

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak di pertemuan beberapa lempeng tektonik aktif, yang menyebabkan aktivitas geologi seperti gempa bumi dan letusan gunung berapi sering terjadi. Kondisi ini membuat wilayah Indonesia sangat rentan terhadap berbagai bencana alam, khususnya gempa bumi. Salah satu dampak yang sering menyertai gempa bumi, khususnya di daerah dengan kondisi tanah jenuh air, adalah likuifaksi. Likuifaksi adalah suatu proses atau kejadian berubahnya sifat tanah dari keadaan padat menjadi keadaan cair, akibat terjadinya gaya geser (siklik dinamik) dari rambatan gelombang gempa (Kusuma dkk., 2017). Tanah yang terjadi likuifaksi akan berdampak seperti pasir hisap, merendam bangunan atau material yang berada di atasnya. Karena banyaknya dampak yang disebabkan oleh likuifaksi ini, maka diperlukan analisis untuk menentukan apakah suatu kawasan berpotensi terjadi likuifaksi atau tidak yaitu dengan analisis potensi likuifaksi (Alfaqikh & Zayadi, 2022).

Peristiwa *Great East Japan Earthquake* pada 11 Maret 2011 (Mw 9,0) menimbulkan likuifaksi luas pada lahan reklamasi di kawasan Teluk Tokyo yang menyebabkan kerusakan signifikan pada bangunan dan infrastruktur meskipun berjarak ratusan kilometer dari episentrum (Yasuda dkk., 2012). Di Indonesia, gempa 28 September 2018 di Palu serta gempa 26 Desember 2004 di Banda Aceh juga memicu likuifaksi yang berdampak pada kerusakan masif permukiman dan infrastruktur (Sassa & Takagawa, 2019). Dalam konteks regional, Kota Lhokseumawe sebagai bagian dari Provinsi Aceh berada pada zona pertemuan Lempeng Eurasia dan Indo-Australia dengan aktivitas tektonik yang tinggi, sehingga memiliki potensi signifikan terhadap kejadian gempa bumi dan dampak turunannya.

Cone Penetration Test (CPT) adalah Salah satu metode yang digunakan dalam penentuan potensi likuifaksi. *Cone Penetration Test* (CPT) merupakan salah satu pengujian lapangan yang digunakan untuk mengetahui daya dukung tanah di

suatu lokasi. Selain cepat, biaya pengujian CPT relatif lebih murah dibandingkan pengujian SPT, sehingga pengujian CPT sering dipergunakan di lapangan (Sinulingga, 2025). Data dari CPT ini sangat berguna dalam analisis likuifaksi karena dapat digunakan untuk menentukan sifat mekanik tanah dan menilai kerentanannya terhadap gempa bumi. Berbagai metode empiris telah dikembangkan untuk mengevaluasi potensi likuifaksi berdasarkan data CPT, seperti metode Robertson dan Wride (1998).

Dalam penelitian ini, *software* Octave digunakan sebagai alat bantu dalam menganalisis data CPT untuk menentukan potensi likuifaksi. Octave merupakan perangkat lunak bebas GNU yang dipakai untuk analisis numerik yang dikembangkan oleh Jhon E Waton dan rilis perdana 1988 (Maharani, 2022). Pengoperasiannya dapat diakses langsung melalui browser tanpa perlu instalasi (Muhajir, 2023). Dengan memanfaatkan algoritma yang telah dikembangkan, Octave dapat membantu dalam perhitungan faktor keamanan likuifaksi, pengklasifikasian jenis tanah, dan pemetaan zona risiko likuifaksi di Kota Lhokseumawe.

Upaya penanganan dan mitigasi risiko likuifaksi merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan dalam perencanaan tata ruang, pembangunan infrastruktur, serta peningkatan kesiapsiagaan bencana, mengingat wilayah ini berada pada zona seismik aktif dengan potensi kejadian gempa bumi yang signifikan, sehingga analisis potensi likuifaksi menjadi langkah strategis untuk memahami serta mengantisipasi dampak yang mungkin terjadi terhadap struktur bangunan dan infrastruktur di daerah tersebut. (Ikmal & Wesli, 2023).

Penelitian ini penting dilakukan karena Kota Lhokseumawe berada pada wilayah dengan tingkat kegempaan tinggi dan kondisi tanah yang berpotensi jenuh air sehingga rentan terhadap bahaya likuifaksi yang dapat menyebabkan kerusakan infrastruktur dan kerugian ekonomi. Keterbatasan informasi spasial mengenai tingkat kerentanan tanah terhadap likuifaksi menjadikan analisis yang komprehensif sangat diperlukan sebagai dasar perencanaan pembangunan yang aman. Melalui perhitungan *Liquefaction Potential Index (LPI)* dan nilai *Factor of Safety (FS)* pada setiap kedalaman berdasarkan data CPT, penelitian ini

menghasilkan pemetaan zona potensi likuifaksi yang memberikan gambaran spasial tingkat kerentanan di berbagai lokasi, sehingga dapat menjadi acuan teknis dalam perencanaan konstruksi, penataan ruang, dan upaya mitigasi risiko bencana di Kota Lhokseumawe.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang terjadi maka dapat dirumuskan pada rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana potensi likuifaksi Kota Lhokseumawe berdasarkan data CPT dengan metode Robertson & Wride (1998)?
2. Bagaimana pemetaan zona potensi likuifaksi Kota Lhokseumawe berdasarkan analisis *Liquefaction Potential Index (LPI)* dengan metode Iwasaki dkk (1982)?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui potensi likuifaksi Kota Lhokseumawe berdasarkan analisis data CPT dengan metode Robertson & Wride (1998).
2. Untuk menghasilkan pemetaan zona potensi likuifaksi Kota Lhokseumawe berdasarkan analisis *Liquefaction Potential Index (LPI)* dengan metode Iwasaki dkk (1982).

