

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Transformator merupakan suatu alat statis dalam infrastruktur tenaga listrik yang terdiri dari satu atau beberapa kumparan [1]. Transformator bekerja menggunakan prinsip induksi elektromagnetik [1]. Dalam sistem kelistrikan, transformator berfungsi untuk mentransfer daya antara sirkuit yang memiliki frekuensi serupa, biasanya dengan mengubah tegangan dan arus ke nilai yang diinginkan.

Saat transformator beroperasi, ada kalanya transformator mengalami berbagai tekanan listrik dan panas yang dapat merusak kinerjanya. Penting untuk segera mendeteksi masalah untuk memastikan bahwa sistem terus berjalan dengan baik. Terdapat beberapa kegagalan pada transformator diantaranya adalah tegangan lebih dan lamanya penggunaan minyak isolasi pada trafo [2]. Minyak transformator tidak hanya mengisolasi, tetapi juga mendinginkan transformator [3]. Melakukan pemeliharaan preventif juga sangat penting untuk mencegah peralatan mengalami kesalahan yang lebih serius yang dapat menyebabkan terhentinya operasi [4].

Transformator daya sangat penting untuk menyesuaikan tingkat tegangan dalam jaringan transmisi maupun distribusi agar sesuai dengan kebutuhan konsumen. Transformator daya memainkan peran penting dalam jaringan listrik, dan kondisi operasionalnya secara signifikan memengaruhi kinerjanya. Permintaan listrik yang konstan mengharuskan pengoperasian transformator yang berkelanjutan dan pemeliharaan rutin untuk memastikan keandalannya [5].

Pada transformator yang menggunakan minyak sebagai isolasi, kondisi operasinya dapat dilihat berdasarkan degradasi bahan isolasi. Saat transformator beroperasi dalam keadaan normal, minyak mineral mengalami degradasi yang lambat secara alami [4]. Namun saat transformator mengalami tekanan panas, degradasi ini menjadi lebih cepat dan ketika minyak telah mengalami degradasi, transformator mengeluarkan gas-gas seperti hidrogen, metana, etana, etilena, asetilena, karbon monoksida, dan karbon dioksida [4]. Jumlah gas yang dihasilkan

dapat digunakan sebagai petunjuk apakah peralatan berfungsi dengan normal atau mengalami masalah [4].

*Dissolved Gas Analysis* (DGA) atau yang sering disebut dengan analisis gas terlarut adalah salah satu teknik yang umum digunakan dalam pengujian minyak isolasi transformator. Metode ini adalah metode yang ekonomis dan cepat untuk mendiagnosis kegagalan sistem isolasi dielektrik [6]. Dalam DGA, sejumlah metode telah dikembangkan untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan insiden baru yang terjadi pada transformator daya seperti metode *Total Dissolved Combustible Gas* (TDCG) [7], [8], *Key Gas Method* [8], *Doernenburg Ratio Method* [8], [9], [10], *Roger Ratio Method* [8], [10], [11], *International Electrotechnical Commission* (IEC) *Ratio Method* [11], *Duval Pentagon Method* [12], [13], *Four Gases Method* [14] dan *Duval Triangle Method* [8], [15].

Teknik-teknik ini dikenal sebagai pendekatan konvensional yang memperhatikan konsentrasi gas terlarut dalam minyak transformator atau perbandingan konsentrasi gas untuk mengenali jenis gangguan yang terjadi [4]. Analisis gas terlarut adalah teknik standar untuk mendiagnosis kesalahan pada transformator daya yang direndam minyak, tetapi metode konvensional pada analisis gas terlarut ini dikatakan memiliki tingkat akurasi yang kurang baik [6]. Maka dari itu, para peneliti telah mengusulkan kecerdasan buatan untuk mendiagnosis kondisi transformator daya berdasarkan metode DGA.

Berbagai teknik kecerdasan buatan telah diterapkan untuk meningkatkan ketepatan diagnostik metode DGA. Diantara kecerdasan buatan tersebut adalah *Artificial Neural Network* (ANN) dan algoritma genetika [4], *Fuzzy Logic* (FL) [16], *Support Vector Machine* (SVM) [17], dan algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN) [6]. Selain dari beberapa teknik kecerdasan buatan yang umum digunakan tersebut, ada juga beberapa teknik kecerdasan buatan lain seperti *Gaussian Process Multi-class Classification* (GPMC) [18] *Variational Autoencoder* [4] maupun algoritma regresi logistik [19].

