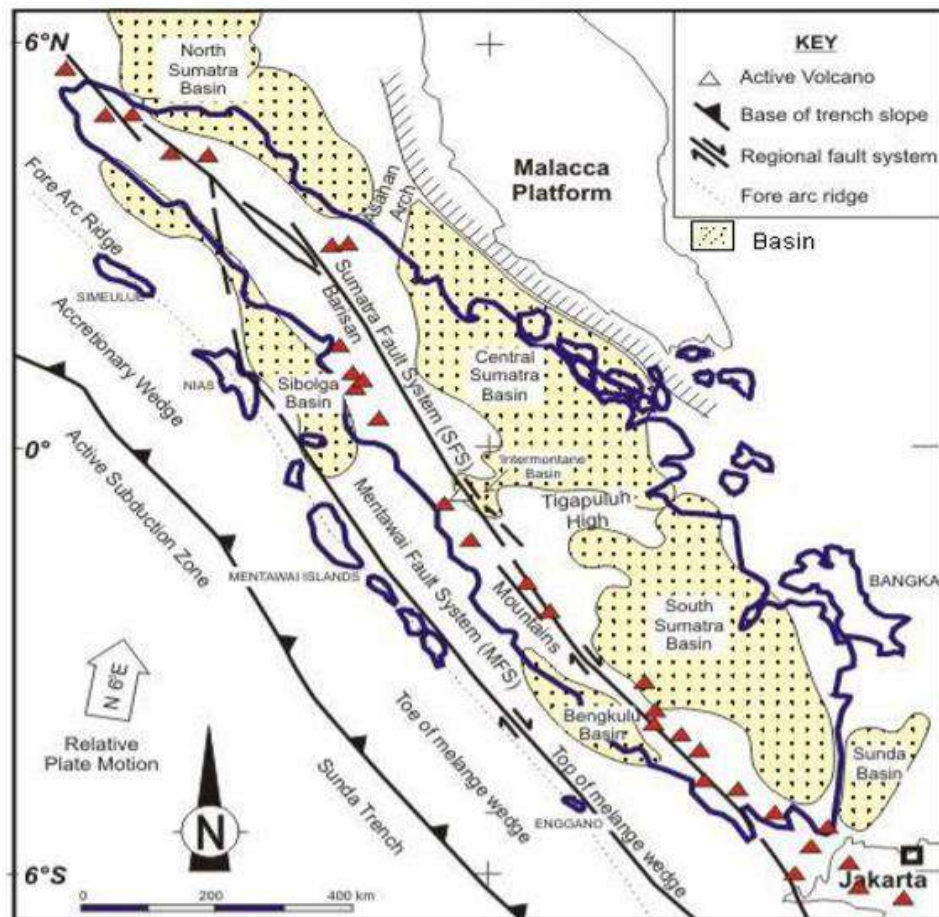


## BAB III

### GEOLOGI DAN TEKTONIK REGIONAL

#### 3.1 Fisiografi Pulau Sumatera

Pulau Sumatera merupakan pulau yang memiliki orientasi fisiografi berarah Barat laut dan terletak di bagian Barat Paparan Sunda dan di Selatan Lempeng Eurasia. Pulau Sumatera memiliki dimensi panjang sekitar 1.760 km dan lebar 400 km serta kisaran luas sekita 435.000 km<sup>2</sup>. Geografi yang khas dari Pulau Sumatera yaitu adanya Pegunungan Bukit Barisan di sebelah Barat pulau ini dan memanjang sepanjang pulau dalam bentuk sabuk yang sempit, paralel, dan umumnya berjarak hanya beberapa puluh kilometer dari pantai Barat daya.



**Gambar 3. 1** Tatanan Tektonik Pulau Sumatera [7].

Pulau Sumatera terletak di sebelah Barat daya kontinen *Sunda land* dan merupakan jalur konvergensi antara Lempeng Indo-Australia yang menyusup di

sebelah Barat Lempeng Eurasia. Konvergensi lempeng menghasilkan subduksi sepanjang Palung Sunda dan pergerakan lateral mengangan dari sistem SFZ [7] (Gambar 3.1).

