

STRUKTUR GEOLOGI PADA ZONA TRANSISI ANTARA BUSUR VOLKANIK BUKIT BARISAN DENGAN CEKUNGAN BELAKANG BUSUR : CONTOH DI DAERAH SUMATRA UTARA

Iyan Haryanto

Mahasiswa Program Doktor, Program Pasca Sarjana Unpad
Laboratorium Geodinamik, Fakultas Teknik Geologi, UNPAD

ABSTRACT

Structural pattern in Sumatra controlled by oblique subduction between Eurasian Plate with Indo-Australian Plate, resulting the structure dominated by strike-slip dextral faults. According to the position of subduction, the strike slip fault generally trending northwest-southeast.

The older faults that already formed in the basement rocks (pre-rift) reactivated become normal faults under the influence of transtensional (syn-rift). This tectonic process then produce some tertiary sedimentary basin in the adjacent area. Furthermore, in the Late Tertiary it is reactivated again under the influence of transpressional (post-rift). This later tectonic event cause all sedimentary rock strongly folded and faulted, followed by magmatism/volcanism activity. This whole tectonic activity produced the Barisan Mountain Range.

The transpressional process created high and low area, which could make the basement rock uplifted and separate the distribution of tertiary sedimentary in the different locations.

Keywords: *Sumatra, oblique subduct, barisan mountain, basement*

ABSTRAK

Pola struktur di Sumatra dikontrol oleh aktivitas tumbukan menyerong antara Lempeng Eurasia dengan Lempeng Hindia-Australia, sehingga pola struktur yang terbentuk didominasi oleh sesar mendatar dekstral. Sesuai dengan posisi jalur tumbukan lempengnya, maka arah dari jalur sesar mendatarnya berarah baratlaut-tenggara.

Sesar-sesar tua yang sudah terbentuk pada batuan dasar (*pre-rift*) mengalami reaktifasi menjadi sesar-sesar normal di bawah pengaruh sistem tegasan *transtensional (syn-rift)*. Tektonik inilah yang menghasilkan sejumlah cekungan sedimen tersier di wilayah tersebut. Selanjutnya pada Akhir Tersier mengalami pengaktifan kembali di bawah pengaruh tektonik *transpresional (post-rift)*. Tektonik yang terakhir inilah yang menyebabkan seluruh batuan sedimen terlipat dan tersesarkan dengan kuat, serta diikuti dengan aktivitas magmatisma/vulkanisma. Seluruh aktivitas tektonik ini menghasilkan jalur tinggian yang dikenal sebagai Pegunungan Barisan.

Tegasan *transpresional* membentuk daerah tinggian dan rendahan, sehingga memungkinkan batuan dasar terangkat dan memisahkan sebaran formasi batuan sedimen Tersier ke dalam beberapa daerah yang berbeda.

Kata kunci: Sumatra, tumbukan menyerong, pegunungan Barisan, batuan dasar.

PENDAHULUAN

Kualitas bangunan sangat bergan-Pola struktur geologi di Sumatra dibentuk dan dipengaruhi oleh tumbukan miring antara Lempeng Eurasia dengan Lempeng Hindia. Dengan latar belakang tektonik global tersebut maka pola struktur yang terbentuk di Pulau Sumatra di bawah pengaruh sistem tegasan *couple*. Sistem tegasan inilah yang menghasilkan struktur sesar mendatar regional, seperti Sesar Sumatra dan sesar Mentawai. Diyakini oleh beberapa peneliti sebelumnya, bahwa sesar-sesar mendatar di Sumatra sebagai penyebab terbentuknya cekungan

sedimen Tersier dan munculnya aktivitas gunungapi di permukaan. Struktur geologi daerah Sumatra sangat kompleks, terutama yang berkembang di sekitar batas kontak antara jalur vulkanik dengan cekungan sedimen belakang busur. Fenomena ini disebabkan karena pada zona tersebut, aktivitas tektoniknya lebih aktif dan diikuti oleh aktivitas magmatisma/ vulkanisma. Yang menjadi permasalahan di sini adalah kapan terjadinya tektonik pembentuk struktur *strike slip* di atas? Apakah pola strukturnya berperan terhadap pembentukan ce-

