

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Wilayah Selat Sunda, yang terletak di antara Pulau Jawa dan Sumatera, telah lama diidentifikasi sebagai salah satu zona gempa paling aktif dan berbahaya di Indonesia. Peneliti dari berbagai institusi, seperti BMKG dan BPBN, telah memperingatkan potensi gempa *megathrust* besar yang dapat terjadi di daerah ini, dengan *Magnitudo* yang diperkirakan mencapai 9. Gempa *megathrust* terjadi akibat pergerakan dan interaksi dua lempeng tektonik besar, yaitu Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia, yang bertemu di zona subduksi Selat Sunda. Tekanan yang terus meningkat di zona ini suatu saat akan dilepaskan dalam bentuk gempa besar, yang bisa menimbulkan tsunami dengan dampak yang sangat merusak. Salah satu prediksi menunjukkan bahwa tsunami dari gempa *megathrust* di Selat Sunda bahkan bisa mencapai ibu kota Jakarta dengan ketinggian air mencapai 2-3 meter.

Risiko yang dihadapi oleh wilayah ini sangat besar, tidak hanya bagi penduduk di sepanjang pesisir Banten, Lampung, dan sebagian Jawa Barat, tetapi juga bagi pusat ekonomi nasional di Jakarta. Infrastruktur yang vital, seperti jalur transportasi, pelabuhan, dan kawasan industri, terancam hancur jika gempa *megathrust* terjadi, yang tentu saja dapat mengganggu aktivitas ekonomi dan sosial secara signifikan. Oleh karena itu, kemampuan untuk memprediksi kejadian gempa di Selat Sunda menjadi sangat penting, baik untuk memberikan peringatan dini

maupun untuk merencanakan mitigasi yang lebih efektif. Prediksi gempa yang akurat dapat membantu pemerintah dan masyarakat bersiap menghadapi kemungkinan bencana ini dan mengurangi dampak yang ditimbulkan.

Isu mengenai potensi gempa *megathrust* di Selat Sunda menjadi semakin mendesak ketika berbagai media melaporkan bahwa kejadian gempa besar di wilayah ini hanya masalah waktu. Dilansir dari CNBC Indonesia dalam artikel berita *online* berjudul "Gempa *Megathrust* Tinggal Tunggu Waktu, Ini 13 Wilayah Paling Rawan!", para ahli geologi mengingatkan bahwa ada 13 wilayah di Indonesia yang sangat rentan terkena dampak gempa *megathrust*, termasuk Selat Sunda (Natalia T., 2024). Sementara itu, dalam laporan berita Kompas yang berjudul "Peneliti BRIN Ungkap Gempa *Megathrust* Selat Sunda Bisa Picu Tsunami hingga Jakarta", dijelaskan bahwa BRIN telah mengungkapkan kemungkinan besar bahwa gempa *megathrust* di Selat Sunda dapat memicu tsunami yang akan berdampak hingga Jakarta, menimbulkan ancaman serius bagi jutaan penduduk (Sanjaya Y., 2024). Selain itu, Sindonews juga menyoroti pentingnya mitigasi, dengan melaporkan dalam artikel "Indonesia *Re Institute* Ajak *Stakeholders* Mitigasi Potensi Gempa *Megathrust*", yang menyerukan seluruh pemangku kepentingan untuk terlibat dalam upaya mitigasi risiko gempa, termasuk dengan cara meningkatkan kesiapsiagaan dan memperkuat infrastruktur di wilayah yang berisiko (Hendrawan N., 2024).

Namun, prediksi gempa merupakan tantangan yang sangat kompleks. Gempa bumi adalah fenomena alam yang sifatnya sangat acak dan sulit diprediksi dengan presisi tinggi. Prediksi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan

untuk mengantisipasi kebutuhan atau kejadian di masa depan berdasarkan data historis, seperti yang dilakukan dalam penelitian (Herianto, 2021) yang menerapkan *Neural Network* untuk memprediksi kebutuhan *bandwidth* dan spesifikasi jaringan secara lebih akurat. Konsep serupa dapat diterapkan dalam analisis prediksi gempa dengan memanfaatkan metode kecerdasan buatan untuk mengidentifikasi pola dari data historis gempa. Sementara beberapa pola bisa diidentifikasi dalam data gempa historis, banyak gempa terjadi secara tiba-tiba tanpa tanda-tanda yang jelas sebelumnya. Di sinilah peran metode prediksi statistika dan *Machine learning* menjadi sangat penting dalam membantu memberikan perkiraan berdasarkan data masa lalu. Salah satu metode tradisional yang banyak digunakan dalam prediksi deret waktu adalah ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*). ARIMA telah terbukti handal dalam memodelkan data historis yang bersifat linier dan menunjukkan tren jangka pendek. Metode ini secara umum mudah diaplikasikan karena hanya membutuhkan data historis untuk membuat prediksi, dan sering digunakan dalam berbagai konteks prediksi bencana alam, termasuk gempa bumi.

