

MORFOGENESIS DAERAH DANAU KALDERA MANINJAU, SUMATERA BARAT

Santoso dan U.M. Lumban Batu

Pusat Survei Geologi
Jl. Diponegoro No. 57, Bandung 40122

S A R I

Secara geomorfologis daerah penelitian dapat dipisahkan menjadi beberapa bentukan asal, yakni: vulkanik, fluvio-vulkanik, vulkanik terdenudasi, denudasi, struktural-vulkanik, dan bentukan asal fluvial.

Lebih lanjut berdasarkan interpretasi foto udara dan pengamatan lapangan, di daerah ini dapat dikenali bentuk lahan berupa dua kerucut gunung api, yakni Maninjau tua dan muda. Hal ini didukung oleh data peta batimetri Danau Kaldera Maninjau yang menunjukkan adanya dua titik kedalaman maksimum pada lokasi berbeda, yakni -168 m di bagian utara dan -169 m di bagian selatan. Dua titik kedalaman ini diduga merupakan titik pusat letusan Maninjau tua dan muda.

Kata kunci : geomorfologi, fluvio-vulkanik, denudasi, struktural

ABSTRACT

Geomorphologically, the investigated area can be classified into several morphologic origins, *i.e.*: volcanic, fluvio-volcanic, volcanic denudated, denudational, structural-volcanic and fluvial.

Moreover, on the basis of the aerial photo interpretation and ground checking, two volcanic cones can be recognized, *i.e.*, old and young Maninjau volcanoes. This assumption supported by the bathymetry map of the Maninjau Lake that shows two points of maximum depth at different locations, -168 m in the north and -169 m in the south sides respectively. These data indicate that the volcano has two different eruption centres.

Keywords: geomorphology, fluvio-volcanic, denudational, structural

PENDAHULUAN

Peristiwa bumi bersifat dinamis, baik yang disebabkan oleh faktor endogen maupun eksogen. Akan tetapi produk peristiwa itu harus ditelusuri, sehingga hirarki dinamika kejadian itu dapat dipahami. Perubahan rona permukaan bumi (*landform deformations*) identik dengan suatu evolusi lingkungan. Proses yang terjadi di permukaan, seperti erosi, denudasi, dan pengendapan (*internal processes*) sangat terkait dengan evolusi bentang alam tersebut. Selain itu, berubahnya lingkungan dapat diakibatkan pula oleh proses yang berasal dari luar permukaan (*external processes*). Proses yang dimaksud dapat berasal dari energi bawah permukaan (gaya endogen) ataupun di atas permukaan/atmosfir (eksogen).

Permasalahan tersebut merupakan bagian dari penelitian morfogenesis yang harus dilakukan secara profesional, yaitu proses peristiwa bumi yang sifatnya dinamis. Oleh karena itu secara keilmuan,

dinamika peristiwa alam tersebut cenderung merupakan bagian pengkajian disiplin ilmu kebumihan lainnya, seperti geomorfologi, geofisika, fisika, dan astronomi. Dengan demikian, rekonstruksi dinamika peristiwa bumi tersebut merupakan bagian dari kajian beraspek geologi, seperti terbentuknya cekungan, sesar dan perlipatan, evolusi bentang alam, termasuk flora dan fauna. Kemudian dilakukan rekonstruksi sejarah kejadiannya yang pada akhirnya dapat dipahami peristiwa bumi/alam masa lalu. Peristiwa bumi tersebut pada hakekatnya memiliki periode dan kurun waktu secara teratur. Tentunya, suatu keterkaitan peristiwa masa lalu, sekarang, dan mendatang merupakan suatu rentetan kejadian yang dapat dikorelasikan dan berkesinambungan.

Penelitian ini dilaksanakan pada tahun anggaran 2005 atas biaya APBN Pusat Survei Geologi yang dimaksudkan untuk melakukan kajian proses deformasi bentang alam daerah Danau Kaldera Maninjau, terutama penelitian tentang morfogenesis

bentuk lahan di kawasan ini. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari aspek geomorfologi, terutama morfogenesis kaldera Maninjau. Karena daerah penelitian terletak di kawasan gunung api dan Jalur Sesar Besar Sumatera, maka perubahan bentang alam (*landform deformation*) sangat penting dipelajari karena proses geomorfologi yang berlangsung di daerah ini sangat bervariasi.

Bentuk Danau Kaldera Maninjau yang memanjang kemungkinan diakibatkan oleh lebih dari satu kali erupsi pada waktu terjadi pergeseran lateral mengenai Jalur Sesar Besar Sumatera. Danau Kaldera Maninjau secara sosio-ekonomis merupakan kontributor yang cukup besar terhadap ekonomi daerah ini, seperti perikanan (keramba/jala terapung), pariwisata, pertanian, dan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) Muko-muko. Namun dari aspek kebumihan belum dikaji secara mendalam, terutama aspek morfogenesisnya. Danau Kaldera Maninjau mempunyai karakteristik dan bentuk yang spesifik, sehingga menarik untuk dikaji dari aspek geomorfologi.

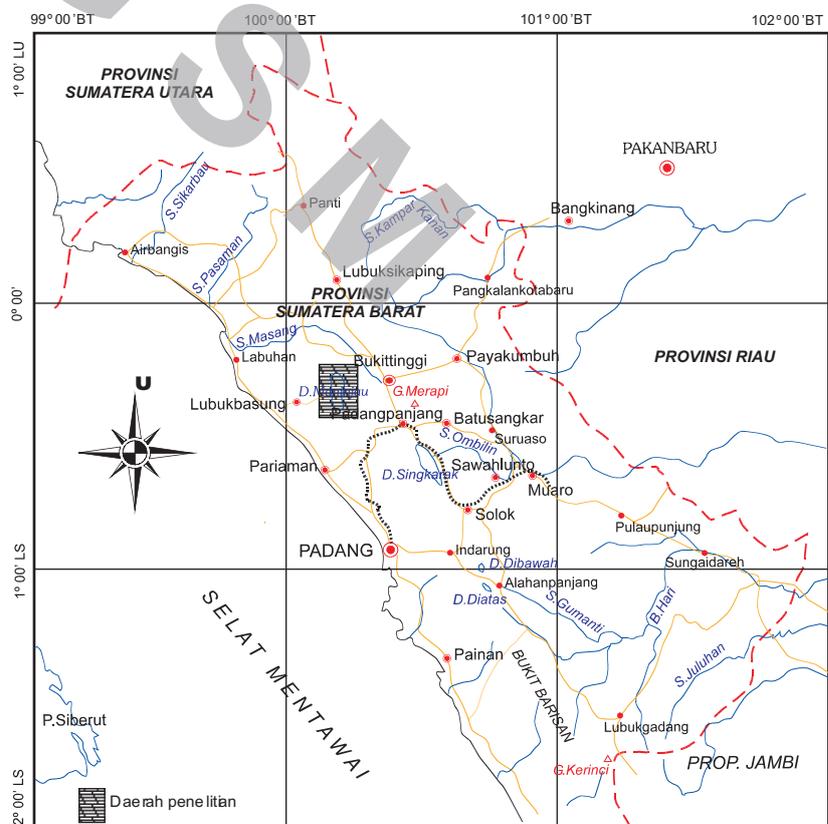
Daerah penelitian meliputi kawasan Danau Kaldera Maninjau dan sekitarnya, yang secara kecamatan termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Agam, Provinsi Sumatera Barat. Secara geografis, daerah ini dibatasi oleh koordinat 100°05' - 100°17'BT dan 0°10' - 0°30'LS (Gambar 1). Daerah penelitian dapat dijangkau melalui jalan darat dengan menggunakan kendaraan roda empat/dua, kondisi jalan pada umumnya beraspal baik mengelilingi Danau Kaldera Maninjau dan daerah sekitarnya.