kungan sedimentasi atau terjadi setelah fase litifikasi? Untuk membahas permasalahan di atas, dilakukan penelitian yang berada pada batas antara lingkungan tektonik jalur bergunungapi (bukit Barisan) dengan cekungan sedimen Tersier. Dalam hal ini dipilih di Sumatra Utara mencakup wilayah Bukit Lawang, Tangkahan dan Brastagi.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada saat ini, posisi jalur tumbukan Lempeng Hindia dengan Lempeng Eurasia berada di sebelah barat Pulau Sumatra dengan arah barat-laut-tenggara. Kedudukan pertemuan dua lempeng tersebut terhadap arah gerak masing-masing lempeng menyebabkan terjadinya tumbukan miring (*oblique subduction*), sepanjang sekitar 5000 km mulai dari Birma hingga Maluku (Hamilton, 1979).

Tumbukan menyerong di kawasan ini menghasilkan lingkungan tektonik berupa palung, jalur vulkanik dan cekungan sedimen, disamping menghasilkan sistem sesar mendatar di kawasan Sumatra. Sesar Sumatra dan Sesar Mentawai adalah dua contoh sesar regional yang mempengaruhi proses geologi selanjutnya. Kedua sesar regional tersebut dan sesar-sesar mendatar lainnya, terbentuk dan berhubungan dengan aktivitas tumbukan lempeng menyerong. Dengan demikian dapat disimpulkan sesar mendatar di Pulau Sumatra memiliki sifat yang mengakar ke dalam (*deep seated*), sehingga menembus batuan dasarnya (*basement involved*). Sifat dari sesar inilah yang memunculkan aktivitas magmatisme/vulkanisme di permukaan.

Di beberapa wilayah di Sumatra jalur sesar mendatar regional ini dapat berperan sebagai pengontrol pembentukan cekungan sedimen Tersier (*pre-rift*), namun dapat pula berperan sebagai pemisah antar cekungan yang terjadi jauh setelah

proses sedimentasi berlangsung (*post rift*).

Aktivitas pensesaran di Sumatra nampaknya diikuti pula oleh aktivitas magmatisme/vulkanisme. Hal ini dapat disimpulkan berdasarkan pada kedudukan gunungapi terhadap jalur sesarnya, yaitu di sepanjang jalur Sesar Sumatra ditemukan deretan gunungapi. Gunungapi di Sumatra terletak di dalam zona gunungapi yang dikenal sebagai Bukit Barisan. Di bagian ini membentang sesar regional Sumatra, sehingga dapat disimpulkan ada hubungan erat antara sesar mendatar dengan aktivitas magmatisme/vulkanismenya.

PEMBAHASAN

Blok penelitian berada di tepi bagian timur jalur tinggian Bukit Lesur (bagian dari jalur Bukit Barisan). Secara tektonik berada pada batas tepi tinggian Bukit Barisan dan tepi barat cekungan belakang busur. Secara fisiografi daerah ini memiliki perbedaan yang mencolok baik dari aspek morfologi, litologi, stratigrafi maupun struktur geologinya.

Berdasarkan hasil analisis DEM, dapat diinterpretasikan terdapat dua arah struktur utama, yaitu struktur sesar berarah barat-laut-tenggara (pola Sumatra) dan timurlaut-baratdaya (pola Meratus) (Gambar 2). Diantara kedua pola struktur tersebut, struktur pola Sumatra sangat mendominasi. Dalam hal ini, Sesar Sumatra berstatus sebagai "*Primary development zone*" (PDZ) Struktur sesar dengan arah lainnya berstatus sebagai *antithetic* dan *synthetic fault*.

