

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sumatera dalam tatanan tektonik Indonesia berada pada zona konvergensi antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia yang mengakomodasi terbentuknya *Sumatran Fault Zone* (SFZ), Zona Subduksi, serta Sesar Mentawai. SFZ merupakan sesar aktif dengan jenis pensesaran berupa sesar geser manganan (*strike-slip dextral*) dengan panjang sekitar 1900 km yang membentang dari Laut Andaman hingga Selat Sunda [30]. Kondisi ini menyebabkan Sumatera memiliki tingkat seismisitas yang relatif tinggi. Tercatat bahwa terjadi lebih dari seratus kejadian gempa dengan  $M_w > 4$  setiap tahunnya [27].

Berdasarkan pemetaan yang dilakukan oleh [30], SFZ dibagi menjadi 19 segmen utama yang panjangnya bervariasi mulai dari 35 km hingga 200 km per segmennya. Setiap segmen aktif mempunyai kecepatan gerak tertentu dari hanya 2.5 mm/tahun di Selatan (Selat Sunda) kemudian semakin cepat ke Utara menjadi sekitar 30 mm/tahun di Danau Toba [30]. Kecepatan gerak ini menentukan periode ulang gempa. Makin cepat geraknya maka akan semakin sering gempanya [30].

Dalam teori bingkai elastik (*elastic rebound theory*) [4] menyatakan bahwa gempa bumi terjadi pada daerah yang mengalami deformasi. Deformasi terjadi ketika tegangan geser sudah melampaui kekuatan elastik patahan yang berakibat patahan tersebut mengalami *slip* secara tiba-tiba. Selain itu, akumulasi tegangan yang terjadi selama fase *interseismic*, akan ditransfer ke daerah lain (misal ujung patahan) setelah fase *coseismic* terjadi. Keadaan ini dapat mengindikasikan bahwa akan terdapat daerah yang mengalami peningkatan tegangan yang berpotensi akan memicu terjadi *slip* pada patahan lokal di tempat lain. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengetahui daerah yang mengalami peningkatan tegangan statik (*static stress*), tegangan lokal (*stress in-situ*) dan heterogenitas yang dapat digunakan untuk mengkaji tingkat resiko dan bahaya seismik, terutama disekitar sumber seismik untuk kepentingan mitigasi.

Pada penelitian ini, penulis mengkaji heterogenitas *stress* yang bekerja sepanjang SFZ serta pengaruhnya terhadap pola kegempaan yang terjadi berdasarkan pemodelan inversi *stress* dan perhitungan perubahan *stress* yang dihasilkan oleh kejadian gempa yang terjadi. Untuk mengetahui heterogenitas orientasi *stress* yang bekerja pada setiap segmen dari SFZ, perhitungan inversi *stress* dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Iterative Joint Inversion* [38]. Metode ini telah sukses menggambarkan orientasi *stress* seperti yang telah dilakukan oleh [27, 28, 38]. Metode ini menggunakan data mekanisme fokus gempa seperti *longitude*, *latitude*, kedalaman hiposenter, *magnitude*, *strike*, *dip*, dan *rake* dengan asumsi bahwa: 1) *stress* tektonik homogen di wilayah tersebut; 2) gempa bumi terjadi pada patahan yang sudah ada sebelumnya dengan berbagai orientasi; dan 3) titik-titik vektor dari *slip* berada pada arah sesar geser. Setelah asumsi tersebut terpenuhi, maka metode inversi *stress* dapat dilakukan untuk mendapatkan informasi dari tegangan utama (*principal stress*) yaitu informasi tegangan utama maksimum ( $\sigma_1$ ), tegangan utama menengah ( $\sigma_2$ ), dan tegangan utama minimum ( $\sigma_3$ ) serta *shape ratio* (R).

Untuk mengetahui daerah yang mengalami peningkatan *stress* akibat kejadian gempa sebelumnya dapat dilakukan dengan menghitung nilai perubahan *Coulomb failure stress* ( $\Delta CFS$ ). Selain itu,  $\Delta CFS$  ini dapat juga digunakan untuk menginterpretasikan hubungan pemicu gempa bumi *mainshock-mainshock*, *mainshock-aftershock*, dan hubungan antara gempa bumi tektonik dan vulkanik [18]. Beberapa penelitian terkait perhitungan  $\Delta CFS$  ini diantaranya adalah [18, 31, 33, 42].

Data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data katalog gempa bumi periode Januari 1976 hingga Desember 2019 yang diakses dari *Global Centroid Moment Tensor* (GCMT) dan *International Seismological Centre* (ISC), dimana perhitungan dilakukan terhadap kejadian gempa bumi dengan  $M_w \geq 6$ . Informasi dari hasil penelitian ini selanjutnya dapat digunakan lebih lanjut untuk menilai potensi terjadinya *rupture* yang besar dan memperkirakan kemungkinan kerusakan di daerah penelitian (mitigasi bahaya seismik), dimana daerah

penelitian merupakan daerah yang sangat rentan akan bahaya seismik terutama gempa bumi.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi heterogenitas *stress* yang dihasilkan dari perhitungan inversi *stress* dengan menggunakan data mekanisme fokus gempa bumi di sepanjang SFZ.
2. Menyelidiki perubahan *Coulomb Failure Stress* ( $\Delta CFS$ ) dan interaksi gempa bumi  $M_w \geq 6$  sepanjang SFZ sejak Januari 1976 hingga Desember 2019.
3. Mengidentifikasi area yang memiliki perturbasi *stress* positif yang kemungkinan dapat memicu gempa bumi besar berikutnya yang diakibatkan oleh kejadian gempa bumi  $M_w \geq 6$  sebelumnya.

