

## Memprediksi Reusaknya Peralatan Pada Pembangkit Listrik Jawa Bali Menggunakan Algoritma Genetika

Moh. Faizin Shodiq<sup>1</sup>, Bagus Tri Sasongko<sup>2</sup>, Muhammad Ade Ardiansa<sup>3</sup>,  
Muhamad Amirul Haq<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Informatika, Universitas Muhammadiyah Surabaya. 081232518955  
e-mail: moh.faizin.odiq-2022@ft.um-surabaya.ac.id<sup>1</sup>, bagus.tri.sasongko-2022@ft.um-surabaya.ac.id<sup>2</sup>, muhammad.ade.ardiansa-2022@ft.um-surabaya.ac.id<sup>3</sup>, amirulhaq@ft.um-surabaya.ac.id<sup>4</sup>

### ABSTRAK

#### **Kata Kunci:**

Algoritma Genetika  
Prediksi Kerusakan  
Pembangkit Listrik  
Keandalan Peralatan.

Pentingnya menjaga keandalan dan ketersediaan peralatan di pembangkit listrik sangat krusial untuk memastikan kontinuitas suplai listrik. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi kerusakan peralatan pada Pembangkit Listrik Jawa Bali menggunakan Algoritma Genetika. Metode ini memungkinkan deteksi dini terhadap kerusakan yang mungkin terjadi, sehingga dapat dilakukan tindakan preventif untuk menghindari kegagalan sistem yang lebih besar. Dengan memanfaatkan data historis frekuensi kegagalan dan downtime, Algoritma Genetika dapat mengidentifikasi parameter dan ciri-ciri yang mengindikasikan kerusakan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya pemeliharaan serta *downtime*.

### ABSTRACT

#### **Keyword:**

Genetic Algorithm  
Failure prediction  
Power plant  
Equipment reliability

*The importance of maintaining the reliability and availability of equipment in power plants is crucial to ensure the continuity of electricity supply. This research aims to predict equipment failure at the Java Bali Power Plant using Genetic Algorithms. This method enables early detection of potential failures, allowing preventive measures to avoid more significant system failures. By leveraging historical data on failure frequency and downtime, Genetic Algorithms can identify parameters and characteristics that indicate damage. The results of this research are expected to enhance operational efficiency and reduce maintenance costs and downtime.*

## I. PENDAHULUAN

Sistem pemeliharaan dan pelayanan yang diterapkan oleh perusahaan pembangkit listrik mempunyai dampak yang sangat besar terhadap keberlangsungan listrik yang dihasilkan. [1]. Peralatan ini seharusnya mengesankan dengan keandalan dan ketersediaannya. Keandalan dan ketersediaan dipertimbangkan dari perspektif kualitatif dan kuantitatif untuk menentukan rencana pemeliharaan preventif untuk komponen. Keandalan kualitatif dipertimbangkan dengan menggunakan faktor ketersediaan dan faktor kapasitas generator. Di sisi lain, dari kuantitatif, kami menggunakan kumpulan data frekuensi kegagalan dan perbaikan komponen utama untuk mendapatkan nilai tingkat kegagalan setiap komponen [2].

Mesin/Peralatan Deteksi dini kelainan sebelum terjadi masalah sangat penting dan memungkinkan dimulainya strategi pemeliharaan yang diperlukan untuk menghindari situasi berbahaya. Sehingga meningkatkan keandalan peralatan dan Membantu memastikan waktu kerja serta mengurangi tingkat kegagalan dan *downtime* [3]. Jaminan kualitas penyaluran energi kepada pelanggan menjadi sangat penting bagi penyedia energi listrik [4]. Dalam sistem perawatan mesin, setiap mesin harus menggunakan sistem perawatan yang optimal.

Agar terjadi peningkatan produk dalam produksi dan tidak terjadi kerusakan pada saat produksi berjalan sehingga tidak membuat proses produksi terhenti. Dengan menggunakan metode Algoritma Genetika yang menghasilkan data sejarah optimal dari pembangkitan bilangan [5]. Metode ini merupakan metode heuristik yang paling optimal untuk menyelesaikan permasalahan. Algoritma genetika menciptakan variabel optimal dari data frekuensi dan downtime dan dapat diterapkan pada industri serupa bahkan tanpa adanya data historis. [6].