Melalui DEM, nampak jelas terlihat bahwa morfologi daerah penelitian dikontrol oleh sesar mendatar. Morfologi perbukitan dan lembahnya saling sejajar searah dengan jalur sesar mendatarnya, seperti yang dijumpai di daerah Bukit Lawang dan Tangkahan. Di daerah tersebut, batas morfologi perbukitan terjal dan perbukitan bergelombang lemah, membentuk suatu jalur kelurusan

dengan arah barat-laut-tenggara. Selanjutnya dari pengamatan batuan di lapangan diketahui, di sepanjang zona kelurusan tersebut ditemukan indikasi pensesaran berupa cermin sesar, breksi sesar dan tubuh batuan yang terkekarkan dengan intensitas yang tinggi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa untuk daerah Sumatera, bentuk kelurusan topografi dengan arah tersebut umumnya dikontrol oleh sesar mendatar.

Sesar mendatar di daerah penelitian mengontrol terbentuknya morfologi tinggian dan rendahan. Fakta ini menunjukkan bahwa sesar mendatarnya diikuti oleh pergeseran vertikal, baik bergerak naik atau turun. Dikaitkan dengan aspek stratigrafi dan morfologinya, diyakini bahwa sesar mendatar di lokasi penelitian telah terjadi berulang-ulang.

Dari hasil pengamatan di lapangan, dibagian tepi timur lereng Bukit Barisan baik di daerah Bukit Lawang maupun Tangkahan, batuan yang tersingkap berupa batuan sedimen klastik berlapis baik. Di daerah Tangkahan, litologinya terdiri atas perselingan batupasir kuarsa dengan batulempung, dengan sifat fisik antara lain berwarna abu-abu, keras, calcareous, terkekarkan dengan kuat dan banyak ditemukan veinlet kuarsa (gambar 3). Di atas kelompok batuan ini secara tidak selaras ditutupi oleh lapisan batugamping berlapis baik. Dari sifat fisik batuan dapat disimpulkan bahwa formasi batuan yang pertama berstatus sebagai batuan dasar berumur Pra-Tersier (gambar 4); Sedangkan di daerah Bukit Lawang, batuan tertua yang tersingkap di permukaan berupa lapisan batugampingnya dan lapisan batulempung (gambar 5).

Dari pengamatan lapangan di lokasi lainnya, batuan yang berada di sekitar kaki Pegunungan Leuseur (bagian dari jalur Bukit Barisan) telah terlipat dan tersesarkan. Jurus perlipatan batuan yang diukur di lokasi tersebut berarah barat-laut-tenggara (Pola Sumatera) dengan kemiringan di

atas 60° , bahkan beberapa diantaranya mendekati vertikal (*tight fold*). Pola lipatan seperti ini umumnya berasosiasi dengan sesar naik sebagai akibat adanya tektonik kompresil. Bukti-bukti pensesaran lainnya yang ditemukan umumnya berupa cermin sesar (*slicken side*), breksi sesar (*fault breccia*), lipatan seret (*drag fold*) dan kekar gerus (*shear joint*) yang tinggi (Gambar 6 dan 7).

Data cermin sesar menunjukkan adanya pengaruh sesar mendatar dengan arah utama barat-laut-tenggara dan barat-timur, sedangkan arah lainnya merupakan sesar sekunder berstatus sebagai *antithetic* dan *synthetic fault*. Hasil pengamatan dan pengukuran cermin sesar pada singkapan batupasir di Sungai Garut, yaitu bidang sesarnya dengan arah N 160° E/ 85° hingga N 350° E/ 80° ; Pitch 15° hingga 20° ; pitch ref. dekstral dan naik. Berdasarkan data tersebut diketahui jenis sesarnya adalah mendatar dekstral.

Keberadaan jalur sesar dicirikan pula dengan berkembangnya struktur kekar dengan intensitas yang sangat tinggi, yaitu dalam bentangan 1 meter didapatkan lebih dari 25 bidang kekar. Umumnya jenis kekar didominasi oleh kekar gerus (*shear joint*) yang saling berpasangan (*conjugate shear joint*), memiliki banyak arah dan saling memotong; sehingga seringkali menghasilkan pola *stock work*, *dupleks* dan sebagian lainnya membentuk breksi sesar. Dari hasil pengukuran kekar yang dilakukan di 5 titik lokasi (data kekar pada lampiran), diketahui sistem tegangannya bersifat *compressional* yang menghasilkan sejumlah sesar mendatar naik.