Tujuan tulisan ini adalah untuk melakukan kajian geomorfologi berdasarkan genesis bentang alam daerah Danau Kaldera Maninjau dan kaitannya dengan aktivitas tektonik Kuartar. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah khasanah ilmu kebumihan dan data dasar yang dapat diaplikasikan dalam menunjang perencanaan pembangunan, pengembangan wilayah, dan mendukung perencanaan tata ruang wilayah.

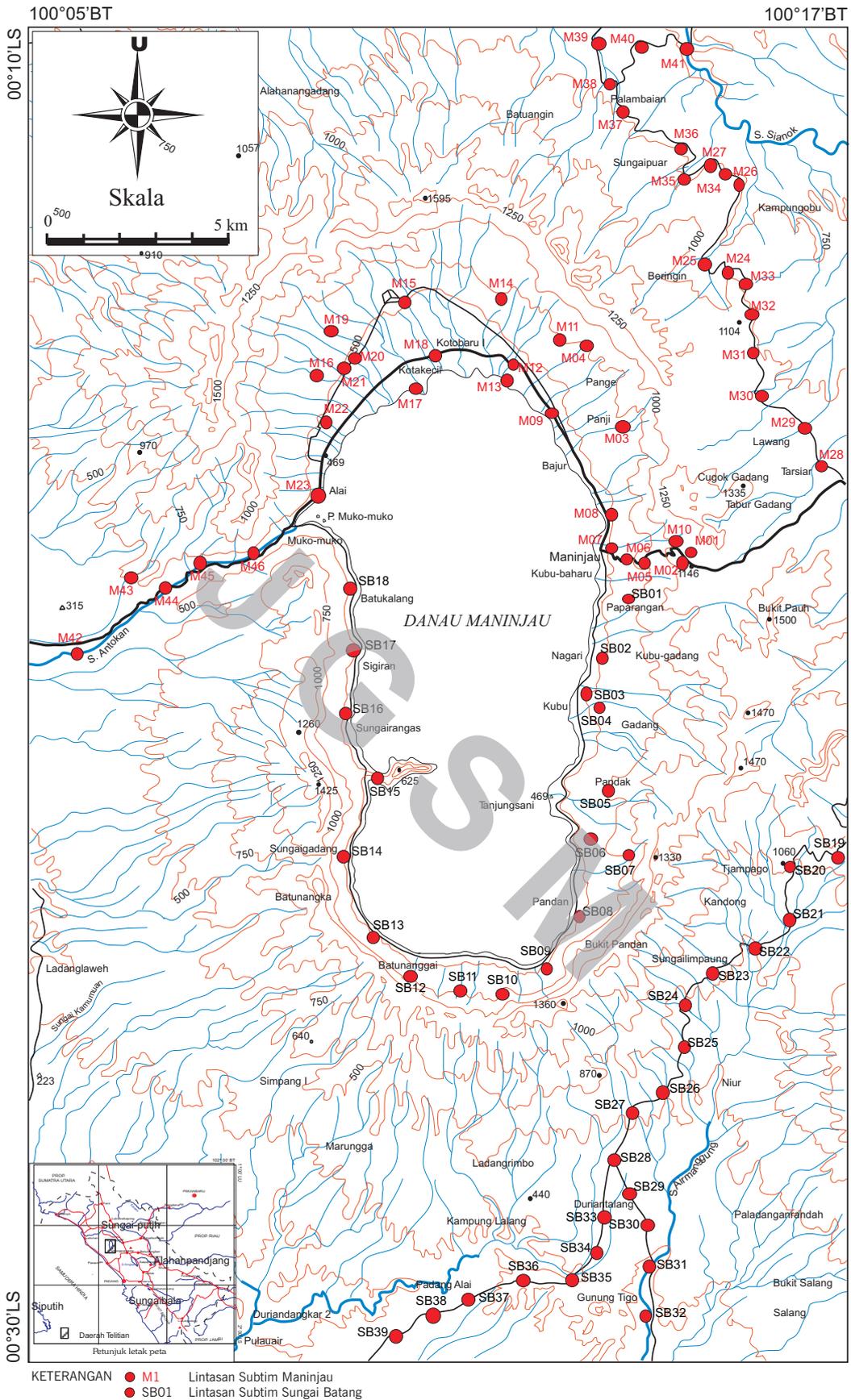
METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan metode yang meliputi pengumpulan data sekunder yang berkaitan dengan daerah penelitian dan interpretasi foto udara pankromatik hitam putih skala 1:100.000 tahun 1985. Selain itu, untuk menunjang pekerjaan lapangan dilakukan penafsiran peta topografi, kajian peta geologi untuk mengetahui jenis dan penyebaran batuan, serta pola struktur geologinya, yang pada gilirannya akan dapat diketahui karakteristik bentang alam daerah ini, dan kaitannya dengan morfogenesis.

Untuk lebih mengoptimalkan kinerja tim di lapangan, maka tim dibagi menjadi dua subtim, yaitu Lintasan Maninjau dan Sungai Batang dengan lintasan masing-masing berbeda (Gambar 2). Tiga jenis pekerjaan yang dilakukan yaitu pertama pengamatan geologi secara umum berpedoman kepada peneliti terdahulu yang mencakup jenis batuan, tataan stratigrafi, dan struktur geologi. Kedua, pengamatan dan identifikasi bentang alam yang meliputi bentuk morfologi dan kelerengannya yang berhubungan dengan proses geomorfologi. Ketiga, melakukan uji lapangan hasil interpretasi foto udara tentang pemisahan bentang alam kaldera Maninjau.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian.



Gambar 2. Peta lintasan pengamatan lapangan daerah penelitian.

GEOLOGI

Daerah penelitian ditempati oleh satuan batuan yang berumur Perem, yakni berupa satuan Batugamping (PI), Batuan Malihan (Ps), dan batuan gunung api Kuartar yang terdiri atas andesit Danau Kaldera Maninjau (Qamj), tuf batuapung horeblendia hipersten (Qhpt), tuf batuapung dan andesit/basal (Qpt), dan aluvium (Qal), (Kastowo dkk.,1996) (Gambar 3). Satuan Batugamping terdiri atas batugamping pejal, berongga, putih, kelabu dan kemerahan, mengandung sisipan tipis batusabak, filit, serpih, dan kuarsit. Pada umumnya batuan ini (Perem) membentuk morfologi kars dengan permukaan yang tajam dan tidak beraturan (Gambar 3). Sedangkan Satuan Batuan Malihan terdiri atas filit, batusabak, batutanduk, dan gres mika. Filit berwarna kelabu kebiruan sampai biru tua. Batusabak berwarna kelabu kebiruan sampai biru muda dan coklat. Gres mika dan tuf terdapat sebagai sisipan dalam batusabak. Kedua satuan batuan berumur Perem ini terdapat di bagian utara daerah penelitian dengan penyebaran yang sempit.

Semua batuan gunung api Maninjau (Andesit Maninjau) secara keseluruhan tertutup oleh tuf batuapung. Tuf batuapung horeblendia hipersten hampir seluruhnya terdiri atas lapili batuapung dengan ukuran butir dari 2-20 cm, agak kompak, berwarna putih atau kuning keabuabuan (segar) dan kecoklatan (lapuk).

Tuf batuapung dan andesit/basal umumnya terdiri atas serabut-serabut gelas dan 5-80% fragmen-fragmen batuapung putih, berukuran dari 1-20 cm, agak kompak. Endapan tuf ini kemungkinan merupakan hasil erupsi terakhir kaldera Maninjau atau erupsi celah yang berhubungan dengan Jalur Sesar Besar Sumatera (Verstappen,1973). Aluvium terdiri atas lanau, pasir, dan kerikil yang terdapat di daerah dataran aluvium pantai utara Danau Kaldera Maninjau.