Berdasarkan latar belakang tersebut, pengujian pada transformator daya berdasarkan analisis gas terlarut menjadi sangatlah penting. Penelitian ini berfokus pada diagnosis kegagalan transformator daya dengan metode *Dissolved Gas*

*Analysis* (DGA) berbasis *Artificial Neural Network* (ANN). Beberapa metode konvensional yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *roger ratio*, *duval triangle*, *four gases* dan *duval pentagon*. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar dapat lebih meningkatkan hasil yang didapat pada diagnosis kegagalan transformator daya dengan metode konvensional yang diklasifikasikan dengan kecerdasan buatan.

*Artificial Neural Network* (ANN) adalah salah satu teknik kecerdasan buatan yang sering dipakai. ANN ini adalah sebuah proses model pelatihan yang menirukan otak manusia [20]. Metode ini dirancang untuk dapat mengidentifikasi pola dan belajar dari data dan dapat digunakan untuk berbagai tugas seperti klasifikasi, regresi, segmentasi, dan sebagainya [20]. Metode ini dapat digunakan dengan mencari cara bagaimana untuk memecahkan suatu masalah dengan memanfaatkan model kecerdasan buatan yang menyerupai perilaku dari manusia.

Metode ANN ini dapat digunakan untuk mengklasifikasikan kegagalan pada transformator daya dengan menggunakan data yang telah diolah dengan metode konvensional DGA sebagai bentuk klasifikasi jenis kegagalan yang telah diinterpretasikan oleh metode konvensional. Mengingat metode konvensional DGA memiliki kelemahan dari segi akurasi yang kurang baik dalam mendiagnosis kegagalan transformator daya, maka klasifikasi dengan algoritma kecerdasan buatan ini dapat digunakan.

## 1.2. Kajian Riset Terdahulu

Kajian riset terdahulu dilakukan untuk menegaskan keaslian penelitian, mencegah plagiarisme, memunculkan ide-ide baru, dan membandingkan dengan penelitian sebelumnya. Tabel 1.1 memberikan gambaran dari sumber literatur yang relevan, berupa jurnal-jurnal penelitian yang sebelumnya telah dilakukan oleh sejumlah peneliti.

Tabel 1. 1 Kajian riset terdahulu.

NO	JUDUL	NAMA PENELITI	TAHUN
1	<i>Diagnosis Faults in Power Transformers with Variational</i>	Juan F Vidal, Adriana Rosa	2023

NO	JUDUL	NAMA PENELITI	TAHUN
	<i>Autoencoder, Genetic Programming, And Neural Network</i>		
2	<i>Enhancing the Diagnostic Accuracy of DGA Techniques Based on IEC-TC10 and Related Databases</i>	Osama E, Salah Hamdi, Sherif SM	2021
3	<i>Accuracy Improvement of Power Transformer Faults Diagnostic Using Knn Classifier With Decision Tree Principle</i>	Omar K, Youcef B, Madjid T, Ahmed B, Sherif S	2021
4	<i>Power Transformer Fault Diagnosis Using Neural Network Optimization Techniques</i>	Rokani Vasiliki, Stavros D, Petros K, Dimitrios K	2023
5	Identifikasi Penurunan Kinerja Pada Minyak Transformator di GI Lagadar Menggunakan <i>Total Dissolved Combustible Gas</i> , Rasio Doernenburg, Segitiga Duval dan <i>Water Content</i>	Setia Giri A, Salma Najla A, M Reza Hidayat, Een Taryana	2023

Penelitian oleh Juan F Vidal, dan Adriana Rosa [4] mengusulkan pendekatan baru untuk mendiagnosis kesalahan baru pada transformator daya dengan menggunakan data DGA. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi ketidakseimbangan data dari database yang diadopsi dan meningkatkan generalisasi pengklasifikasian melalui teknik augmentasi data berdasarkan jaringan saraf autoencoder variasional. Data DGA yang digunakan diperoleh dari database IEC TC10 yang kemudian metode MLP (*Multilayer Perceptron*) dilatih untuk diagnosis jenis kegagalan pada transformator.