Berdasarkan pada bukti-bukti lapangan tersebut di atas maka terdapat dua jenis sesar utama, yaitu sesar naik dan sesar mendatar. Kedua jenis sesar tersebut berada pada habitat tektonik yang sama yaitu di bawah pengaruh tektonik "*strike slip*". Dengan demikian telah berlangsung

tektonik *transtensional* yang menghasilkan geometri *positive flower structure*. Tektonik inilah yang salah satunya mengontrol adanya perbedaan topografi antara jalur pegunungan Leuseur dengan blok daerah penelitian, disamping menyingkapkan batuan tua ke permukaan.

Berbeda dengan pola struktur yang terbentuk di pegunungan Leuseur, struktur geologi yang terbentuk di dalam blok penelitian didominasi oleh struktur lipatan dan miskin kekar gerus (intensitas kekar rendah). Dari hasil pengukuran bidang lapisan batuan di lapangan, diketahui arah umum jurus perlapisan batuan adalah baratlaut-tenggara. Hal ini sesuai dengan hasil interpretasi DEM, yaitu ditemukannya pola bergaris dengan arah tersebut yang ditafsirkan sebagai jurus perlapisan batuan sedimen. Besar sudut kemiringan lapisan batuan umumnya berkisar antara 5° hingga 40° (*open fold dan moderate fold*), kecuali di sekitar kaki lereng perbukitan Leuseur memiliki "dip" yang besar. Seperti yang telah dijelaskan di atas, bahwa "dip" yang besar ini dipengaruhi oleh adanya sesar mendatar regional yang sifatnya transtensional.

Dari hasil penafsiran pola jurus lapisan batuan menunjukkan adanya struktur lipatan antiklin dan sinklin yang menunjам. Di bagian barat, sayap bagian barat lipatan sinklin mengarah ke timur, hal ini sesuai dengan posisi stratigrafinya yaitu batuan sedimen Tersier menindih batuan tua Gunung Leuseur. Semakin ke arah timur nilai "dip"-nya semakin kecil, hal ini disebabkan karena pengaruh tektonik transpresional semakin berkurang

Tektonik kopresif disertai dengan pergeseran secara lateral merupakan konsekuensi dari tumbukan lempeng yang menyerong. Sesar mendatar yang terbentuk di dalam lingkungan tektonik seperti di atas, selalu menembus batuan dasar (*basement involved*). Melalui rekahan bidang sesar inilah, material magma yang

berada di bawahnya dapat naik ke permukaan. Beberapa gunungapi yang berada di dalam zona sesar tersebut adalah Gunungapi Sibayak (gambar 8).

Di bagian timur Gunung Sibayak, dijumpai batuan sedimen berupa perselingan batulempung dengan sisipan batupasir. Batuanannya telah terdeformasi kuat, yaitu dicirikan dengan berkembangnya intensitas kekar yang tinggi serta ditemukannya lipatan seret di sejumlah lokasi.

Singkapan batuan ini memiliki sebaran yang terbatas dengan arah baratlaut-tenggara. Sebarannya dibatasi oleh endapan vulkanik Kuartar dan batuan dasar yang umurnya jauh lebih tua. Dari hasil pengamatan lapangan, sebaran batuan sedimen dengan batuan dasarnya dibatasi oleh perbedaan elevasi yang sangat kontras, yaitu batuan sedimennya berada pada morfologi perbukitan bergelombang lemah, sedangkan batuan dasarnya membentuk morfologi perbukitan terjal. Batas kedua morfologi tersebut membentuk suatu jalur kelurusan berarah baratlaut-tenggara. Dengan memperhatikan aspek morfologi serta indikasi struktur geologi yang ditemukan di permukaan, dapat dipastikan batas kedua satuan batuan tersebut merupakan batas sesar. Melalui hasil penafsiran pola struktur yang berkembang di daerah penelitian, maka dapat disimpulkan jenis sesarnya adalah sesar mendatar dekstral.