Menurut Hamilton (1979) daerah penelitian terletak pada segmen sesar *oblique* sistem sesar aktif Sumatera yang dikenal dengan *The Great Sumatera Fault*. Hal ini karena daerah ini sangat rentan terhadap sesar ikutan, rekahan atau kekar yang berukuran dari beberapa sentimeter hingga kilometer panjangnya.

GEMORFOLOGI REGIONAL

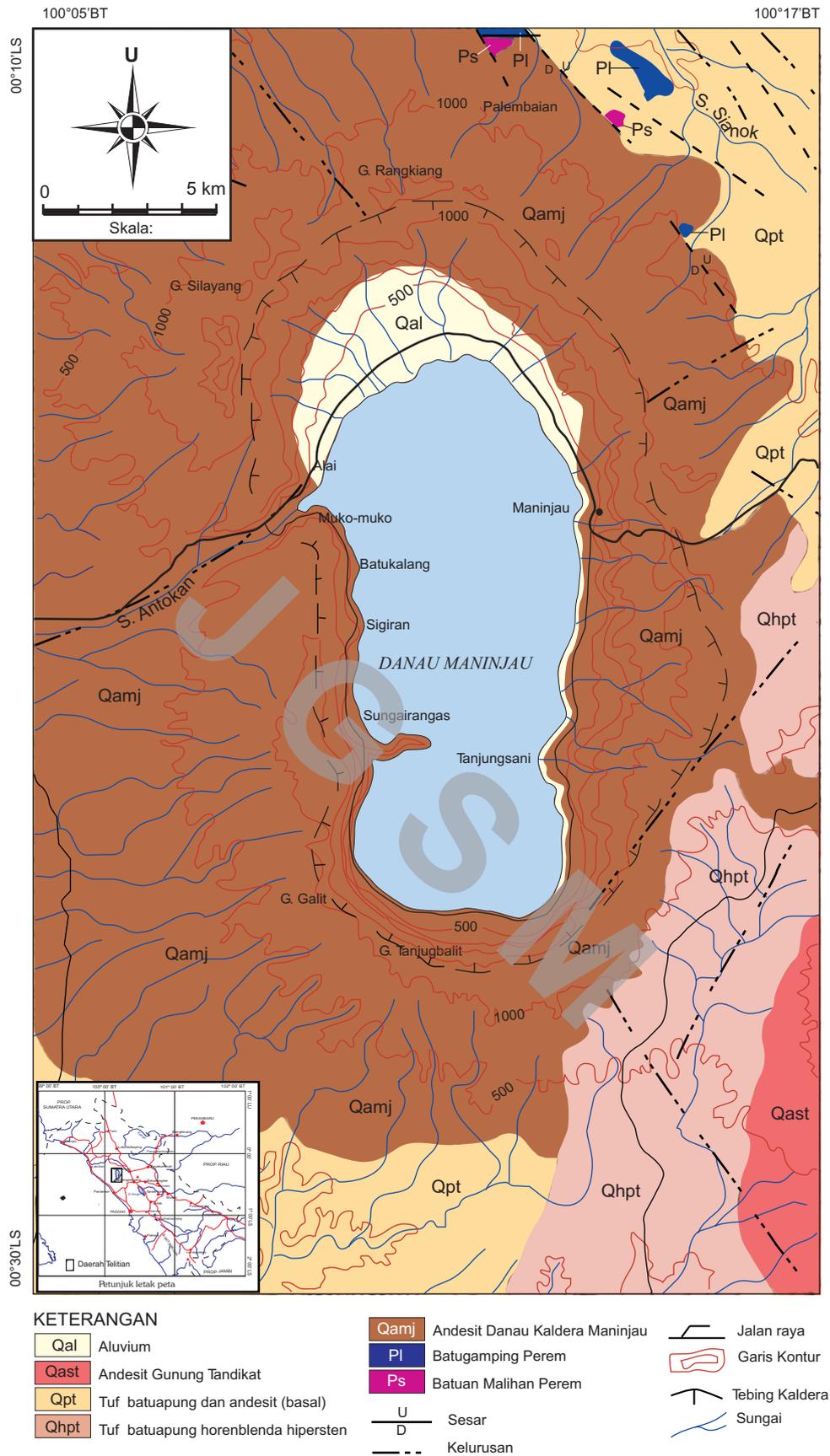
Secara geomorfologis daerah penelitian termasuk ke dalam zona Sumatera Tengah (Gambar 4). Verstappen (1973) menyebutkan bahwa zona geomorfologi struktur utama di Sumatera Tengah dapat dibedakan dengan zona Sumatera Selatan. Geomorfologi zona ini secara umum lebih kompleks, tepatnya di bagian barat *Median Graben*.

Suatu gejala yang sama, yakni berupa morfologi ungkitan landai yang berarah ke Samudera Hindia dari Blok Bengkulu tidak dapat dibedakan dengan utara Padang. Hal ini karena ditutupi oleh tataan morfologi lebih kompleks yang dicirikan oleh perselingan antara blok tinggian dan dataran aluvium yang mengindikasikan blok penurunan. Di samping itu, perubahan kemiringan antara lereng pegunungan yang curam dengan gradien sungai sangat drastis, dan tiba-tiba berubah masuk ke dataran aluvium pada kaki gawir sesar. Kondisi morfologi seperti ini menyebabkan material berbutir kasar produk kegiatan gunung api atau sumber lain melimpah, sehingga muatan sungai mengalami *overload*, dan pada gilirannya terbentuk kipas aluvium yang sangat luas.

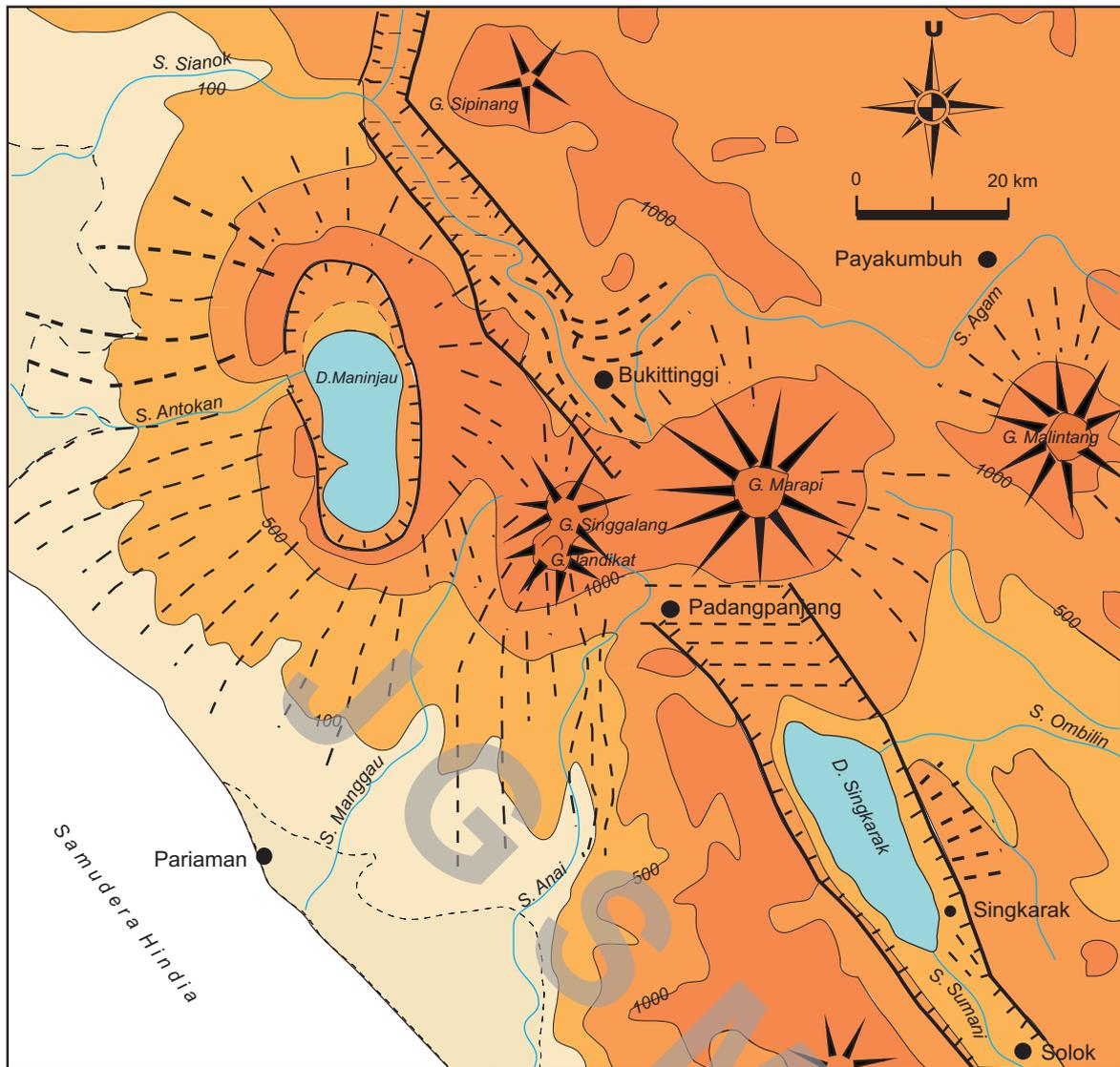
Median Graben biasanya berkembang baik di Sumatera Tengah, dan dapat ditelusuri dari selatan Kerinci, melalui dataran Solok dan Danau Singkarak, ke Padang *Highlands* dari Bukittinggi, dan lebih ke utara terban dari Sungai Sumpur dan Angkola.

