

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daerah Penelitian



Gambar 1. Daerah penelitian gayaberat daerah Danau Toba, Sumatra Utara (Bakosurtanal, 2002).

Lokasi penelitian gayaberat pada penelitian ini terletak di Danau Toba, Provinsi Sumatra Utara seperti dapat dilihat pada Gambar 1. Secara geografis, lokasi penelitian ini berada pada UTM-X 400000 - 600000 dan UTM-Y 220000 – 330000. Dengan luas daerah penelitian 200.000 m x 110.000 m.

2.2. Fisiografi

Berdasarkan bentang alamnya Sumatra Utara dapat dibagi menjadi enam grup utama, yaitu rangkaian Pegunungan Barisan, Kaki Perbukitan Barisan,

teras marin, dataran rendah, Plato Toba, dan Depresi Toba (H. Darul SWP, 1989).



Gambar 2. Peta Provinsi Sumatra Utara (bakosurtanal,2002).

Memiliki daerah yang luas seperti pada Gambar 2 membuat GRDC melakukan penelitian lain, sehingga pada tahun 1982-1983 dari penelitian GRDC mempublikasikan fisiografi lain yang ditemukan di Sumatra Utara, sehingga tidak hanya terbagi menjadi enam yaitu depresi Toba, plato Toba, pegunungan Asahan-Kualu, Zona *axial* Barisan, Barisan Barat, Barisan Tengah, dataran tinggi Brastagi, plato Kabanjahe, dan depresi Alas Renun.

Pegunungan Barisan memanjang dari barat laut – tenggara dengan punggung dan lembah yang tidak teratur. Puncak-puncaknya berada pada 2000-3000 m

dpl. Sedangkan grup kaki Perbukitan Barisan memiliki batuan yang lebih muda dari grup Pegunungan Barisan. Grup pegunungan dan perbukitan ini memiliki litologi yang dominan batuan kapur dan memiliki khusus yang dimasukkan dalam kategori kars.

Zona *axial* Barisan terbagi menjadi dua daerah topografi. Di tengah zona sampai utara Padangsidempuan terdapat gunung api muda Sibual-buali dan Lubukraya. Lalu dari utara sampai selatan Lubukraya, zona *axial* Barisan terdapat patahan dan graben dengan *trend* dari barat laut sampai tenggara. Sedangkan Barisan Barat terletak di Barat dari zona *axial* Barisan dan terdiri dari batuan granit, *pre-Tertiarymetasediment*, batuan pasir, serta batuan-batuan vulkanik.

Teras Marin merupakan kelanjutan dari penyebaran kaki perbukitan. Daerah ini merupakan hasil pengendapan dari marin tua dan pra-marinyang diangkat dan mencapai ketinggian 10 – 15 m dpl. Sebagaimana daerah Teras Marin ini telah tererosi berat, sedangkan bagian yang lebih rendah pada umumnya belum tererosi. Batas antara daerah Teras Marin dan dataran pantai biasanya berupa lereng terjal.

Dataran rendah secara morfologi terbagi menjadi tiga bagian yaitu grup marin, grup aluvial, dan grup kubah gambut. Grup marin merupakan jalur sempit sepanjang pantai yang terkadang sisa dataran mangrove. Grup aluvial terdiri dari sabuk meander dan rawa belakang dari sungai-sungai yang berasal dari rangkaian pegunungan barisan. Grup dataran rendah sebagian besar tertutup dengan kubah gambut yang sering dijumpai sepanjang pantai barat.

Grup Plato Toba yang terbentuk oleh *ignimbrite* hasil erupsi Gunung Toba memiliki ketinggian sekitar 1900 m dpl di sekitar lereng selatan Pulau Samosir dan lerengnya melandai ke arah timur laut dan barat daya. Sistem Patahan Sumatra memotong Plato Toba di sebelah barat daya Danau Toba yang dicirikan dengan banyak patahan kecil yang mengubah arah aliran sungai, serta adanya bukit memanjang di sepanjang jalur patahan.

Depresi Toba dulunya merupakan pusat erupsi dari Gunung Toba. Yang paling mencirikan dari depresi ini adalah adanya lereng terjal antara danau dan plato Toba yang mencapai ketinggian 1000 m di barat daya dan adanya Pulau Samosir.

