada sistem distribusi harus dijaga pada batas-batas kondisi normal yaitu + 5% untuk batas atas dan minimal - 10% untuk batas bawah dari tegangan nominal. Maka dari itu perlu dilakukan perhitungan untuk mengetahui batas atas dan bawah tegangan generator yang diijinkan

- Perhitungan undervoltage

$$-10\% \text{ dari tegangan nominal} = 380V \times (13\%) = 49,4V$$

$$\text{Batas undervoltage} = 380V - 49,4V = 330,6$$

- Perhitungan overvoltage

$$10\% \text{ dari tegangan nominal} = 380V \times (+6\%) = 22,8V$$

$$\text{Batas Overvoltage} = 380V + 22,8V = 402,8V$$

2.4 Penentuan Under dan Over Frequence

Menurut PERMEN ESDM NO. 20 tahun 2020 batas-batas kondisi normal pada frekuensi yaitu + 5% untuk batas atas dan minimal +5% untuk batas bawah dari frekuensi nominal. Berikut merupakan batas atas dan bawah frekuensi yang masih diijinkan

- Perhitungan underfrekuensi

$$5\% \text{ dari frekuensi nominal} = 50\text{Hz} \times (5\%) = 2,5\text{Hz}$$

$$\text{Batas underfrekuensi} = 50\text{Hz} - 2,5\text{Hz} = 47,75\text{Hz}$$

- Perhitungan overfrekuensi

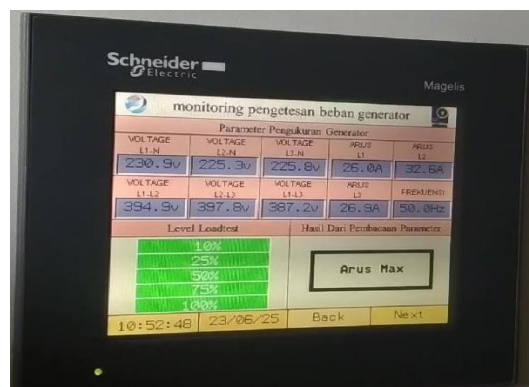
$$5\% \text{ dari frekuensi nominal} = 50\text{Hz} \times (5\%) = 2,5\text{Hz}$$

$$\text{Batas Overfrekuensi} = 50\text{Hz} + 2,5\text{Hz} = 52,5\text{Hz}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengujian Tanpa Beban

Pengujian terintegrasi tanpa beban merupakan pengujian seluruh sistem yang bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem telah atau tidak sesuai dengan *output* yang diinginkan. Pengujian pertama dilakukan dengan tanpa beban yang mana data dari deepsea akan diterima oleh PLC dan dari PLC akan dikirim pada HMI untuk ditampilkan pada layar HMI. Parameter yang akan ditampilkan pada layar HMI adalah tegangan line to netral dan frekuensi, sedangkan arus masih belum ada dikarenakan pengujian ini tanpa menggunakan beban.



Gambar 3. Tampilan pada Layar HM

Pada tabel 1 merupakan hasil pengujian tanpa beban yang telah dilakukan. Pengujian dilakukan dengan mengambil 10 data berupa nilai tegangan phasa to phasa, phasa to netral, dan frekuensi. Diketahui bahwa kondisi generator masih dalam keadaan layak dalam operasional. Tidak terjadi *over* dan *undervoltage* pada phasa to netral maupun phasa to phasa dengan nilai rata-rata phasa to netral 226 V dan phasa to phasa sebesar 391V.