Banyak gunung api strato yang tinggi terdapat di Bukit Barisan, meskipun di sana jumlahnya lebih sedikit daripada di Sumatera Selatan. Produk yang dihasilkan menutupi sebagian wilayah tertentu blok pegunungan, dan membentuk kipas fluvio-vulkanik yang luas, hingga mencapai pedataran di sebelah timur Pegunungan Barisan melalui sejumlah celah di kompleks pegunungan. Celah-celah ini dapat dibandingkan dengan Sugiwaras dan Muarabeliti di Sumatera Selatan. Ke arah barat laut, rangkaian Bukit Barisan cenderung menyempit, sehingga kegiatan gunung api lebih bersifat lokal. Pedataran di bagian timur wilayah ini merupakan kelanjutan dari Palembang atau daerah Jambi di Sumatera bagian selatan.

Pada lokasi lebih rendah, yang disebut Depresi Sub-Barisan kadang-kadang terjadi perubahan secara cepat di bagian timur rangkaian Bukit Barisan, seperti munculnya batuan Pratersier yang merupakan bagian tertinggi lipatan geantiklin yang didominasi oleh Pegunungan Tiga Puluh.



Gambar 3. Peta geologi Danau Kaldera Maninjau, Sumatera Barat (Kastowo dkk., 1996).



KETERANGAN

- Gunung api Andesitan dan aliran fluvio-vulkanik
- Tuf ignimbrit
- Dataran aluvium
- Sungai
- Gawir sesar
- Garis Ketinggian

Gambar 4. Sketsa geomorfologi regional Sumatera Barat (Verstappen, 1973).

Penampakan morfologi yang sangat menarik di zona ini adalah berupa *cuesta* (rendah) dan *hogback* atau rabungan yang terbentuk secara setempat di lapisan batuan Tersier yang notabene batuanya lebih resisten dengan pola pengeringan yang dikontrol oleh gejala struktur.

Dataran aluvium membentang ke arah timur dan menyebar, kadang-kadang berupa rawa-rawa, dan pada rawa buri/*back swamp* terbentuk deposit batubara secara meluas.

Geomorfologi Daerah Penelitian

Geomorfologi daerah Danau Kaldera Maninjau secara umum sangat erat hubungannya dengan kegiatan gunung api dan tektonik yang telah terjadi. Kondisi morfologi daerah ini ditinjau dari bentukan asalnya (*morphologic-origin*) dapat dipisahkan menjadi: bentukan asal gunung api, fluvio-gunung api, fluviatil, denudasi, struktur, dan gunung api terdenudasi (Poedjoprajitno dkk., 2004). Hayat (2003) telah membagi bentuk lahan berdasarkan bentukan asalnya, yakni struktur, gunung api, dan denudasi.

Santoso dkk., 2004, membagi unit morfologi daerah ini sedikit berbeda dengan penulis di atas, yakni:

- Bentuk Asal Vulkanik terdiri atas kerucut gunung api, lereng gunung api, dan dinding kaldera Maninjau.
- Bentuk Asal Vulkanik terdenudasi dipisahkan menjadi dataran lahar dan kerucut parasiter.
- Bentuk Asal Denudasi terdiri atas lereng nendatan dan lereng rombakan.
- Bentuk Asal Fluvial dipisahkan menjadi dataran aluvium dan kipas aluvium.

Dari hasil interpretasi foto udara dan pengecekan lapangan, konfigurasi morfologi di daerah ini dapat dipisahkan menjadi enam bentuk asal dengan masing-masing bentuk lahan sesuai dengan morfografinya, yakni (Gambar 5):

- Bentuk Asal Vulkanik, terdiri atas kerucut Gunung Tandikat, kerucut Maninjau tua, kerucut Maninjau muda, lereng Maninjau tua, lereng Maninjau muda, lereng Tandikat, aliran lava, kaki gunung api, dan dinding kaldera Maninjau.
- Bentuk Asal Fluvio-vulkanik, terdiri atas aliran lahar tua dan aliran lahar muda.
- Bentuk Asal Vulkanik Terdenudasi, terdiri atas sisa kerucut parasiter dan padang lahar lapuk kuat.
- Bentuk Asal Denudasi, terdiri atas lereng nendatan, lereng rombakan, lahan kritis (*bad lands*), dan lereng talus (*scree slope*).
- Bentuk Asal Struktural-vulkanik berupa plato ignimbrit.
- Bentuk Asal Fluvial, terdiri atas dataran aluvium, kipas aluvium, dan kipas talus (*scree fans*).

Dari peta geomorfologi yang dibuat, dapat dipisahkan dua kerucut gunung api yang bersebelahan. Hal ini akan memberi data baru tentang asumsi yang mengatakan bahwa danau kaldera terbentuk oleh satu kali letusan katastrofik pada gunung api Maninjau, dapat terbantahkan secara geomorfologis.