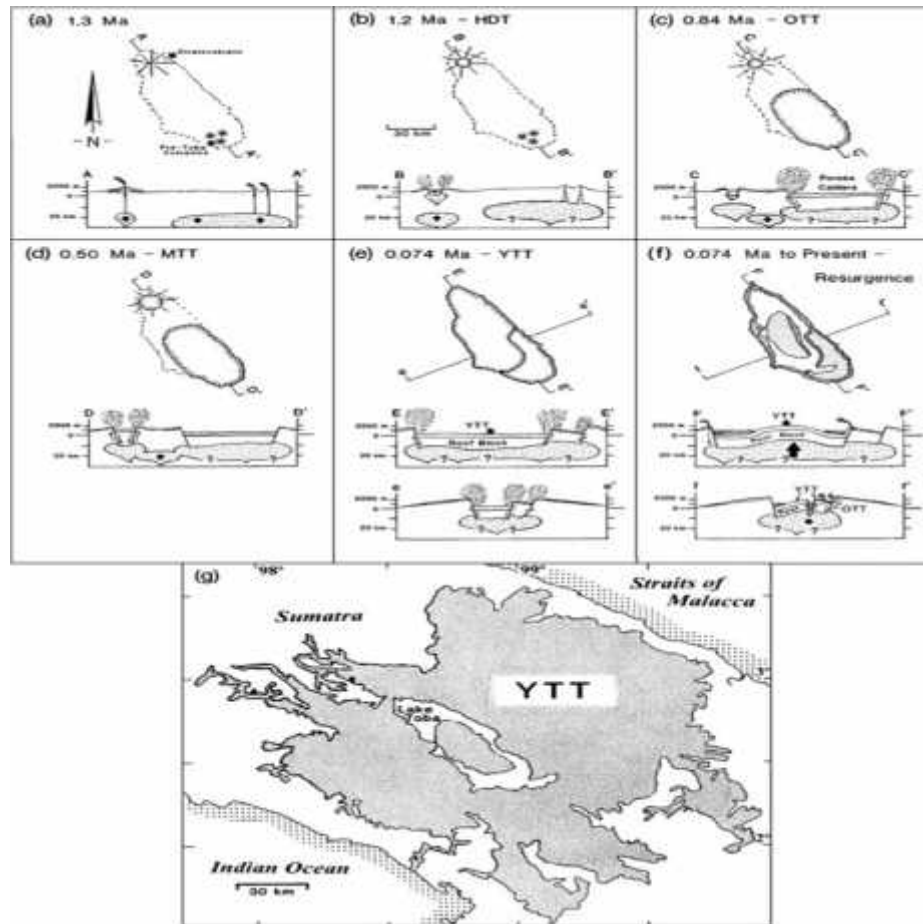
Pegunungan Brastagi sekitar 10-15km bagiannya dilalui hutan, sedangkan batuan vulkanik di grup ini menyebar dari Wampu sampai Brastagi. Pada grup ini puncak tertingginya adalah Sinabung (2451m) dan diikuti Sibayak (2212m) (Bachtar, 2013). Sedangkan grup Pegunungan Asahan-Kualu sebagian besar daerahnya adalah hutan hujan tropis yang memiliki luas sekitar 35km di bagian selatannya.

Grup Plato Kabanjahe didominasi tufa *massive* hasil dari Gunung Toba. Dan terakhir ada grup depresi Alas Renun yang memiliki panjang 70km dan lebar 7km (Bachtar, 2013).

2.3. Morfologi

Pembentukan kaldera Toba atau Danau Toba terjadi di daerah yang sangat luas yang terangkat oleh tekanan magma yang berada sekitar 20 km di

bawahnya yang disebut sebagai Batak Tumor (Van Bemelen, 1939). Batak Tumor ini terbentuk pada masa *Miocene*.



Gambar 3. Urutan pembentukan kaldera Toba (a-f) dan penyebaran tufa muda Toba (g) (Aldiss & Ghazali, 1984).

- a. Toba terletak di puncak bagian yang terangkat. Pada masa 1.3 juta tahun yang lalu, terbentuk gunungapi stratovolkano di sisi utara kaldera yang ada saat ini. Pengambilan batuan apung andesit di bagian selatan kaldera menyimpulkan bahwa pada saat bersamaan terjadi juga aktivitas vulkanik yang terfokus di bagian selatan tersebut.
- b. Danau Toba terbentuk dari 4 kaldera yang terjadi susul menyusul selama 1.2 juta tahun terakhir. Erupsi/letusan piroklastik pertama yang diketahui di Toba membentuk 35 km^3 kaldera Haranggaol. Dari penelitian, sangat

jelas bahwa Haranggaol terbentuk dari kaldera yang berada di bagian utara pegunungan stratovolkano pada masa 1.3 juta tahun yang lalu.