Meski demikian, perkembangan teknologi kecerdasan buatan dan *Machine learning* membuka peluang baru dalam dunia prediksi gempa. Salah satu pendekatan yang sedang dikembangkan adalah penggunaan model *deep learning* seperti *Informer*. *Informer*, sebagai model yang dirancang untuk menangani data deret waktu yang kompleks, mampu menangkap pola jangka panjang dan hubungan antarvariabel yang tidak selalu bisa diidentifikasi oleh metode statistik tradisional. Kemampuannya untuk memproses data dalam jumlah besar juga memberikan

keunggulan dalam situasi yang memerlukan analisis lebih mendalam dari pola data gempa yang mungkin tersembunyi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keunggulan dan keterbatasan dari kedua metode tersebut dalam konteks prediksi gempa di Selat Sunda. Di satu sisi, ARIMA dikenal karena keandalannya dalam memproses data historis yang terstruktur dan menghasilkan prediksi yang cepat, sehingga tetap relevan dalam banyak kasus. Di sisi lain, *Informer* menawarkan pendekatan yang lebih modern, yang mampu menangkap kompleksitas data dalam skala yang lebih besar dan memungkinkan prediksi yang lebih akurat dalam jangka panjang. Mengingat pentingnya prediksi gempa yang akurat untuk mitigasi risiko bencana, perbandingan antara ARIMA dan *Informer* dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan baru dalam mengembangkan sistem peringatan dini yang lebih baik, khususnya untuk kawasan berisiko tinggi seperti Selat Sunda.

Selain untuk mitigasi risiko bencana, penelitian ini juga memiliki relevansi yang kuat bagi BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Kota Bekasi, sebagai objek penelitian. Kedua lembaga ini memiliki tanggung jawab penting dalam pengembangan teknologi dan ilmu pengetahuan terkait mitigasi bencana di Indonesia, terutama dalam memberikan peringatan dini terhadap potensi gempa. Mereka membutuhkan metode prediksi yang lebih akurat dan tepat waktu guna meningkatkan efisiensi sistem peringatan dini yang ada. Saat ini, meskipun telah ada upaya prediksi menggunakan data gempa historis, seperti yang dilakukan oleh BMKG dan BRIN, metode yang tersedia masih memiliki keterbatasan, terutama dalam menangkap pola-pola kompleks dalam data gempa. Oleh karena itu,

penelitian ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan mereka akan sistem yang dapat memproses data dalam skala besar dan memberikan hasil prediksi yang lebih presisi dengan menggunakan algoritma modern seperti ARIMA dan *Informer*.

## 1.2 Identifikasi masalah

Pada penelitian ini, masalah utama yang diidentifikasi adalah sulitnya memprediksi secara akurat kejadian gempa bumi, khususnya di wilayah Selat Sunda yang berisiko tinggi mengalami gempa *megathrust*. Meski telah diketahui bahwa gempa besar di wilayah ini tinggal menunggu waktu, metode prediksi yang ada saat ini masih memiliki keterbatasan dalam memberikan peringatan dini yang memadai. Salah satu metode yang sering digunakan untuk memprediksi kejadian gempa adalah ARIMA, sebuah model statistik yang mengandalkan data historis untuk memproyeksikan kejadian di masa depan. Namun, metode ini mungkin kurang mampu menangkap dinamika kompleks yang sering terjadi pada data gempa bumi, yang bersifat tidak linear dan penuh ketidakpastian.

Di sisi lain, perkembangan teknologi kecerdasan buatan membuka peluang untuk menggunakan model yang lebih canggih, seperti *Informer*, yang dirancang untuk menangani data deret waktu yang kompleks. *Informer* menggunakan pendekatan *deep learning* untuk menangkap pola jangka panjang dalam data yang sulit diidentifikasi oleh model tradisional. Namun, implementasi model ini membutuhkan sumber daya komputasi yang besar dan ketersediaan data yang lengkap dan berkualitas, yang menjadi tantangan tersendiri dalam konteks prediksi gempa.