Secara fisiografi, Pulau Sumatera menurut [37] terbagi atas 6 (enam) zona fisiografi (Gambar 3.2), yaitu:

1. Zona Jajaran Barisan, adalah jajaran pegunungan di Sumatera yang memanjang dari sebelah Barat Aceh sampai ujung Selatan Lampung. Memiliki panjang kurang lebih 1.650 km, lebar 100 km dan puncak tertinggi 3.800 m (G. Kerinci). Zona jajaran barisan atau yang kita kenal saat ini adalah rangkaian pegunungan Bukit Barisan, seolah menjadi tulang punggung Sumatera dan membagi pulau menjadi dua. Sisi pantai Timur yang lebih luas dan landai, berupa lapisan tersier yang luas dan berbukit-bukit serta tanah rendah aluvial. Sisi pantai Barat sempit dan terjal.

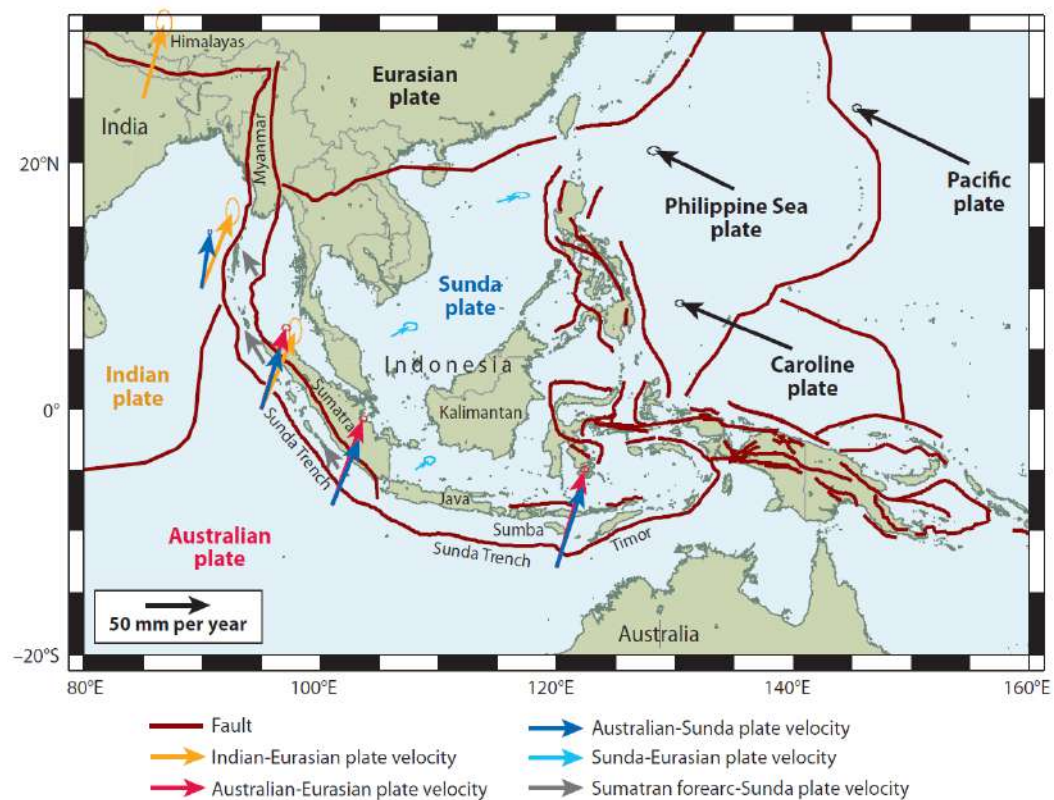


**Gambar 3. 2** Fisiografi Pulau Sumatera [37].

2. Zona Semangko, zona ini dikenal sebagai Patahan Semangko. Patahan Semangko adalah bentukan geologi yang membentang di Pulau Sumatera dari Utara ke Selatan, dimulai dari Aceh hingga Teluk Semangko di Lampung. Patahan inilah membentuk Pegunungan Barisan, suatu rangkaian dataran tinggi di sisi Barat Pulau Sumatera. Patahan Semangko berusia relatif muda dan paling mudah terlihat di daerah Ngarai Sianok dan Lembah Anai di dekat Kota Bukittinggi.
3. Zona Pegunungan Tigapuluh, merupakan zona yang letaknya terpencil pada tanah rendah disebelah Timur yang membentuk sebuah *horst* dengan panjang sekitar 90 km, lebar 40 km dan puncak tertinggi 722 m (G. Cengeembun).
