

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam industri energi listrik, sistem transmisi dan distribusi harus memiliki kemampuan untuk menyalurkan tenaga listrik dengan aman, andal, dan hemat biaya ke rumah, perusahaan, dan pabrik. Transformator daya menjadi salah satu peralatan utama dalam transmisi dan distribusi daya dalam jaringan tenaga listrik [1], [2]. Dalam situasi seperti ini, transformator daya harus beroperasi secara optimal untuk pasokan energi yang efisien ke utilitas [2]. Sehingga, diperlukan pemeliharaan pada transformator daya untuk menjaga keandalan, efisiensi dan kondisi transformator.

Salah satu yang utama bagian dari transformator daya adalah sistem isolasi. Saat ini ada dua jenis isolasi pada transformator daya yaitu isolasi tipe kering (kertas isolasi) dan isolasi tipe basah (minyak isolasi), di antara tipe tersebut, transformator dengan isolasi basah adalah yang paling umum digunakan untuk sistem transmisi [2], [3]. Pada transformator tipe terisi minyak, minyak transformator memiliki pendekatan yang lebih baik dalam hal efisiensi dan kemampuan transfer daya.

Minyak mineral yang diproduksi dari minyak bumi dengan berbagai perlakuan dan dengan distilasi fraksional memiliki kekuatan dielektrik yang tinggi, rugi-rugi listrik yang rendah, dan memiliki banyak sifat kimia, listrik, dan fisik untuk aplikasi transformator seperti stabilitas kimia, titik tuang yang lebih tinggi, dan viskositas yang rendah [4]. Minyak transformator berfungsi untuk mengisolasi, menghentikan pelepasan korona, menghentikan busur api, serta menghilangkan panas atau mendinginkan transformator [5].

Pada saat transformator beroperasi secara perlahan minyak transformator dapat mengalami penurunan kualitas minyak yang diakibatkan oleh adanya *thermal stress*, *over voltage*, *mechanical stress* dan kegagalan dari lingkungan sekitar [6]. Minyak transformator biasanya terdiri dari senyawa hidrokarbon dan non-hidrokarbon. Dalam reaksi termal tertentu, senyawa ini dapat terurai menjadi gas mudah terbakar (*combustible gas*) dan akan terlarut di dalam minyak isolasi [7]. Jika tingkat kontaminasi pada minyak transformator terlalu tinggi akan mengakibatkan kenaikan suhu dan gangguan-gangguan listrik pada transformator daya.

Senyawa kimia yang terurai saat pengoperasian transformator merupakan gas hidrokarbon yang mudah terbakar. Adanya peningkatan *total combustible gas (TCG)* yang berkorelasi dengan peningkatan laju produksi gas dapat menunjukkan gangguan termal, listrik, atau korona [8]. Salah satu tanda pertama adanya kerusakan yang dapat menyebabkan kegagalan transformator jika tidak diperbaiki adalah ketika transformator berisi minyak mengeluarkan tingkat gas tertentu selama pemeliharaan [8]. Kegagalan yang dapat terjadi dari pembentukan gas hidrokarbon tersebut yaitu *arcing, low-energy sparking, corona discharge, insulation overheating due to severe overloading, dan failure of forced-cooling systems* [9]. Gas hidrokarbon bersifat khusus untuk mengidentifikasi kegagalan sesuai dengan tingkat gas yang dihasilkan.

Tindakan preventif harus dilakukan untuk menghindari kegagalan minyak isolasi transformator daya. Salah satu metode yang dapat mengidentifikasi kegagalan minyak isolasi transformator adalah dengan menilai jumlah gas dan kenaikan dengan menggunakan metode *Dissolved Gas Analysis (DGA)* [5]. Pengujian DGA yaitu untuk menganalisis keadaan transformator berdasarkan jumlah nilai gas terlarut dalam minyak transformator [10]. Jenis kegagalan pada transformator akan diidentifikasi dengan nilai gas terlarut tersebut dan menentukan kegagalan yang dialami transformator, apakah minyak transformator mengalami *arcing, overheating, ataupun corona*.

