

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar belakang masalah

Transformator adalah sebuah perangkat statis yang memiliki dua atau lebih lilitan. Melalui induksi elektromagnetik, transformator mengubah sistem tegangan dan arus bolak-balik menjadi sistem tegangan dan arus lainnya, biasanya dengan nilai yang berbeda, namun pada frekuensi yang sama. Hal ini bertujuan untuk mendistribusikan daya listrik (*International Electrotechnical Commission. & International Electrotechnical Commission. Technical Committee 14., 2011*). Transformator digunakan pada jaringan distribusi untuk mendistribusikan daya listrik ke berbagai pelanggan dan fasilitas, dengan mengubah tegangan tinggi yang diterima dari jaringan distribusi menjadi tegangan rendah yang sesuai dengan kebutuhan pengguna akhir. Dengan demikian, transformator memainkan peran kunci dalam sistem distribusi listrik.

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri manufaktur transformator. PT. X memproduksi trafo daya, trafo distribusi dan trafo instrumen. Produk PT. X juga sudah diekspor untuk memenuhi kebutuhan konsumen di luar negeri. Proses pembuatan transformator (trafo) di PT. X dibagi menjadi tiga tahap utama, yaitu desain, produksi, dan pengujian. Tahap desain melibatkan perhitungan sesuai dengan spesifikasi trafo yang diperlukan oleh pelanggan, baik dari segi mekanikal maupun elektrik. Selain itu, pada tahap produksi, dilakukan berbagai tahapan pengolahan trafo seperti pembuatan lilitan (*winding*), perakitan (*assembly*), dan perakitan bagian dalam transformer ke dalam tangki transformer (*tanking*). Terakhir, dalam tahap pengujian, trafo yang telah selesai diproduksi menjalani serangkaian tes sesuai dengan standar kelulusan yang telah ditetapkan oleh PT. X. Tahap-tahap ini memastikan bahwa setiap trafo yang diproduksi memenuhi standar kualitas yang ketat sebelum diserahkan kepada pelanggan.

Dalam upaya menjaga mutu dan kualitas produk, PT. X memiliki beberapa tantangan salah satunya mengenai impedansi. Berdasarkan hasil pengujian di PT. X, nilai impedansi setiap trafo memiliki deviasi positif dan deviasi negatif dari garansi yang sudah diperhitungkan saat proses desain. Hal ini menyebabkan adanya ketidaksesuaian antara proses desain dan nilai impedansi aktual, yang salah satunya disebabkan oleh faktor dimensi belitan. Nilai impedansi trafo direpresentasikan oleh tahanan resistif dan reaktansi dari belitan transformator (*International Electrotechnical Commission. & International Electrotechnical*

*Commission. Technical Committee 14., 2011*). Komponen reaktansi pada transformer secara langsung berkaitan dengan *leakage flux* yang terjadi pada celah insulasi di antara belitan (Dawood et al., 2022). Di sisi lain, tahanan resistif pada transformer berkaitan dengan panjang dan luas penampang konduktor belitan (McLyman, 2004). Sehingga dapat disimpulkan bahwa dimensi *coil* transformator berkontribusi langsung terhadap perubahan nilai impedansi. Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi untuk mengidentifikasi hubungan data belitan transformator dan impedansi untuk menyimpulkan deviasi yang terjadi.

Pada dataset yang dimiliki oleh PT.X, terdapat ratusan data dimensi *coil* yang diperoleh melalui pengukuran saat proses produksi dan data impedansi hasil pengujian saat proses pengujian transformator. Fitur-fitur dalam dataset dimensi *coil* mencakup diameter dalam dan diameter luar gulungan LV (sisi sekunder), serta diameter dalam dan diameter luar gulungan HV (sisi primer). Di sisi lain, dataset impedansi mencakup fitur nilai impedansi transformator. Informasi ini dapat berguna untuk membuat pemodelan menggunakan *machine learning* untuk mencari hubungan data dan memprediksi nilai impedansi yang dapat terjadi berdasarkan nilai input dimensi *coil*. Penerapan *machine learning* akan membantu proses *training* data menjadi lebih cepat dan efisien. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan dibuat penerapan *machine learning* untuk mencari hubungan data dimensi *coil* dan impedansi menggunakan metode regresi.

### **1.2. Perumusan masalah**

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menyelesaikan permasalahan data antara data pengukuran dimensi belitan transformator terhadap data hasil pengujian impedansi transformator ?
2. Bagaimana kualitas model regresi dalam memprediksi nilai impedansi berdasarkan input berupa nilai dimensi belitan transformator?

### **1.3. Analisa kebutuhan**

Dalam upaya menganalisis hubungan antara dimensi koil dan impedansi pada transformator yang diinginkan oleh PT. X, penulis mendapat arahan dari Bapak Aswan, selaku *Manager Quality Inspection*. Sesuai petunjuk tersebut, perusahaan menginginkan model yang memprediksi penyimpangan impedansi dalam proses pembuatan transformator di PT. X.

