

PENGARUH TEKTONIK PADA RUNTUNAN ENDAPAN ALUVIAL DEPRESI PADANGSIDEMPUAN, SUMATERA UTARA

U. M.Lumbanbatu, C. Basri, S. Hidayat dan D.A. Siregar

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

SARI

Daerah penelitian Depresi Padangsidempuan diisi oleh endapan Aluvial yang bersifat urai. Sedimen tersebut dapat dipisahkan ke dalam lima lingkungan pengendapan seperti cekungan banjir, limpah banjir, endapan alur sungai purba, endapan rawa dan endapan rombakan.

Upaya memahami pengaruh kegiatan tektonik terhadap runtunan endapan, beberapa penampang dibuat. Dari penampang tersebut terlihat bahwa runtunan pengendapan telah mengalami gangguan oleh aktivitas tektonik seperti penurunan dan pengangkatan. Indikasi penurunan di daerah ini diperlihatkan oleh perulangan fasies endapan rawa pada posisi stratigrafi yang berbeda, serta oleh posisi Sungai Batang Toru yang berimpit dengan endapan alur sungai purba tiga (Ch-3). Selanjutnya pengaruh pengangkatan menyebabkan terjadinya pergeseran endapan alur sungai purba secara mendatar. Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan bahwa intensitas tektonik di daerah penelitian tidaklah terlalu kuat.

Kata kunci: tektonik kuartar, alur sungai purba, cekungan regangan, runtunan sedimen

ABSTRACT

The investigated area, that is so called Padangsidempuan depression has been filled up by unconsolidated fluvial sediments. The sediments can be distinguished into five different environments, these are flood basin deposit, flood plain deposit, palaeo channel deposit, swamp deposit and colluvium deposit.

To understand the influence of tectonic activities on lithological succession of the studied area several profiles were made. It reveals, that lithological successions have been disturbed by tectonic activities such as subsidence and uplifted. Subsidence can be identified by alternating of swamp facies deposit within different stratigraphic position and superimposed of the Batang Toru river on the palaeo channel deposit three (Ch-3). Further more the effect of uplifting caused palaeo channel deposit shifting horizontally. The data show that the tectonic activities in the studied area are not so very intensive.

Keywords: quarternary tectonics, palaeo channels, pull-apart basin, sedimentary sequences

PENDAHULUAN

Latarbelakang

Ciri geologi daerah telitian adalah tersingkapnya batuan tua (*pra-Tersier*), terbentuk lajur gunung api aktif seperti Gunung Merapi, Gunung Sibualbuali, serta terbentuknya depresi Kuartar dan sesar aktif segmen Batang Toru, Ulu Aer, dan segmen Batang Angkola dari Sesar Sumatera. Secara keseluruhan ini diyakini sebagai indikasi adanya pengaruh aktivitas tektonik regional. Berdasarkan fenomena geologi

tersebut, daerah ini menjadi menarik untuk dikaji karena intensitas tektoniknya sangat kuat.

Depresi Padangsidempuan terletak pada punggung perbukitan yang diapit oleh sesar mendatar dan diisi oleh sedimen bersifat urai dan lunak (*unconsolidated*). Depresi ini dibatasi oleh sesar geser di sisi timur dan sisi baratnya. Diharapkan aktivitas tektonik yang terjadi selama proses pengendapan sedimen lunak tersebut (*syn-sedimentary tectonics*) dapat dijelaskan berdasarkan susunan atau rangkaian stratigrafi Kuartar daerah tersebut.

Secara geografis daerah tersebut diatas terletak pada jalur lintas Sumatera yang menghubungkan Bukit

Naskah diterima : 9 April 2008
Revisi terakhir : 8 April 2009

Tinggi (Sumatera Barat) dan Medan (Sumatera Utara). Letaknya yang sangat strategis dapat mempengaruhi pertumbuhan perekonomian masyarakat dan pengembangan wilayah.

Sebagai konsekuensi pertumbuhan perekonomian yang baik maka biasanya diikuti oleh perkembangan (pertumbuhan) penduduk, wilayah pemukiman, industri dan perluasan perkotaan. Perluasan wilayah ini perlu diantisipasi arah perkembangannya sehingga tidak menimbulkan dampak negatif dikemudian hari. Beberapa kendala yang perlu dipertimbangkan diantaranya adalah faktor kegunaan.

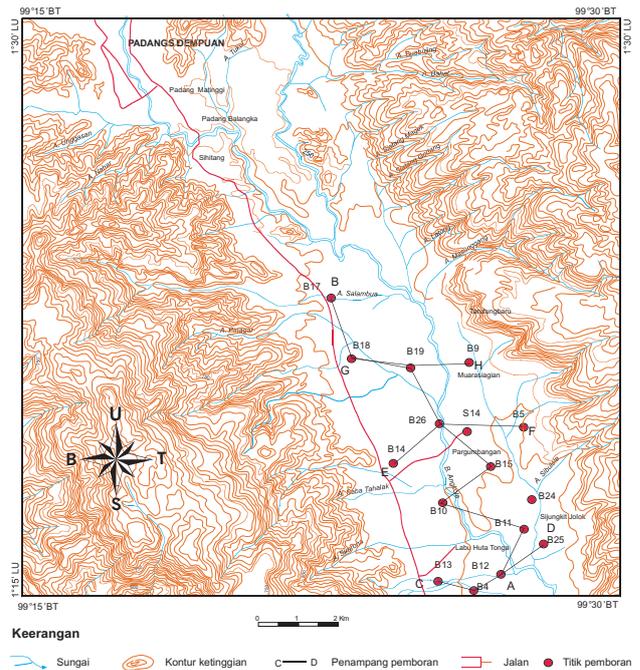
Sesar Segmen Batang Toru, Segmen Ulu Aer dan Segmen Batang Angkola dapat berfungsi sebagai pemicu gempa di wilayah ini. Selain kejadian gempa oleh aktivitas sesar aktif tersebut, wilayah ini juga berpotensi diguncang gempa yang terjadi oleh aktivitas subduksi di perairan barat Sumatera. Lumbanbatu dr., (2002) menyebutkan bahwa kejadian gempa yang bersumber dari kegiatan subduksi ditandai oleh kedalaman gempa menengah - dalam, sedangkan kejadian gempa yang dipicu oleh sesar aktif segmen Sesar Sumatera dicirikan oleh gempa-gempa dangkal. Seyogyanyalah, pengaruh kegiatan tektonik di wilayah tersebut perlu dipahami.

Lokasi telitian termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Tingkat II Tapanuli Selatan, Provinsi Sumatera Utara, ibu kotanya terletak di Padangsidempuan. Secara geografis daerah telitian dibatasi oleh koordinat 99°15' - 99°30' BT dan 1°00' LU - 1°25' LU. (Gambar1).

Dilatarbelakangi permasalahan tersebut di atas maka maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh aktifitas tektonik Kuarter terhadap proses pengendapan selama kurun waktu Kurter - Holosen di daerah penelitian. Hal ini dapat diketahui dari fenomena geologi yang terekam di dalam endapan maupun dari aspek tataan stratigrafi Kuarternya.

Metode Penelitian

Data geologi bawah permukaan (*sub-surface geology*) diperoleh dengan melakukan pemboran dangkal (*hand auger*) pada endapan Aluvial. Hasil dari pemboran tersebut, selanjutnya dianalisis jenis atau tipe endapan yang berhubungan dengan lingkungan pengendapan, yaitu dengan mendiskripsi litologi menyangkut sifat fisik (warna, kandungan fosil, kandungan material organik, kandungan



Gambar 1. Peta Lokasi penelitian dan arah penampang daerah Padangsidempuan, Sumatera Utara.

lempung, kandungan mineral, besar butir, bentuk butir, struktur, kekompakan dan sifat fisik lainnya). Berdasarkan hasil pemerian tersebut kemudian dilakukan pengelompokan litologi sesuai dengan lingkungan pengendapannya.