Tabel 1. Data Pengujian Tanpa Beban

| No | L1-N | L2-N | L3-N | L1-L2 | L1-L3 | L2-L3 | Frekuensi |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 1 | 226,1 | 226,5 | 226,5 | 391,2 | 391,2 | 392,7 | 50,2 |
| 2 | 226,3 | 226,6 | 226,8 | 391,6 | 391,6 | 392,9 | 50,2 |
| 3 | 226,6 | 226,4 | 226,9 | 391,3 | 391,3 | 392,3 | 50,2 |
| 4 | 226,6 | 226,4 | 226,4 | 391,5 | 391,5 | 392,8 | 50,1 |
| 5 | 226,6 | 226,2 | 226,8 | 391,0 | 391,0 | 392,7 | 50,2 |
| 6 | 226,6 | 226,4 | 227,0 | 391,1 | 391,1 | 392,3 | 50,2 |
| 7 | 226,8 | 226,0 | 226,9 | 391,0 | 391,0 | 392,3 | 50,2 |
| 8 | 226,9 | 225,8 | 226,8 | 390,9 | 390,9 | 392,2 | 50,2 |
| 9 | 226,8 | 225,9 | 226,9 | 390,4 | 390,4 | 392,3 | 50,2 |
| 10 | 226,7 | 225,8 | 226,9 | 390,5 | 390,5 | 392,3 | 50,2 |

3.2 Pengujian dengan Beban

Tahap selanjutnya adalah pengujian seluruh sistem dengan beban. Pengujian akan dilakukan secara bertahap dari 10% sampai dengan 80% untuk menghindari generator hunting dan kerusakan lainnya. Jika pada tahap 10% generator masih dalam keadaan normal, maka akan dilakukan pengujian dengan tahap berikutnya. Beban yang digunakan pada tahap ini adalah menggunakan load test dalam pembebanan. Pada tabel 2 merupakan hasil data pengujian dengan beban yang mana pada L1 terbaca arus 11.9A, untuk L2 terbaca 13,9A sedangkan untuk L3 terbaca 13.3A. Dari hasil pengujian diketahui bahwa generator masih dalam keadaan layak beroperasi dan tidak mengalami kendala seperti *under voltage*, *over voltage*, *under* frekuensi dan *over* frekuensi.

Tabel 2. Data Pengujian dengan Beban

| No | L1-N | L2-N | L3-N | L1-L2 | L1-L3 | L2-L3 | Frekuensi |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 1 | 227,9 | 227,0 | 226,6 | 392,6 | 392,4 | 393,3 | 50,1 |
| 2 | 227,8 | 226,8 | 226,6 | 392,8 | 393,4 | 393,8 | 50,1 |
| 3 | 226,9 | 227,4 | 225,8 | 393,6 | 391,5 | 394,6 | 50 |

| No | L1-N | L2-N | L3-N | L1-L2 | L1-L3 | L2-L3 | Frekuensi |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 4 | 227,7 | 226,6 | 226,6 | 393,2 | 393,2 | 393,5 | 50,1 |
| 5 | 227,2 | 227,6 | 226,6 | 393,0 | 391,6 | 394,7 | 50,1 |
| 6 | 227,5 | 227,4 | 226,3 | 392,6 | 391,7 | 395,0 | 50,1 |
| 7 | 227,5 | 226,8 | 226,3 | 394,0 | 393,1 | 393,8 | 50,1 |
| 8 | 227,8 | 226,9 | 226,4 | 392,8 | 392,5 | 394,6 | 50,1 |
| 9 | 228,0 | 226,8 | 226,9 | 392,4 | 392,8 | 393,9 | 50,1 |
| 10 | 227,1 | 227,4 | 225,9 | 393,6 | 391,3 | 394,4 | 50,1 |

3.3 Pengujian dengan Metode tanpa Beban

Pada pengujian ini akan ditambahkan metode *forward training* yang ditampilkan pada layer HMI. Metode *forward training* berfungsi untuk mendapatkan hasil klasifikasi, yang mana hasil klasifikasi ini berfungsi sebagai acuan untuk mengaktifkan alarm pada panel. Tabel 3 merupakan hasil data dari pengujian pada tahap ini. Dari tabel 3 diketahui bahwa generator dalam kondisi layak digunakan.