MORFOGENESIS DANAU KALDERA MANINJAU

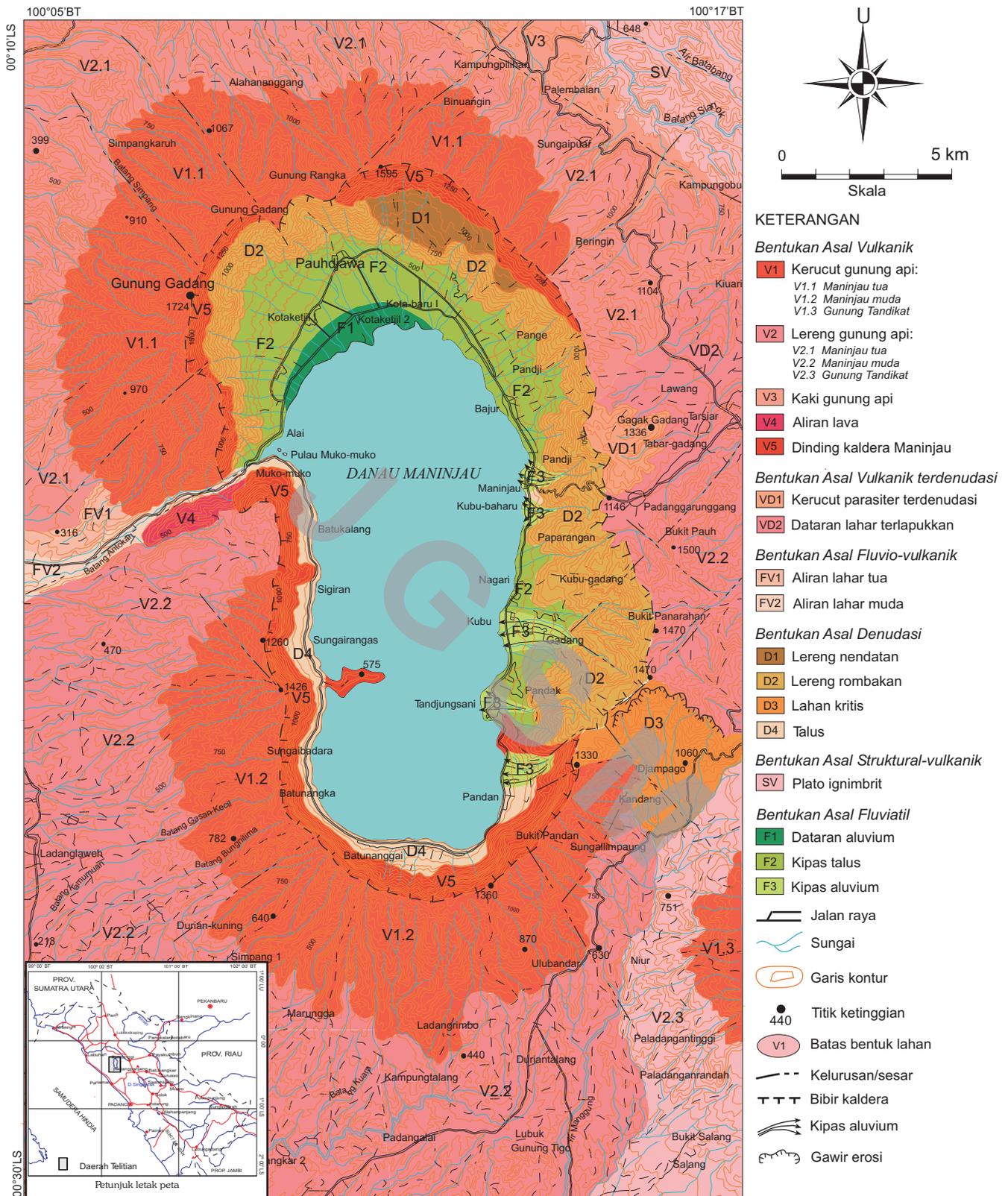
Kerangka Tektonik

Kaldera Maninjau terletak pada busur Kepulauan Sunda, ± 250 km timur laut dari pematang Jawa, dan 350 km tenggara kaldera Toba (Gambar 6). Daerah ini dilalui oleh sesar besar Sumatera ± 10 km timur laut Maninjau (Katili, 1969; 1970); Posavec dkk., 1973; Verstappen, 1973; Leo dkk. (1980). Katili memperkirakan bahwa pergerakan mengangan (*dextral*) sejauh 6 cm/tahun sepanjang sesar Semangko bagian Sumatera Utara berdasarkan pada 20 km pergeseran dari tuf Toba yang kemudian diduga berumur 300.000 tahun.

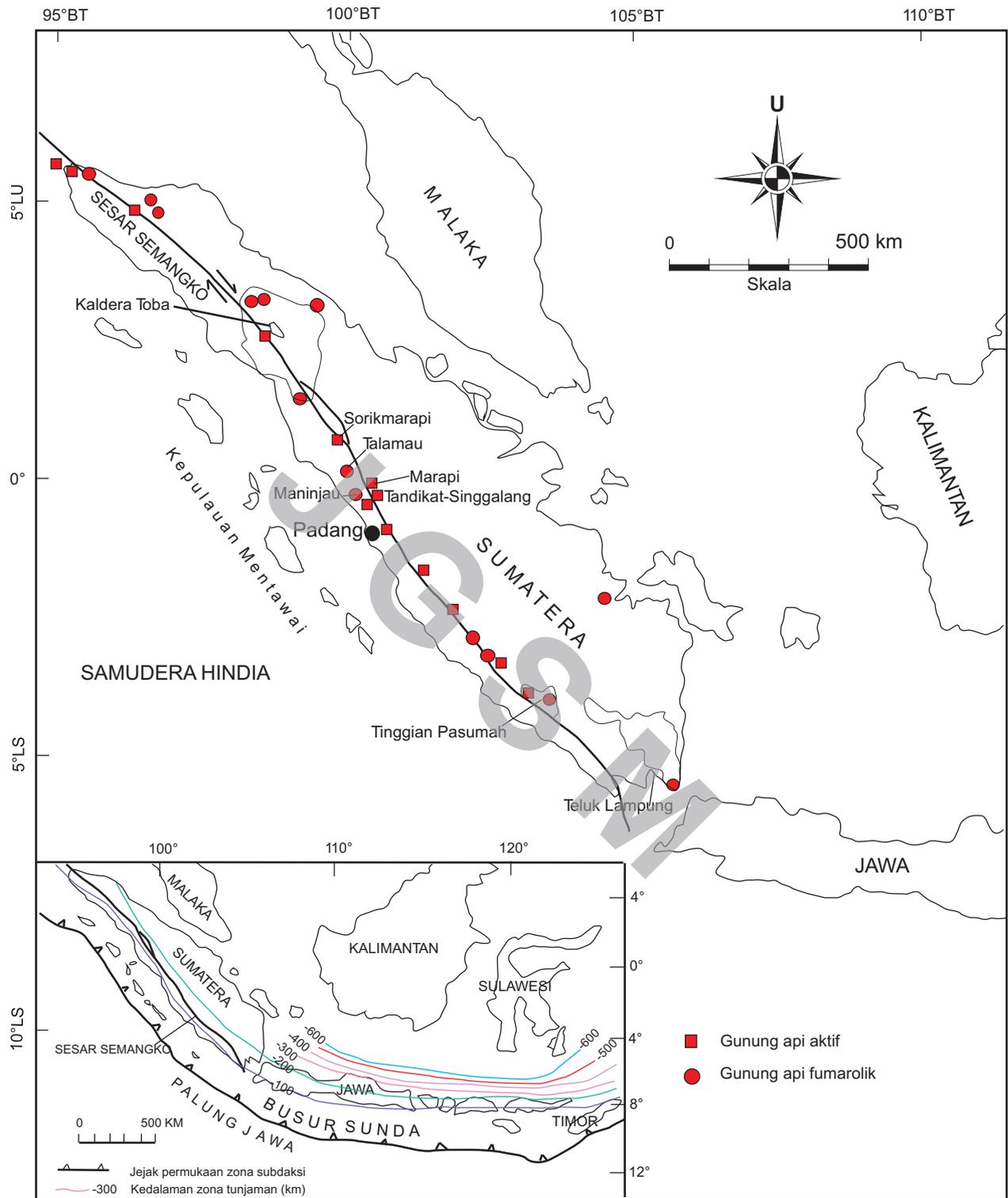
Determinasi umur lebih muda dengan kemungkinan akan lebih tinggi atau lebih rendah kisarnya, tetapi pastinya pergeseran beberapa cm per tahun dalam konteks ini cukup beralasan. Kalkulasi tektonik regional menduga pergerakan mengangan sejauh 4 cm/tahun (*Circum-Pacific Map Project, Southwest Quadrant*, 1981). Dengan pergeseran 4 cm/tahun dan berumur 280.000 tahun, berarti Kaldera Maninjau akan bergerak sejauh 11 km ke arah barat laut relatif terhadap Gunung Merapi, tanpa eliminasi penurunan arus pemisahan keduanya. Hal yang sama dapat dibuat untuk Tandikat, namun pemisahan tektonik di Tandikat dan Maninjau kemungkinan berkurang karena posisinya agak melintang terhadap zona pergeseran.