- c. Tufa yang dihasilkan disepakati para ahli sebagai *Haranggaol Dacite Tuff* (HDT) yaitu daerah Haranggol saat ini. Kemudian, sekitar 840.000 tahun yang lalu kaldera Porsea yang terletak di setengah bagian tenggara dari Toba mengalami erupsi yang memuntahkan 500 km^3 tufa tua Toba, OTT. Inilah bagian tufa tertua atau *Oldest Toba Tuff* (OTT) dengan umur 840.000 tahun.
- d. Aktivitas erupsi terjadi lagi di bagian utara Toba sekitar 500.000 tahun yang lalu yang memuntahkan 60 km^3 tufa. Diduga erupsi tufa ini berasal dari kaldera yang sama yang menghasilkan tufa Haranggaol yang lebih tua. Para ahli sepakat untuk menamai tufa yang dihasilkan sebagai *Middle Toba Tuff* (MTT) yang berumur 500.000 tahun.
- e. Erupsi MTT dan OTT terjadi bergantian di bagian utara dan selatan, akan tetapi biasanya terjadi pada bagian curam dinding kaldera, dan biasanya sifatnya sangat padat melekat. Akhirnya 74.000 tahun yang lalu, Toba mengalami erupsi raksasa dengan VEI (*Volcanic Explosivity Index*) = 8 yang memuntahkan tufa yang lebih muda, YTT. Erupsi terakhir ini memacu keruntuhan struktur yang mengakibatkan amblesnya kubah di atas magma termasuk dua kubah raksasa, yakni blok Samosir dan blok Uluan. Runtuhan inilah yang menciptakan kaldera raksasa. Inilah bentuk kaldera terlihat saat ini.
- f. Air kemudian mengisi dan memenuhi kaldera. Tetapi Pulau Samosir dan daerah Blok Uluan (Porsea dan Prapat) belumlah terbentuk karena belum

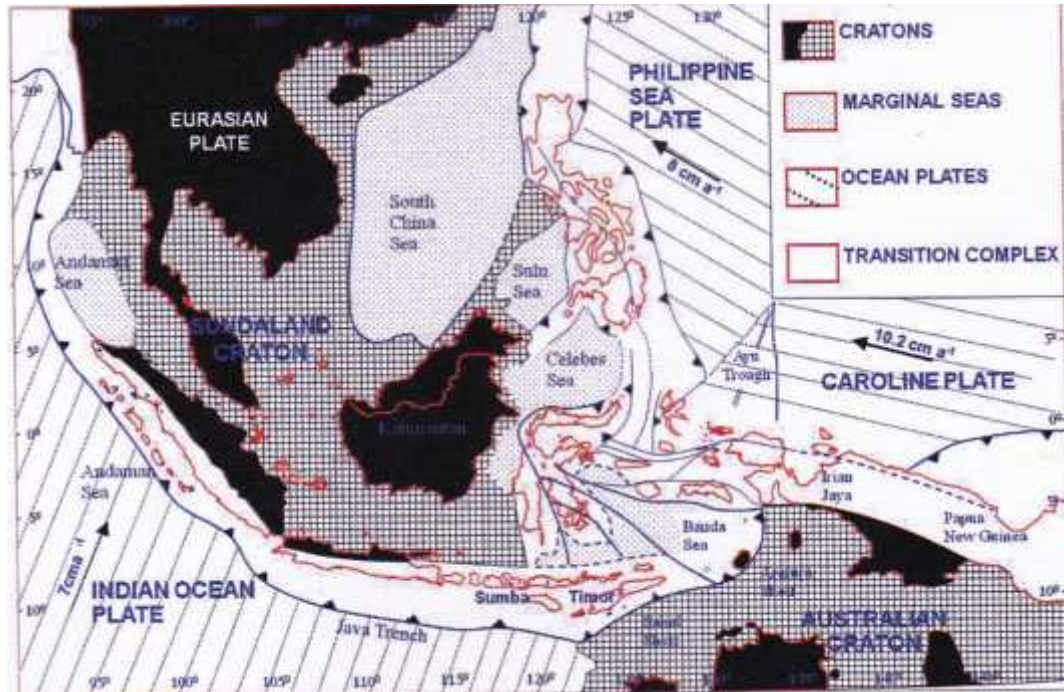
terangkat lagi. Setelah erupsi, tekanan magma di bawah kaldera terbentuk terus mengisi ruang-ruang magma yang kosong yang mengakibatkan terjadinya pengangkatan lapisan kubah yang runtuh. Akibat pengangkatan ini kandungan tufa yang lebih muda pada Pulau Samosir dan kandungan tufa yang lebih tua pada blok/daerah Uluan terangkat, dan menjadi terekspos.