## II. METODE

Metode penelitian yang diilustrasikan dalam flowchart ini memberikan gambaran sistematis mengenai tahapan yang diambil untuk memprediksi kerusakan peralatan pada Pembangkit Listrik Jawa Bali dengan menggunakan Algoritma Genetika. Penelitian dimulai dengan menetapkan tujuan dan ruang lingkup yang jelas. Tahap awal ini penting karena menentukan arah dan fokus penelitian secara keseluruhan. Setelah itu, dilakukan pengumpulan data yang relevan. Data ini mungkin mencakup informasi historis tentang kerusakan peralatan, kondisi operasional, serta faktor lingkungan yang berpotensi memengaruhi kinerja peralatan. Data yang dikumpulkan harus komprehensif dan akurat agar analisis berikutnya dapat berjalan dengan baik.

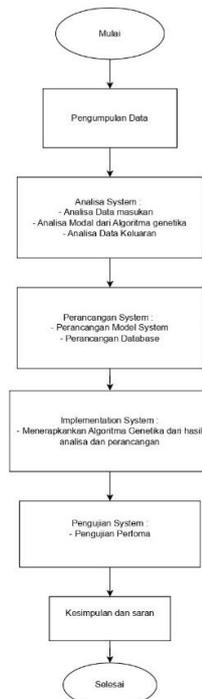
Tahap berikutnya adalah analisis sistem, yang mencakup beberapa bagian penting. Pertama, data masukan dianalisis untuk memahami pola dan karakteristik yang mungkin memengaruhi hasil. Kemudian, model Algoritma Genetika diterapkan untuk menemukan pola-pola tersebut dan untuk menghasilkan prediksi kerusakan peralatan. Analisis ini bertujuan untuk memastikan bahwa model yang digunakan dapat bekerja secara efektif dalam memprediksi kerusakan. Setelah itu, data keluaran

dari model Algoritma Genetika dianalisis untuk memastikan akurasi dan keandalan hasil yang diperoleh.

Penelitian kemudian berlanjut ke tahap perancangan sistem, di mana model prediksi disusun berdasarkan hasil analisis sebelumnya. Proses ini mencakup pemodelan matematis dan simulasi yang mereplikasi kondisi operasional Pembangkit Listrik Jawa Bali. Selain itu, database dirancang untuk memastikan data dapat diakses dengan efisien dan akurat, berfungsi sebagai penyimpanan data masukan, hasil analisis, dan prediksi.

Setelah sistem dirancang, model Algoritma Genetika diterapkan pada data nyata untuk memprediksi kerusakan peralatan. Tahap pengujian dilakukan untuk mengevaluasi performa sistem, mencakup akurasi prediksi, kecepatan pemrosesan, dan kemudahan penggunaan. Hasil pengujian ini penting untuk mengidentifikasi dan memperbaiki kekurangan. Pada tahap akhir, kesimpulan diambil berdasarkan hasil penelitian, mengevaluasi efektivitas Algoritma Genetika, serta memberikan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut atau implementasi di lapangan.

Saran untuk penelitian di masa depan juga disampaikan, mencakup potensi perbaikan dalam metode atau model yang digunakan. Penelitian ini ditutup dengan dokumentasi lengkap, memastikan hasil dan temuan diarsipkan dengan baik, sehingga penelitian dilakukan secara sistematis untuk menghasilkan prediksi akurat dan meningkatkan keandalan serta efisiensi operasional Pembangkit Listrik Jawa Bali. Tahapan pada gambar 1 bertujuan untuk memastikan bahwa penelitian dilakukan secara sistematis dan hasil yang diperoleh dapat digunakan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional Pembangkit Listrik Jawa Bali .