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai tingkat potensi likuifaksi Kota Lhokseumawe berdasarkan data CPT sehingga dapat dimanfaatkan untuk perencanaan dan mitigasi risiko gempa bumi.
2. Menyediakan pemetaan zona potensi likuifaksi Kota Lhokseumawe yang dapat dimanfaatkan untuk perencanaan dan mitigasi risiko gempa bumi.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Melihat tujuan penelitian ini, agar pembahas lebih jelas dan terarah maka diberikan batasan-batasan penelitian sebagai berikut :

1. Pengambilan data tanah pada penelitian ini berada di wilayah Kota Lhokseumawe.
2. Data yang digunakan berupa 18 titik hasil uji sondir (CPT) di Kota Lhokseumawe.
3. Penelitian ini menggunakan metode analisis likuifaksi yang disepakati oleh *National Center for Earthquake Engineering Research* (NCEER) yaitu Robertson & Wride (1998) dan analisis *Liquefaction Potential Index* (LPI) dengan metode Iwasaki dkk (1982).
3. Penelitian ini akan menggunakan *Software* OCTAVE untuk analisis potensi likuifaksi.

1.6 Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data dari berbagai sumber, yang meliputi data hasil pengujian *Cone Penetration Test* (CPT), peta geologi regional, serta data historis kejadian gempa di wilayah studi. Data CPT yang diperoleh telah dilengkapi dengan informasi koordinat geografis untuk setiap titik, sehingga memungkinkan pemetaan dan analisis spasial dilakukan secara akurat.

Setelah seluruh data terkumpul, dilakukan tahap pengolahan data CPT serta perhitungan parameter-parameter tanah yang relevan. Parameter-parameter ini digunakan untuk menghitung nilai *Cone Resistance Ratio* (CRR), nilai CRR kemudian dibandingkan dengan *Cyclic Stress Ratio* (CSR), yaitu tegangan siklik akibat gempa yang bekerja pada tanah, untuk menghitung nilai Faktor Keamanan (*FS*) terhadap likuifaksi di masing-masing titik. Analisis ini dilakukan menggunakan metode empiris yang disepakati oleh *National Center for Earthquake Engineering Research* (NCEER) tahun 1996 dan 1998, yaitu Robertson & Wride (1998). Perhitungan dilakukan dengan bantuan *software* OCTAVE, yang memfasilitasi perhitungan secara otomatis dan sistematis untuk seluruh titik pengujian CPT.

Hasil analisis berupa nilai *FS* pada setiap kedalaman dan titik selanjutnya digunakan untuk menghitung *Liquefaction Potential Index* (LPI) di setiap lokasi. Nilai LPI ini kemudian diolah untuk keperluan pemetaan zona potensi likuifaksi.

Tahap ini melibatkan proses interpolasi spasial menggunakan metode *Inverse Distance Weighting* (IDW) di dalam perangkat lunak GIS. Metode IDW digunakan untuk memperkirakan nilai *LPI* pada area yang tidak memiliki titik data langsung, berdasarkan kontribusi bobot dari titik-titik terdekat. Hasil interpolasi *LPI* kemudian divisualisasikan dalam bentuk peta zona kerentanan likuifaksi sehingga dapat digunakan sebagai referensi dalam perencanaan konstruksi dan mitigasi bencana di wilayah studi.

1.7 Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil analisis potensi likuifaksi di Kota Lhokseumawe menggunakan data *Cone Penetration Test* (CPT) dengan metode Robertson & Wride (1998) serta perhitungan berbantuan GNU Octave, diperoleh bahwa kombinasi metode tersebut bersama pemetaan spasial berbasis interpolasi IDW di ArcMap mampu mengevaluasi potensi likuifaksi secara sistematis. Pendekatan ini juga memungkinkan visualisasi sebaran nilai *Liquefaction Potential Index* (*LPI*) dalam bentuk peta zona potensi likuifaksi.

Berdasarkan hasil perhitungan *Factor of Safety* (*FS*) terhadap likuifaksi yang diperoleh dari analisis perbandingan antara nilai *Cyclic Stress Ratio* (*CSR*) dan *Cyclic Resistance Ratio* (*CRR*), diketahui bahwa nilai *FS* menunjukkan bahwa dua lokasi, yaitu Kampus IAIN Lhokseumawe dan Harun Plaza, memiliki $FS \geq 1$ yang menandakan kondisi aman terhadap likuifaksi. Sementara sembilan lokasi lainnya memiliki $FS < 1$ yang menunjukkan potensi likuifaksi. Berdasarkan nilai *LPI*, terdapat 9 titik CPT dengan $LPI > 15$ (sangat tinggi), 1 titik dengan LPI 5–15 (tinggi), 4 titik dengan LPI 1–5 (rendah), dan 4 titik dengan $LPI = 0$ (sangat rendah). Peta zonasi potensi likuifaksi menunjukkan bahwa wilayah Kota Lhokseumawe secara umum didominasi oleh kategori potensi likuifaksi tinggi hingga sangat tinggi, terutama pada bagian utara wilayah penelitian, sedangkan sebagian area lainnya teridentifikasi berada pada kategori rendah hingga sedang.