2.4. Geologi

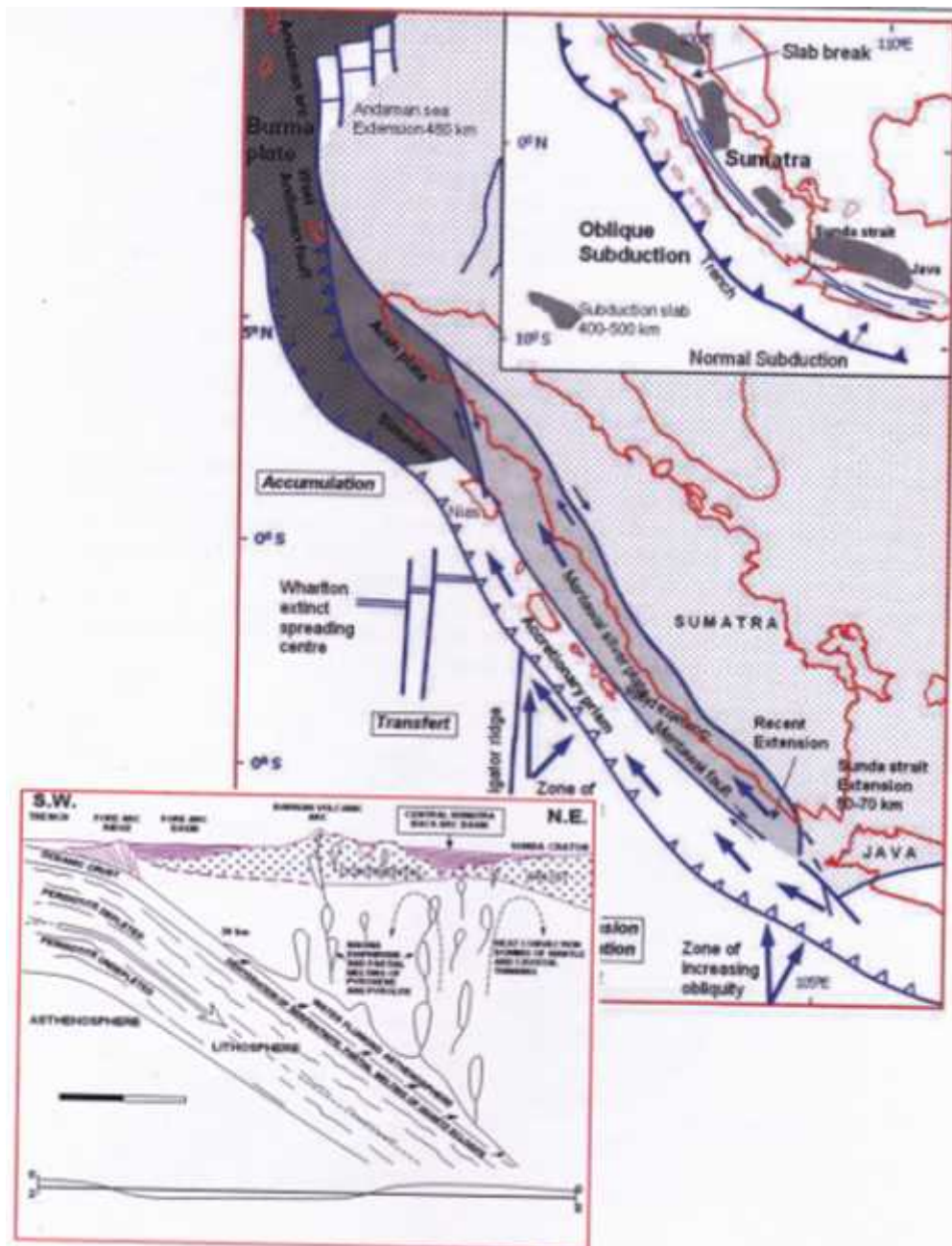
Seperti diketahui, Sumatra terletak pada bagian tenggara dari Lempeng Eurasia dan sebelah timurlaut dari Lempeng Samudera India. Beberapa kondisi geologi yang ditemukan di Pulau Sumatra dari barat ditemukan zona subduksi aktif dengan arah timurlaut – baratdaya. Lempeng Samudra India mengalami subduksi miring dibawah Pulau Sumatra sampai dengan Selat Sunda pada N20 ke arah timur pada rentang 6-7cm (Atkinson dkk, 2006; Hamilton 1979).