Sebanyak 5 (lima) perconto diambil untuk keperluan pengukuran umur mutlak dengan menggunakan metode C14. Penarikan radiokarbon dilakukan di Laboratorium Pusat Survei Geologi Bandung. Contoh yang digunakan untuk penarikan radiokarbon terdiri atas kayu, gambut, dan lumpur organik. Pada prinsipnya metode C14 ini mengubah senyawa organik dan bukan organik melalui proses kimia dan fisika menjadi fase gas. Kemudian dengan menggunakan masa paruh radiokarbon dan rumus peluruhan maka dapat dihitung umur batuan dengan membandingkan derajat keradioaktifan unsur karbon dalam organisme mati dengan yang terdapat dalam organisme hidup (Libby, 1951).

Selain itu, dilakukan telaahan geologi permukaan (*surface geology*) dengan melakukan penelitian lapangan yang difokuskan terhadap gejala-gejala geologi yang mencerminkan kegiatan tektonik seperti sesar aktif (garis sesar), morfotektonik (undak, segitiga facet, kipas aluvium). Data-data yang terkumpul, kemudian dianalisis untuk mengetahui faktor pengendali dinamika geologi selama berlangsungnya proses pengendapan.

GEOLOGI UMUM

Secara fisiografi daerah telitian termasuk ke dalam Lajur Sumbu Bukit Barisan (Aspden dr., 1982). Lajur ini di sebelah barat berbatasan dengan Lajur Timur Barisan sedangkan di sebelah timur berbatasan dengan Lajur Barat Barisan, dan di sebelah utara berbatasan dengan Plateu Toba (Dataran Tinggi Toba).

Penyebaran masing masing lajur tersebut memperlihatkan pola yang berarah barat laut - tenggara searah dengan Lajur Sistem Sesar Sumatera. Lajur Sumbu Barisan merupakan lajur sempit yang memanjang dari utara ke selatan. Selain itu, di sebelah utara Padangsidempuan terdapat Gunung Api Sibualbuali dan Gunung Lubuk Raya. Ditinjau dari topografinya bentuk Gunung Lubuk Raya dapat dikenali dengan mudah dan jelas karena, bentuknya masih memisakan jejak bentuk kerucut yang sangat ideal dengan dinding kawahnya. Sedangkan Gunung Api Sibualbuali tidak dapat lagi dikenali karena bentuknya sudah mengalami perubahan. Kondisi yang demikian ini barang kali diakibatkan oleh pengaruh aktifitas Sistem sesar Sumatera yang menghasilkan bentuk dome yang lonjong sejajar dengan Lajur Sistem Sesar Sumatera tersebut. Kedua gunung api tersebut, terletak pada ketinggian lebih dari 1800 m di atas muka laut dengan pola aliran yang berbentuk radial.

Stratigrafi

Daerah telitian ini telah dipetakan oleh Aspden dr., 1982 (Gambar 2). Untuk keperluan pembahasan geologinya kemudian peta tersebut disederhanakan dengan melakukan pengelompokan batuan menurut jenis dan umurnya. Batuan tertua yang tersingkap adalah batuan Kelompok Tapanuli (Tapanuli Grup). Walaupun kelompok ini tersingkap dengan baik, namun baik struktur, ketebalan, dan sebarannya masih belum diketahui secara rinci. Berikut ini uraian masing masing kelompok batuan adalah:

Pra-Tersier

Kelompok batuan Pra Tersier diwakili oleh Kelompok Granit Sibolga (Mpisl), Formasi Kluet (Puku), Formasi Kuantan dan batuan Paleozoikum dan/atau Mesozoikum tak terbedakan (Mpu). Kelompok Granit Sibolga (Mpisl) terdiri atas granodiorit, dan diorit, sedangkan Formasi Kluet terdiri atas meta arenit dan argilit serta hornfel di berbagai tempat. Baik

Kelompok Granit Sibolga (Mpisl) maupun Formasi Kluet (Puku) tersebar di sebelah utara dan selatan daerah penelitian.

Sebaliknya di bagian selatan daerah telitian didominasi oleh sedimen klastik berbutir halus yang diwakili oleh Formasi Kuantan dan batuan Paleozoikum dan / atau Mesozoikum tak terbedakan (Mpu). Formasi Kuantan umumnya terdiri atas batusabak, meta arenit kuarsa, kuarsit, dan wake.