DGA sendiri memiliki beberapa metode untuk menganalisis dan mengidentifikasi berdasarkan jenis gas terlarut diantaranya ada metode *Total Dissolved Combustible Gas (TDCG)* [8], [11], *Key Gas Method* [8], [10], *Roger's Ratio Method (RRM)* [8], [10], *Doesensburg Ratio Method (DRM)* [8], [10], *The Four Gases* [10], [12], [13], *Duval Triangle Method (DTM)* [10], [14], *Duval Pentagon Method (DPM)* [12], [15], dan *Low Energy Degradation Triangle (LEDT)* [16], [17]. Metode konvensional ini yang bergantung pada nilai konsentrasi gas terlarut dalam minyak transformator untuk mendiagnosis gejala awal pada transformator [11]. Tetapi, dengan jumlah data yang besar, metode ini dapat menjadi sulit untuk digunakan karena memerlukan keahlian dalam mengidentifikasi kegagalan secara grafis. Oleh sebab itu *machine learning*

digunakan sebagai alternatif untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam mendiagnosis data DGA.

Untuk mengatasi keterbatasan metode tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan *machine learning (ML)* sebagai alternatif untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam mengidentifikasi kegagalan pada transformator daya berdasarkan data hasil pengujian DGA. *Machine learning* merupakan cabang dari kecerdasan buatan yang berfokus pada pembelajaran dari suatu data. *Machine learning* mampu mengidentifikasi pola tersembunyi pada data dan menggunakan informasi ini untuk membuat prediksi atau keputusan [18]. Terdapat tiga kategori utama pembelajaran mesin adalah *Supervised Learning* [19], *Unsupervised Learning* [20], dan *Reinforcement Learning* [21]. Dalam DGA, *machine learning* dapat digunakan untuk mengklasifikasikan jenis kegagalan transformator berdasarkan data konsentrasi gas terlarut atau untuk memprediksi tingkat keparahan kegagalan transformator berdasarkan data historis.

Artificial Neural Network (ANN) [22], *Support Vector Machine (SVM)* [23], *K-Nearest Neighbors (KNN)* [24], *Random Forest* [25], *Decision Tree* [26], dan *Deep Learning* [27] adalah beberapa algoritma *machine learning* yang telah digunakan untuk menganalisis data DGA. Ada kelebihan dan kekurangan masing-masing dari algoritma ini, jadi perlu dilakukan pemilihan dan penyesuaian yang tepat sesuai dengan data dan tujuan analisis. Selain itu, kualitas data, jumlah data, keseimbangan data, pemilihan atribut, dan optimasi parameter adalah beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja algoritma *machine learning* [27]. Oleh karena itu, *machine learning* pada DGA transformator membutuhkan penelitian dan pengembangan terus-menerus untuk mencapai hasil yang ideal dan dapat diandalkan.

Dalam diagnosis DGA, algoritma KNN menjadi metode yang cepat dan akurat karena menggunakan data uji DGA yang tersedia untuk membuat keputusan atau membuat keputusan berdasarkan data historis. Kelebihan algoritma KNN adalah mudah digunakan, efektif, dan tahan terhadap data bising [28]. Namun, kekurangan algoritma ini adalah sensitif terhadap data yang tidak relevan, tidak memiliki penjelasan logis untuk klasifikasi yang dibuat, dan membutuhkan

pemilihan nilai k yang optimal [28]. Maka pada penelitian ini akan mengimplementasikan algoritma *K Nearest Neighbors* pada metode *Dissolved Gas Analysis* untuk mengklasifikasikan jenis kegagalan transformator dengan berbagai metode konvensional DGA.

1.2 Kajian Riset Terdahulu

Kajian riset terdahulu adalah penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan topik atau masalah yang sedang diteliti. Kajian terdahulu dapat membantu peneliti dalam membandingkan dan mengembangkan penelitian saat ini serta untuk mengetahui latar belakang, tujuan, metode, hasil, dan kesimpulan dari penelitian sebelumnya. Selain itu, penelitian terdahulu dapat membantu peneliti menemukan celah dan kesalahan dalam penelitian mereka. Adapun kajian riset terdahulu dalam penelitian yang dilakukan ini dijabarkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Kajian Riset Terdahulu.

