

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan tingkat aktivitas seismik yang tinggi. Kondisi ini disebabkan oleh letak geografis Indonesia yang berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Eurasia. Interaksi antara ketiga lempeng tersebut, seperti tumbukan dan pergeseran, mengakibatkan terjadinya gempabumi di wilayah Indonesia (Januarti & Ramadoni, 2022). Kondisi geografis Indonesia yang berada pada jalur cincin api Pasifik (*ring of fire*) menyebabkan negara ini memiliki jumlah gunung berapi aktif serta tingkat potensi bencana alam yang tinggi (Rahma, 2018). Faktor utamanya adalah gempabumi, yang dapat menyebabkan kerusakan infrastruktur tersebut adalah likuifaksi (Nurwahyudin, 2024).

Likuifaksi merupakan proses hilangnya kekuatan geser tanah akibat adanya guncangan mendadak yang menyebabkan peningkatan tekanan air pori di dalam tanah. Getaran yang terjadi secara tiba-tiba menjadikan tanah berpasir mengalami kondisi *undrained loading*. Akibatnya, tekanan air pori meningkat secara signifikan sehingga aliran air di dalam tanah dapat menyebabkan butiran pasir yang semula padat berubah menjadi kondisi menyerupai cairan. Beberapa faktor yang memengaruhi terjadinya likuifaksi antara lain intensitas dan durasi gempa, kedalaman muka air tanah, jenis serta kepadatan tanah, gradasi butiran, kondisi lingkungan, beban struktur di atas permukaan, serta riwayat lingkungan setempat (Majdanawan dkk., 2023).

Parameter lain yang turut mempengaruhi potensi likuifaksi adalah kondisi tanah terhadap respon seismik, yang secara langsung dipengaruhi oleh sifat rekayasa tanah, kondisi geologi setempat, serta karakteristik kegempaan di wilayah tersebut. Pada umumnya potensi likuifaksi dipengaruhi oleh sumber gempabumi, selain itu kekuatan gempabumi dan faktor air tanah juga mengaruhi potensi likuifaksi (Artati dkk., 2020).

Analisis potensi likuifaksi di provinsi Aceh telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya salah satu diantaranya adalah mengenai patahan dan penurunan tanah. Likuifaksi disebabkan oleh lepasnya kuat geser tanah secara tiba-tiba yang dipicu oleh peningkatan kelebihan tekanan air pori akibat beban dinamis, sehingga dapat menyebabkan tanah tidak mampu menahan beban struktur atas (Jalil, 2020).

Salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis potensi likuifaksi adalah metode (Kayen dkk., 2013) menggunakan data *Cone Penetration Test* (CPT). Data *Cone Penetration Test* (CPT) ini unggul karena mampu memberikan data yang lebih detail mengenai profil tanah, serta memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan sifat tanah dibandingkan data lain seperti *Standard Penetration Test* (SPT) atau pengukuran kecepatan gelombang geser (V_s) (Kayen dkk., 2013). Menurut (Sinulingga, 2025) meskipun biaya pelaksanaannya lebih tinggi dibandingkan dengan SPT, CPT memiliki keunggulan dalam hal akurasi dan ketepatan, serta kemampuan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang kekuatan tanah pada berbagai kedalaman.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi likuifaksi berdasarkan data *Cone Penetration Test* (CPT) di Kota Lhokseumawe, guna memperoleh informasi yang akurat terkait tingkat kerentanan tanah terhadap likuifaksi sebagai dasar perencanaan dan mitigasi risiko bencana gempabumi di Kota Lhokseumawe. Dalam penelitian ini, tahapan analisis likuifaksi menggunakan metode (Kayen dkk., 2013) dan analisis *Liquefaction Potential Index* (LPI) menggunakan metode (Iwasaki dkk., t.t.). Hasil dari perhitungan digunakan untuk pemetaan zona potensi likuifaksi sehingga dapat menggambarkan sebaran spasial mengenai tingkat kerentanan di berbagai lokasi yang berbeda. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi bagi peneliti, tetapi juga menawarkan manfaat praktis yang dapat digunakan dalam perencanaan pembangunan yang lebih berkelanjutan dan didukung oleh data geoteknik yang memadai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, dapat diidentifikasi rumusan masalah pada penelitian, yaitu:

1. Bagaimana potensi likuifaksi di Kota Lhokseumawe berdasarkan data CPT dengan metode Kayen dkk (2013)?
2. Bagaimana pemetaan zona potensi likuifaksi di Kota Lhokseumawe berdasarkan analisis *Liquefaction Potential Index (LPI)* dengan metode Iwasaki dkk (1981)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka secara khusus penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui besarnya potensi likuifaksi di Kota Lhokseumawe berdasarkan data CPT dengan metode Kayen dkk (2013).
2. Untuk mengetahui hasil pemetaan zona potensi likuifaksi di Kota Lhokseumawe berdasarkan analisis *Liquefaction Potential Index (LPI)* dengan metode Iwasaki dkk (1981).

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang geoteknik, khususnya mengenai analisis potensi likuifaksi menggunakan metode (Kayen dkk., 2013) berbasis data CPT.
2. Memberikan informasi teknis yang akurat kepada pihak-pihak terkait, seperti pemerintah daerah, perencana struktur, dan instansi teknis lainnya, mengenai zona-zona di Kota Lhokseumawe yang berpotensi likuifaksi.
3. Membantu dalam proses pengambilan keputusan terkait perencanaan tata ruang, pembangunan infrastruktur, serta upaya mitigasi risiko bencana gempa bumi dan likuifaksi di Kota Lhokseumawe secara lebih efektif dengan berbasis data CPT.

1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Masalah

Ruang lingkup dan batasan pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada analisis potensi likuifaksi di Kota Lhokseumawe, Provinsi Aceh.

2. Dalam tahap analisis menggunakan data sondir (CPT) yang berjumlah 26 titik di Kota Lhokseumawe yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya.
3. Penelitian ini menggunakan metode (Kayen dkk., 2013) dan analisis *Liquefaction Potential Index (LPI)* dengan metode (Iwasaki dkk., t.t.).

1.6 Metode Penelitian

Tahapan penyelesaian penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data *Cone Penetration Test (CPT)* dan peta geologi Kota Lhokseumawe. Dari data yang diperoleh akan dilengkapi dengan koordinat geografis X dan Y disetiap titik, koordinat pada setiap titik akan digunakan sebagai pemetaan dan analisis spasial yang lebih akurat.

Setelah dilakukannya pemetaan dan geologi kota lhokseumawe dapat dilanjutkan dengan mengolah data CPT dengan menghitung parameter tanah, *Shear Wave Velocity (V_s)*, serta α_{vs} dalam tahap menentukan PGA disetiap lokasi. Parameter-parameter ini akan digunakan dalam tahap analisis *Cyclic Stress Ratio (CSR)* dan *Cone Resistance Ratio (CRR)* yaitu adalah tegangan siklik akibat gempabumi yang bekerja pada tanah, dua tahapan penyelesaian ini untuk menghitung nilai *factor of safety* likuifaksi (FS_{liq}) disetiap titik CPT. Tahapan analisis menggunakan metode (Kayen dkk., 2013) dan perhitungan menggunakan perangkat lunak Excel.

Hasil perhitungan *factor of safety* likuifaksi (FS_{liq}) digunakan untuk menghitung *Liquefaction Potential Index (LPI)* disetiap titik. Hasil dari nilai *LPI* diolah kembali dalam tahap pemetaan zona potensi likuifaksi dengan cara interpolasi spasial menggunakan perangkat lunak ArcMap 10.8.2. Metode IDW digunakan untuk memperkirakan nilai *LPI* pada area yang tidak memiliki titik data langsung, berdasarkan kontribusi bobot dari titik-titik terdekat. Hasil dari interpolasi IDW dapat digunakan sebagai referensi dalam perencanaan kontribusi dan mitigasi bencana gempabumi di Kota Lhokseumawe.

