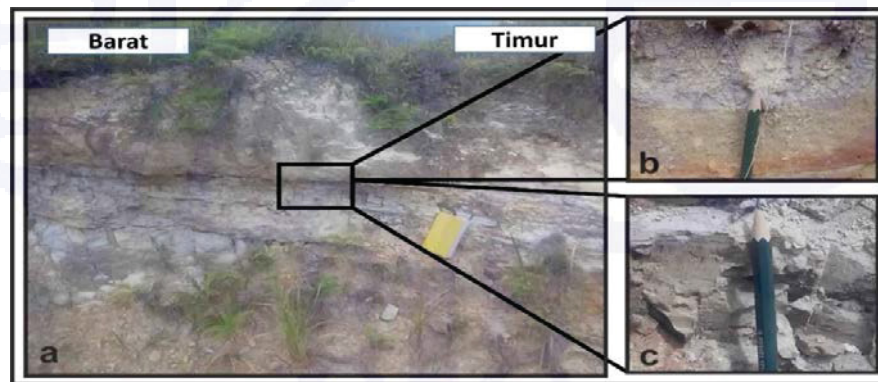


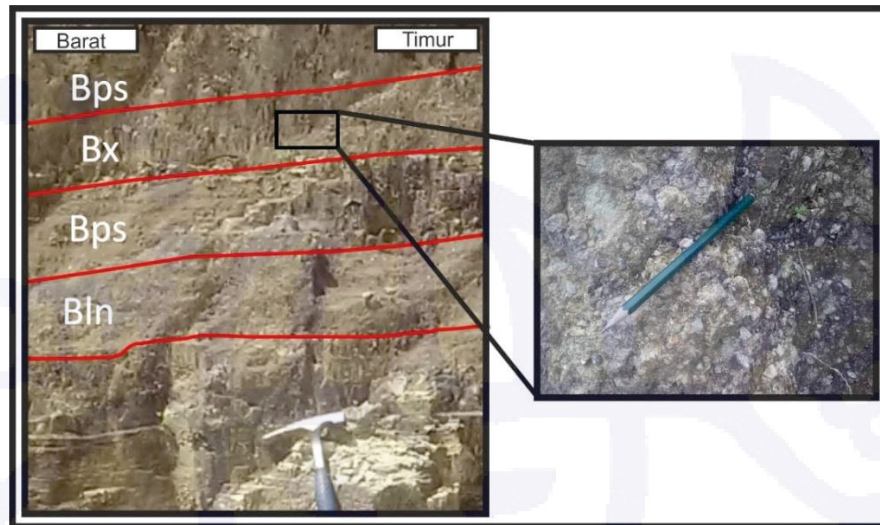
III.2.3 Satuan Batulanau-Batupasir

Satuan ini tersebar hampir di seluruh bagian daerah penelitian, dari barat hingga tengah dan utara hingga selatan daerah penelitian serta mencakup 86,06 km² (80,38%) dari luas keseluruhan daerah penelitian. Satuan Batulanau-Batupasir ditandai dengan warna hijau pada peta geologi (Lampiran A-3). Penamaan satuan ini ditentukan berdasarkan perselingan antara batulanau dan batupasir dengan ketebalan masing-masing 5cm-1,5 m dan 5-50 cm. Satuan ini tersingkap baik di daerah Hutaraja (Gambar III.23), Siaek-Aek, Sijambur, dan Nadeak Bariba. Selain disusun oleh perselingan batulanau dan batupasir, satuan ini juga disusun oleh sisipan breksi dengan ketebalan 10-50 cm (Gambar III.24). Batulanau lebih dominan dari batupasir.

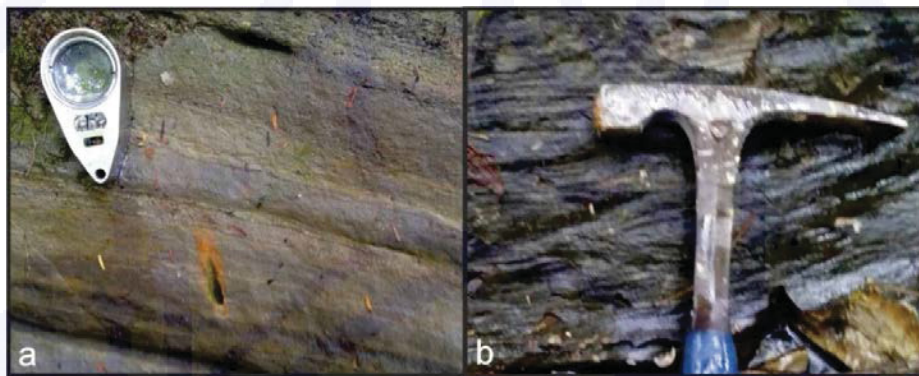
Batulanau pada satuan ini memiliki ciri-ciri berwarna abu-abu, ukuran butir lanau, kompak. Sedangkan batupasir pada satuan ini memiliki ciri-ciri berwarna coklat terang-gelap, bersifat tufan, ukuran butir pasir halus-kasar, membundar tanggung, terpilah baik, kemas terbuka, lepas-lepas, porositas sedang, mengandung kuarsa, plagioklas, biotit, k-feldspar, dan fragmen litik tuf terelaskan, terdapat juga struktur sedimen silang siur dan laminasi paralel (Gambar III.25). Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan bahwa kedudukan lapisan batuan pada satuan ini memiliki kemiringan ke arah barat dan besar kemiringan umumnya berkisar 4°-10°.