Tabel 1.1

## Masalah dan Alternatif Solusi Kebutuhan

No.	Masalah	Penjelasan Masalah	Alternatif Solusi
1.	Bagaimana menyelesaikan permasalahan data antara data pengukuran dimensi belitan transformator terhadap data hasil pengujian impedansi transformator ?	Dibutuhkan pemahaman tentang hubungan antara pengukuran dimensi belitan transformator dan hasil pengujian impedansi. Pengukuran dimensi belitan transformator dapat mempengaruhi impedansi, tetapi hubungannya perlu diidentifikasi.	<p>- Alternatif solusi yang pertama adalah menggunakan Teknik <i>machine learning regression</i> untuk mengidentifikasi hubungan antara pengukuran dimensi belitan transformator dan hasil pengujian impedansi transformator.</p> <p>- Alternatif solusi yang kedua adalah melakukan analisis statistik menggunakan aplikasi <i>add-in</i> pada excel untuk mengidentifikasi korelasi antara dimensi belitan dan impedansi.</p>

No.	Masalah	Penjelasan Masalah	Alternatif Solusi
2.	Bagaimana kualitas model regresi dalam memprediksi nilai impedansi berdasarkan input berupa nilai dimensi belitan transformator?	Dibutuhkan model prediksi untuk memperkirakan nilai impedansi berdasarkan input berupa dimensi belitan transformator. Penggunaan <i>machine learning</i> dengan metode regresi dapat membantu dalam membangun model tersebut.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alternatif solusi yang pertama adalah menciptakan model <i>machine learning</i> menggunakan metode regresi untuk memprediksi nilai impedansi berdasarkan dimensi belitan transformator.</li> <li>- Alternatif solusi yang kedua adalah menggunakan <i>platform</i> aplikasi yang dilengkapi dengan algoritma <i>machine learning</i> dengan jenis <i>regression</i> untuk memprediksi nilai impedansi dan memastikan keakuratannya.</li> </ul>

Dari berbagai opsi solusi yang terdapat dalam tabel 1, langkah-langkah yang akan diambil untuk mengatasi masalah adalah sebagai berikut:

- 1) Menggunakan teknik *machine learning* dengan jenis regresi untuk mengidentifikasi hubungan antara data belitan transformator dan data impedansi pada setiap klasifikasi. Tujuannya adalah menciptakan model yang memodelkan hubungan antara data belitan transformator dan nilai impedansi.
- 2) Dengan menggunakan model yang dihasilkan dari langkah pertama, nilai impedansi dapat diprediksi berdasarkan input nilai pengukuran belitan transformator.

Tugas akhir ini memiliki batasan dalam mencari hubungan dimensi gulungan dan deviasi yang terjadi pada impedansi trafo, Adapun batasan tersebut meliputi:

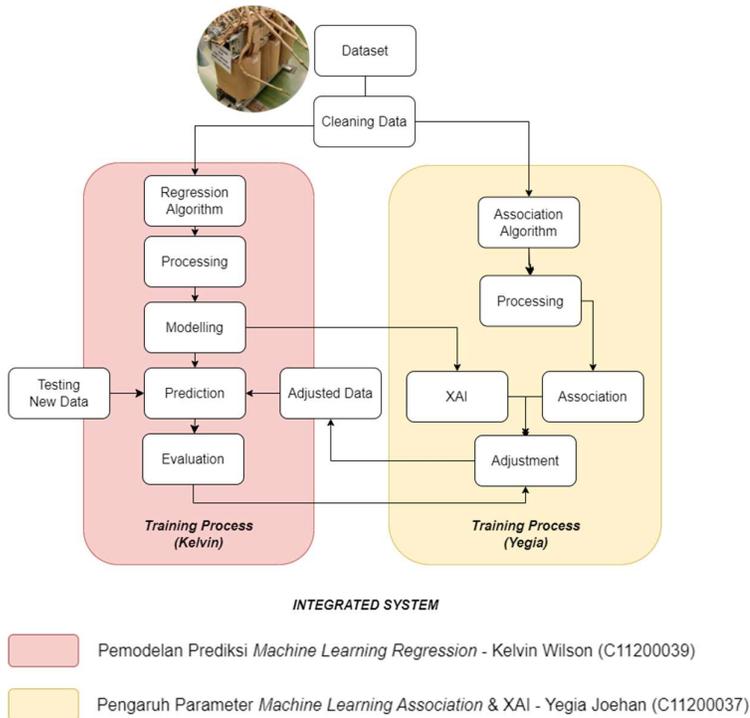
- Dataset ukuran dimensi koil transformator distribusi tahun 2022 dan 2023 oleh PT. X. Fitur dataset pengukuran belitan yang diukur oleh departemen produksi PT. X mencakup:
  - 1) *Inner Diameter LV*
  - 2) *Outer Diameter LV*
  - 3) *Inner Diameter HV*
  - 4) *Outer Diameter HV*
- Dataset pengujian impedansi transformator distribusi 2022 dan 2023 oleh PT. X. Fitur dataset pengujian impedansi mencakup :
  - 1) Nilai impedansi transformator
- Algoritma *machine learning regression* yang digunakan melibatkan *Multiple Linear Regression, XGBoost, Random Forest, dan Adaptive Boosting (Adaboost)*.
- Bahasa Pemrograman Python
- Platform Kaggle