Efek Tektonik

Danau Kaldera Maninjau merupakan bagian dari kaldera yang kemudian terisi oleh air, dan selanjutnya diisi pula oleh material-material yang berasal dari dinding kaldera gunung api tersebut. Sisa dinding kaldera yang hampir tegak lurus dan terjal masih terlihat secara jelas, juga garis puncak kaldera tersebut masih dapat diikuti meski di beberapa tempat kelihatannya telah mengalami longsor. Umumnya bentuk asal kaldera yang mengarah ke bagian dalam akan membentuk tebing-tebing yang relatif tegak dan terjal karena bagian ini merupakan tempat keluarnya material di kala gunung api ini masih aktif. Bentuk asal bentang alam pada bagian luar kaldera merupakan kombinasi bentang alam sebelumnya dengan akumulasi material yang dimuntahkan kemudian. Bentang alam gunung api ini dapat dibedakan menjadi bagian lereng, badan, dan kaki gunung api dengan berbagai variasi atau model sesuai dengan kaidah setiap proses erupsi.



Gambar 5. Peta geomorfologi daerah Danau Kaldera Maninjau, Sumatera Barat.



Gambar 6. Peta tektonik regional dan vulkanisme Indonesia Barat (Leo dkk.,1980).

Di daerah penelitian, bahan rombakan yang mengalasi cekungan Kuarter berasal dari rombakan tebing kaldera. Hal ini didasari oleh : (a) dominannya bahan rombakan (*debris*) yang dijumpai di dalam kaldera yang membentuk tahapan berulang (undak) endapan kipas aluvium secara teratur; (b) tidak simetrisnya puncak tebing kaldera yang sebagian puncaknya berelevasi tinggi dan sebagian lagi berelevasi rendah yang diikuti oleh akumulasi material rombakan tersebut di bagian bawahnya. Perbedaan bentang alam tebing kaldera dengan bahan rombakan tersebut sangat mencolok. Dari kedua alasan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa pola keteraturan tubuh material rombakan tersebut berhubungan erat dengan pengaktifan struktur geologi. Diperkirakan struktur sesar naik (*uplift*) merupakan pelaku proses tersebut. Pola bangunan material rombakan ini berkembang baik di sekitar Danau Kaldera Maninjau, dan indikasi berkembangnya struktur sesar relatif menonjol pula di tempat tersebut. Perkembangan baik tubuh material rombakan tersebut dapat dilihat dari Puncak Lawang yang merupakan bagian dari puncak kaldera Maninjau. Dari sini, pola perkembangan tubuh-tubuh material rombakan terlihat secara jelas, dan setidaknya-tidaknya telah terjadi tiga kali perombakan besar. Pemandangan serupa dapat pula diamati pada bagian dalam sebelah barat, utara, dan selatan kaldera. Kelok 44 merupakan bagian khusus wilayah runtunan material rombakan yang relatif kompleks.

Aktivitas tektonik di atas mungkin masih berlangsung di saat pengisian cekungan sedimen Kuarter muda. Hal ini terbukti dari seringnya dijumpai material rombakan tersebut pada interval-interval endapan yang terbentuk, namun dimensi dan ukurannya jauh lebih kecil (Mulyana dkk., 2004).

Selain asumsi di atas, efek tektonik yang diakibatkan oleh gerak-gerak sesar juga dapat ditelusuri dari perkembangan dan perubahan lingkungan di dalam cekungan, seperti : (a) turun-naiknya permukaan air danau tidak simetris, (b) bergesernya alur sungai, dan (c) berubahnya posisi geografis lingkungan rawa. Kejadian ini pada umumnya diakibatkan oleh naik-turunnya dasar cekungan, apabila dugaan ini benar maka posisi sesar-sesar yang mempengaruhi cekungan tersebut berada di sekitar atau memotong dan melalui cekungan tersebut.

Efek tektonik di atas menunjukkan bahwa peristiwa tersebut berlangsung dalam periode-periode tertentu dengan intensitas yang berbeda. Intensitas yang tinggi cenderung terjadi pada peristiwa perombakan dinding kaldera, sedangkan yang mengakibatkan berubahnya lingkungan dan tidak teraturnya pasang-surut permukaan air danau kemungkinan akibat intensitas tektonik yang relatif lebih kecil. Hal ini karena salah satu penyebab terbentuknya cekungan Kuarter di atas berkaitan dengan kejadian perombakan dinding kaldera yang sifatnya regional. Sementara efek yang terjadi di cekungan dari kelainan proses sedimentasi tersebut dimensinya lebih kecil dan bersifat lokal.

Hal penting lainnya yang dapat dipahami dari tataan bentuk lahan daerah ini adalah bahwa variasi atau ragam bentukan asal terlihat lebih berkembang dan bervariasi di sebelah timur, tenggara, barat laut, utara dan timur laut daerah penelitian. Variasi bentukan lahan dapat berupa dataran aluvium (F1), kipas talus (F2), kipas aluvium (F3), lereng nendatan (D1), lereng rombakan (D2), dan lahan kritis (D3). Sementara daerah lainnya didominasi oleh bentukan asal kerucut gunung api Maninjau tua (V1.2), kerucut gunung api Maninjau muda (V2.2), dan talus (D4). Sebaliknya di bagian barat, barat daya ataupun barat laut, variasi bentukan asal tersebut tidak berkembang dengan baik.

Lebih lanjut dapat dijelaskan bahwa bentuk lahan dinding kaldera (V5) di bagian barat dan selatan Danau Kaldera Maninjau masih terlihat dengan jelas, sedangkan di bagian timur sudah mengalami gangguan, sehingga tidak dapat ditelusuri secara menerus. Selain itu, di bagian timur terlihat bahwa sesar relatif lebih berkembang dibandingkan dengan yang di sebelah barat Danau Kaldera Maninjau. Kondisi ini menunjukkan bahwa bagian barat laut, utara, timur laut, timur hingga tenggara daerah Danau Kaldera Maninjau lebih dinamis dibandingkan dengan daerah lainnya. Dinamisnya wilayah ini sudah tentu disebabkan oleh adanya aktivitas tektonik di wilayah ini.

Sejarah Geologi

Kaldera Maninjau merupakan pusat letusan terbesar vulkanik Padang di Sumatera Selatan - Tengah. Posavec dkk. (1973) menyatakan bahwa kaldera memanjang terbentuk oleh dua pusat letusan, dan yang paling selatan merupakan letusan termuda.

Peta batimetri (Ruttner, 1931) menunjukkan adanya dua titik kedalaman, yakni -169 m di utara dan -168 m di bagian selatan. Masing-masing titik kedalaman ini kemungkinan merupakan pusat erupsi (Gambar 7).