Teknik augmentasi data berdasarkan jaringan saraf *autoencoder variasional* digunakan untuk ketidakseimbangan data. Metode yang digunakan ini dibandingkan dengan teknik DGA konvensional. Hasil yang diperoleh pada perbandingan ini menghasilkan akurasi 95,18% dalam basis pengujian.

Penelitian oleh Osama E, dkk [10] berfokus pada penyelidikan dan peningkatan akurasi DGA berdasarkan *International Electrotechnical Commission-*

*Technical Committee* (IEC-TC10). Hal ini bertujuan untuk memberikan diagnosis yang lebih baik dalam masalah kegagalan transformator. Penelitian ini dilakukan karena adanya anggapan bahwa metode DGA konvensional memberikan diagnosis yang kurang jelas. Metode yang diusulkan adalah metode kecerdasan buatan yaitu logika fuzzy dan jaringan saraf tiruan.

Proses penelitian yang dilakukan oleh Osama E, dkk [10] ini yakni logika fuzzy dan jaringan saraf tiruan yang diterapkan pada metode konvensional yaitu rasio doernenburg, rasio roger, dan kode standar IEC 60599. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa penerapan kecerdasan buatan khususnya logika fuzzy dan jaringan saraf tiruan dapat meningkatkan akurasi diagnosis secara signifikan.

Penelitian oleh Omar K, dkk [6] bertujuan untuk meningkatkan akurasi diagnostik kesalahan pada transformator daya dengan menggunakan kecerdasan buatan. Penelitian ini menggabungkan algoritma KNN dengan prinsip pohon keputusan atau dikenal dengan *decision tree* untuk diagnostik masalah DGA. Teknik yang diusulkan divalidasi menggunakan dataset 501 sampel dan database independen, menunjukkan keefektifannya dalam diagnosis transformator daya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat akurasinya mencapai 93% dalam hal mendiagnosis kondisi transformator daya. Algoritma KNN berbasis pohon keputusan atau *decision tree* ini adalah teknik baru yang dapat digunakan.

Selanjutnya penelitian oleh Vasiliki R, dkk [21] mengusulkan sebuah penelitian untuk mendiagnosis kesalahan transformator daya dengan menggunakan teknik optimasi Jaringan Saraf Tiruan (JST). Dalam penelitian yang dilakukan, metode konvensional rasio roger digunakan dan jaringan saraf tiruan diimplementasikan untuk meningkatkan akurasi dari metode rasio roger tersebut. Teknik optimasi digunakan karena menurut Vasiliki R, dkk menyatakan bahwa kompleksitas ANN memerlukan sejumlah besar penyimpanan dan daya komputasi. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa setelah penerapan teknik optimasi jaringan saraf tiruan yang digunakan menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi mencapai 90,7%. Selain itu, untuk metode rasio roger yang digunakan dengan konvensional memiliki akurasi sebesar 63,3%. Dari penelitian ini

disimpulkan bahwa metode JST dapat dikembangkan sebagai metode diagnosis kesalahan transformator daya.

Kemudian penelitian oleh Setia Giri A, dkk [22] melakukan identifikasi penurunan kinerja pada minyak transformator daya dengan menggunakan metode konvensional yakni *Total Dissolved Combustible Gas* (TDCG), Rasio Doernenburg, Segitiga Duval dan *Water Content*. Penelitian tersebut berfokus pada empat transformator daya yang ada di GI Lagadar. Adapun hasil yang didapat pada penelitian adalah adanya gangguan pada salah satu transformator yang berakibat pada menurunnya kinerja transformator tersebut. Pengujian TDCG pada transformator unit 2 menunjukkan konsentrasi gas terlarut tertinggi sebesar 1105 ppm. Hal ini mengindikasikan kemungkinan terjadinya kegagalan, walaupun masih dalam batas normal. Pengukuran kandungan air pada transformator unit 4 menunjukkan konsentrasi tertinggi sebesar 26,71 ppm. Hal ini mengindikasikan adanya gangguan berupa *lowheated cellulose* yang harus segera ditangani.