#### **1.4 Tujuan Tugas Akhir**

Tugas akhir ini bertujuan untuk membuat sebuah pemodelan menggunakan *machine learning* dengan tipe *supervised learning* dan menggunakan algoritma regresi. Pemodelan ini akan digunakan untuk memprediksi nilai impedansi baru berdasarkan data pengukuran dimensi koil transformer.

#### **1.5 Uraian Singkat Tugas Akhir**

Tugas akhir ini merupakan permintaan dari PT. X, yang bertujuan untuk memprediksi penyimpangan impedansi berdasarkan dimensi belitan dalam proses pembuatan Transformator. Proyek ini akan dilaksanakan secara kolaboratif dalam sebuah kelompok. Penulis akan fokus pada hubungan antara data dimensi belitan dan nilai impedansi, yang saling terkait dan memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas transformator. Di sisi lain, satu mahasiswa lain akan bertanggung jawab untuk mengidentifikasi pengaruh parameter-parameter dimensi belitan terhadap nilai model. Kerja sama tim ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang komprehensif dan mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas transformator, sehingga dapat menghasilkan solusi yang lebih optimal.



Gambar 1.1 Blok diagram desain sistem pemodelan *Machine learning*

Pada gambar 1.1, terlihat diagram blok dari sistem prediksi penyimpangan impedansi pada transformator yang akan dikembangkan oleh dua mahasiswa. Sistem asosiasi signifikansi parameter yang mempengaruhi penyimpangan impedansi akan dikerjakan oleh Yegia Joehan.

## 1.6 Metodologi Perancangan dan Implementasi

### 1.6.1 Studi Literatur

- Mempelajari algoritma *machine learning* yang akan digunakan untuk memprediksi penyimpangan impedansi pada transformator. Algoritma yang digunakan antara lain:
  - 1) *Multiple Linear Regression*
  - 2) XGBoost
  - 3) *Random Forest*
  - 4) *Adaptive Boosting* (Adaboost)
- Mempelajari cara pemodelan dataset untuk melatih model *machine learning*.
- Mempelajari transformator dengan fokus mengenai belitan dan impedansi.

### 1.6.2 Perancangan dan Pembuatan Sistem

#### 1.6.2.1 Pemahaman Data

- Pengumpulan dataset dimensi koil dari Departemen Produksi dan dataset Impedansi dari Departemen QIT (*Quality Inspection & Testing*) Testing PT. X.

- Mempelajari dataset dan mengidentifikasi potensi masalah pada tahap berikutnya.

#### **1.6.2.2 Persiapan Data**

- *Data Cleaning*

Proses melakukan seleksi kesalahan data dan menghapus data tersebut.

- *Data Integration*

Proses penggabungan dataset dimensi belitan transformator dengan dataset impedansi sesuai nomor *job order* transformator.

- *Data Exploration*

Proses mengidentifikasi pola data, penanganan data yang kosong, dan menguji hipotesis.

#### **1.6.2.3 Pemodelan**

- *Hyperparameter Tuning* akan dilakukan menggunakan metode *random search*
- Pemisahan *training* dataset dengan *testing* dataset secara manual menggunakan metode *train-test split*.
- Membuat model menggunakan algoritma *Multiple Linear Regression*, *XGBoost*, *Random Forest*, dan *Adaboost* dan menentukan model yang menghasilkan hasil prediksi terbaik berdasarkan proses evaluasi.
- Rancang bangun database untuk penyimpanan dataset dan hasil prediksi jika diperlukan.
- Rancang bangun *User Interface* (UI) jika diperlukan.

#### **1.6.3 Pengujian Sistem**

- Evaluasi hasil prediksi model dilakukan menggunakan *k-fold cross validation*.
- Pengujian akurasi model dinilai berdasarkan hasil penilaian *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Root Mean Square Error* (RMSE).

#### **1.6.4 Penyajian Hasil**

- Demonstrasi hasil prediksi nilai impedansi tiap model *machine learning* berdasarkan dimensi belitan transformator.
- Tampilan *User Interface* (UI) jika ada.
- Laporan tugas akhir.

#### **1.6.5 Pengambilan Kesimpulan**

- Menyimpulkan parameter *machine learning* yang optimal untuk memprediksi impedansi transformator berdasarkan dimensi belitan.

- Menyimpulkan hasil pengujian dan analisis yang dapat digunakan untuk perbaikan sistem atau keputusan lebih lanjut.
- Mengidentifikasi rekomendasi dan peluang penelitian lanjutan jika diperlukan.