Zen (1972); Verstappen (1973); Purbo-Hadiwidjojo dkk. (1979), dan Leo dkk. (1980) mengidentifikasi sekuen andesit prakaldera, tuf riolit, dan tuf andesitan berhubungan dengan kaldera Maninjau. Menurut Leo dkk. (1980) tuf ignimbrit berasosiasi dengan runtuhnya kaldera Maninjau, sedangkan hasil penarikan K-Ar pada batuan andesit-riolit berumur $0,28 \pm 0,12$ juta tahun. Di samping itu, hasil penarikan jejak belah pada batuan tuf ignimbrit menunjukkan umur $0,07-0,08 \pm 0,02$ juta tahun (Nishimura, 1980). Volume tuf Maninjau berkisar $220-250 \text{ km}^3$, kurang lebih sama dengan volume kaldera (Purbo-Hadiwidjojo dkk., 1979). Sebaliknya Leo dkk. (1980) mengestimasi volume tuf yang sama $\pm 100 \text{ km}^3$ (termasuk $3 - 6 \text{ km}^3$) dari aliran abu tuf andesitan fase terakhir, dibandingkan dengan perkiraan mereka 122 km^3 dari volume kaldera Maninjau.

Depresi Maninjau merupakan panorama yang terbentuk akibat letusan dahsyat/katastropik, sehingga membentuk bentang alam seperti halnya Danau Kaldera Toba yang lebih besar. Hasil erupsi Maninjau berupa material fluvio-vulkanik menutupi daerah cukup luas di barat laut, barat, dan barat daya kaldera. Pola pengeringan radial kaldera masih menunjukkan tingkat torehan yang dangkal dan menjadi karakteristik bentang alam ini. Material fluvio-vulkanik Maninjau yang membentuk dataran aluvium cenderung mengalami penyempitan secara bergradasi ke arah pantai di utara Pariaman. Sedangkan ke arah timur laut dan timur, penyebaran fluvio-vulkanik menutupi areal yang lebih sempit, yang alirannya terhalangi oleh rangkaian gunung/punggungan batuan yang lebih tua. Batuan yang lebih tua kadang-kadang muncul dari plato tuf, yang dapat diketahui melalui torehan pada sejumlah sungai dengan lembah dalam dan tebing yang tegak.

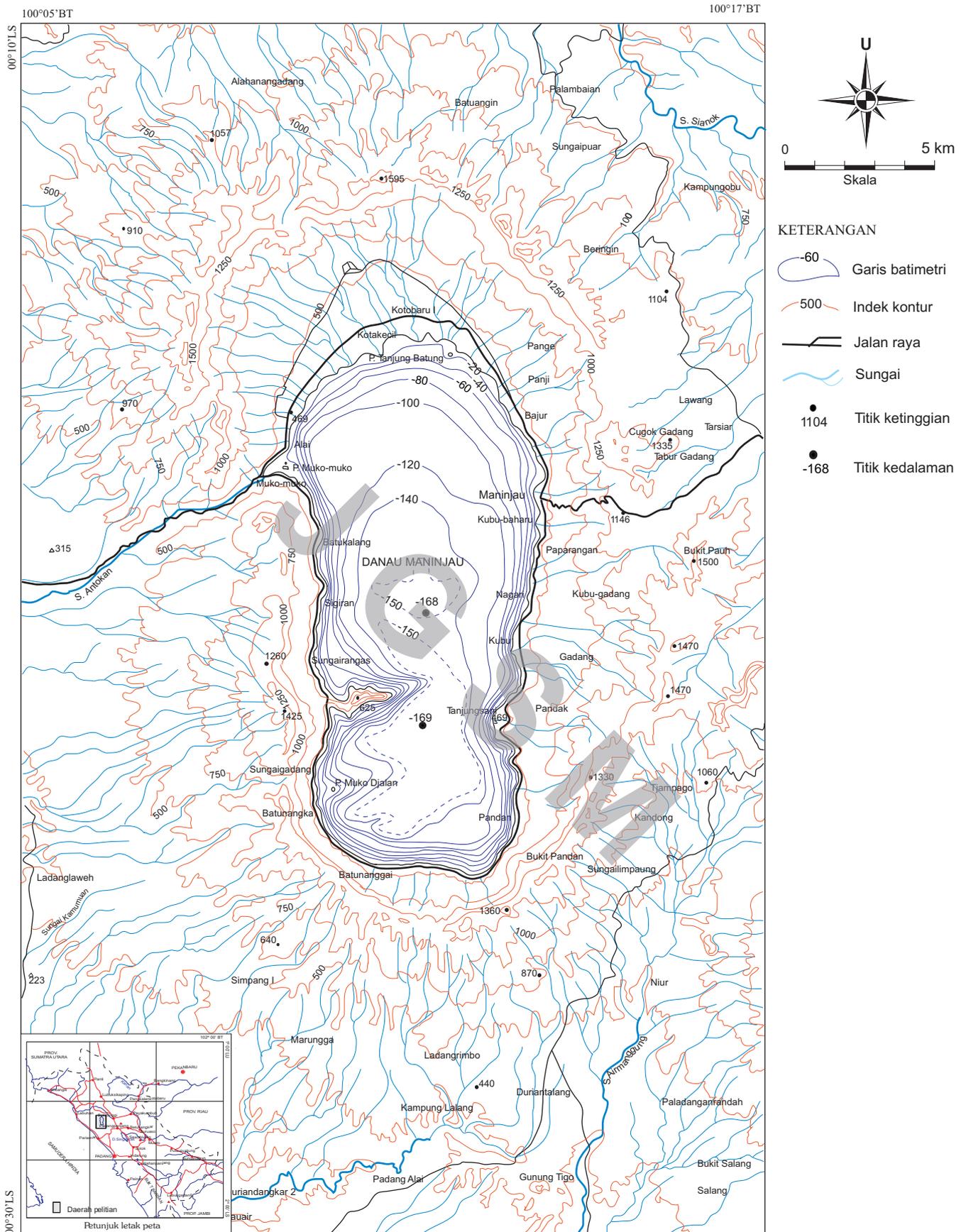
Sementara ada yang berpendapat bahwa kaldera Maninjau kemungkinan terbentuk oleh satu kali letusan besar/katastropik dan diikuti oleh runtuhnya dasar kepundan, sehingga terbentuk kaldera seperti keadaan sekarang. Runtuhnya dasar kepundan diperkirakan dikontrol oleh sesar-sesar yang berpasangan dengan arah barat laut - tenggara dan barat daya - timur laut. Selain itu, kejadian tersebut

juga mengakibatkan terjadinya struktur bukaan di bagian barat dan timur kaldera. Bukaan di bagian timur merupakan jalur utama mengalirnya lahar, aliran panas (*surge*) yang mengisi daerah di sebelah timurnya termasuk Bukittinggi yang sekarang disebut plato. Sedangkan pada bukaan di sebelah barat banyak ditemukan aliran lava yang sekarang merupakan *outlet* Danau Kaldera Maninjau (sungai Antokan).

Adanya sesar-sesar di bagian barat mengakibatkan banyak terjadi longsoran dan rombakan dinding kaldera yang pada gilirannya membentuk kipas-kipas koluvial dan dataran aluvium, yang sekarang merupakan kawasan persawahan yang sangat subur. Di pihak lain, dinding kaldera di bagian selatan dan timur struktur tidak terlihat seperti gejala-gejala di bagian barat, sehingga kondisi dinding kaldera di daerah ini masih memperlihatkan bentuk ideal yang hanya menghasilkan endapan talus (*scree slope*).

Dari hasil penafsiran foto udara dan pengamatan lapangan, penampakan morfologi gunung Maninjau dapat dikenali dengan adanya dua kerucut gunung api yang lebih tua di bagian utara daripada kerucut bagian selatan. Berdasarkan asumsi ini, maka kaldera Maninjau terbentuk oleh dua kali letusan gunung api Maninjau tua dan muda. Karena letak kedua gunung sangat berdekatan, letusan kedua dapat menghancurkan dinding kepundan gunung api yang tua. Untuk mendukung asumsi ini perlu data yang beraspek kegeologian, seperti uji laboratorium, namun hasil uji Potasium Argon batuan andesit tidak mendeteksi umurnya. Hal ini bisa disebabkan oleh tiga kemungkinan, yakni kandungan Ar^{40} kecil, karena *lost Argon*, atau umur batuan terlalu muda.