Identifikasi masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah metode ARIMA yang berbasis statistik mampu memberikan prediksi gempa di Selat Sunda dengan akurasi yang memadai, mengingat keterbatasannya dalam menangani pola tidak linier?
2. Sejauh mana model *deep learning Informer*, yang lebih kompleks, dapat memberikan prediksi gempa yang lebih akurat dibandingkan dengan ARIMA?
3. Bagaimana perbandingan performa kedua model tersebut dalam konteks evaluasi prediksi, termasuk dalam metrik akurasi, presisi, dan efisiensi komputasi?
4. Bagaimana tingkat ketepatan prediksi dari kedua model ini bisa diterapkan sebagai bagian dari sistem mitigasi bencana di wilayah yang berisiko seperti Selat Sunda?

Identifikasi masalah ini menjadi kunci dalam mencari solusi untuk meningkatkan akurasi prediksi gempa, yang pada akhirnya diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam upaya mitigasi bencana di Indonesia, khususnya di wilayah-wilayah yang sangat rentan seperti Selat Sunda.

### **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana akurasi metode ARIMA dalam memprediksi kejadian gempa di wilayah Selat Sunda berdasarkan data historis yang tersedia?

2. Seberapa efektif model *Informer* dalam memprediksi gempa di Selat Sunda dibandingkan dengan metode ARIMA?
3. Apa perbandingan kinerja kedua model (ARIMA dan *Informer*) dalam hal akurasi prediksi dan efisiensi komputasi untuk *forecasting* gempa di Selat Sunda?

#### 1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas maka Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Sumber data gempa yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari USGS (*United States Geological Survey*). Data yang digunakan mencakup gempa bumi dengan kedalaman, *Magnitudo* tertentu, serta data historis gempa yang relevan dengan wilayah Selat Sunda. Data dari sumber lain yang tidak relevan dengan penelitian ini tidak akan digunakan.
2. Rentang waktu data gempa yang digunakan dibatasi pada periode yang tersedia di *Dataset*, dengan fokus pada kejadian gempa di wilayah Selat Sunda dan sekitarnya. Rentang waktu atau wilayah lain yang tidak relevan dengan penelitian ini tidak akan dianalisis.
3. Penelitian ini hanya membandingkan performa prediksi antara dua model, yaitu ARIMA dan *Informer*, sehingga metode prediksi lainnya tidak dibahas atau dianalisis lebih lanjut. Fokus utama adalah pada perbandingan akurasi dan efisiensi komputasi dari kedua model tersebut berdasarkan data gempa yang tersedia.

## 1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilakukannya penelitian skripsi ini adalah :

1. Menganalisis akurasi metode ARIMA dalam memprediksi kejadian gempa di wilayah Selat Sunda berdasarkan data gempa yang diperoleh dari USGS, untuk menentukan sejauh mana metode ini dapat diandalkan dalam konteks prediksi bencana.
2. Mengevaluasi efektivitas model *Informer* dalam memprediksi gempa di Selat Sunda dan membandingkannya dengan metode ARIMA, untuk mengetahui keunggulan dan kelemahan masing-masing model dalam konteks prediksi gempa.
3. Menilai perbandingan kinerja kedua model (ARIMA dan *Informer*) dalam hal akurasi prediksi dan efisiensi komputasi untuk *forecasting* gempa di Selat Sunda.

## 1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian skripsi ini adalah :

1. Memberikan kontribusi terhadap ilmu pengetahuan dalam bidang seismologi dan mitigasi bencana, khususnya mengenai teknik-teknik prediksi gempa yang dapat diterapkan di daerah berisiko tinggi seperti Selat Sunda.
2. Menjadi referensi bagi peneliti, praktisi, dan pemerintah dalam upaya pengembangan kebijakan dan strategi mitigasi bencana berbasis data yang lebih akurat dan terpercaya.

3. Meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya prediksi gempa dan risiko yang terkait, sehingga mereka lebih siap menghadapi kemungkinan terjadinya bencana alam di wilayah mereka.

## 1.7 Metodologi Penelitian

Pada subbab ini, terbagi metodologi penelitian menjadi beberapa bagian yang mencakup tahapan-tahapan utama dalam proses penelitian.

### 1.7.1 Pengumpulan dan Pemrosesan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari *United States Geological Survey* (USGS) melalui situs <https://earthquake.usgs.gov/> dengan fokus pada wilayah Selat Sunda, menggunakan koordinat:

- *Latitude*: [-8.494, -5.703]

- *Longitude*: [103.052, 106.743]

Data yang akan dianalisis mencakup periode kejadian dari tahun 1970 hingga tahun terkini. *Dataset* ini memuat informasi seperti tanggal dan waktu kejadian, *Magnitudo*, kedalaman gempa, serta lokasi geografisnya.