4. Zona Kepulauan Busur Luar, merupakan tinggian yang terbentuk akibat adanya pengangkatan. Terangkatnya batuan ke atas terjadi dengan mekanisme sesar naik sehingga batuan yang terangkat mengalami proses pelipatan dan pensesaran, bahkan dibeberapa tempat hancur tak teruraikan. Batuan umumnya batuan sedimen, batuan beku dan metamorf yang tergerus kuat, seperti yang dapat diamati di rangkaian pulau kecil di sebelah Barat Sumatera (Nias, Siberus, Mentawai).
5. Zona Paparan Sunda, terbentuk dari hasil ekstensi dari benua Asia tenggara, yang mana berhubungan dengan Malay Penisula. Paparan Sunda dibatasi oleh Laut Cina Selatan di bagian Utara, bagian Selatan oleh Pulau Jawa, Selat Makassar di bagian Timur, dan Pulau Sumatera di bagian Barat. Paparan Sunda dibagi menjadi lima zona, yaitu: Zona Natuna, Zona Anambas, Zona Karimata, Zona Sabuk Timah, dan Zona Karimunjawa.
6. Zona Dataran Rendah dan Berbukit, zona ini dicirikan oleh morfologi perbukitan homoklin dengan elevasi 40-80 m di atas permukaan laut dan tersebar luas di pantai Timur Pulau Sumatera. Pada zona ini terdapat tiga cekungan besar yaitu cekungan Sumatera Utara, Cekungan Sumatera Tengah, dan Cekungan Sumatera Selatan.

### 3.2 Tektonik *Setting* Pulau Sumatera

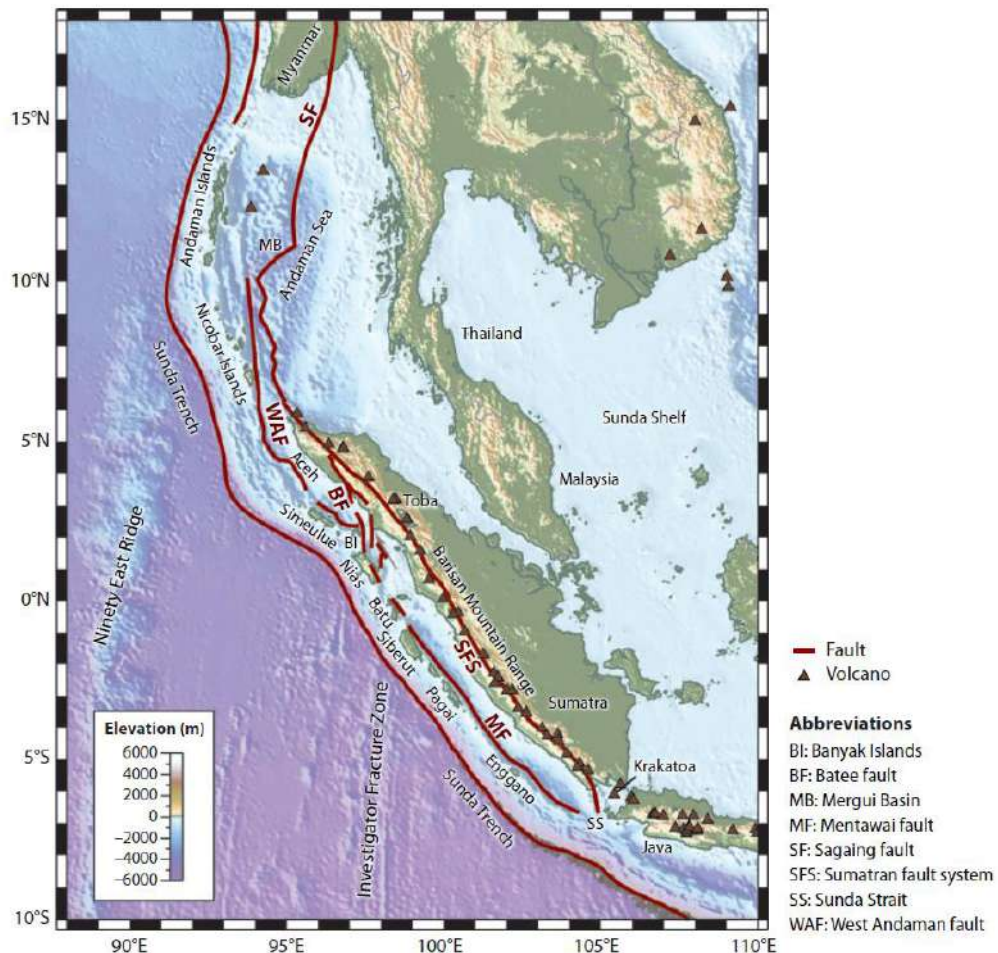
Deskripsi dan interpretasi yang dilakukan oleh [13, 14] menempatkan Indonesia ke dalam kerangka baru tektonik lempeng dunia. Dimana zona subduksi di Selatan Sumatera merupakan bagian dari sabuk konvergen yang memanjang dari depan Himalaya ke Selatan melalui Myanmar, terus berlanjut ke Selatan melewati Andaman, Nikobar, Sumatera, Jawa dan Kepulauan Sumba (Sumba, Timor), dan kemudian berbelok ke Utara (Gambar 3.3 dan Gambar 3.4). Subduksi ini diakibatkan oleh lempeng Indo-Australia yang bergerak ke Utara menuju lempeng Eurasia.