Gambar III.23 (a) Singkapan yang menunjukkan perselingan batupasir dan batulanau di Desa Hutaraja pada koordinat UTM 485503 mT, 291000 mU; (b) kenampakan litologi batupasir pada Satuan Batulanau-Batupasir; (c) kenampakan litologi batulanau pada Satuan Batulanau-Batupasir.



Gambar III.24 Singkapan yang menunjukkan kenampakan sisipan breksi pada Satuan Batulanau-Batupasir di desa Sibuntuon pada koordinat UTM 474723 mT, 288653 mU.

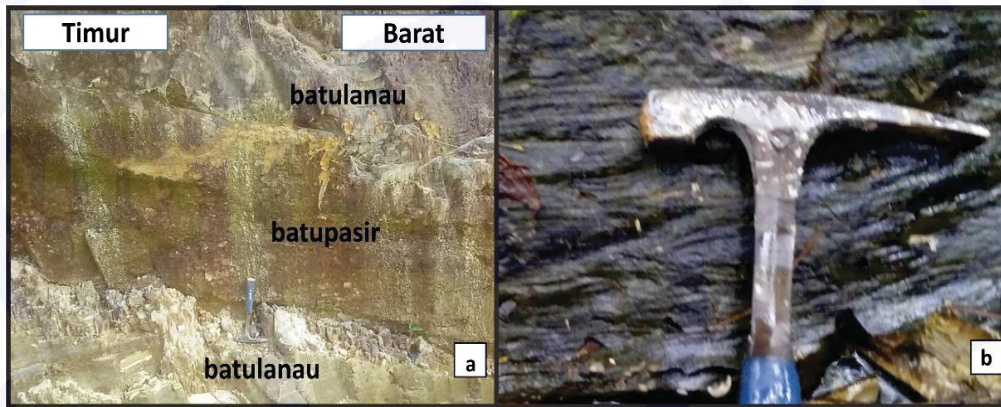


Gambar III.25 Struktur sedimen; (a) laminasi paralel dan (b) silang siur pada Satuan Batulanau-Batupasir.

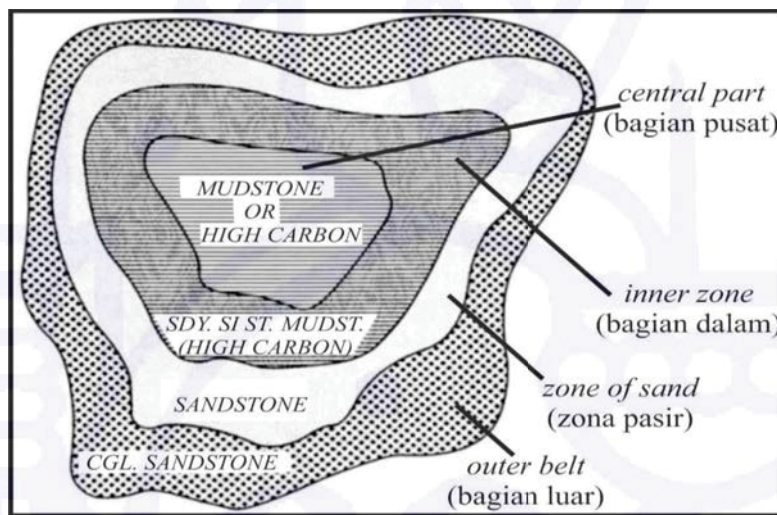
Hasil analisis petrografi dari sayatan tipis sampel S11-10 dan S12-9 (Lampiran B) menunjukkan bahwa nama dari batulanau adalah *mudrock* berdasarkan klasifikasi Pettijohn (1975). Hasil analisis petrografi dari sayatan tipis sampel S8-10 dan S18-1 (Lampiran B) menunjukkan bahwa nama dari batupasir di satuan ini adalah *lithic wacke* berdasarkan klasifikasi Pettijohn (1975).

Formasi Samosir diendapkan di lingkungan danau (Aldiss dkk., 1983). Lingkungan pengendapan Satuan Batulanau-Batupasir ditentukan dengan menganalisis singkapan yang

terdapat pada satuan ini (Gambar III.26) dan membandingkannya dengan model yang dibuat oleh Twenhofel (1932) dalam Reineck dan Singh (1973) (Gambar III.27).



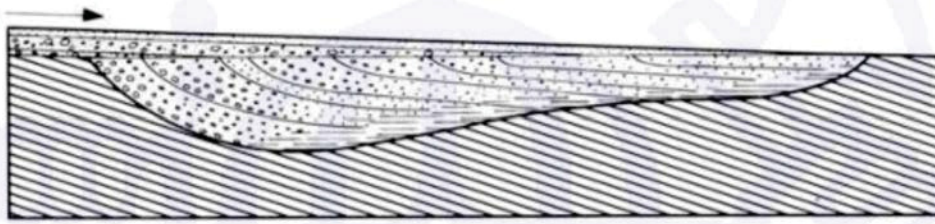
Gambar III.26 (a) Singkapan yang menunjukkan perselingan batulanau dan batupasir; (b) struktur sedimen silang siur di litologi batupasir.