Aktivitas tektonik dan pengangkatan yang terjadi dari akhir *Miocene* sampai *Pilo-Pleistocene* menyebabkan terbentuknya Bukit Barisan dan gunungapi sepanjang bagian barat Pulau Sumatrayang terlihat pada gambar 4. Patahan *strike slip* aktif pada sisi kiri dari *Sumatra fault system* mengindikasikan bahwa aktivitas tektonik terus terjadi dari *Mesozoic* sampai sekarang. Aktivitas tektonik tersebut menghasilkan inversi pada cekungan *Cenozoic* di sepanjang Sumatra bagian barat seperti terlihat pada gambar 5. Pada gambar 6, 3 cekungan *backarc basin* yang teridentifikasi yaitu *Sumatra Basin*,

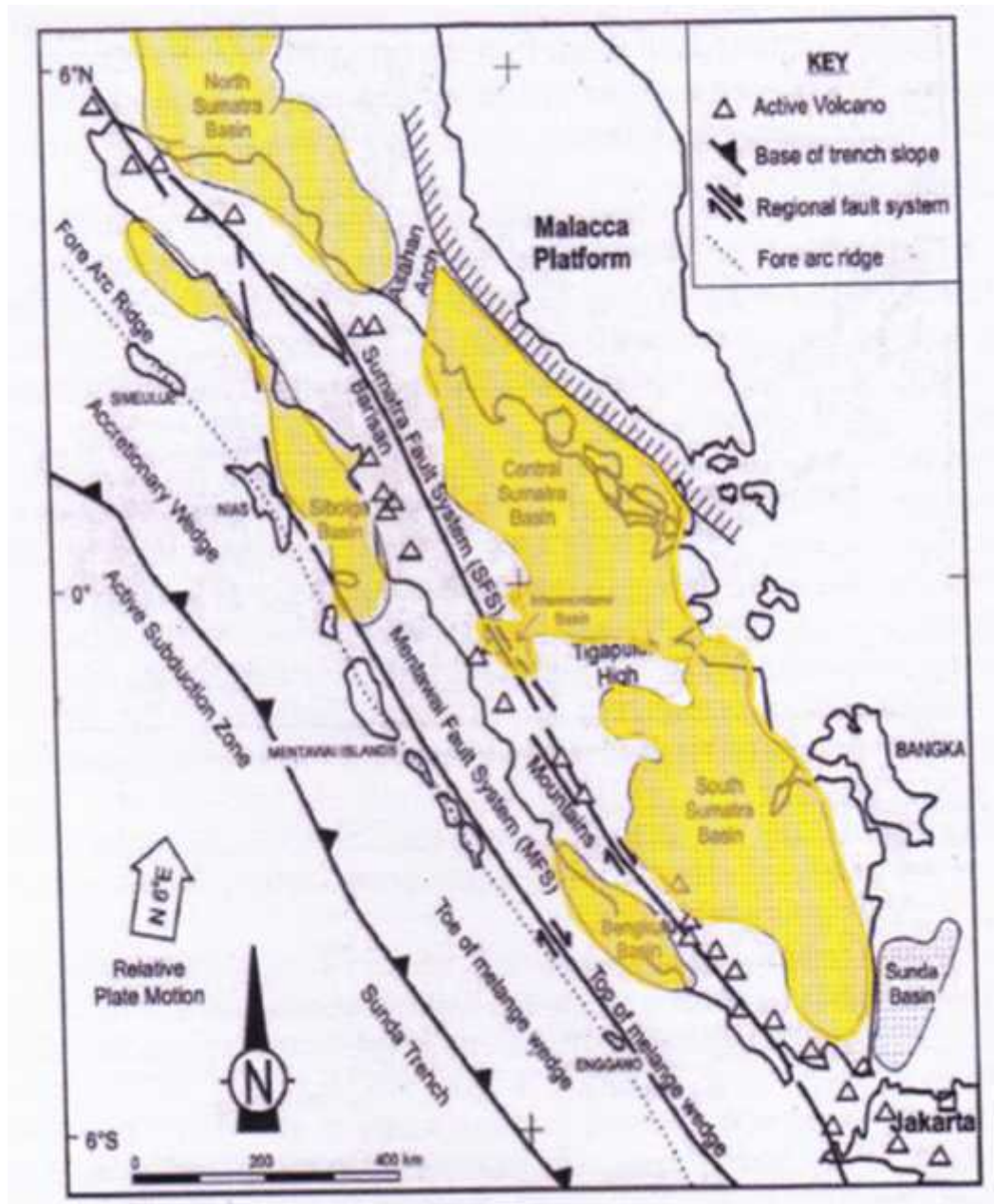
Central Sumatra Basin, dan South Sumatra Basin, serta 2 cekungan forearc basin yaitu Sibolga Basin dan Bengkulu Basin (Bachtiar, A, 2013).