Berdasarkan Tabel 1.1 penelitian mengenai analisis gas terlarut atau *Dissolved Gas Analysis* (DGA) sudah banyak dikembangkan oleh banyak peneliti. Namun, secara spesifik penelitian yang dilakukan hanya menggunakan beberapa metode konvensional yang diterapkan pada penggunaan algoritma kecerdasan buatan. Oleh karena itu, fokus penelitian ini akan menitikberatkan pada diagnosis kegagalan transformator daya menggunakan metode *Dissolved Gas Analysis* (DGA) yang berbasis *Artificial Neural Network* (ANN), sebagaimana yang telah dilakukan oleh Vasiliki R, dkk [21]. Pada penelitian ini akan menerapkan beberapa metode interpretasi DGA konvensional lainnya seperti *roger ratio*, *duval triangle*, *four gases* dan *duval pentagon* dan mengklasifikasikan jenis kegagalan dari metode konvensional dengan algoritma ANN agar dapat meningkatkan tingkat akurasi untuk klasifikasi jenis kegagalan transformator daya.

### 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diajukan, maka dapat diuraikan beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil diagnosis kegagalan transformator daya dengan metode *Dissolved Gas Analysis* (DGA) konvensional?

2. Bagaimana penerapan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) dalam mengklasifikasikan kegagalan pada transformator daya?
3. Bagaimana kinerja algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) dalam mengklasifikasikan kegagalan transformator daya?

#### **1.4. Tujuan dan Manfaat**

##### **1.4.1. Tujuan**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui metode *Dissolved Gas Analysis* (DGA) terbaik dalam mendiagnosis kegagalan transformator daya dan jenis keagalannya.
2. Menerapkan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) untuk mengklasifikasikan kegagalan pada transformator daya.
3. Mengetahui kinerja algoritma *Artificial Neural Network* (ANN) dalam mengklasifikasikan kegagalan transformator daya.

##### **1.4.2. Manfaat**

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat dirasakan oleh bidang akademis dan bidang praktis, baik dalam aspek akademik maupun aplikatif.

1. Manfaat penelitian ini di bidang akademis adalah untuk menambah referensi atau pustaka di bidang peralatan sistem tenaga listrik terutama dalam pembahasan mengenai transformator daya, kegagalan transformator daya dan juga penggunaan algoritma *Artificial Neural Network* (ANN).
2. Manfaat praktis yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah alternatif penyelesaian dan pengklasifikasian dalam hal kegagalan transformator daya dengan menggunakan metode *Dissolved Gas Analysis* (DGA) dan algoritma klasifikasi *Artificial Neural Network* (ANN).