Langkah-langkah pemrosesan data meliputi:

1. Pembersihan data: Menghilangkan data yang tidak lengkap atau duplikat, serta melakukan koreksi data yang tidak sesuai.
2. Transformasi data: Melakukan normalisasi dan transformasi data menjadi format yang sesuai untuk digunakan oleh model ARIMA dan *Informer*.

3. *Resampling*: Mengatur interval waktu (misalnya, agregasi bulanan) untuk memastikan kestabilan data dan mengurangi noise.
4. Visualisasi awal: Membuat grafik seperti *Time series plots* untuk memahami pola awal dalam data.

### 1.7.2 Pengembangan Model ARIMA

Langkah-langkah pengembangan model ARIMA meliputi :

1. Identifikasi Parameter: Model ARIMA memerlukan parameter  $p$  (*Autoregressive*),  $d$  (*differencing*), dan  $q$  (*moving average*). Identifikasi parameter dilakukan dengan menganalisis ACF (*Autocorrelation Function*) dan PACF (*Partial Autocorrelation Function*).
2. Pembuatan Model: Setelah parameter  $p$ ,  $d$ , dan  $q$  diidentifikasi, model ARIMA dilatih menggunakan data historis gempa.
3. Evaluasi Model: ARIMA akan dievaluasi menggunakan metrik seperti RMSE (*Mean Squared Error*), dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) berdasarkan data uji untuk mengukur akurasi model.

### 1.7.3 Pengembangan Model *Informer*

Langkah-langkah pengembangan model *Informer* meliputi :

1. *Input Data*: Data kejadian gempa yang sama akan digunakan untuk *Informer*, dengan disusun dalam format sekuens panjang untuk menangkap pola jangka panjang.

2. Pembuatan Model: Model *Informer* menggunakan arsitektur *efficient attention-based Transformer*. Parameter seperti jumlah lapisan, dimensi *embedding*, dan panjang sekuens akan disesuaikan selama proses *Training* untuk optimalisasi.
3. Evaluasi Model: Sama seperti ARIMA, *Informer* akan dievaluasi menggunakan MSE, dan MAPE. Selain itu, waktu komputasi dan efisiensi pemrosesan juga akan diperhatikan.

#### 1.7.4 Pengujian dan Validasi Model

Pada tahap ini, kedua model akan diuji dan divalidasi menggunakan data uji yang sebelumnya tidak dilibatkan dalam pelatihan model. Langkah-langkahnya meliputi:

1. Uji Kinerja

Hasil prediksi dari ARIMA dan *Informer* akan dibandingkan dengan data aktual. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik yang disebutkan di atas.

2. Validasi Hasil

Analisis kesesuaian antara prediksi dengan kejadian gempa yang sebenarnya dilakukan untuk memastikan akurasi dan keandalan model.

#### 1.7.5 Perbandingan dan Analisis Hasil

Setelah pengujian, hasil dari kedua model akan dibandingkan berdasarkan beberapa kriteria:

1. Akurasi Prediksi: Dilihat dari metrik kesalahan seperti MAPE dan MSE.

2. Efisiensi Komputasi: *Informer* diharapkan lebih efisien dalam memproses data deret waktu panjang dibandingkan ARIMA.
3. Kemampuan Menangkap Pola Non-linier: Kemampuan *Informer* untuk menangkap pola yang kompleks dan tidak linier dalam data gempa akan menjadi salah satu faktor kunci perbandingan.

### 1.7.6 Visualisasi dan Interpretasi Hasil

Setelah analisis, hasil prediksi dari kedua model akan divisualisasikan untuk memudahkan interpretasi. Beberapa teknik visualisasi yang digunakan meliputi:

1. *Plot Time series*: Perbandingan antara hasil prediksi dan data aktual dalam bentuk grafik deret waktu.
2. *Heatmap*: Visualisasi intensitas gempa berdasarkan *Magnitudo* dan waktu kejadian.
3. Perbandingan *Error*: Menampilkan grafik kesalahan prediksi dari kedua model untuk memudahkan analisis.

Interpretasi hasil akan mencakup:

1. Mengapa satu model mungkin lebih baik dalam menangkap pola atau tren gempa dibandingkan yang lain.
2. Keterbatasan masing-masing model dalam menangani kompleksitas data gempa.