Gambar III.27 Model endapan danau dimodifikasi dari Twenhofel (1932) dalam Reineck dan Singh (1973).

Pada satuan ini terdapat batulanau dan batupasir yang diendapkan sebagai perselingan dengan sisipan breksi. Mengacu pada model di Gambar III.27, batupasir diendapkan di zona pasir (*zone of sand*) pada danau, dan batulanau diendapkan di danau bagian dalam (*inner zone*). Perselingan antara batupasir dan batulanau dapat dijelaskan dengan mekanisme pengisian sedimen pada lingkungan danau yang terjadi secara berulang-ulang (*progradasi*). Berdasarkan model endapan danau, butiran yang lebih kasar akan diendapkan di bagian tepi

danau dan butiran yang halus diendapkan di bagian tengah danau. Proses pengisian ini terjadi berulang kali hingga menghasilkan perselingan antara batulanau dan batupasir (Gambar III.28).



Gambar III.28 Pengisian sedimen pada lingkungan danau dimodifikasi dari Wagner (1950) dalam Reineck dan Singh (1973).

Perselingan antara batupasir dan batulanau ini juga dapat dijelaskan dengan proses transgresi dan regresi. Awalnya batulanau diendapkan di danau bagian dalam (*inner zone*), lalu suatu waktu danau mengalami regresi (muka air danau turun) sehingga endapan batupasir menutupi endapan batulanau. Setelah itu, danau mengalami transgresi lagi (muka air danau naik), sehingga endapan batulanau menutupi endapan batupasir. Proses transgresi dan regresi ini terjadi berulang kali hingga terbentuk perselingan batupasir dan batulanau.

Sisipan breksi pada satuan ini diduga berasal dari runtuh kaldera dan runtuh Satuan Tuf Terelaskan yang tersingkap karena sesar. Runtuhan kaldera terbawa oleh *channel* di dasar danau dan terendapkan tanpa sempat mengalami proses pembundaran sedangkan runtuh kecil yang berasal dari Satuan Tuf Terelaskan terendapkan di daerah sekitar sesar. Kedua proses ini membentuk sisipan breksi pada Satuan Batulanau-Batupasir.

Pada satuan ini juga terdapat struktur sedimen silang siur. Berdasarkan Reineck dan Singh (1973), struktur silang siur dapat dijumpai di lingkungan danau. Pada satuan ini tidak ditemukan litologi yang bersifat karbonatan yang mengindikasikan bahwa satuan ini diendapkan di lingkungan danau. Berdasarkan analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa lingkungan pengendapan Satuan Batulanau-Batupasir adalah danau bagian dalam (*inner zone*) dan zona pasir (*zone of sand*).

Berdasarkan rekonstruksi penampang geologi (Lampiran A-3), ketebalan satuan ini dapat mencapai ± 140 m. Umur satuan ini ditentukan berdasarkan urutan satuan batuan dan umur

absolut karena pada satuan ini tidak ditemukan fosil yang berperan dalam penentuan kisaran umur suatu satuan batuan. Berdasarkan rekonstruksi penampang, Satuan Batulanau-Batupasir berada di atas Satuan Tuf Terelaskan dan sejajar dengan Satuan Lava Riolit sehingga dapat disimpulkan bahwa Satuan Batulanau-Batupasir berumur lebih muda dari Satuan Tuf Terelaskan dan berumur sama dengan Satuan Lava Riolit.

Menurut Mucek dkk. (2017), umur dari Satuan Tuf Terelaskan dan Satuan Lava Riolit adalah 78.100 ± 5800 tahun (Pleistosen Akhir) dan 69.100 ± 2.500 tahun (Pleistosen Akhir). Menurut Chesner (2011), umur Satuan Batulanau-Batupasir berdasarkan hasil analisis sampel yang diambil dari dekat titik elevasi tertinggi pada daerah penelitian adalah 33.090 ± 570 tahun (Pleistosen Akhir) dengan proses pengendapan mulai terjadi bersamaan dengan proses pengisian air ke kaldera (74.000 tahun yang lalu). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Satuan Batulanau-Batupasir berumur lebih muda dari Satuan Tuf Terelaskan dan Satuan Lava Riolit dengan kemungkinan berumur sama dengan Satuan Lava Riolit pada bagian bawah.