Dari aspek tektonostratigrafinya, dapat diketahui bahwa singkapan batuan yang berada di dalam jalur Bukit Barisan, dahulunya bersatu dengan singkapan yang berada di daerah Tangkahan dan Bukit Lawang. Terpisahnya sebaran batuan sedimen tersebut diakibatkan oleh aktivitas sesar mendatarnya yang sifatnya *transpresional*. Dengan demikian telah terjadi pengaktifan kembali (re-aktivasi) sesar-sesar tua (*pre-rift*) yang berkembang pada batuan dasar oleh tektonik yang lebih muda (*post-rift*).

KESIMPULAN

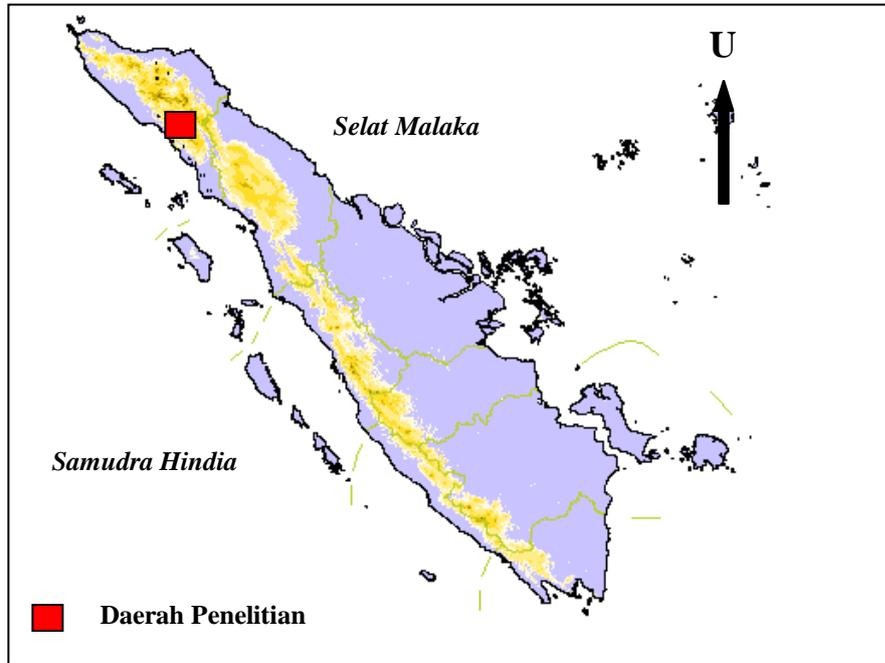
Bukit Barisan merupakan jalur tinggian yang di dalamnya disusun oleh batuan berumur Pra-Tersier dan batuan vulkanik Kuartar hasil aktivitas gunungapi yang beberapa diantaranya masih aktif hingga sekarang. Tersingkapnya batuan berumur tua serta adanya aktivitas vulkanisma, merupakan suatu bukti geologi yang kuat bahwa di daerah tersebut dikontrol oleh struktur sesar yang sifatnya regional. Dikaitkan dengan tektonik tumbukan lempeng, sesar mendatar yang berkembang di Sumatra bersifat *transpresional* dan mengakar ke dalam (*deep seated*). Pola struktur seperti ini hanya dapat terbentuk dalam habitat struktur *strike slip* dengan geometri menyerupai *palm structure* (*positive flower structure*).