#### **1.5. Batasan Masalah**

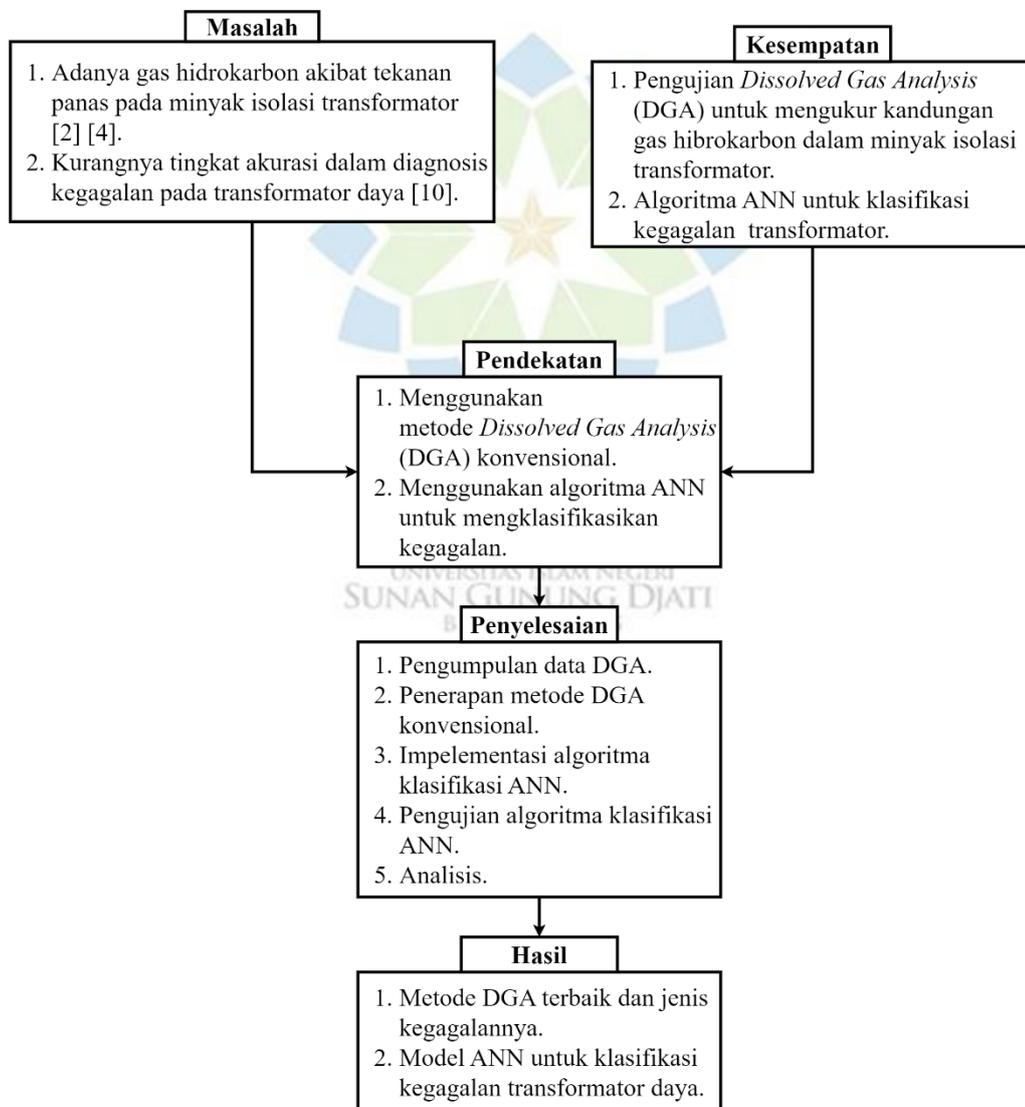
Masalah penelitian ini sangat luas, sehingga perlu dibatasi agar hasil penelitiannya lebih spesifik. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Menggunakan bahasa pemrograman *Python* untuk menjalankan algoritma ANN dengan memanfaatkan Google Collab.

2. Metode DGA konvensional yang digunakan adalah *roger ratio*, *duval triangle method*, *four gases method*, dan *duval pentagon method*.
3. Tidak membahas pemeliharaan transformator daya.
4. Tidak membahas proteksi transformator daya.

### 1.6. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir memberikan rangkaian logis yang merinci informasi terkait masalah penelitian yang dapat diatasi melalui pendekatan dan analisisnya. Representasi kerangka berpikir dalam penelitian ini tercermin dalam Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kerangka berpikir.

## **1.7. Sistematika Penulisan**

Tugas akhir ini disusun dengan tiga bab yang masing-masing memiliki penguraian spesifik. Setiap bab dalam tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini meliputi latar belakang, kajian riset terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TEORI DASAR**

Bab ini berisi teori dasar atau penjelasan tentang seluruh aspek yang terkait dengan penelitian, yaitu teori tentang transformator daya, sistem pendinginan pada transformator daya, *Dissolved Gas Analysis* (DGA), metode-metode pada *Dissolved Gas Analysis* (DGA), teori mengenai *Artificial Neural Network* (ANN), bahasa pemrograman *Python*, dan teori penunjang lainnya.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini mencakup diagram alir dan langkah-langkah yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah yang diidentifikasi dalam penelitian secara sistematis, sehingga hasilnya dapat mencapai ekspektasi yang diinginkan.

### **BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

Bab ini berisi penjelasan mengenai persiapan data, pemrosesan data, perancangan algoritma ANN, serta implementasi algoritma untuk mengklasifikasikan kegagalan transformator daya berdasarkan data DGA.

### **BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini merupakan bagian pengujian dan analisis dari diagnosis kegagalan transformator daya dengan metode konvensional dan algoritma ANN dalam mengklasifikasikan kegagalan transformator daya dimana pengujian dilakukan untuk mengevaluasi model dan mengetahui performa dari model yang dirancang.

### **BAB VI PENUTUP**

Bab penutup ini berisi kesimpulan dari penelitian dan beberapa saran dari penelitian yang ditujukan untuk penelitian selanjutnya.