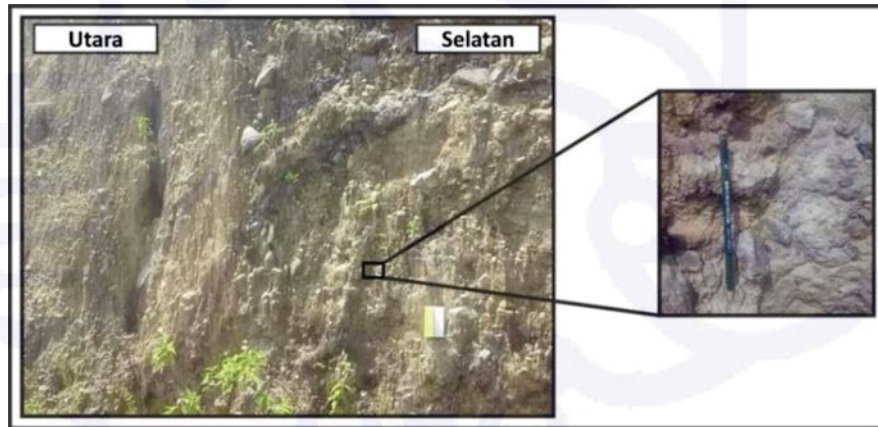
Menurut Aldiss dkk. (1983), Formasi Samosir tersusun atas batupasir tufan, batulanau, tanah diatomit, konglomerat, sementara Satuan Batulanau-Batupasir tersusun atas batupasir tufan, batulanau, dan breksi. Berdasarkan kesamaan jenis batupasir yang bersifat tufan dan kehadiran batulanau, Satuan Batulanau-Batupasir merupakan bagian dari Formasi Samosir (Aldiss dkk., 1983) yang berumur Pleistosen Akhir.

Hubungan stratigrafi Satuan Batulanau-Batupasir dengan Satuan Tuf Terelaskan maupun Satuan Lava Riolit tidak teramati dengan jelas di lapangan karena tidak ada singkapan yang mewakili keterdapatan keduanya pada satu titik pengamatan. Menurut Mucek dkk. (2017), umur dari Satuan Tuf Terelaskan dan Satuan Lava Riolit adalah 78.100 ± 5800 tahun (Pleistosen Akhir) dan 69.100 ± 2.500 tahun (Pleistosen Akhir), sementara menurut Chesner (2011), umur Satuan Batulanau-Batupasir berdasarkan hasil analisis sampel dari dekat titik elevasi tertinggi di daerah penelitian adalah 33.090 ± 570 tahun (Pleistosen Akhir). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tidak ada *gap* umur antara satuan-satuan ini. Selain itu, Satuan Batulanau-Batupasir menunjukkan persebaran yang cenderung mengikuti kontur dan sejajar dengan Satuan Tuf Terelaskan (Lampiran A-3). Oleh karena itu, dapat disimpulkan

bahwa hubungan stratigrafi Satuan Batulanau-Batupasir dengan Satuan Tuf Terelaskan dan Satuan Riolit adalah selaras.

III.2.4 Satuan Breksi

Satuan ini meliputi 5,21 km² (4,87%) dari luas daerah penelitian, tersebar di bagian barat daya dan timur daerah penelitian serta ditandai dengan warna oranye pada peta geologi (Lampiran A-3). Penamaan satuan ini ditentukan berdasarkan ciri-ciri litologi yaitu komposisi litologi satuan yang seluruhnya disusun oleh breksi (Gambar III.29). Satuan ini tersingkap baik pada tebing di sepanjang tepi gawir. Satuan ini terdiri dari breksi dengan fragmen tuf terelaskan berukuran kerikil sampai bongkah. Breksi pada satuan ini menunjukkan ciri-ciri berwarna abu-abu hingga coklat gelap, fragmen tuf terelaskan dengan matriks berukuran pasir halus-kasar, sortasi buruk, porositas sedang. Breksi pada satuan ini bersifat monomik. Hasil analisis petrografi pada sayatan tipis sampel S15-2 dan S16-8 (Lampiran B) menunjukkan bahwa litologi pada satuan ini tuf berdasarkan klasifikasi Fisher (1966), yang dicirikan oleh butiran yang berukuran debu kasar. Selain itu, ditemukan juga struktur lidah api yang merupakan ciri dari tuf terelaskan.



Gambar III.29 Singkapan breksi di Desa Sosortolong pada koordinat UTM 485114 mT, 289553 mU.

Satuan Breksi diendapkan di lingkungan danau dengan mekanisme *massflow* (*debris flow*). Ketidakhadiran material karbonat pada matriks satuan ini mengindikasikan bahwa satuan ini diendapkan pada lingkungan danau dan sortasi yang buruk mengindikasikan bahwa satuan ini diendapkan dengan mekanisme *debris flow* (Nichols, 2009). Keberadaan singkapan yang berada di sepanjang tepi gawir sesar dan bentuk butir yang menyudut mengindikasikan

bahwa sumber sedimen batuan ini tidak berada jauh, yaitu berasal dari tuf terelaskan yang tersingkap di gawir. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Satuan Breksi ini diendapkan dengan mekanisme *debris flow* pada lingkungan danau dengan sumber berasal dari Satuan Tuf Terelaskan yang tersingkap ke permukaan akibat sesar normal yang terbentuk selama proses pengangkatan berlangsung.

Satuan Breksi terendapkan di sepanjang tepi sesar dan membentuk geometri membaji pada bagian ujung Sesar Normal Hutaginjang di daerah Hutaginjang (Lampiran A-4) kearah Satuan Batulanau-Batupasir. Hal ini menjadi indikasi bahwa Satuan Batulanau-Batupasir pernah mengalami pengendapan dalam waktu yang sama dan kemudian terjadi perubahan fasies dari Satuan Batulanau-Batupasir ke Satuan Breksi. Hal ini juga didukung oleh perbedaan ciri litologi antara antara Satuan Breksi dan Satuan Batulanau Batupasir yang menunjukkan perbedaan proses pengendapan antara kedua satuan ini. Satuan Batulanau-Batupasir diendapkan dengan mekanisme transgresi-regresi sedangkan Satuan Breksi diendapkan dengan mekanisme *debris flow*.