**Gambar 1.** Flowchart Metode Penelitian.

## **Algoritma Genetic**

Algoritma genetic adalah algoritma pencarian dan teknik optimasi yang memiliki sejumlah langkah seperti inisialisasi, seleksi, *crossover*, mutasi dan penggantian. Algoritma *genetic* adalah algoritma optimasi pencarian yang memaksimalkan atau meminimalkan fungsi yang diberikan. Awalnya algoritma genetika memiliki prosedur heuristik, algoritma genetic tidak dijamin untuk menemukan yang optimal, tetapi pengalaman telah menunjukkan bahwa algoritma genetika dapat menemukan solusi yang sangat baik untuk berbagai masalah [7].

Saat memecahkan masalah, algoritma *genetic* memecahkan masalah pada rantai kromosom. Rantai kromosom ini terdiri dari beberapa gen yang menggambarkan variabel keputusan yang digunakan dalam keputusan. Representasi rantai kromosom beserta fungsi fitness untuk menilai seberapa bagus suatu kromosom menjadi solusi yang dapat diterapkan sehingga dapat dimasukkan ke dalam algoritma genetika [8].

Algoritma *genetic* yang diusulkan menelusuri banyak solusi potensial yang berbeda ketika kinerja klasifikasi lebih penting daripada waktu mulai dan waktu eksekusi [9]. Ada 3 keuntungan utama dalam mengaplikasikan algoritma genetika pada masalah-masalah optimasi[10] :

1. Algoritma *genetic* tidak memerlukan kebutuhan matematis banyak mengenai masalah optimasi.
2. Kemudahan dan kenyamanan pada operator operator evolusi membuat algoritma *genetic* sangat efektif dalam melakukan pencarian global.
3. Algoritma *genetic* menyediakan banyak fleksibilitas untuk digabungkan dengan metode heuristik yang tergantung domain, untuk membuat implementasi yang efisien pada masalah-masalah khusus.

Algoritma *genetic* telah digunakan untuk memecahkan masalah optimasi (penjadwalan, jalur terpendek, dll), dan dalam pemodelan sistem yang melibatkan keacakan (misalnya, pasar saham) [11].

### **III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data diambil dari sensor-sensor yang terpasang pada pembangkit listrik di wilayah Jawa Bali. Proses pengumpulan data ini melibatkan beberapa langkah penting untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan akurat, relevan, dan dapat diandalkan dalam memprediksi kerusakan peralatan menggunakan algoritma genetika. Berikut adalah penjelasan lebih rinci mengenai langkah-langkah tersebut :

#### **Identifikasi Sensor yang Digunakan**

Sensor-sensor yang digunakan pada pembangkit listrik meliputi berbagai jenis yang sesuai dengan kebutuhan pemantauan kondisi peralatan. Sensor-sensor ini meliputi:

A. Sensor Getaran: Untuk mendeteksi anomali getaran yang dapat menunjukkan keausan atau kerusakan mekanis. Studi menunjukkan bahwa analisis getaran dapat secara efektif memprediksi kegagalan mekanis [12].

Contoh Sensor Getaran:

- *Piezoelectric Accelerometer Sensor*  
Sensor *accelerometer* memanfaatkan sifat kristal *piezoelectric* yang mampu mengeluarkan muatan saat terkena tekanan dan mengubah sinyal getaran menjadi sinyal tegangan listrik. Sensor ini dipasang pada sisi luar rumah bantalan untuk mengukur percepatan getaran dalam arah axial dan radial [12].
- *Portable Unit Leonova Emerald - EME405*  
Unit SPM (*Shock Pulse Meter*) digunakan untuk mengetahui bentuk gelombang, amplitudo, dan beda fasa dari sinyal yang masuk. Sensor accelerometer dihubungkan ke *portable* unit ini dan data dapat dipindahkan ke komputer untuk ditampilkan [12].
- Komputer Dekstop dengan *Software SPM Condmaster*  
Komputer digunakan untuk menyimpan data sinyal dari SPM *portable* dengan *port USB*, dilengkapi dengan software untuk menampilkan dan menghitung FFT sinyal getaran [12].
- *Tachometer TM-7000*  
Alat ini dilengkapi dengan dua jenis sensor putaran, yaitu foto sensor dan sensor kecepatan permukaan. Alat ini mengukur putaran dalam berbagai satuan seperti rpm, mm/min, dan ft/min dengan akurasi  $\pm 0,01\%$  [12].