Tabel 3. Data Pengujian dengan Metode Tanpa Beban

| No | L1-N | L2-N | L3-N | L1-L2 | L1-L3 | L2-L3 | Frekuensi | Kondisi |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|---------|
| 1 | 226,5 | 227,1 | 226,9 | 392,5 | 392,9 | 395,1 | 50,0 | Layak |
| 2 | 227,2 | 226,6 | 227,6 | 391,3 | 393,2 | 394,0 | 50,1 | Layak |
| 3 | 226,7 | 226,8 | 227,0 | 392,1 | 393,8 | 394,6 | 50,1 | Layak |
| 4 | 227,1 | 227,0 | 227,4 | 391,6 | 392,5 | 394,1 | 50,1 | Layak |
| 5 | 226,7 | 226,6 | 227,2 | 391,5 | 393,8 | 394,1 | 50,0 | Layak |
| 6 | 226,9 | 227,4 | 227,2 | 391,9 | 392,2 | 394,7 | 50,0 | Layak |
| 7 | 227,1 | 226,4 | 227,8 | 390,7 | 393,7 | 393,8 | 50,0 | Layak |
| 8 | 226,5 | 227,1 | 227,0 | 392,3 | 393,0 | 395,2 | 50,0 | Layak |
| 9 | 226,9 | 227,2 | 227,2 | 392,5 | 393,1 | 394,5 | 50,0 | Layak |
| 10 | 226,8 | 226,5 | 227,2 | 391,3 | 393,2 | 394,0 | 50,1 | Layak |

3.4 Pengujian dengan Metode dan Beban

Generator akan diberikan arus total yang menjadi batas maksimal arus saat pengujian generator. Set point yang digunakan pada pengujian ini sebesar 32A sehingga salah satu fasa pada generator akan mencapai arus 32A dan HMI akan menampilkan arus maksimal saat pengujian. Tabel 3.6 merupakan hasil pengujian dengan metode dan beban. Data didapatkan dengan menggunakan tahap 80% dari set point arus pada generator. Sehingga 80% dari set point generator yang di ujikan yaitu 32A. maka dari itu pada table 4 merupakan tampilan kondisi generator mengalami arus maksimal

Tabel 4. Data Pengujian dengan Metode dan Beba

| No | L1-L2 | L1-L3 | L1-L3 | L1-N | L2-N | L3-N | Frekuensi | A-L1 | A-L2 | A-L3 | Kondisi |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|------|------|------|---------------|
| 1 | 396.0 | 387.4 | 397.4 | 231.0 | 226.0 | 225.3 | 50.1 | 26.0 | 32.4 | 26.6 | Arus Maksimal |
| 2 | 394.7 | 386.7 | 397.6 | 230.5 | 225.6 | 225.6 | 50.0 | 26.0 | 32.6 | 26.9 | Arus Maksimal |
| 3 | 395.6 | 387.4 | 396.8 | 230.6 | 225.6 | 225.6 | 50.1 | 26.1 | 32.6 | 26.9 | Arus Maksimal |
| 4 | 395.9 | 386.9 | 396.9 | 230.4 | 225.3 | 225.1 | 50.1 | 26.1 | 32.7 | 26.9 | Arus Maksimal |
| 5 | 394.3 | 387.2 | 397.8 | 230.9 | 225.3 | 225.8 | 50.0 | 26.0 | 32.6 | 26.9 | Arus Maksimal |
| 6 | 394.9 | 387.2 | 397.8 | 230.9 | 225.3 | 225.8 | 50.0 | 26.0 | 32.6 | 26.9 | Arus Maksimal |
| 7 | 396.0 | 386.6 | 397.1 | 229.9 | 225.5 | 225.0 | 50.0 | 26.1 | 32.6 | 26.9 | Arus Maksimal |
| 8 | 395.5 | 386.6 | 397.1 | 229.9 | 225.5 | 225.0 | 50.1 | 26.2 | 32.6 | 26.9 | Arus Maksimal |
| 9 | 394.8 | 387.9 | 397.2 | 231.0 | 225.1 | 225.9 | 50.0 | 26.2 | 32.7 | 26.9 | Arus Maksimal |
| 10 | 395.9 | 386.4 | 397.8 | 230.0 | 225.6 | 224.8 | 50.0 | 26.3 | 32.8 | 27.0 | Arus Maksimal |