Berdasarkan rekonstruksi penampang geologi (Lampiran A-3), ketebalan satuan ini dapat mencapai ± 60 meter. Umur satuan ini ditentukan berdasarkan urutan satuan batuan, penyetaraan formasi dan studi literatur karena tidak ditemukan fosil sebagai petunjuk umur pada satuan ini. Berdasarkan rekonstruksi penampang, Satuan Breksi berada di atas Satuan Batulanau-Batupasir sehingga dapat disimpulkan bahwa Satuan Breksi berumur lebih muda dari satuan Batulanau-Batupasir yang berada dibawahnya. Satuan ini juga kemungkinan memiliki umur yang sama dengan Satuan Batulanau Batupasir pada bagian bawah. Hal ini didukung oleh adanya geometri membaji kearah Satuan Batulanau-Batupasir pada satuan ini. Menurut Chesner dan Rose (1991), Satuan Breksi merupakan bagian dari Formasi Samosir yang berumur Pleistosen Akhir pada Peta Geologi Regional Lembar Sidikalang oleh Aldiss dkk., 1983.

Hubungan Satuan Breksi dengan Satuan Batulanau-Batupasir yang lebih tua di bawahnya tidak terlihat dengan jelas di lapangan karena tidak ada singkapan yang mewakili keterdapatan keduanya pada satu titik pengamatan. Berdasarkan Aldiss dkk. (1983), umur dari Satuan Breksi dan Satuan Batulanau-Batupasir adalah Pleistosen Akhir, sehingga tidak ada *gap* umur antara satuan-satuan ini. Selain itu, Satuan Breksi menunjukkan persebaran

yang cenderung mengikuti kontur dan sejajar dengan Satuan Batulanau-Batupasir (Lampiran A-3). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa hubungan stratigrafi Satuan Breksi dengan Satuan Batulanau-Batupasir adalah selaras.

III.2.5 Satuan Endapan Aluvial

Satuan ini berada di bagian timur daerah penelitian, tersebar di bagian tepi gawir sesar dan tepi daerah penelitian yang terlihat bersentuhan langsung dengan Danau Toba. Satuan ini mencakup 3,63km² (3,39%) dari luas keseluruhan daerah penelitian. Satuan Endapan Aluvial ditandai dengan warna abu-abu pada peta geologi (Lampiran A-3). Satuan ini berada pada elevasi 905 – 950 mdpl. Satuan ini terdiri dari material-material lepas berupa kuarsa, k-feldspar, dan fragmen litik tuf terelaskan (Gambar III.30), berukuran lempung-bongkah, bentuk membundar tanggung, berwarna putih-coklat.



Gambar III.30 Endapan aluvial di desa Hutaginjang pada di koordinat UTM 487781mT (tepi danau), 288524 mU dan UTM 487668mT, 288468 mU (sungai).

Berdasarkan pengamatan persebaran endapan aluvial dari tepi dasar sungai hingga ke permukaan tanah, ketebalan satuan ini diperkirakan dapat mencapai 5 meter. Satuan ini merupakan satuan termuda di daerah penelitian, berumur Holosen, karena proses sedimentasi satuan ini masih berlangsung hingga saat ini.

Satuan ini diendapkan di lingkungan darat, dengan mekanisme pengendapan sedimen fluvial dan endapan danau. Satuan ini menunjukkan persebaran yang terlihat memotong satuan Batulanau-Batupasir di bagian utara daerah penelitian. Selain itu, pengamatan di lapangan

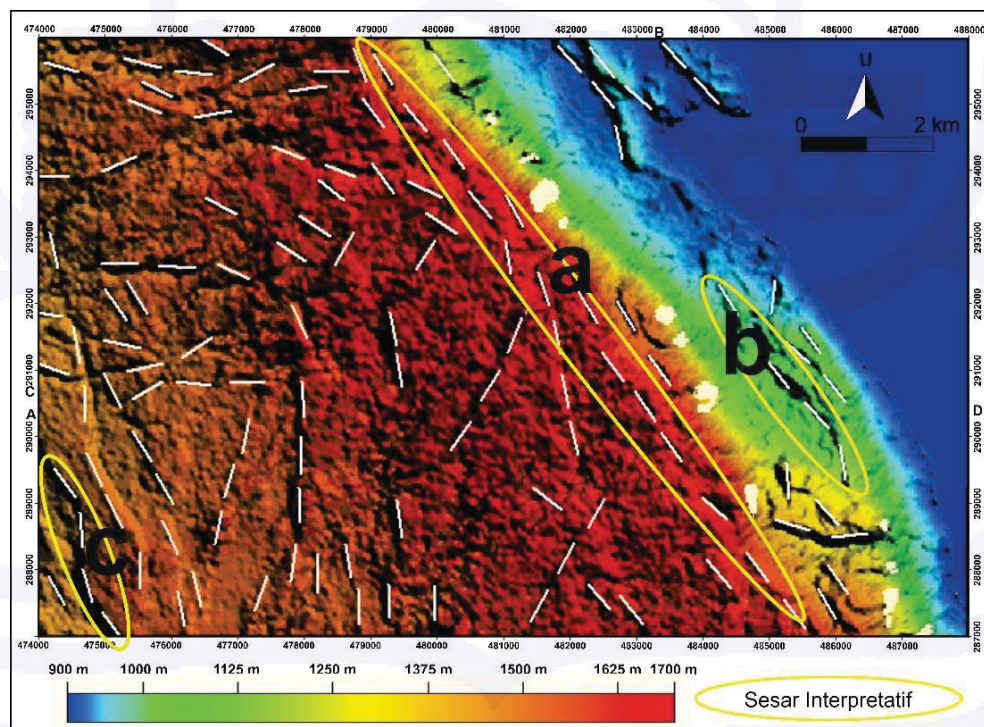
memperlihatkan endapan satuan ini berupa material lepas karena belum mengalami kompaksi, sehingga hubungan satuan ini dengan satuan di bawahnya adalah tidak selaras.