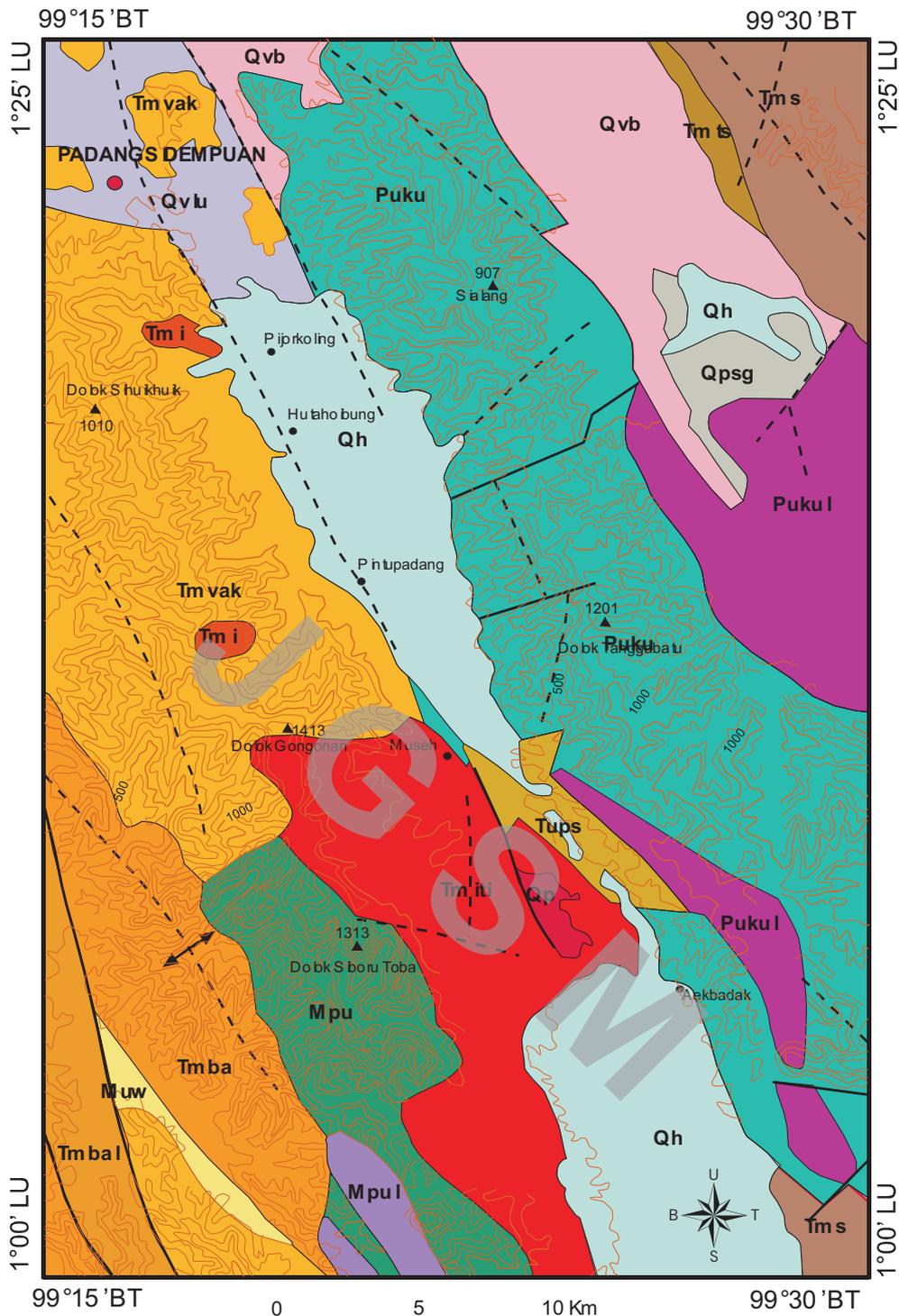
Tersier

Kelompok batuan Tersier diwakili oleh Formasi Barus (Tmba) dan Formasi Gunung Api Angkola (Tmvak), Formasi Sihapas (Tms), dan Anggota Kanan serta Formasi Telisa. Formasi Barus umumnya terdiri atas batu pasir halus-kasar setempat arkosa dan / atau mikaan serpih berkarbon dan batubara, sedangkan Formasi Gunung Api Angkola tersusun oleh andesit, aglomerat, dan breksi. Formasi Sihapas terdiri terutama atas batupasir kuarsa, serpih berkarbon, batulanau, dan konglomerat, sedangkan Anggota Kanan umumnya terdiri atas batupasir kuarsa sebagian glaukonitan.

Sebelah barat daerah penelitian mulai dari arah tenggara ke arah barat laut didominasi oleh Formasi Barus (Tmba) dan Formasi Gunung Api Angkola (Tmvak). Formasi Telisa yang menempati bagian paling timur terdiri atas batulanau berkarbon dan gampingan, batu pasir lanauan dan serpih sedikit batu gamping. Di sebelah timur daerah penelitian batuanannya disusun oleh Formasi Sihapas (Tms) dan Anggota Kanan serta Formasi Telisa. Sebaran batuan Tersier ini mengikuti pola memanjang Sistem Struktur Sesar Sumatera yang berarah barat laut - tenggara.

Kuarter

Aspden, dr., 1982, memisahkan endapan Kuarter menjadi Endapan Aluvial Muda (Qh), Aluvial Lebih Tua (Qp), Formasi Sialang (Qpg) dan Formasi Toru (Qpto). Endapan Aluvial Muda (Qh) dapat dijumpai di dataran pantai barat, sedangkan di sebelah timur terdapat di Laut Napanga. Di daerah penelitian Endapan Aluvial Muda (Qh) terbentuk di sepanjang lembah depresi yang terletak di selatan Padangsidempuan. Secara umum Endapan Aluvial Muda ini terdiri atas pasir urai (*unconsolidated sand*), kerakal (*gravels*), lumpur (*mud*), lanau (*silt*) dan lempung karbonan (*carbonaceous clay*).



Qh	Aluvium	Mpu	Lapisan Paleozoikum dan Mesozoikum takterbedakan	Tms	Formasi Sihapas	Tmvak	Formasi Gunung Api Angkola
Qp	Aluvium tua	Mpul	Batugamping Paleozoikum dan Mesozoikum takterbedakan	Puku	Formasi Kuantan	Tmti	Kelompok Dolok Tinjoan
Tmba	Formasi Barus	Qpsg	Formasi Sialang	Pukul	Anggota batugampin	Tmi	Granodiorit takbermama, diorit dan sub intrusi gunung api
Tmbal	Anggota bawah	Tups	Anggota Sajumatinggi	Qvlu	Tufa dasitan dan andesitan, lava dan lahar	—	Sesar
Muw	Kelompok Woyla takterbedakan	Tmts	Anggota Sipupus	Qvb	Ignimbrit rodasitan	○	Garis Kontur

Gambar 2. Peta geologi daerah Padangsidempuan dan sekitarnya, Sumatera Utara (Aspden, dr. 1982).

Secara terisolasi Endapan Aluvium Muda terdapat pula di daerah depresi di sepanjang Lajur Sesar Sumatera seperti depresi Angkola dan depresi Si Abu. Endapan tersebut terdiri atas lempung, lanau, pasir dan kerikil termasuk endapan kipas longsor tanah dan terban serta gambut. Sedangkan Endapan Aluvium Tua terdiri atas pasir, lanau dan lempung sedikit kerikil. Endapan Aluvium Tua maupun Aluvium Muda, umumnya tersebar di bagian barat daerah penelitian berbatasan langsung dengan garis pantai bagian barat Sumatera.

Di sebelah timur depresi Padangsidempuan Endapan Aluvium Muda menutupi sebagian Formasi Kuantan berumur Karbon. Formasi ini terdiri atas batusabak, meta sedimen kuarsa, kuarsit dan wake (Puku). Batuan alas ini tersingkap di lereng perbukitan, sedangkan di sebelah barat Endapan Aluvium Muda ini, dialasi oleh batuan gunung api Tersier Formasi Angkola (Tmvak) yang terdiri atas andesit, agglomerat dan basal. Formasi ini tersingkap di lereng perbukitan sebelah barat. Ketebalan material endapan aluvium yang mengisi depresi Padangsidempuan diperkirakan mencapai hingga 12 m.

Batuan vulkanik terdiri atas Tufa Toba (Qvt) dan Ignimbrit riodasitan (Qvb), serta sedikit andesit letusan celah (*fissure eruption*). Pola sebaran dari kelompok ini juga mengikuti pola Sistem Sesar Sumatera yang berarah barat laut - tenggara.

Tektonik dan Struktur

Struktur geologi yang dijumpai diantaranya terdiri atas struktur sesar, antiklin, sinklin dan kelurusan kelurusan. Secara umum struktur tersebut berarah tenggara-barat laut. Baik sumbu antiklin maupun sumbu sinklin telah mengalami pensesaran dengan arah timur laut - barat daya. Aktifnya Sesar Sumatera dengan pergerakan mendatar mengangan berkait erat dengan sistem pergerakan Lempeng Indo-Australia yang menunjam miring (*oblique*) di bawah Lempeng Eurasia. Tjia (1977) membagi Sesar Sumatera menjadi 18 segmen sesar.

Di daerah telitian terdapat tiga segmen sesar dari sistem Sesar Sumatera yaitu Segmen Sesar Batang Toru, Segmen Sesar Ulu Aer dan Segmen Sesar Batang Angkola. Ketiga segmen tersebut masing-masing terpisahkan oleh material vulkanik dari Gunung Api Sibualbuali dan Gunung Api Lubuk Raya. Kehadiran kedua gunung api inilah yang memisahkan ketiga segmen sesar itu, dan sebagai

indikasi bahwa daerah ini adalah merupakan lajur lemah sehingga magma dari bawah dapat muncul ke permukaan melalui zona lemah tersebut. Selain itu, rangkaian gunungapi Lubuk Raya - Sibualbuali sepanjang 15 km membentuk kelurusan dengan arah N 35 E.

Segmen Sesar Batang Toru ke utara menerus ke depresi Tarutung. Segmen sesar ini digambarkan sebagai lembah sempit yang dalam yang terbentuk secara transtensional dan kemudian diisi oleh Tufa Toba (ignimbrit). Segmen sesar Batang Toru ke arah tenggara menerus ke segmen sesar Ulu Aer yang teranjak mengangan terhadap segmen sesar Asik. Tjia (1977), mengamati adanya ofset sungai mengangan di segmen ini. Terusan kelurusan sesar barat Segmen Angkola selatan membentuk anjakan mengangan dengan Segmen Batang Gadis.