**Gambar 3. 3** Lempeng tektonik *setting* dari Sumatera. Vektor menunjukkan kecepatan relatif dari lempeng [20].

Sumatera terletak di tepian Sunda *continental* dan memperlihatkan batuan granitik yang berumur 240 juta tahun [14]. Secara umum, dari Timur laut ke Barat daya, geologi pulau ini ditandai oleh cekungan sedimen yang mengandung minyak di Timur laut, pegunungan Barisan (Gambar 3.4) yang meliputi busur vulkanik dan SFZ membentang di sepanjang pulau di pantai Barat daya, cekungan depan lepas

pantai (*forearc basin*), busur depan yang tinggi (*forearc high*) yaitu pulau-pulau dari Simeuleu hingga Enggano, *trench* yang dalam, dan subduksi lempeng samudera.



**Gambar 3. 4** Peta wilayah Sumatera. Segitiga merah menunjukkan lokasi gunung api aktif. Garis merah adalah jalur sesar [20].

Subduksi lempeng Indo-Australia dan Eurasia merupakan subduksi *oblique* di bagian Selatan Sumatera dengan laju sebesar 60 mm per tahun [26]. Fitch [9] Mengemukakan bahwa komponen *dextral* dari konvergensi *oblique* ini adalah penyebab dari SFZ menjadi sesar geser menganan (*strike slip dextral*). Hal tersebut juga didukung oleh hasil penelitian [21] bahwa arah vektor dari gempa sedang di sepanjang Sumatera dari zona subduksi hampir tegak lurus dengan sudut *strike* dari batas lempeng. [21] Mencatat bahwa jika arah vektor ini dapat mewakili *slip* di sepanjang muka subduksi.