III.3 GEOLOGI STRUKTUR DAERAH PENELITIAN

Analisis struktur geologi daerah penelitian dilakukan dengan metode pengamatan langsung dan tidak langsung. Pengamatan langsung di lapangan dilakukan dengan metode deskriptif kuantitatif berupa pengukuran kedudukan lapisan dan kekar gerus. Pengamatan tidak langsung dilakukan dengan menginterpretasi kelurusan pada peta topografi dan citra satelit SRTM. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut, pada daerah penelitian terdapat tiga struktur berupa perkiraan, yakni:

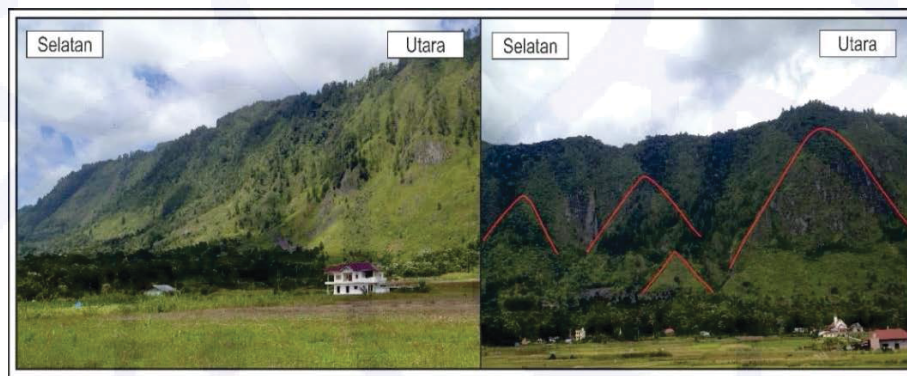
III.3.1 Sesar Normal Simanindo

Sesar normal ini terdapat pada bagian utara daerah penelitian. Penentuan sesar ini dilakukan secara interpretatif berdasarkan posisi Satuan Breksi dan Satuan Batulanau-Batupasir yang berumur lebih muda yang berada pada kontur yang lebih rendah dari Satuan Tuf Terelaskan yang berumur lebih tua dan kelurusan pada citra SRTM. Berdasarkan pengamatan di citra SRTM, sesar ini memiliki kelurusan yang berarah barat laut-tenggara (label a pada Gambar III.31).



Gambar III.31 Pengamatan arah kelurusan pada citra satelit dengan format SRTM.

Bukti lapangan keberadaan sesar ini adalah kenampakan faset segitiga, kenampakan gawir (Gambar III.32), serta kenampakan air terjun dan rekahan (Gambar III.33). Pada pengamatan di lapangan, faset segitiga dan gawir memiliki bidang yang menghadap ke arah timur laut, yang menunjukkan bahwa blok di bagian timur laut relatif turun terhadap blok di bagian barat daya. Berdasarkan pengamatan tersebut, dapat disimpulkan bahwa bidang sesar ini menghadap ke arah timur laut, membatasi persebaran Satuan Breksi (*hanging wall*) pada arah timur laut yang relatif bergerak turun terhadap Satuan Tuf Terelaskan di belakang bidang sesar pada arah barat daya (*foot wall*), sehingga jenis sesar pada daerah ini adalah sesar normal.



Gambar III.32 Kenampakan gawir dan faset segitiga di Desa Huriagaroga.



Gambar III.33 Kenampakan (a) Air Terjun Simangante dan (b) rekahan pada koordinat UTM 482010 mT, 293214 MU.

III.3.2 Sesar Normal Hutaginjang

Sesar normal ini terdapat pada bagian tenggara daerah penelitian. Penentuan sesar ini dilakukan secara interpretatif berdasarkan posisi Satuan Breksi dan Satuan Batulanau-Batupasir yang berumur lebih muda yang berada pada kontur yang lebih rendah dari Satuan Tuf Terelaskan yang berumur lebih tua dan kelurusan pada citra SRTM. Berdasarkan pengamatan di citra SRTM, sesar ini memiliki kelurusan yang berarah barat laut-tenggara (label b pada Gambar III.31). Bukti di lapangan keberadaan sesar ini adalah kenampakan faset segitiga dan kenampakan gawir (Gambar III.34). Pada pengamatan di lapangan, faset segitiga dan gawir memiliki bidang yang menghadap ke arah timur laut, yang menunjukkan bahwa blok di bagian timur laut relatif turun terhadap blok di bagian barat daya. Berdasarkan pengamatan tersebut, dapat disimpulkan bahwa bidang sesar ini menghadap ke arah timur laut, membatasi persebaran Satuan Breksi (*hanging wall*) pada arah timur laut yang relatif bergerak turun terhadap Satuan Tuf di belakang bidang sesar pada arah barat daya (*foot wall*), sehingga jenis sesar pada daerah ini adalah sesar normal.