LITOLOGI DAN LINGKUNGAN PENGENDAPAN

Untuk mengetahui jenis litologi dan lingkungan pengendapan telah dilakukan pemerian dan interpretasi data pemboran dangkal. Pemboran dilakukan secara acak sebanyak 15 titik bor dengan kisaran kedalaman maksimum yang dapat dicapai adalah sedalam 9.00 meter (Gambar 1). Berdasarkan hasil telaahan data tersebut, lingkungan pengendapan di daerah penelitian dapat dibedakan 1) cekungan banjir (*floodbasin*), 2) limpah banjir (*floodplain*), 3) rombakan (*colloviium*), 4) endapan rawa (*swamp deposit*), dan 5) endapan alur sungai purba (*palaeo-channel*).

Endapan Cekungan Banjir

Fasies ini dicirikan oleh perulangan ukuran butir yang bervariasi, umum terdiri atas lempung terkadang pasir halus. Secara umumnya endapan ini berwarna hitam kecoklatan, coklat, kuning kecoklatan, coklat kemerahan. Ciri lain dari fasies ini, tidak memperlihatkan perlapisan, bersifat lunak dan getas dengan ketebalan antara 0,50 - 2,80 m. Di bagian atas banyak mengandung humus dan sisa tanaman, yang jumlahnya berkurang ke arah bawah. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin ke arah atas tumbuhan semakin berkembang, mungkin menandakan volume air relatif semakin besar atau dengan kata lain kelembabannya semakin tinggi. Secara keseluruhan endapan ini banyak mengandung sisa tumbuhan. Bercak-bercak hasil oksidasi secara setempat dijumpai dalam jumlah yang beragam, dan di beberapa tempat bercak ini menjadi dominan dengan coklat kemerahan.

Endapan Rawa

Fasies ini dicirikan oleh kandungan organik yang banyak. Litologinya terdiri atas lanau dan lempung mengandung organik dan lempung organik dan gambut. Endapan ini biasanya berwarna gelap (kelabu kehitaman). Lempung organik mengandung banyak sisa tumbuhan berupa akar dan daun-daunan, sisa-sisa potongan kayu busuk, humus, serta gambut. Pada titik bor 10, 11 dan 13, endapan rawa dialasi oleh batuan dasar, sedangkan pada titik bor B 4 dan B 12 berasosiasi dengan endapan limbah banjir. Batuan dasar yang dimaksudkan dalam tulisan ini adalah batuan yang sudah padu, baik itu sedimen, vulkanik, beku ataupun batuan malihan dari berbagai kelompok umur. Endapan rawa yang berasosiasi dengan batuan dasar mengindikasikan bahwa cekungan semakin meluas yang disebabkan oleh naiknya volume air dan kondisi lingkungan pengendapan cukup tenang dan permukaan air tanah cukup dangkal sehingga memungkinkan tumbuhan berkembang. Selanjutnya endapan rawa yang berasosiasi dengan endapan limbah banjir dapat terbentuk oleh perubahan pola air sungai itu sendiri sebagai contoh terbentuknya rawa belakang (*back swamp*)

Endapan Dataran Banjir

Fasies ini umumnya terdiri atas endapan pasiran, berselang seling dengan endapan berbutir halus seperti lanau dan lempung. Secara keseluruhan ketebalan endapan dataran banjir berkisar dari 1.50 m - 4.50 m. Endapan dataran banjir mempunyai batas yang jelas (*sharp*) dengan lapisan yang menindihnya maupun yang mengalasinya. Pada bagian bawah endapan dataran banjir disusun oleh pasir berukuran halus sampai sedang. Warna fasies ini beragam mulai coklat hingga kelabu kehitaman. Variasi warna ini berhubungan dengan tingkat kandungan humusnya, komposisi pasir, dan kandungan lempungnya, kadang-kadang memperlihatkan perlapisan halus sejajar.

Endapan Alur Sungai Purba

Endapan alur sungai purba berwarna coklat, kuning hingga kelabu kecoklatan, berukuran mulai dari kerakal, kerikil hingga pasir lempungan, membundar tanggung sampai menyudut tanggung, terdiri atas kuarsa, felspar, dan pecahan batupung dengan butiran tak teratur kadang-kadang butiran menghalus

ke arah atasnya; tak berlapis, mengandung unsur organik / sisa-sisa potongan kayu dan daun-daunan. Umumnya terdiri atas fraksi butir pasir dengan ukuran butir yang menghalus ke atas. Perubahan butir yang menghalus dan mengasar tersebut adalah berkaitan dengan kondisi energi aliran. Endapan ini mempunyai batas sangat jelas dengan lapisan dibawahnya berupa bidang erosi. Bagian bawah umumnya terdiri atas pasir sebagian pasir kerikil sampai kerakal, sedangkan di bagian atas berubah secara berangsur menjadi pasir lanauan atau pasir lempungan. Adanya perulangan atau perselingan antara pasir, lanau dan lempung diduga sebagai produk dari *lateral accretion* yaitu proses pembedakan beting (*point bar*). Bagian atas endapan ini mengandung sedikit sisa tumbuhan, dan di bagian bawah dijumpai sisa-sisa potongan kayu (*lag deposits*). Pada lapisan pasir ini sering dijumpai material vulkanik berupa pecahan batuan beku, batupung, dan mineral sekunder. Warna lapisan dipengaruhi oleh tingkat kandungan humusnya, serta komposisi dari pasir dan kandungan lempung, sehingga warnanya beragam mulai coklat sampai kelabu kehitaman.

Endapan Rombakan

Endapan Rombakan ini berasal dari material longoran atau rayapan hasil dari pelapukan batuan dasar di sekitarnya. Satuan ini diinterpretasikan sebagai rombakan berbutir kasar (*collovia*), terutama terdiri atas kerakal, kerikil dan pasir. Berwarna putih kelabu kecoklatan, masif dan tidak berlapis. Setempat mengandung sisa-sisa tumbuhan, dan bagian atas lapisannya teroksidasi. Endapan ini dialasi oleh batuan dasar dan, memperlihatkan bidang permukaan erosional di bagian bawahnya sedangkan di bagian atas ditempati oleh butiran halus.

PEMBAHASAN

Untuk mengetahui perkembangan proses pengendapan di daerah ini dibuat beberapa penampang. Penampang yang berarah utara-selatan searah dengan sumbu panjang depresi adalah A-B (Gambar 3). Sedangkan penampang yang berarah timur-barat memotong sumbu panjang depresi yaitu penampang C-D, E-F, dan penampang G-H (Gambar 4 a,b,c). Gambaran urutan urutan pengendapan dan

penyebaran endapan diperoleh dengan melakukan pengkajian hubungan antara lingkungan pengendapan baik secara lateral maupun vertikal. Dari kajian tersebut, penyebaran masing masing lingkungan pengendapan dapat diketahui, dengan demikian runtunan pengendapan aluvial di daerah ini dapat diketahui.

Penampang A-B

Penampang A-B, terdiri atas 8 titik bor yaitu titik bor B 11, B 12, B 15, B 17, B 18, B 19 dan B 26 (Gambar 3). Penampang tersebut berarah hampir tenggara - barat laut searah dengan arah sumbu depresi Padang Sidempuan. Ke arah tenggara merupakan arah hilir Sungai Batang Angkola, sebaliknya ke arah barat laut merupakan ke arah hulu. Runtunan sedimen yang ke arah hilir Sungai Batang Angkola (B 15, B 10, B 11, dan B 12) terdiri atas perulangan endapan rawa, endapan alur sungai purba dan endapan limpah banjir. Sedangkan runtunan sedimen ke arah hulu (B 26, B 19, B 18 dan B 17) tidak memperlihatkan adanya variasi runtunan endapan sedimen seperti yang terdapat di bagian hilir dan ragam sedimennya lebih sederhana. Fakta tersebut memberi arti bahwa daerah bagian hulu sungai Batang Angkola lebih stabil dibandingkan dengan daerah bagian hilir. Dengan kata lain daerah hilir cenderung terpengaruh kegiatan tektonik, sehingga menghasilkan beragamnya lingkungan seperti diperlihatkan oleh runtunan endapannya.