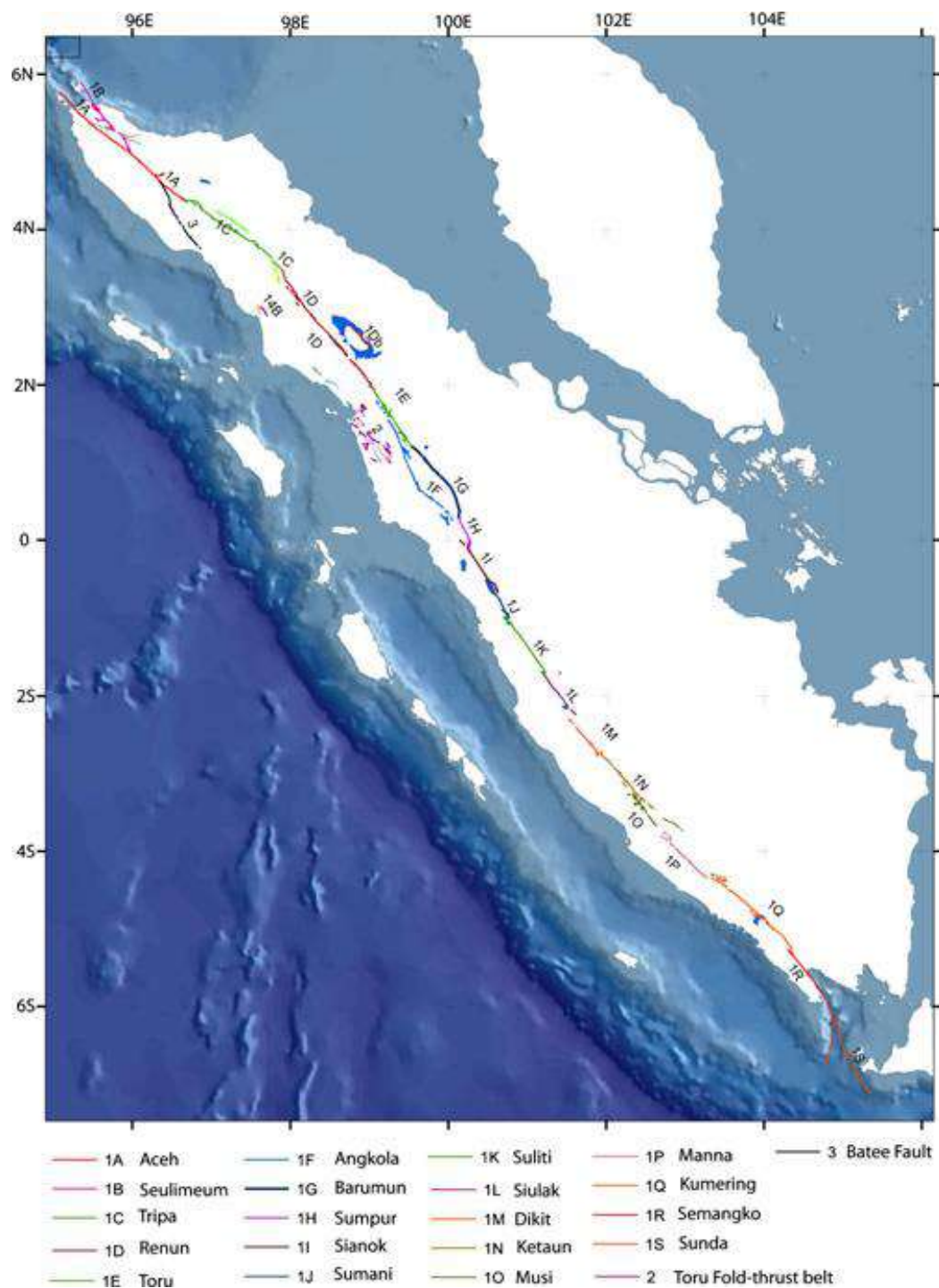
Jalur vulkanik aktif di Sumatera berada di sepanjang pegunungan Barisan dengan lebar ~100 km dan seperti kebanyakan busur vulkanik, dimana secara umum sejajar dengan zona subduksi dan di atas ~100 hingga 150 km kontur kedalaman dari lempeng subduksi [16, 30]. Busur vulkanik ini berlanjut ke Utara, membentuk pulau-pulau Barren dan Narcondam, keduanya berada ~100 km di Timur kepulauan Andaman (Gambar 3.4). Bahkan lebih jauh ke Utara, gunung api tidak aktif di Myanmar terbentuk dari rantai yang sama [18]. Hal tersebut ditandai dengan kesamaan batuan busur vulkanik seperti andesit, dasit, dan riodasit hingga riolit dari masa kenozoikum [20]. Dengan demikian batuan vulkanik dapat mengungkapkan sejarah panjang subduksi di sepanjang tepi Barat daya Sunda [20].

### **3.3 Segmen Utama SFZ**

Meskipun keberadaan SFZ ini sudah diketahui sejak tahun 1960-an, namun sebelum tahun 2000-an belum ada yang memetakannya secara detail [24]. Menurut [24] untuk melakukan analisa bencana gempa bumi perlu mempunyai peta yang cukup detail (1:100.000 atau lebih besar). Peta patahan ini harus dapat memperlihatkan secara cukup akurat lokasi geografis dari garis patahannya, perubahan arah dari jalur patahan, dan diskontinuitas dari segmen patahan. [30] adalah peneliti yang pertama memetakan SFZ berdasarkan analisa geomorfologi dari peta topografi skala 1:50.000 dan foto udara stereo skala 1:100.000.

Berdasarkan pemetaan yang dilakukan oleh [30] SFZ dibagi menjadi 19 segmen utama yang panjangnya 35 km s/d 200 km. Segmen patahan ini terpisahkan satu dengan yang lainnya oleh banyak sekali diskontinuitas dengan lebar 4 km sampai dengan 12 km. Secara teoritis, diskontinuitas ini dapat mempengaruhi perilaku seismik sesar. Untuk sistematika dan konsistensi penamaan tiap segmen, masing-masing segmen ini diberi nama sesuai dengan nama sungai atau teluk yang dilalui oleh segmen tersebut yang ditunjukkan pada Gambar 3.5 dan Tabel 3.1. Memahami aspek segmentasi patahan ini penting karena segmentasi ini mempengaruhi/menentukan dimensi dari sumber gempa atau membatasi besar maksimum dari magnitudo gempa bumi. Catatan sejarah menunjukkan segmentasi patahan ini membatasi besar magnitudo gempa merusak antara 6.5 s/d 7.7 skala

magnitudo [24]. Tiap patahan 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. Semakin cepat geraknya akan semakin sering terjadi gempa bumi.