Gambar III.34 Kenampakan gawir dan faset segitiga di Desa Hutaginjang.

III.3.3 Sesar Normal Sijambur

Sesar normal ini terdapat pada bagian barat daya daerah penelitian. Penentuan sesar ini dilakukan secara interpretatif berdasarkan posisi Satuan Breksi yang berumur lebih muda di bagian barat daya yang berada pada kontur yang lebih rendah dari Satuan Batulanau-Batupasir yang berumur lebih tua di bagian timur laut dan kelurusan pada citra SRTM.

Berdasarkan pengamatan di citra SRTM, sesar ini memiliki kelurusan yang berarah barat laut-tenggara (label c pada Gambar III.31). Bukti keberadaan sesar ini di lapangan adalah kenampakan gawir (Gambar III.35). Pada pengamatan di lapangan, gawir memiliki bidang yang menghadap ke arah barat daya, yang menunjukkan bahwa blok di bagian barat daya relatif turun terhadap blok di bagian timur laut. Berdasarkan pengamatan tersebut, dapat disimpulkan bahwa bidang sesar ini menghadap ke arah barat daya, dengan Satuan Breksi di bagian barat daya (*hanging wall*) yang relatif bergerak turun terhadap Satuan Batulanau-Batupasir di timur laut di belakang bidang sesar (*foot wall*), sehingga jenis sesar pada daerah ini adalah sesar normal.



Gambar III.35 Kenampakan gawir di Desa Sijambur.

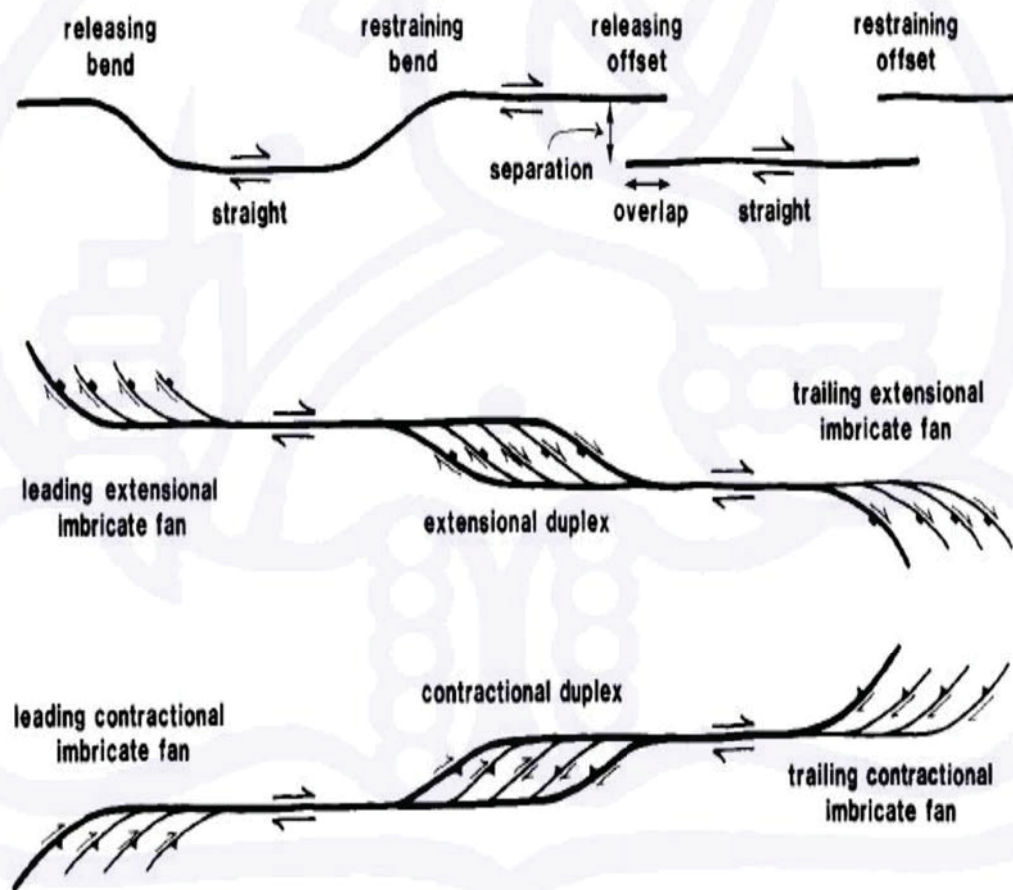
III.4 MEKANISME PEMBENTUKAN STRUKTUR GEOLOGI

Pada daerah penelitian terdapat struktur geologi berupa sesar normal yakni Sesar Normal Simanindo, Sesar Normal Hutaginjang, dan Sesar Normal Sijambur yang berumur Pleistosen Akhir. Pada penampang geologi dapat dilihat bahwa sesar normal di daerah penelitian mematahkan Satuan Tuf Terelaskan dan Satuan Batulanau-Batupasir.