B. Sensor Suhu: Untuk memantau suhu operasional komponen, yang dapat mengindikasikan overheating atau pendinginan yang tidak memadai. Kulit kabel yang meleleh akan mengakibatkan arus hubung singkat dan menyebabkan kebakaran. Sensor suhu telah terbukti penting dalam pemantauan kondisi peralatan listrik [13].

C. Sensor Arus Listrik: Untuk memantau aliran listrik dan mendeteksi gangguan atau ketidakseimbangan dalam distribusi daya. Sensor arus digunakan untuk pemantauan kondisi dan prediksi kegagalan dalam sistem listrik .

Contoh Sensor Arus Listrik:

- Sensor Arus *ACS712*  
*ACS712* adalah sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan yang digunakan untuk mengukur arus *AC* atau *DC*. Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil [14].

- Sensor Tegangan *ZMPT101B*

Sensor *ZMPT101b* merupakan sensor yang digunakan untuk melakukan monitoring terhadap parameter tegangan, serta dilengkapi keunggulan memiliki sebuah ultra micro voltage transformer, akurasi tinggi dan konsistensi yang baik untuk melakukan pengukuran tegangan dan daya. Pengukuran tegangan AC dapat dilakukan dengan cara dirubah menjadi DC agar lebih mudah dibaca oleh mikrokontroler. Sensor tegangan *ZMPT101B* telah dilengkapi summing-amplifier sehingga dapat digunakan untuk menaikkan tegangan negatif sehingga baik untuk pengukuran tegangan dengan menggunakan mikrokontroler [14]

### **Kalibrasi Sensor**

Sebelum data dikumpulkan, semua sensor perlu dikalibrasi untuk memastikan bahwa mereka memberikan pembacaan yang akurat. Proses kalibrasi melibatkan:

- Pengaturan Awal: Setiap sensor disesuaikan untuk mendeteksi nilai-nilai standar yang telah ditentukan.
- Verifikasi Berkala: Kalibrasi ulang dilakukan secara berkala untuk memastikan sensor tetap akurat dari waktu ke waktu.
- Penggunaan Standar Kalibrasi: Menggunakan alat dan metode kalibrasi yang sesuai dengan standar industri untuk memastikan akurasi dan konsistensi data.

### **Pengaturan Lokasi Sensor**

Sensor-sensor dipasang pada lokasi-lokasi yang telah ditentukan berdasarkan analisis kebutuhan dan risiko. Penentuan lokasi pemasangan sensor melibatkan:

- Analisis Risiko: Menentukan titik-titik kritis di mana kerusakan peralatan paling mungkin terjadi.
- Strategi Pemasangan: Menempatkan sensor sedemikian rupa untuk memastikan cakupan maksimal dan deteksi dini terhadap potensi kerusakan.
- Evaluasi Lingkungan: Memastikan sensor-sensor dipasang dalam kondisi yang tidak akan mengganggu kinerjanya, seperti perlindungan terhadap debu, panas, dan getaran yang berlebihan.

### **Protokol Pengumpulan Data**

Data dikumpulkan secara berkala sesuai dengan protokol yang telah ditetapkan. Protokol ini mencakup:

- Frekuensi Pengambilan Data: Menentukan seberapa sering data dikumpulkan, misalnya, setiap detik, menit, atau jam, tergantung pada jenis sensor dan kebutuhan analisis.

- Durasi Pengumpulan Data: Mengatur periode waktu untuk setiap sesi pengumpulan data, baik secara terus-menerus atau pada interval tertentu.
- Metode Penyimpanan Data: Menggunakan sistem penyimpanan data yang aman dan efisien, seperti database *cloud* atau server lokal, untuk memastikan data dapat diakses dengan mudah untuk analisis lebih lanjut.