Bibir kaldera Maninjau mencapai ketinggian 1200-1400 m dpl. Menurut hasil survei Verbeek (1883) dalam Verstappen (1973) permukaan danau mempunyai ketinggian 459 m dengan kedalaman maksimum 157 m. Dasar danau yang datar dibatasi oleh lereng curam hingga ketinggian mencapai ratusan meter, merupakan produk kombinasi antara tektonik dan letusan gunung api (*volcano-tectonic*). Dinding kaldera yang hampir tegak terdapat di bagian selatan, sedangkan adanya tanjung di bagian selatan merupakan sisa pusat erupsi yang paling muda. Dinding kaldera di bagian utara relatif lebih landai, dan dataran aluvium yang agak miring ke arah danau merupakan areal persawahan irigasi yang melampar di antara dinding kaldera dan danau. Di sepanjang khaki lereng terdapat endapan talus dan



Gambar 7. Peta batimetri Danau Kaldera Maninjau (Rutner, 1931).

pembentukan delta-delta mikro yang masih dan akan terus berlangsung. Hampir semua dinding kaldera di bagian utara telah menunjukkan adanya proses gerakan tanah yang berupa rombakan/*debris* dan nendatan pada dinding kaldera bagian timur.

DISKUSI

Genesis Danau Kaldera Maninjau hingga sekarang masih menjadi silang pendapat berbagai kalangan, terutama para ahli kebumihan, baik dari luar maupun dalam negeri. Ada sementara ahli yang berpendapat bahwa Danau Kaldera Maninjau terbentuk oleh sekali letusan yang dahsyat/katastropik, sehingga terbentuk danau yang seperti sekarang. Pihak lain berpendapat bahwa Danau Kaldera Maninjau terbentuk oleh dua kali letusan, namun terjadi pada satu kerucut gunung api. Hal ini didasari atas penampakan morfologi yang menunjukkan perbedaan antara tebing kaldera di bagian selatan dan bagian utara. Pada tebing bagian utara dan barat sudah berkembang adanya proses gerakan tanah yang berupa nendatan dan *debris*. Di samping itu sudah berkembang morfologi dataran aluvium. Sebaliknya, dinding kaldera di bagian selatan masih menunjukkan tebing yang hampir tegak dan belum menunjukkan adanya proses gerakan tanah, seperti halnya di bagian utara. Menurut Verstappen (1973) adanya tanjung di Sungairangas diasumsikan sebagai sisa letusan Maninjau muda.

Dari hasil interpretasi foto dan pengamatan lapangan dapat dikenali adanya dua morfologi kerucut gunung api yang bersebelahan, dinamakan Maninjau tua (utara) dan Maninjau muda (selatan). Di samping itu,

menurut hasil survei Ruttner (1931) tentang peta batimetri Danau Kaldera Maninjau terdapat adanya dua titik kedalaman yang nyaris sama dan dipisahkan oleh adanya pembatas yang berupa *saddle*.

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian geomorfologi yang ditinjau aspek geologi dan data dari peneliti terdahulu, dapat disimpulkan bahwa Danau Kaldera Maninjau kemungkinan terbentuk akibat dua kali letusan katastropik dua tubuh gunung api yang berbeda. Alasan yang mendukung asumsi ini yakni:

- penampakan morfologi yang menunjukkan adanya dua kerucut gunung api yang bersebelahan, Maninjau tua (utara) dan Maninjau muda (selatan).
- kondisi morfologi dinding kaldera bagian utara sudah mengalami proses denudasi dan membentuk *debris*, nendatan, talus, dan dataran aluvium, sedangkan di bagian selatan sedang berlangsung proses pembentukan talus.
- terdapatnya dua titik kedalaman pada peta batimetri yang masing-masing -168 m (di sebelah utara) dan -169 m (di sebelah selatan), yang dibatasi oleh garis batimetri yang lebih dangkal (*saddle*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Djadjang Sukarna selaku Kepala Pusat Survei Geologi atas izinnya untuk menerbitkan tulisan ini. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi para pembaca.■

ACUAN

- Circum-Pasific Map Project, 1981. Plate tectonic map of the circum-Pasific region, southwest quadrant: Tulsa, Circum-Pasific Counc. *Energy Min. Res./Am. Assoc. Pet. Geol.*, scale 1:10.000.000.
- Hamilton, W., 1979. Tectonic of the Indonesian Region. *US Geol. Surv. Prof. Paper* 1078.
- Hayat, Z.D., 2003. Morfo-tektonik Ngarai Sianok Bukittinggi, Sumatera Barat. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral* XIII (133):25-36.
- Kastowo, Gerhard, W.L., Gafoer, S., dan Amin, T.C., 1996. *Peta Geologi Lembar Padang, Sumatera, skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan dan Geologi, Bandung.

- Katili, J.A., 1969. New results of radiometric age dating of some Indonesian Quaternary deposits: *Bull. Natl. Inst. Geol. Min.* 2(2):29-31, Bandung.
- , 1970. Large transcurrent faults in Southeast Asia with special reference to Indonesia: *Geol. Rundschau*, 59:581-600.
- Leo, G.W., Hedge, C.E., and Marvin, R.F., 1980. Geochemistry, strontium isotope data, and potassium-argon ages of the andesite-rhyolite association in the Padang area, West Sumatera. *Jour. Volcanol. Geotherm. Res.* 7:139-156.
- Mulyana, H., Moechtar H., Firdaus M., Gurning J., dan Marjiono; 2004. Laporan Penelitian Kegempaan dan Siklus Stratigrafi Daerah Bukittinggi dan sekitarnya, Sumatera Barat, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Laporan Intern.
- Nishimura, S., 1980. *Re-examination of the fission-track ages of volcanic ashes and ignimbrites in Sumatra.* Physical geology of Indonesian island arcs, Kyoto Univ. :148-153.
- Poedjoprajitno, S., Kamawan dan Lumbanbatu U.M., 2004. *Peta Geomorfologi Lembar Bukittinggi, Sumatera Barat, skala 1:100.000.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Open File.
- Posavec, M., Taylor, D., van Leeuwen, Th., and Spector, A., 1973. Tectonic controls of volcanism and complex movements along the Sumatran Fault system. *Geol. Soc. Malaysia Bull.* 6: 43-60.
- Purbo-Hadiwidjoyo, M.M., Sjachrudin, M.L., and Suparka, S., 1979. The volcanotectonic history of the Maninjau caldera, western Sumatra, Indonesia. *Geol. Mijnb.* 58(2):193-200.
- Ruttner, F., 1931. Hydrographische und hydrochemische Beobachtungen auf Java, Sumatra und Bali. *Arch. Hydrobiol., Supp.* 8:97-454.
- Santoso, Suharsono, dan Gurning J., 2004. Laporan Morfogenetik Daerah Bukittinggi, Sumatera Barat; Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Laporan Intern.
- Verstappen, H.Th.; 1973. *A geomorphological reconnaissance of Sumatra and adjacent islands* (Indonesia). International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences (ITC); Enschede; Wolter-Noordhoff Publishing Groningen.
- Zen, M.T., 1972. The origin of several pyroclastic plateau in the Padang Highlands (Central Sumatra) : *Inst. Teknol. Bandung, Proc.* 6:81-88.

Naskah diterima	: 19 Oktober 2006
Revisi terakhir	: 20 Maret 2007