Sesar normal pada daerah penelitian memiliki arah bidang relatif barat laut-tenggara. Sesar ini dapat dijelaskan sebagai struktur yang terbentuk pada *strike-slip duplexes*. Berdasarkan model Woodcock dan Fischer (1986), pada zona sesar geser besar yang bersegmen, terdapat

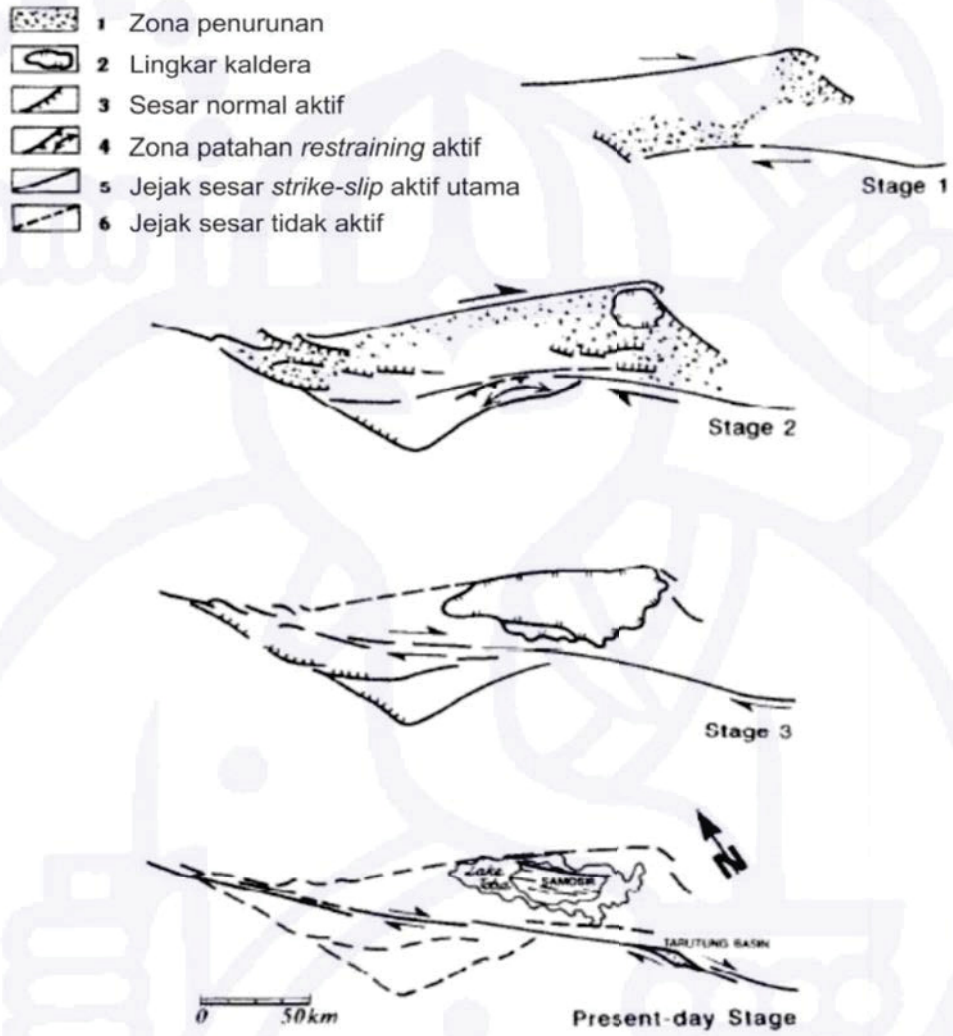
area berbentuk lensa *elongated* diantara segmen yang satu dengan segmen yang lain, area tersebut disebut dengan zona transfer. Zona transfer dapat berupa *contractional duplex* dimana pada zona ini berkembang sesar-sesar naik atau *extensional duplex* dimana pada zona ini berkembang sesar-sesar normal (Gambar III.36).

Berdasarkan Bellier dan Sebrier (1994), pada zona Sistem Sesar Sumatera, terdapat area yang besar diantara segmen yang satu dengan segmen yang lain, area tersebut disebut dengan *pull-apart basin* yang merupakan zona *extensional duplex* pada model yang dibuat oleh Woodcock dan Fischer (1986) . Pada zona *pull-apart basin* (*extensional duplex*) tersebut, terbentuk sesar-sesar normal akibat mekanisme ekstensi. Sesar normal pada daerah penelitian merupakan bagian dari sesar-sesar normal pada *pull-apart basin* yang terbentuk akibat *steptover* pada Sistem Sesar Sumatera (Gambar III.37).



Gambar III.36 Sistem strike-slip dekstral yang ideal (Woodcock dan Fischer,1986).

EVOLUTION OF THE TOBA STEPOVER



Gambar III.37 Sketsa evolusi Kaldera Toba yang disimpulkan dari peta struktur wilayah Danau Toba melalui interpretasi citra SPOT. Present-day Stage dimodifikasi dari Detourbet dkk., 1993 (Bellier dan Sebrier, 1994).