## 1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi heterogenitas *stress* yang dihasilkan dari perhitungan inversi *stress* menggunakan data mekanisme fokus dari gempa bumi di sepanjang SFZ?
2. Bagaimana distribusi perubahan *Coulomb Failure Stress* ( $\Delta CFS$ ) dan interaksi gempa bumi  $M_w \geq 6$  sepanjang SFZ sejak Januari 1976 hingga Desember 2019?
3. Adakah area yang memiliki perturbasi *stress* positif yang kemungkinan dapat memicu gempa bumi besar yang diakibatkan oleh kejadian gempa bumi  $M_w \geq 6$  sebelumnya?

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Wilayah penelitian adalah sepanjang jalur *Sumatran Fault Zone* (SFZ).
2. Melakukan perhitungan  $\Delta CFS$  di Zona Subduksi Sumatera dan Sesar Mentawai untuk melihat pengaruh zona tersebut ke SFZ.

3. Data yang digunakan diakses dari katalog *Global Centroid Moment Tensor* (GCMT) dan *International Seismological Centre* (ISC) sejak Januari 1976 hingga Desember 2019.
4. Melakukan perhitungan *stress inverse* menggunakan *software Stressinverse 1.1* yang dijalankan dalam aplikasi *matlab 2014* dan dibantu dengan penyajian data pada *Microsoft Excel*.
5. Melakukan perhitungan perubahan *coulomb stress* menggunakan *software Coulomb 3.3* yang dijalankan dalam aplikasi *matlab 2014* dan dibantu dengan penyajian data pada *Microsoft excel*.
6. Visualisasi menggunakan *software Stressinverse 1.1, Coulomb 3.3, Stereonet*, dan *GMT (Generic Mapping Tools)*.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui kondisi heterogenitas *stress* yang dihasilkan dari perhitungan inversi *stress* dengan menggunakan data mekanisme fokus gempa bumi di sepanjang SFZ.
2. Dapat mengetahui perubahan *Coulomb Failure Stress* ( $\Delta CFS$ ) dan interaksi gempa bumi  $M_w \geq 6$  sepanjang SFZ sejak Januari 1976 hingga Desember 2019.
3. Dapat mengidentifikasi area yang memiliki perturbasi *stress* positif yang kemungkinan dapat memicu gempa bumi besar berikutnya yang diakibatkan oleh kejadian gempa bumi  $M_w \geq 6$  sebelumnya.

### 1.6 Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang akan digunakan pada penelitian tugas akhir ini sebagai berikut:

1. *Matlab 2014* digunakan sebagai *base* dalam menjalankan program *Coulomb 3.3* dan *Stressinverse 1.1*.
2. *Coulomb 3.3* merupakan paket perangkat lunak *matlab* yang digunakan untuk kalkulasi perubahan *Coulomb stress* dan juga sarana visualisasi hasil.

3. *Stressinverse 1.1* merupakan paket perangkat lunak *matlab* yang digunakan untuk kalkulasi *stress inverse* secara iteratif dan juga sarana visualisasi hasil.
4. *Microsoft Excel* digunakan untuk penyusunan data sesuai format yang akan diinputkan pada *Coulomb 3.3*.
5. *Notepad++* digunakan untuk penyusunan data sesuai format yang akan diinputkan pada *Coulomb 3.3*.
6. *Stereonet* digunakan untuk visualisasi input dan hasil output dari mekanisme fokus pada daerah penelitian dalam bentuk *beachball*.
7. *GMT* digunakan untuk visualisasi hasil dan peta wilayah penelitian.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini secara garis besar adalah sebagai berikut:

#### **BAB I: PENDAHULUAN**

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, perangkat lunak, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II: TEORI DASAR**

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang digunakan dalam melakukan penelitian tugas akhir.

#### **BAB III: GEOLOGI DAN TEKTONIK REGIONAL**

Pada bab ini akan dibahas mengenai tinjauan umum geologi regional, fisiografi dan morfologi, serta tatanan tektonik regional daerah penelitian tugas akhir.

#### **BAB IV: METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini akan dibahas mengenai data yang akan digunakan, prosedur kerja dalam melakukan penelitian tugas akhir, serta diagram alirnya dari tahap awal hingga didapatkan hasil.

## BAB V: HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil pengolahan data dan analisa hasil yang didapatkan selama tugas akhir.

## BAB VI: SIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan dan saran dari hasil penelitian yang telah didapatkan.