## Pengolahan Data

Setelah data dikumpulkan dan diolah, langkah berikutnya adalah mengaplikasikan algoritma genetika untuk menganalisis data tersebut. Langkah-langkahnya meliputi:

- Inisialisasi Populasi: Membuat populasi awal dari solusi yang mungkin (misalnya, model prediksi kerusakan) .
- Evaluasi Fitnes: Mengukur kinerja setiap solusi berdasarkan data yang dikumpulkan dari sensor.
- Seleksi: Memilih solusi terbaik untuk diteruskan ke generasi berikutnya.
- *Crossover* dan Mutasi: Menggabungkan dan memodifikasi solusi untuk menghasilkan solusi baru yang lebih baik.
- Iterasi: Melakukan proses ini secara iteratif hingga ditemukan solusi yang optimal untuk memprediksi kerusakan peralatan .

Melalui langkah-langkah ini, data yang dikumpulkan dari sensor-sensor yang terpasang pada pembangkit listrik dapat digunakan secara efektif untuk memprediksi kerusakan peralatan menggunakan algoritma genetika. Hal ini memungkinkan pemeliharaan preventif yang lebih baik, mengurangi risiko kerusakan mendadak, dan meningkatkan efisiensi operasional pembangkit listrik di wilayah Jawa Bali.

## Evaluasi

Untuk mengevaluasi kinerja metode Algoritma Genetika (GA) dalam memprediksi kerusakan peralatan pada Pembangkit Listrik Jawa Bali, kita dapat menggunakan dua metrik evaluasi utama, yaitu *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Mean Squared Error* (MSE). Berikut adalah penjelasan serta langkah-langkah untuk menghitung kedua metrik tersebut:

### *Mean Absolute Error* (MAE)

*Mean Absolute Error* adalah rata-rata dari selisih absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual. Metrik ini memberikan gambaran seberapa besar rata-rata kesalahan prediksi dari model.

$$\mathbf{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n | y_i - \hat{y}_i | \quad (1)$$

Di mana:

1.  $n$  adalah jumlah observasi
2.  $y_i$  adalah nilai aktual
3.  $\hat{y}_i$  adalah nilai prediksi

### **Mean Squared Error (MSE)**

*Mean Squared Error* adalah rata-rata dari kuadrat selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual. Metrik ini memberikan penalti yang lebih besar untuk kesalahan yang lebih besar karena mengkuadratkan selisih.

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2)$$

Di mana:

1.  $n$  adalah jumlah observasi
2.  $y_i$  adalah nilai aktual
3.  $\hat{y}_i$  adalah nilai prediksi

### **Interpretasi Hasil:**

- *Mean Absolute Error* (MAE) memberikan rata-rata besar kesalahan dalam unit yang sama dengan data asli. Semakin kecil nilai MAE, semakin akurat model dalam memprediksi.
- *Mean Squared Error* (MSE) memberikan rata-rata besar kesalahan dalam bentuk kuadrat. Karena nilai kesalahan dikuadratkan, MSE lebih sensitif terhadap kesalahan yang besar. Nilai MSE yang lebih kecil menunjukkan model yang lebih baik.

Dengan menggunakan *MAE* dan *MSE*, kita dapat mengevaluasi seberapa baik Algoritma Genetika dalam memprediksi kerusakan peralatan. Kedua metrik ini akan memberikan wawasan tentang tingkat akurasi dan robusta dari model yang dikembangkan.

## **IV. SIMPULAN**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem cerdas yang dapat memprediksi kerusakan peralatan pada Pembangkit Jawa Bali menggunakan Algoritma Genetika. Hasil dari implementasi Algoritma Genetika menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam melakukan prediksi dengan tingkat akurasi yang memadai. Sistem yang dikembangkan mampu memberikan estimasi waktu kerusakan, yang membantu dalam upaya pemeliharaan dan perencanaan perawatan peralatan. Dengan demikian, penerapan Algoritma Genetika diharapkan dapat meningkatkan keandalan

operasional dan mengurangi risiko kerusakan yang tidak terduga, sehingga memperpanjang umur operasional peralatan pada pembangkit.