No.	Judul	Peneliti	Tahun
1	<i>Diagnosis of Power Transformer Condition using Dissolved Gas Analysis Technique: Case Studies at Geothermal Power Plants In Indonesia</i>	Sinanuri Surawijaya, Rahman Azis Prasajo, Winanda Riga Tamma, I Gusti Ngurah Mahendrayana, dan Suwarno	2019
2	<i>Comparative Performance Study of Dissolved Gas Analysis (DGA) Methods for Identification of Faults in Power Transformer</i>	Abdul Wajid, Atiq Ur Rehman, Sheeraz Iqbal, Mukesh Pushkarna, Syed Mudassir Hussain, Hossam Kotb, Mohammed Alharbi, dan Levgen Zaitsev	2023
3	<i>Discernment of transformer oil stray gassing anomalies using</i>	M. K. Ngwenyama dan M. N.Gitau	2024

No.	Judul	Peneliti	Tahun
	<i>machine learning classification techniques</i>		
4	<i>Accuracy Improvement of Power Transformer Fault Diagnostic Using KNN Classifier with Decision Tree Principe</i>	Omar Kherif, Madjid Teguar., dan Sherif S.M. Ghomen	2021
5	<i>Performance Analysis of Distance Measures in K-Nearest Neighbor</i>	Annisa Fadhillah P., M. Zarlis, dan Saib suwilo	2020

Penelitian yang dilakukan oleh Sinanuri Surawijaya, Rahman Azis Prasajo, dkk [10], menekankan pentingnya melacak riwayat DGA dan menggunakan beberapa metode interpretasi DGA untuk menambah kepercayaan terhadap hasil yang didapatkan. Tujuan dari penelitian ini untuk mendiagnosis transformator GSU menggunakan DGA dengan menggunakan empat metode interpretasi DGA diantaranya *key gas, gas ratio, the four gases dan duval triangle*.

Penelitian Abdul wajid, dkk [29] membandingkan kinerja berbagai teknik DGA untuk identifikasi gangguan pada transformator. Penelitian menunjukkan keterbatasan teknik DGA adalah membutuhkan waktu yang lebih lama dalam identifikasi kegagalan, biaya gas yang tinggi, dan konsentrasi gas yang rendah yang dapat mengakibatkan kesalahan identifikasi kegagalan. Penelitian ini menyarankan teknik DGA dapat diperluas dengan menggabungkan pembelajaran mesin dan algoritma AI untuk identifikasi kegagalan pada transformator. Selain itu, minyak berbasis biji kedelai dan ester alami dapat digunakan untuk pemantauan status transformator.

Penelitian M. K. Ngwenyama dan M. N.Gitau [30] mengkaji penerapan algoritma *machine learning* (ML) untuk mengevaluasi data *dissolved gas analysis* (DGA) untuk mengidentifikasi dengan cepat kegagalan yang baru terjadi pada transformator terendam minyak (*oil-immersed transformer, OIT*). Dalam penelitian

ini, model multi-klasifikasi yang berpusat pada algoritma ML ditunjukkan memiliki pemahaman yang logis, tepat, dan sempurna tentang DGA. analisis perbandingan dilakukan dalam penelitian ini terhadap pendekatan DGA konvensional untuk memvalidasi model yang diusulkan. Model yang diusulkan menunjukkan tingkat akurasi tertinggi sebesar 87,7%, yang dihasilkan oleh Bagged Trees, diikuti oleh Fine KNN dengan 86,2%, dan peringkat ketiga adalah *Quadratic* SVM dengan 84,1%. Penelitian ini menyarankan agar pelatihan, pengujian, dan validasi sampel minyak DGA diperpanjang dan diuji beberapa kali untuk penelitian yang akan datang.

Penelitian Omar Khelif, dkk [31] membahas mengenai peningkatan akurasi DGA transformer dengan menggabungkan algoritma KNN dengan decision tree. Penelitian yang dilakukan menggunakan data DGA dari 501 sampel transformator dengan basis duval triangle dan duval pentagon. Pengoptimalan jumlah tetangga dan jenis jarak yang digunakan meningkatkan laju akurasi klasifikasi. Selain itu juga mengevaluasi beberapa vektor masukan untuk memilih yang paling sesuai untuk lapisan klasifikasi sehingga meningkatkan akurasi diagnosis secara keseluruhan. Hasil laju global melebihi 93% untuk mendiagnosis transformator.