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah didapatkan dapat ditarik kesimpulan bahwa metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *forward haining* yang berfungsi untuk mengetahui ketika generator mengalami kerusakan pada saat pengoperasian yang dapat mempermudah operator. Pengujian dilakukan secara bertahap mulai dari 10% hingga

80% untuk meminimalisir terjadinya kerusakan pada saat pengoperasian generator. Data- data pengujain akan dikirim oleh PLC ke HMI untuk ditampilkan pada layar HMI. Hasil pengujian mengatakan bahwa generator yang tidak dibebani maupun dibebani tidak mengalami gangguan seperti *overvoltage*, *undervoltage*, *overfrekuensi*, dan *underfrekuensi* yang dioperasikan hingga tahap 80%. Rata-rata nilai tegangan yang dihasilkan pada fasa to netral adalah 226V,

untuk phasa to phasa adalah 391V sedangkan frekuensi yang dihasilkan adalah sekitra 50.1 Hz. nilai tersebut masih dalam batas wajar yang ditentukan oleh PERMEN ESDM NO. 20 tahun 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Nainggolan, "Sistem Proteksi Generator Turbin PLTA di PT Inalum (Persero)," *Circle Archive*, vol. 1, no. 2, 2023
- [2] W. N. Saputra, D. Despa, N. Soedjarwanto, dan A. S. Samosir, "Prototype Generator DC dengan Penggerak Tenaga Angin," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 4, no. 1, 2016.
- [3] Y. Pratama, Radhiah dan Fauzan, "ANALISIS BEBAN GENERATOR PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU)," *Jurnal Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 104-111, 2023.
- [4] A. R. Illahi dan Syahrial, "Pengaruh Kedalaman Batang Elektroda terhadap Kepekatan Suatu Larutan pada Perancangan Alat Beban Uji Generator," *Prosiding Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi dan Otomasi*, pp. 237-246, 2021.
- [5] W. P. Cahyanto, ANCANG BANGUN MONITORING PENGUJIAN GENERATOR SET BERBASIS INTERNET of THINGS (IoT), Surabaya: Diploma thesis, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya., 2018.
- [6] Achmad, Irgi, and Anggara Trisna Nugraha. "Implementasi Buck-Boost Converter pada Hybrid Turbin Angin Savonius dan Panel Surya." *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication (COMPLETE)* 3.2 (2022).
- [7] Shiddiq, Muhammad Jafar, and Anggara Trisna Nugraha. "Sistem Monitoring Detak Jantung pada Sepeda Treadmill." *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication (COMPLETE)* 3.2 (2022).
- [8] Febrianti, Chusnia, and Anggara Trisna Nugraha. "Implementasi Sensor Flowmeter pada Auxiliary Engine Kapal Berbasis Outseal PLC." *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication (COMPLETE)* 3.2 (2022).
- [9] Ivannuri, Fahmi, Anggara Trisna Nugraha, and Lilik Subiyanto. "Prototype Turbin Ventilator Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin." *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication (COMPLETE)* 3.2 (2022).

- [10] Shiddiq, Muhammad Jafar, Salsabila Ika Yuniza, and Anggara Trisna Nugraha. "The Design of Uncontrolled Rectifier Three Phase Half Wave with Single Phase AC Generator Source." *International Journal of Advanced Electrical and Computer Engineering* 3.2 (2022).
- [11] Agna, Diego Ilham Yoga, Salsabila Ika Yuniza, and Anggara Trisna Nugraha. "The Single-Phase Controlled Half Wave Rectifier with Single-Phase Generator Circuit Model to Establish Stable DC Voltage Converter Result." *International Journal of Advanced Electrical and Computer Engineering* 3.3 (2022).
- [12] Yuniza, Salsabila Ika, Diego Ilham Yoga Agna, and Anggara Trisna Nugraha. "The Design of Effective Single-Phase Bridge Full Control Resistive Load Rectifying Circuit Based on MATLAB and PSIM." *International Journal of Advanced Electrical and Computer Engineering* 3.3 (2022)