#### DAFTAR RUJUKAN

- [1] I. Pamungkas, H. T. Irawan, dan T. M. A. Pandria, “Implementasi Preventive Maintenance Untuk Meningkatkan Keandalan Pada Komponen Kritis Boiler Di Pembangkit Listrik Tenaga Uap,” *Vocatech: Vocational Education And Technology Journal*, Vol. 2, No. 2, 2021, Doi: 10.38038/Vocatech.V2i2.53.
- [2] M. Oloni Togu Simanjuntak, Ir. Syamsul Amien, “Studi Keandalan (Reliability) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (Pltu) Labuhan Angin Sibolga,” *Singuda Ensikom*, Vol. 10, No. 26, 2016.
- [3] M. Kamal Wisyaldin, G. Maya Luciana, H. Pariaman, dan P. Pembangkitan Jawa Bali, “Pendekatan Long Short-Term Memory Untuk Memprediksi Kondisi Motor 10 Kv Pada Pltu Batubara,” *Kilat*, Vol. 9, No. 2, 2020.
- [4] A. A. Ningrum, I. Syarif, A. I. Gunawan, E. Satriyanto, dan R. Muchtar, “Algoritma Deep Learning-Lstm Untuk Memprediksi Umur Transformator,” *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, Vol. 8, No. 3, 2021, Doi: 10.25126/Jtiik.2021834587.
- [5] D. S. Donoriyanto, A. S. Anam, dan E. W. Pudji, “Application Of Genetic Algorithm Method On Machine Maintenance,” In *Journal Of Physics: Conference Series*, 2018. Doi: 10.1088/1742-6596/953/1/012225.
- [6] A. A. Laboratorium, K. Buatan, Z. Tahir, L. K. Buatan, dan A. Laboratorium, “Analisis Sistem Cerdas Pengambilan Keputusan Untuk Perawatan Mesin Dengan Penggabungan Metode Algoritma Genetika Dan Decision Making Grid Nur Indha Mulyasari,” *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (Snati)*, 2013.
- [7] Y. Sari, M. Alkaff, E. S. Wijaya, S. Soraya, dan D. P. Kartikasari, “Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Metode Algoritma Genetika Dengan Teknik Tournament Selection,” *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, Vol. 6, No. 1, 2019, Doi: 10.25126/Jtiik.2019611262.
- [8] D. Ghaniyyu Muqsit, S. Achmadi, dan Y. Agus Pranoto, “Penerapan Algoritma Genetika Untuk Penjadwalan Mata Pelajaran,” *Jati (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, Vol. 7, No. 5, 2024, Doi: 10.36040/Jati.V7i5.7569.
- [9] G. Ahn dan S. Hur, “Efficient Genetic Algorithm For Feature Selection For Early Time Series Classification,” *Comput Ind Eng*, Vol. 142, 2020, Doi: 10.1016/J.Cie.2020.106345.

- [10] I. H. Sugeha, R. L. Inkiriwang, dan P. A. K. Pratatis, "Optimasi Penjadwalan Menggunakan Metode Algoritma Genetika Pada Proyek Rehabilitasi Puskesmas Minanga," *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 7, No. 12, 2019.
- [11] M. Kumar, M. Husain, N. Upreti, dan D. Gupta, "Genetic Algorithm: Review And Application," *Ssrn Electronic Journal*, 2020, Doi: 10.2139/Ssrn.3529843.
- [12] R. Ariyansah dan N. Yongkimandalan, "Deteksi Kerusakan Bantalan Gelinding Pada Motor Listrik Dengan Analisa Sinyal Getaran," *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 12, No. 2, P. 152, 2023.
- [13] A. M. Adha, A. Yanie, dan F. D. Wiliyanto, "Sistem Pendeteksi Panas Kabel Dan Peringatan Dini Pada Panel Surya Listrik Menggunakan Sensor Suhu," *Jurnal Simetri Rekayasa*, Vol. 4, No. 1, Pp. 215-218, 2022.
- [14] Syafruddin, G. Devira Ramady, dan R. Ristiadi Hudaya, "Rancang Bangun Sistem Proteksi Daya Listrik Menggunakan Sensor Arus Dan Tegangan Berbasis Arduino," *Isu Teknologi Stt Mandala*, Vol. 16, No. 1, 2021.