### 1.7.7 Implementasi Model ke dalam Aplikasi Web

Setelah hasil penelitian diperoleh dan model dipilih, langkah selanjutnya adalah mengimplementasikan prediksi ke dalam aplikasi berbasis web untuk memudahkan pengguna dalam mengakses informasi prediksi gempa. Berikut adalah tahapan dalam proses implementasi:

1. Pengembangan Aplikasi Web: Aplikasi web akan dibangun menggunakan teknologi *Python Flask* sebagai *Backend* untuk menangani logika dan pemrosesan data, sementara *ReactJS* akan digunakan untuk membangun antarmuka pengguna (*frontend*). *Flask* memungkinkan integrasi yang mudah dengan model prediksi dan menyediakan API yang efisien untuk komunikasi antara *frontend* dan *Backend*.
2. Integrasi Model dengan *Backend*: Model prediksi yang dikembangkan (baik *ARIMA* maupun *Informer*) akan diintegrasikan ke dalam *Backend* aplikasi web. *Flask* akan menangani *input* dari pengguna, menjalankan model prediksi, dan memberikan hasil prediksi secara real-time. Pengguna dapat mengunggah data baru atau menggunakan data yang ada untuk memprediksi kejadian gempa di masa depan.
3. *Deploy ment*: Aplikasi web ini akan di-host di server *Cloud* seperti *AWS*, *Heroku*, atau *Google Cloud* agar dapat diakses secara publik. *Cloud hosting* akan memungkinkan aplikasi beroperasi dalam skala besar, mendukung akses *multi-user* secara bersamaan, serta mendukung fitur auto-scaling untuk penanganan lalu lintas yang tinggi.
4. Fitur Visualisasi di Aplikasi Web:

5. Visualisasi Perbandingan Algoritma: Aplikasi akan menampilkan perbandingan performa antara ARIMA dan *Informer* dalam bentuk grafik interaktif, memungkinkan pengguna untuk melihat mana algoritma yang lebih akurat dalam rentang waktu tertentu.
6. Grafik *Magnitudo* per Hari: Fitur ini memungkinkan pengguna melihat tren *Magnitudo* gempa yang terjadi setiap hari. Grafik ini akan memvisualisasikan perubahan *Magnitudo* gempa dari waktu ke waktu berdasarkan data gempa yang ada.
7. Status Gempa Berdasarkan *Magnitudo*: Berdasarkan hasil prediksi, aplikasi akan menampilkan status gempa. Misalnya, gempa di bawah *Magnitudo* 2.5 akan diberi label "lemah", sedangkan gempa di atas *Magnitudo* 6.0 diberi label "berbahaya".
8. Peta Interaktif Selat Sunda: Aplikasi akan menampilkan peta Selat Sunda yang menandai lokasi-lokasi gempa terbaru. Pengguna dapat memanfaatkan fitur zoom untuk melihat detail area dengan lebih baik.
9. Prediksi dan *Export Data*: Aplikasi juga akan menyediakan fitur *textbox* prediksi, di mana pengguna dapat memilih jangka waktu prediksi (misalnya beberapa bulan ke depan). Hasil prediksi dapat diunduh dalam bentuk PDF dan Excel, memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk menyimpan dan menganalisis data lebih lanjut.
10. *Testing* dan Validasi Aplikasi: Setelah aplikasi di-*Deploy* , akan dilakukan pengujian menyeluruh untuk memastikan bahwa aplikasi berfungsi sesuai dengan harapan. Pengujian mencakup validasi hasil prediksi dari model

ARIMA dan *Informer*, serta pengujian fitur visualisasi dan performa aplikasi secara keseluruhan. Semua aspek akan dipastikan agar berjalan dengan optimal, baik dari segi kecepatan maupun akurasi prediksi.

## **1.8 Sistematika Penulisan**

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menyajikan gambaran umum mengenai penelitian yang dilakukan, mencakup latar belakang masalah yang melandasi penelitian, perumusan masalah, batasan yang ditetapkan, tujuan dari penelitian ini, metode yang digunakan, dan sistematika an dalam laporan ini.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menguraikan teori-teori yang mendukung penelitian ini, termasuk referensi dari buku, jurnal, dan sumber-sumber lain yang relevan. Landasan teori ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mendalam tentang konsep dasar dari sistem yang dikembangkan.

### **BAB III ANALISIS DAN DESAIN SISTEM**

Bab ini berfokus pada analisis serta perancangan sistem yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan penelitian. Di dalamnya terdapat detail komponen-komponen sistem, desain aplikasi, dan perancangan basis data sebagai dasar pengembangan sistem.

#### BAB IV IMPLEMENTASI DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan implementasi sistem yang telah dirancang, serta hasil-hasil yang diperoleh dari uji coba yang dilakukan. Analisis atas hasil uji coba juga dibahas untuk mengevaluasi sejauh mana sistem memenuhi tujuan penelitian.

#### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir ini berisi kesimpulan dari keseluruhan penelitian, yang merupakan rangkuman atas hasil yang dicapai pada setiap bab. Selain itu, terdapat saran yang diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pengembangan penelitian atau sistem di masa mendatang.