Gambar 4. Struktur dari Kepulauan Indonesia dan pergerakan tektonik Asia Tenggara (Simandjuntak and Barber, 1996)



Gambar 5. Geodinamika subduksi Sumatra (Malod dan Kemal, 1996) dan model subduksi *backarc* Sumatra Tengah (William dan Eubank, 1995).



Gambar 6. Cekungan di Sumatra (Bachtar, A, 2013).

Secara regional di daerah Sumatera Utara sendiri tersingkap berbagai macam batuan yang berumur karbon hingga pleistosen mulai dari batuan beku, batuan sedimen, batuan metasedimen, dan malihan. Batuan Intrusif tua yang berumur kapur hingga tersier, baik jenis granodiorit maupun granit porfiri yang terdapat di daerah Padang Sidempuan sampai daerah selatan Solok, Sumatra Barat dan juga di bagian timur hingga barat daerah Sibolga. Batuan

intrusif tua dan malihan berumur pra-tersier menjadi *basement* dari cekungan-cekungan sedimen di sepanjang jalur belakang busur vulkanik. Batuan vulkanik banyak tersingkap di bagian tengah yang merupakan jalur vulkanik aktif sejak oligosen atas hingga resen yang dicirikan oleh banyak kerucut-kerucut gunung api aktif seperti Sibayak, Sinabung, Sarula, Sorik Marapi dan sebagainya. Komposisi batuan vulkanik di sepanjang jalur ini bervariasi dari mulai basaltik hingga riolitik. Piroklastik Toba merupakan produk yang paling besar volume dan luas areal penyebarannya dari sekian banyak produk vulkanik di Sumatra Utara. Satuan batuan yang terdiri dari tufa dan ignimbrit yang berkomposisi dasitik hingga riolitik ini diduga merupakan hasil dari mekanisme letusan gunung api tua Toba. Gunung api ini bersifat eksplosif yang terjadi pada kala Pleistosen Awal dan akibat letusan ini terbentuk kaldera yang menjadi Danau Toba sekarang (Arrie Kurniawan, 2009).