Data lain yang mendukung adanya pengaruh tektonik terhadap tataan stratigrafi tersebut, terlihat oleh pergeseran alur sungai purba secara mendatar (*shifting*) yaitu endapan alur sungai purba satu (Ch-1) yang terdapat pada titik bor B-11, bergeser ke arah barat (B-12) menjadi alur sungai purba dua (Ch-2).

Perulangan dan pengeseran alur sungai, rawa, cekungan banjir (B 10, B 11, B 12) disebabkan oleh pergerakan (dislokasi) dasar cekungan. Pergerakan dasar cekungan tersebut memungkinkan terbentuknya alur sungai purba dua (Ch 2) dan juga terbentuknya endapan rombakan (Fase Tektonik 1). Kondisi selanjutnya, cekungan terisi dan meluas. Proses selanjutnya ditandai oleh terbentuknya alur sungai purba tiga (Ch 3), yang diperkirakan sebagai produk dari aktivitas tektonik berikutnya (Fase

Tektonik 2), dimana alur sungai dua (Ch 2) mengalami pergeseran kembali dan membentuk alur sungai purba tiga (Ch 3). Indikasi tektonik berikutnya (Fase Tektonik 3) ditafsirkan dari kehadiran endapan limpah banjir yang menutupi endapan alur sungai tiga (Ch 3) tersebut. Fakta ini mengindikasikan bahwa alur sungai purba tiga (Ch 3) juga sudah mengalami pergeseran. Tidak menutup kemungkinan alur - alur sungai purba tersebut adalah merupakan Batang Angkola Purba.

Berdasarkan data kedalaman pemboran, lokasi titik bor B 12, adalah merupakan bagian pusat akumulasi endapan aluvial, sehingga merupakan bagian terdalam dari depresi yang disebut sebagai deposenter (*depocentre*).

Penampang C-D

Penampang C-D terdiri atas titik bor B-13, B-4, B-12, dan B-25, dengan arah timur - barat. Kedalaman maksimum pemboran ini lebih kurang 8.5 meter (Gambar 4a).

Pada titik bor B-13, batuan dasar ditutupi oleh endapan rawa terdiri atas lanau mengandung organik dan lempung organik dan gambut. Umumnya endapan rawa berwarna coklat kekuningan mengandung sisa - sisa tumbuhan berupa akar tanaman, dan daun daunan. Kemudian endapan rawa tersebut ditindih oleh endapan cekungan banjir (Fb). Pada titik bor B-12 penetrasi pemboran tidak mencapai ke batuan dasar. Hal ini disebabkan oleh endapan alur sungai purba (Ch-1) yang terdiri atas pasir lepas jenuh air sulit ditembus oleh bor jenis *hand auger*. Hasil kegiatan dari alur sungai ini sebagian menghasilkan endapan cekungan banjir.

Pada penampang ini terlihat, alur sungai purba satu (Ch -1) tidak berkembang, yang mengindikasikan alur sungai purba tersebut mengalami perpindahan. Selain itu, baik ke arah barat maupun ke arah timur tidak dijumpai alur sungai. Hal ini dapat disebabkan ke dua wilayah tersebut merupakan kawasan yang bergerak menurun. Dengan demikian perpindahan alur sungai akan selalu menuju ke hilir yaitu pusat penurunan. Perpindahannya posisi elevasi lingkungan rawa mengindikasikan pergerakan tektonik telah terjadi beberapa kali. Secara keseluruhan dapat dikatakan bahwa runtunan sedimen pada penampang C-D memperlihatkan adanya pengaruh kegiatan tektonik berupa penurunan.

Penampang E-F

Penampang E-F terdiri atas titik bor B 14, B 26 dan B 5, dengan arah penampang timur - barat (Gambar 4b). Ketebalan maksimum yang dapat dicapai adalah 5 m. Pada penampang ini endapannya disusun oleh fasies cekungan banjir dan fasies alur sungai purba.

Pada penampang E-F dicirikan oleh berkembang alur - alur sungai. Kondisi ini mengindikasikan bahwa alur sungai telah mengalami perpindahan (*shifting*). Alur sungai tiga (Ch 3) (B 14) dan pada B 5 adalah merupakan alur sungai yang berpindah di paparan barat dan paparan timur cekungan diperkirakan sebagai tributaries stream. Sebaliknya alur sungai purba tiga (Ch 3) pada B 26 diperkirakan sebagai alur sungai purba Batang Angkola (*trunk stream*) yang berpindah ke posisi sekarang. Ilustrasi yang menggambarkan sistim sungai dapat dilihat dalam Gambar 5.

Penampang G-H

Penampang ini terletak lebih ke arah hulu dari Sungai Batang Toru yang terdiri atas titik bor B 18, B 19 dan titik bor B 9 (Gambar 4 c). Sedimen Kuartar yang menyusun daerah ini terdiri atas endapan cekungan banjir dan endapan rombakan. Secara umum endapan cekungan banjir terdiri atas lempung berwarna coklat muda, lunak berselingan dengan pasir lempungan, lempung pasiran, pasir sangat

halus dan lanau. Pada penampang ini terlihat semakin menipisnya endapan cekungan banjir. Tebal maksimum endapan cekungan banjir 2 m - 3 m. Sebaliknya penyebaran material rombakan nampak semakin luas. Penyebaran material rombakan yang semakin luas tersebut menunjukkan puncak pengisian cekungan. Sementara itu semakin menipisnya endapan cekungan banjir sangat terkait dengan lingkungan pengendapan yang terjadi di daerah paparan cekungan. Secara umum, proses pembentukan endapan aluvial tersebut cenderung dibawah pengaruh proses Fase Tektonik 1, yang menghasilkan material rombakan. Tidak terbentuknya alur sungai di tempat tersebut kemungkinan berhubungan dengan elevasi yang naik, sehingga berpotensi menghasilkan hanya endapan cekungan banjir yang berasal dari material longsor saja.

PENARIKHAN UMUR MUTLAK

Lima buah pecontoh batuan diambil untuk keperluan pengukuran umur mutlak. Pengukuran umur mutlak dilakukan dengan metode penarikan karbon (*carbon dating*) C14. Percontoh diambil dari posisi stratigrafi yang berbeda-beda dan dari lingkungan fasies yang berbeda beda pula (Gambar 4a). Perian dari masing-masing percontoh batuan tersebut dapat dilihat dalam Tabel 1, sedangkan lokasi percontoh dan umur mutlak dapat dilihat dalam Gambar 4a.

Tabnel 1. Perian dari Masing-masing Percontoh Batuan.