Penelitian yang dilakukan oleh Annisa Fadillah, M.Zarlis, dan Saib Suwilo [32] berfokus pada penggunaan matrik jarak pada algoritma k nearest neighbors. dalam menentukan kelas pada setiap sampel data. Hasil penelitian ini menekankan bahwa pada algoritma KNN pemilihan parameter sangat penting karena dapat mempengaruhi kinerjanya dalam menentukan setiap jenis kelas pada sampel data

Berdasarkan Tabel 1.1, Sudah banyak peneliti yang mengembangkan penelitian mengenai *Dissolved Gas Analysis (DGA)*. Tetapi, secara spesifik penelitian hanya menerapkan algoritma kecerdasan buatan pada beberapa metode konvensional DGA. Oleh sebab itu, penelitian ini berfokus pada diagnosis kegagalan transformator daya berbasis *Dissolved Gas Analysis (DGA)* menggunakan algoritma *K Nearest Neighbors*, sebagaimana yang telah diteliti oleh Abdul Wajid, dkk [29] . Studi ini akan menggunakan metode konvensional DGA seperti *Roger Ratio*, *Duval Pentagon*, *Four Gases*, dan *Duval Pentagon*, serta mengklasifikasikan jenis kegagalan dengan algoritma KNN. Tujuan dari penelitian

ini adalah untuk meningkatkan akurasi klasifikasi jenis kegagalan pada transformator daya dengan menggunakan algoritma KNN. Selain itu studi ini akan menggunakan beberapa matrik jarak untuk parameter algoritma KNN seperti yang dilakukan Annisa Fadillah, dkk [32].

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan kajian riset terdahulu yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

- Bagaimana hasil diagnosis kegagalan transformator daya dengan metode *Dissolved Gas Analysis (DGA)*.
- Bagaimana implementasi algoritma *K-Nearest Neighbors (KNN)* pada setiap metode konvensional berdasarkan data uji DGA untuk menentukan jenis kegagalan transformator?
- Bagaimana perbandingan kinerja metode konvensional DGA dengan penerapan algoritma *K-Nearest Neighbors (KNN)* dalam mengklasifikasikan jenis kegagalan pada transformator

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan penelitian yang dilakukan ini, berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, yaitu:

- Mengetahui hasil diagnosis kegagalan pada transformator dengan metode konvensional *Dissolved Gas Analysis (DGA)*
- Mengimplementasikan algoritma *K-Nearest Neighbors (KNN)* pada setiap metode konvensional DGA untuk mengidentifikasi jenis kegagalan pada minyak transformator.
- Menganalisis perbandingan performa setiap metode konvensional DGA dengan menerapkan algoritma *K-Nearest Neighbors (KNN)* dalam mengklasifikasikan jenis kegagalan pada minyak transformator berdasarkan data histori DGA.

1.4.2 Manfaat

Diharapkan bahwa penelitian ini akan menghasilkan manfaat di bidang akademis dan biang praktis; manfaat ini harus dievaluasi dari dua perspektif, yaitu manfaat akademis dan manfaat praktis:

- Manfaat penelitian dalam bidang akademis untuk menambah referensi atau literatur tentang pemeliharaan transformator, terutama tentang penerapan algoritma *K-Nearest Neighbors* dalam *dissolved gas analysis*.
- Manfaat praktis yang diharapkan dari penelitian ini yaitu penerapan algoritma *K-Nearest Neighbors* menjadi alternatif penyelesaian dalam mengidentifikasi kegagalan berdasarkan *dissolved gas analysis*.