**Gambar 3. 5** Peta jalur SFZ. Sesar ini terbagi menjadi 19 segmen utama [24].

**Tabel 3. 1** Daftar segmentasi *Sumatran Fault Zone* (SFZ) dimodifikasi oleh [30].

| Section | Index #   | Location |       | Length<br>(km) | Historical Earthquakes<br>year (M) | Geomorphic Features                                | Magnitude   |             | Slip Rate by Geol.<br>mm/yr | Slip Rate by GPS<br>mm/yr |
|---------|-----------|----------|-------|----------------|------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------|---------------------------|
|         |           | Y1       | Y2    |                |                                    |                                                    | $M_{max}^1$ | $M_{max}^2$ |                             |                           |
| 1       | Sunda     | 1S       | -6.75 | -5.9           | 150                                | None - but many recent                             | 7.6         | 7.7         | n/a                         | n/a                       |
| 2       | Semangko  | 1R       | -5.9  | -5.25          | 65                                 | submarine graben                                   | 7.2         | 7.2         | n/a                         | n/a                       |
| 3       | Kumering  | 1Q       | -5.3  | -4.35          | 150                                | east facing scarp                                  | 7.6         | 7.7         | n/a                         | n/a                       |
| 4       | Manna     | 1P       | -4.35 | -3.8           | 85                                 | Suohi geothermal valley                            | 7.3         | 7.4         | n/a                         | n/a                       |
| 5       | Musi      | 1O       | -3.65 | -3.25          | 70                                 | mountainous range on east side of the fault        | 7.2         | 7.3         | n/a                         | n/a                       |
| 6       | Ketaun    | 1N       | -3.35 | -2.75          | 85                                 | valley, depression                                 | 7.3         | 7.4         | 11                          | n/a                       |
| 7       | Dikit     | 1M       | -2.5  | -2.4           | 60                                 | depression valley and Kaba volcano                 | 7.2         | 7.3         | 11                          | n/a                       |
| 8       | Siulak    | 1L       | -2.25 | -1.7           | 70                                 | n/a                                                | 7.2         | 7.3         | 11                          | 23                        |
| 9       | Suliti    | 1K       | -1.75 | -1             | 95                                 | Lake Kerinci and Kumyit volcano                    | 7.4         | 7.4         | 11                          | 23±5                      |
| 10      | Sumani    | 1J       | -1    | -0.5           | 60                                 | small depression, calderas and young volcanic cone | 7.2         | 7.2         | 11                          | 23                        |
| 11      | Sianok    | 1I       | -0.7  | 0.1            | 90                                 | Lake Diatas, calderas and Talang volcano           | 7.3         | 7.4         | 11                          | 23±3                      |
| 12      | Sumpur    | 1H       | 0     | 0.3            | 35                                 | wide depression associated with normal faults      | 6.9         | 6.9         | n/a                         | n/a                       |
| 13      | Barumun   | 1G       | 0.3   | 1.2            | 125                                | long (Sumpur) valley along the fault               | 7.5         | 7.6         | n/a                         | 4                         |
| 14      | Angkola   | 1F       | 0.3   | 1.8            | 160                                | mountainous range on both side of the fault        | 7.6         | 7.7         | n/a                         | 19±4                      |
| 15      | Tonu      | 1E       | 1.2   | 2              | 95                                 | uplifted hill on the east side of the bend         | 7.4         | 7.4         | n/a                         | 24                        |
| 16      | Renun     | 1D       | 2     | 3.5            | 220                                | Tarutung Valley                                    | 7.8         | 7.9         | 27                          | 26±2                      |
| 17      | Tnipa     | 1C       | 3.4   | 4.4            | 180                                | Alas Valley                                        | 7.7         | 7.8         | n/a                         | n/a                       |
| 18      | Aceh      | 1A       | 4.4   | 5.4            | 200                                | mountainous range, associated with thrust          | 7.7         | 7.9         | n/a                         | n/a                       |
| 19      | Seulimeun | 1B       | 5     | 5.9            | 120                                | Small depression on dilatational stepover          | 7.5         | 7.6         | n/a                         | 13                        |