No percontoh	Lokasi	Jenis batuan	Keterangan	Umur mutlak
Ps-01/12/2001	Ds. Sigalangan Titik bor B 12	Lempung berwarna hijau kecoklatan, agak getas mengandung sisa tanaman, kayu, dengan sisipan pasir halus	Fasies Cekungan Banjir. Cnto diambil pada kedalaman 4.00-4.20 m	16.270 ± 460 Bp
Ps-02/12/2001	Ds. Sigalangan Titik Bor B 12	Gambut lempungan, abu-abu keceklatan lunak, Lempung organik mengandung banyak sisa tumbuhan berupa akar dan daun-daunan, sisa-sisa petongan kayu busuk, dan humus	Fasies Rawa, percontoh dari kedalaman 3.20 - 3.60 m	14.260 ± 340 BP
Ps-03/12/2001	Ds. Sigalangan Titik Bor B 12	Lempung hijau kecoklatan getas, mengandung sisa-sisa tanaman	Fasies Cekungan Hanjir. Kedalaman percontoh batuan diambil dari 1.50 – 1.70 m	9.140 ± 250 BP
Ps-04/12/2001	Ds. Pangaribuan Muara Tias Titik Bor B 11	Lempung abu-abu muda, lunak mengandung sise-sisa tanaman dan kayu busuk	Fasies cekungan banjir, lokasi pengambilan percontoh pada kedalaman 3.20 m	12.010 ± 480 BP
Ps-05/12/2001	Pasar lama Titik Bor B 13	Lempung gambutan mengandung sisa tanaman (<i>plant remain</i>) berwarna agak kecoklatan.	Fasies rawa, percontoh diambil dari kedalaman 4.0 meter	3070 + 182 BP

Hasil analisis pengukuran umur mutlak menunjukkan proses pengisian cekungan telah berlangsung sebelum 16270 ± 460 BP, dan lingkungan rawa belum terbentuk secara luas. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tingkat kelembaban saat itu rendah. Kemudian awal 14280 ± 340 BP (Gambar 4a), lingkungan rawa berkembang luas menandakan kondisi kelembaban mulai bertambah tinggi dan kondisi cekungan relatif stabil. Sebelum 9140 ± 250 BP lingkungan rawa kemudian berubah menjadi cekungan banjir dan alur sungai purba satu (Ch-1) sudah mulai bergeser mendekati posisinya. Gejala tersebut membuktikan bahwa ketika itu energi aliran dan volume air mulai berlimpah dan tentunya berhubungan dengan semakin meningkatnya tingkat kelembaban. Selanjutnya 3070 ± 182 BP terbentuk lingkungan rawa di paparan cekungan yang ditutupi oleh endapan limbah banjir (Gambar 4 a, B-12).

INDIKASI AKTIVITAS NEOTEKTONIK

Bawah Permukaan

Identifikasi indikasi neotektonik di dalam tataan endapan sedimen Kuartar memberikan arti penting terhadap tataan tektonik di daerah penelitian. Tanda tanda / indikasi tektonik diketahui dari tataan endapan sedimen baik secara vertikal maupun secara lateral (Frostick, dr. 1993).

Khusus di daerah penelitian yang disusun oleh endapan aluvial, perkembangan dan penyebaran endapan alur sungai purba sangat penting untuk diketahui karena perkembangan dan perubahan pola sistim aluvial tersebut dapat digunakan sebagai indikator bergeraknya batuan alas (dasar terban/cekungan)

Berdasarkan tataan endapan aluvial yang terdapat di daerah penelitian, terlihat adanya faktor pengendali terbentuknya runtunan stratigrafi yang sangat dipengaruhi oleh kegiatan tektonik sepanjang proses pengendapannya.

Indikasi pertama diperlihatkan oleh adanya perulangan fasies endapan rawa pada penampang CD titik bor B-12 (Gambar 4,a). Terbentuknya perulangan fasies rawa tersebut ditafsirkan disebabkan oleh adanya pengaruh penurunan dasar cekungan. Pada saat batuan dasar mengalami penurunan maka vegetasi yang tumbuh di sekitar pematang sungai (*levee*) atau di sekitar *backswamp*, tanah basah (*wetland*) secara terus menerus ditutupi

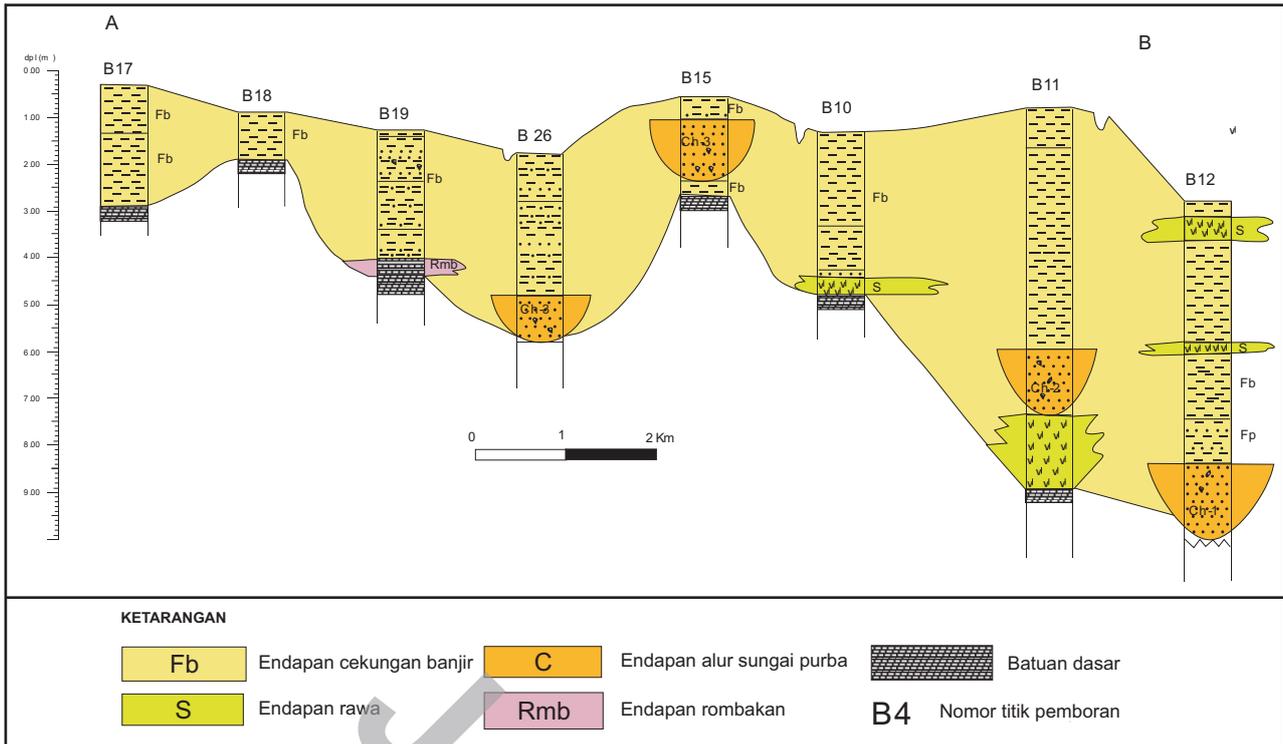
oleh endapan limbah banjir yang terjadi kemudian secara berkesinambungan, sehingga vegetasi tadi terawetkan sebagai material pembentukan endapan rawa. Skematik kondisi lingkungan pengendapan yang dibentuk oleh sistim fluviatil terlihat dalam Gambar 6.

Fenomena lain, yang menunjukkan terjadinya proses penurunan terlihat pada penampang E-F (Gambar 4 b), diperlihatkan oleh posisi Sungai Batang Angkola, yang terletak di atas endapan alur sungai purba Ch 3. Kondisi yang demikian ini dianggap sebagai salah satu indikasi bahwa daerah ini mengalami penurunan (*subsidence*). Proses penurunan ini diperkirakan masih berlangsung hingga sekarang.