Sesar mendatar di Sumatra sudah terbentuk jauh sebelum terakumulasinya sedimen Tersier (*pre-rift*). Sejalan dengan terus aktifnya tumbukan menyerong di daeran

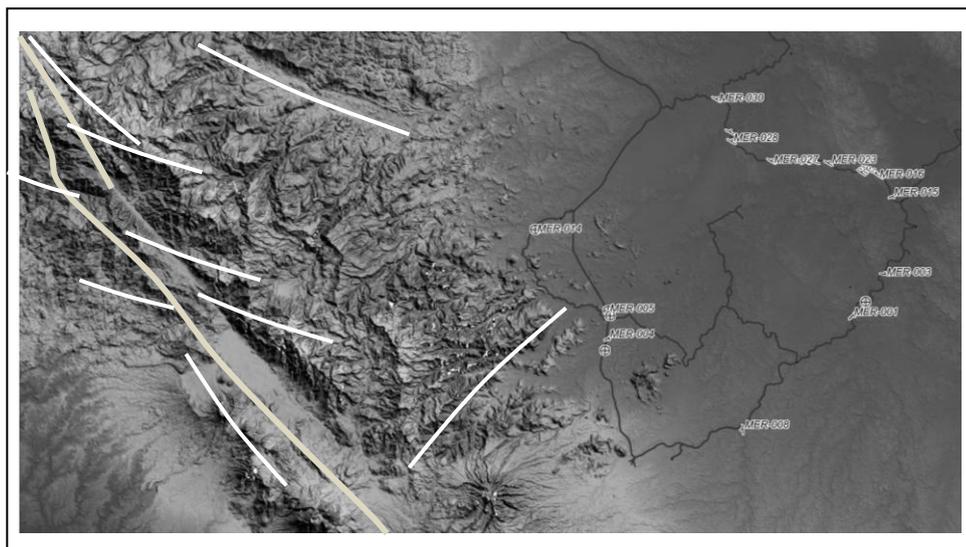
tersebut, menyebabkan terbentuknya sejumlah cekungan sedimentasi yang mulai berlangsung pada awal Tersier, di bawah pengaruh *system* tegasan *transtensional*. Selanjutnya pada akhir Tersier, *system* tegasan bersifat *transpresional*, yang menyebabkan terangkat dan terlipatnya seluruh batuan di kawasan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Hamilton, W. 1979. Tectonics of the Indonesian Region: Geological Survey Professional Paper 1078, US. Government Printing Office.
- Lowell, J.D. 1985. Structural Styles in Petroleum Exploration, OGCI Publication, Tulsa, 477 p.



Gambar 1. Lokasi daerah penelitian



Gambar 2 .

Hasil interpretasi struktur didominasi arah baratlaut-tenggara. Jalur sesar ini kedudukannya sejajar dengan sistem subduk miring antara Lempeng Hindia-Australia dengan Eurasia. Sesar Sumatra merupakan salah satu sesar mendatar regional yang statusnya sebagai *primary development zone* (PDZ)



Gambar 3 .

Perselingan batupasir dengan batulempung, dengan sifat fisik yang sangat keras, terkekarkan kuat, beberapa disertai *vein* kuarsa. Batuan ini merupakan batuan dasar berumur pra-Tersier yang tersingkap di Sungai Buluh, Tangkahan (Foto Penulis).



Gambar 4 .

Bidang lapisan batugamping dengan kedudukan $U340^{\circ}T/30^{\circ}$, tersingkap di lokasi Tangkahan (Foto Penulis)



Gambar 5 .

Bidang lapisan batugamping dengan kedudukan $U300^{\circ}T/20^{\circ}$, tersingkap di lokasi Bukit Lawang (Foto Penulis)



Gambar 6.

Slicken side pada singkapan batupasir. Bidang sesar dengan arah $N 160^{\circ}E/85$ hingga $N 350^{\circ}E/80^{\circ}$; *Pitch* 15° hingga 20° ; *pitch* dekstral dan naik. Dari data ini menunjukkan adanya pengaruh sesar mendatar dekstral di Sungai Buluh.



Gambar 7.

Fault rock (fault breccia) sebagai jejak adanya pensesaran di lokasi Sungai Buluh)



Gambar 8.

Gunungapi aktif Sibayak-Brastagi di lingkungan tektonik *volcanic arc*. Kedudukan gunungapi dilatarbelakangi oleh struktur sesar yang sifatnya mengakar ke dalam (*deep seated*), dalam hal ini dikontrol oleh habitat struktur *strike slip* sebagai akibat adanya tumbukan miring antara lempeng Hindia-Australia dengan Eurasia.