1.7 Hasil Penelitian

Dari hasil analisis potensi likuifaksi di Kota Lhokseumawe menggunakan data *Cone Penetration Test (CPT)* dengan metode (Kayen dkk., 2013) dengan

perhitungan menggunakan perangkat lunak Excel 2016. Diperoleh bahwa hasil dari kombinasi metode tersebut dengan pemetaan spasial berbasis interpolasi IDW di ArcMap dapat mengevaluasi potensi likuifaksi secara sistematis. Pendekatan ini juga memudahkan dalam menampilkan sebaran nilai *Liquefaction Potential Index* (*LPI*) melalui peta zona potensi likuifaksi.

Hasil dari parameter tanah menunjukkan bahwa nilai γ_{dry} berkisar antara 15 - 18 kN/m³ dan γ_{sat} berkisar antara 18 - 20 kN/m³ serta tegangan total (σ_v) berkisar antara 3,2 - 337,58 kN/m² dan tegangan efektif (σ'_v) berkisar antara 3,2 - 172,77 kN/m², nilai dari tegangan efektif lebih rendah disebabkan oleh muka air tanah yang dangkal. Kondisi muka air tanah yang dangkal ini menandakan bahwa sebagian besar kondisi tanah pada lokasi titik adalah pasir berlanau hingga lanau berpasir berdensitas rendah, yang berpotensi likuifaksi saat terjadinya gempa bumi.

Dengan melihat hasil perhitungan *factor of safety* likuifaksi (FS_{liq}) yang diperoleh dari perhitungan antara *Cyclic Stress Ratio* (*CSR*) dan *Cyclic Resistance Ratio* (*CRR*) diperoleh bahwa nilai FS_{liq} bervariasi pada setiap titik dan kedalaman. Variasi nilai FS_{liq} ini sangat berpengaruh dari karakteristik. Dapat dilihat pada 26 titik CPT, 22 titik berpotensi likuifaksi dengan menunjukkan hasil $FS_{liq} < 1,00$ yang menandakan kondisi relatif berpotensi likuifaksi, namun pada kedalaman tertentu nilai $FS_{liq} > 1,00$ hasil nilai ini terletak di lokasi Rancong, Buket Rata, Kampus IAIN Lhokseumawe, Buket Rata (Auri), Blang Naleung Mameh, RS Azzuhra, Plaza Harun Square, Hotel Rajawali, dan SMK N2 Lhokseumawe, yang menunjukkan bahwa 9 lokasi pada kedalaman tertentu tidak berpotensi likuifaksi. Berdasarkan hasil dari perhitungan *LPI* diperoleh 7 titik dengan kategori nilai $5 < LPI \leq 15$, yaitu titik S-01, S-02, S-14, S-15, S-16, S-17, dan S-22 dengan kategori potensi sedang hingga tinggi, serta 2 titik dengan hasil $LPI 0 - 5$, yaitu titik S-03 dan S-21 dengan kategori potensi sedang. Sedangkan 13 titik CPT memiliki kriteria $LPI > 15$ pada titik S-07, S-08, S-09, S-10, S-11, S-12, S-13, S-18, S-19, S-20, S-23, S-24, dan S-25 dengan kategori potensi sangat tinggi.

Berdasarkan hasil dari *LPI* peta zona likuifaksi menggambarkan Kota Lhokseumawe hampir keseluruhan berada pada zona merah yang menggambarkan kategori sangat tinggi namun terdapat zona berwarna oranye yang menggambarkan

kategori tinggi di area lokasi Kampus Rancong, Kampus IAIN Lhokseumawe, SMK N2 Lhokseumawe. Dalam tahap analisis *Liquifaction potensial indeks (LPI)* dari 26 titik, 7 titik dengan kategori $5 < LPI \leq 15$ potensi sedang hingga tinggi yang terdapat di 4 lokasi yang berbeda, serta terdapat 2 titik dengan kategori $LPI 0 - 5$ dengan kategori potensi sedang. Zona yang berwarna merah menunjukkan bahwa risiko tinggi akibat tanah lunak dan muka air tanah yang dangkal, serta zona berwarna kuning hingga ke zona hijau menunjukkan daerah yang relatif lebih stabil.