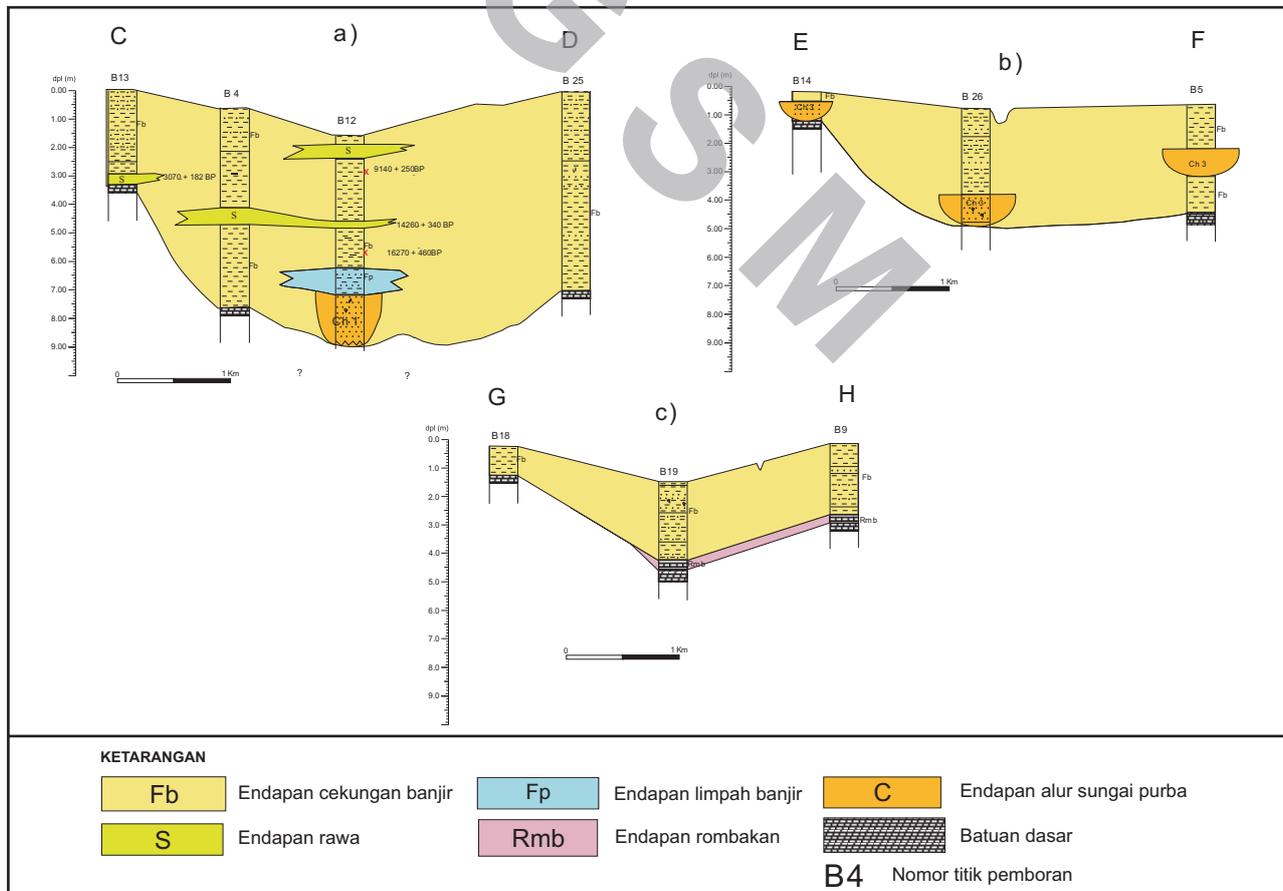
Selain itu indikasi kegiatan tektonik lainnya diperlihatkan oleh terjadinya pergeseran alur sungai purba secara mendatar (*shifting*). Fenomena ini terlihat pada penampang A-B (Gambar 3). Pada penampang tersebut terlihat endapan alur sungai purba satu (Ch-1) yang terdapat pada titik bor B-12, mengalami pergeseran ke arah barat (B-11) menjadi alur sungai purba dua (Ch-2).

Pergeseran alur sungai purba tersebut di atas pada awalnya dimulai dengan adanya pengangkatan oleh gaya gaya endogen sebagai akibat dari aktivitas sesar geser yang bergerak transtensional yang mengakibatkan batuan dasar mengalami pengangkatan (*horst*), dan sebagai konsekuensinya alur sungai purba satu (Ch-1) bergeser ke arah barat, ke daerah yang mengalami penurunan (terban/graben) dan membentuk endapan alur sungai purba dua (Ch-2). Secara berkesinambungan (9.140 ± 250 BP) daerah ini mengalami penurunan sehingga terbentuk dua lapisan endapan rawa yang diendapkan pada lingkungan belakang rawa (*backswamp*) pada posisi stratigrafi yang berbeda. Berdasarkan tataan endapannya dan pengukuran umur mutlak dapat diketahui bahwa dalam kurun waktu 16.270 ± 460 Bp sampai dengan 3070 ± 182 BP, terjadi tiga kali fase tektonik baik berupa penurunan ataupun pengangkatan yang mengakibatkan terjadinya perubahan runtunan sedimen.

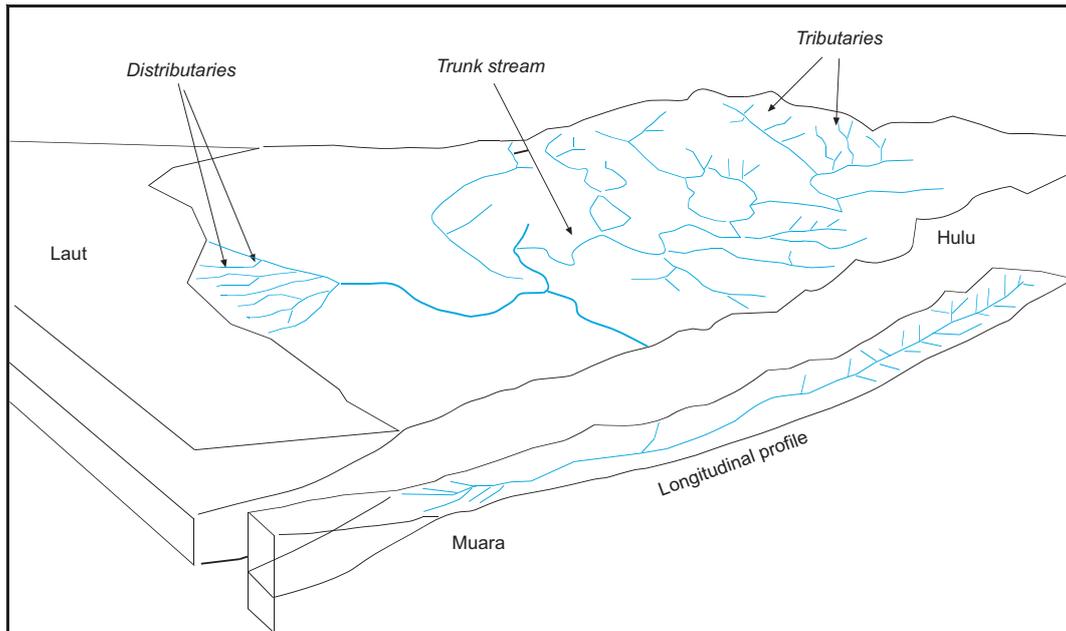
Berdasarkan pola pergeseran alur sungai tersebut dapat ditafsirkan bahwa sesar yang aktif adalah sesar geser yang terletak di sebelah timur depresi yang mengakibatkan adanya gaya vertikal terhadap batuan dasar. Diperkirakan aktivitas sesar geser inilah yang menyebabkan terbentuknya cekungan Kuartar yang mekanisme pembentukannya sebagai *pull-apart basin*. Goudi, 2004 menyatakan bahwa