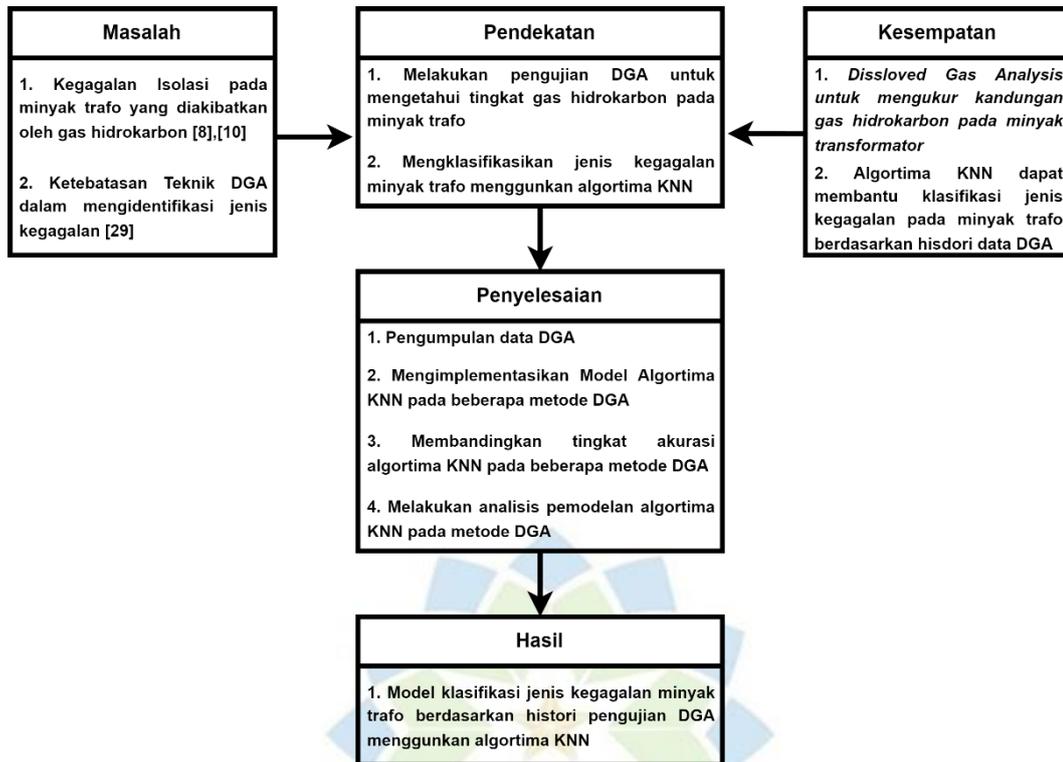
1.5 Batasan Masalah

Karena masalah yang diteliti sangat luas, penelitian ini memerlukan batasan untuk membuat hasilnya lebih spesifik. Batasan yang ditetapkan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Algoritma KNN yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma KNN standar, tanpa adanya modifikasi dan variasi.
- Metode konvensional yang digunakan dalam penelitian yaitu *Duval Triangle Method*, *Duval Pentagon Method*, *Roger's Ratio Method*, dan *The Four Gases*.
- Penelitian tidak membahas proteksi dan pemilihan transformator lainnya.
- Kenaikan senyawa kimia pada minyak transformator.
- Penelitian tidak membahas tindakan *corrective maintenance* dari hasil diagnosis

1.6 Kerangka Berpikir

Gambar 1.1 menunjukkan kerangka berpikir penelitian ini. Kerangka berpikir ini mencakup jalan pemikiran dan informasi yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah penelitian yang diperkirakan. Metode dan analisis yang digunakan dalam pendekatan ini juga termasuk dalam kerangka berpikir ini.



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir.

1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan proposal penelitian ini memiliki sistematika penulisan dengan total tiga bab, yaitu:

- Bab I Pendahuluan, mencakup latar belakang, kajian riset terdahulu, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir, dan sistematika penulisan.
- Bab II Tinjauan Pustaka, mencakup teori-teori yang berkaitan dengan penelitian ini, seperti transformator daya, minyak transformator, gas mudah terbakar pada minyak transformator, *dissolved gas analysis*, *k-nearest neighbors*.
- Bab III Metodologi Penelitian, mencakup proses pengumpulan data, pra pemrosesan data, penggunaan algoritma *k-nearest neighbors*, perbandingan kinerja, dan analisis hasil.
- Bab IV Perancangan dan Implementasi, Bab ini membahas perancangan dan implementasi algoritma k nearest neighbors untuk mengklasifikasikan jenis

kegagalan pada minyak transformator, termasuk pengumpulan dan pemrosesan data, serta pengukuran tingkat akurasi algoritma knn dalam mengklasifikasikan jenis kegagalan pada minyak transformator.

- Bab V Pengujian dan Analisis, Bab ini memuat pengujian dan analisis hasil dari model klasifikasi *k nearest neighbors*, termasuk evaluasi kinerja terhadap keempat metode konvensional dalam menentukan jenis kegagalan berdasarkan *dissolved gas analysis*.
- Bab VI Penutup, Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian dan beberapa saran dari penelitian yang ditujukan untuk penelitian selanjutnya.