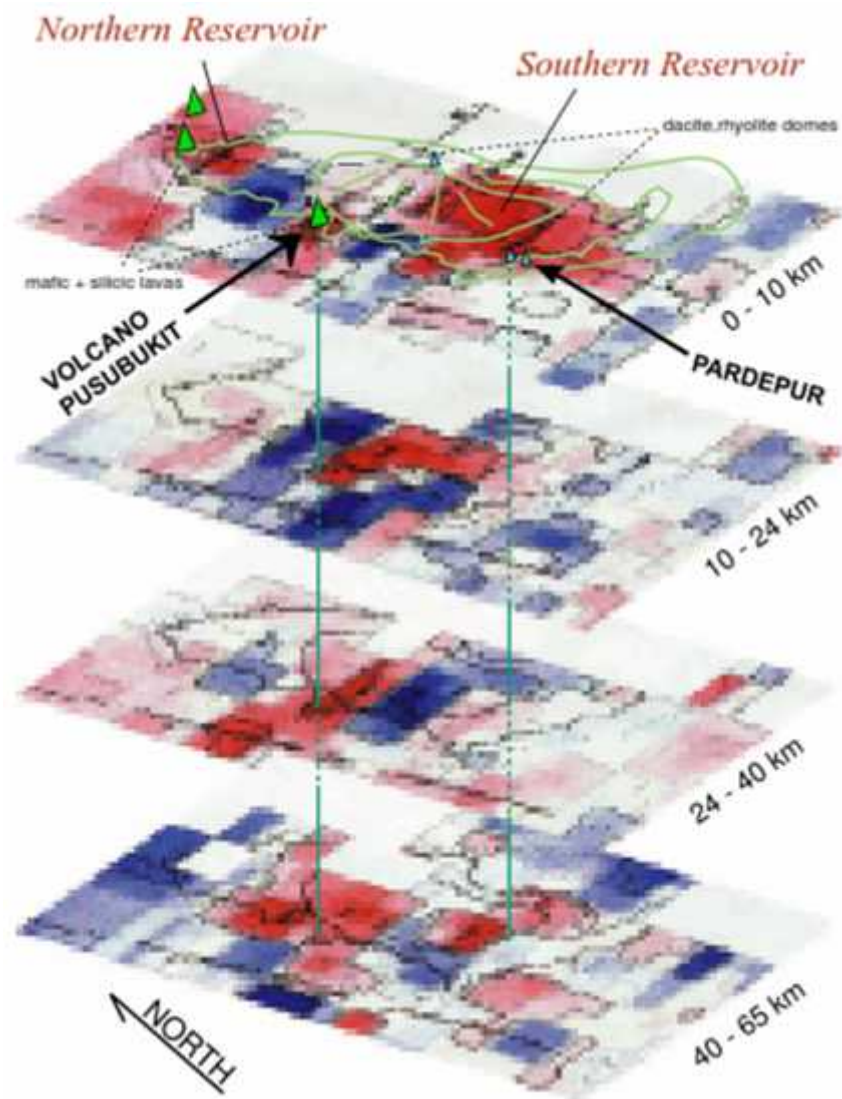
Secara geologi regional Danau toba terletak pada zona *Sumatera Fault System* (SFS) yang membentang dari Pulau Weh hingga Teluk Semangko, Lampung (Van Bemmelen, 1949).

Berdasarkan umurnya keadaan geologi daerah penelitian dapat dibagi menjadi Pra Tersier, Tersier, dan Kuartar. Pada Pra Tersier didominasi oleh batuan Paleozoik dan Mesozoik yang terdiri dari konglomerat, serpih, dan batu kapur. Pada Tersier terbagi menjadi tiga yaitu Tersier I yang tersusun oleh batu pasir halus, batu debu marin, dan perimarin. Tersier II tersusun dari batu pasir dan batu debu arkosa. Sedangkan Tersier III meliputi batuan

sedimen seperti konglomerat, batu pasir, dan gambut (lignit). Sedangkan Pada Kuarter didominasi oleh tuf ignimbrit dari erupsi Toba.

2.5. Distribusi Magma

Dari penelitian sebelumnya gelombang *velocity* di perlapisan yang dangkal di bawah Danau Toba menunjukkan anomaly yang rendah (sekitar 40% dibawah normal) pada dua regional yang dianggap sebagai dapur magma. Pada gambar 7 terlihat Regional terluas dengan nilai Vp rendah yang pertama didefinisikan sebagai “*Southern Reservoir*” Toba (SR) dibatasi pada 10 Km dari lapisan teratas. Pada SR terdapat bagian dari lava andesit dari Gunungapi Pusubukit, yang mana magma naik dan bercampur dengan *dacite* dan *rhyolite*. Sedangkan regional kedua dengan Vp rendah didefinisikan sebagai “*Northern Reservoir*” muncul untuk memperpanjang margin N pada daerah penelitian. Pada NR terdapat lava andesit basaltik yang berasal dari letusan Gunungapi Tandukbenua. Anomali dari *velocity* yang rendah lebih lemah dari *velocity* SR. (Masturyono dkk, 2001).



Gambar 7. Hasil *Tomography Seismik*(Masturyono, 2001).