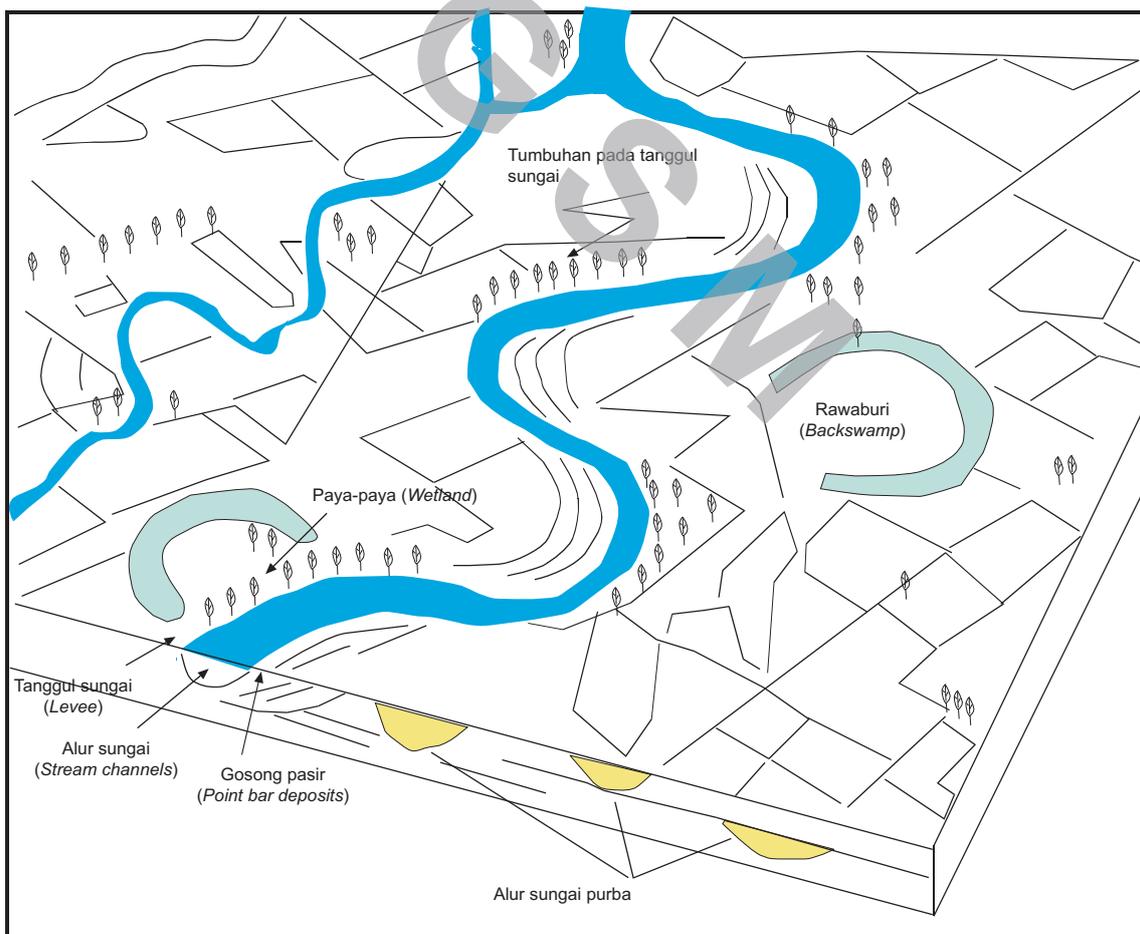
Gambar 3. Korelasi runtunan sedimen Kuartir bawah permukaan daerah Padangsidempuan.



Gambar 4a,b, dan c. Korelasi runtunan sedimen Kuartir bawah permukaan daerah Padangsidempuan dengan arah penampang barat - timur.



Gambar 5. Penampang ideal yang menunjukkan pembagian jenis sungai.



Gambar 6. Proses perkembangan lingkungan pengendapan Kuarter pada sistim fluviatil.

mekanisme pembentukan *pull-apart basin*, berasosiasi dengan gaya regangan (rifting) sepanjang zona sesar mendatar di daerah transtensional. Daerah ini dapat terpengaruh pergerakan Sesar Sumatera yang transpresional maupun transtensional. Sebagai konsekuensinya terbentuk daerah rendahan atau depresi (*topographic low*). Depresi tersebut dapat berupa telaga sesar (*sag pond*) untuk skala kecil, atau rhombograben untuk skala lebih besar.

Dari keterangan tersebut terlihat bahwa perpindahan alur sungai purba serta perubahan runtunan fasies pengendapan relatif sederhana tidak terlalu rumit. Oleh karena itu dapat ditafsirkan bahwa intensitas tektonik yang terjadi relatif rendah, karena semakin tinggi intensitas tektoniknya maka pergeseran alur sungai purba yang terjadi akan semakin kompleks. Perpindahan alur sungai purba serta perubahan runtunan fasies pengendapan dapat disebabkan oleh pergerakan turun atau naiknya batuan dasar oleh gaya endogen hasil dari pergerakan sesar geser (*strike-slip fault*). Di daerah penelitian pergeseran alur sungai ke arah mendatar dapat disebabkan oleh aktivitas sesar geser yang terdapat di sisi sebelah timur dan sebelah barat depresi Padangsidempuan.

Permukaan

Di permukaan indikasi tektonik dimanifestasikan dalam bentuk gawir sesar, garis gores sesar, perubahan bentuk lahan, dan lineasi Telaga Sesar (*sag pond*) (Lumbanbatu drr, 2003)

Gawir sesar dapat diamati di sepanjang sisi bagian timur dan sisi bagian barat lereng perbukitan (*horst*) dan Lembah Sungai Angkola sebagai terban (cekungan). Gawir sesar di sisi bagian timur tersebut mewakili Segmen Sesar Batang Angkola yang memperlihatkan lereng terjal, diikuti oleh kehadiran *Triangular Facet*. Selain itu, Gawir sesar dapat pula diamati di sepanjang sisi bagian barat lereng perbukitan di Lembah Sungai Aek Godang, sebagai refleksi dari Segmen Sesar Ulu Aer. Sedangkan garis gores sesar dapat diamati di dua lokasi yaitu di Kampung Panompuan dan di Kampung Pintu Padang. Kedua garis gores sesar ini apabila dihubungkan akan membentuk satu garis dengan arah barat-laut - tenggara, yang merupakan bagian dari Segmen Sesar Ulu Aer.

Efek tektonik terhadap bentuk lahan (Deformasi Landform) terekam dengan baik pada bentuk lahan yang dibentuk oleh Gunung Api Sibualbuali. Bentuk

lahan Gunung Api Sibualbuali berupa kerucut gunung api tidak dapat lagi dikenali karena bentuknya sudah mengalami perubahan menjadi lonjong (elipsoid). Perubahan bentuk lahan ini sejajar dengan Lajur Sistem Sesar Sumatera oleh karena itu perubahan bentuk lahan tersebut diyakini sebagai akibat dari aktivitas Sesar Sumatera yang bergerak transtensional. Sedangkan bentuk lahan yang dibentuk oleh Gunung Api Lubuk Raya dengan mudah dapat dikenali dengan jelas karena bentuknya masih memperlihatkan bentuk kerucut yang sangat ideal dengan dinding kawahnya. Kedua gunung api ini (Gunung Api Sibualbuali dan Gunung Api Lubuk Raya) merupakan gunung api kuartar yang terletak pada ketinggian 1800 m di atas muka laut.

Indikasi lain yang menunjukkan adanya aktivitas tektonik adalah breksi sesar. Singkapan breksi sesar di jumpai di dua lokasi yaitu di Kp. Pintu Padang dan di kawasan Dk.Sitompu. Breksi Sesar tersebut dijumpai pada batuan termuda dan batuan tertua. Di Kp. Pintu Padang breksi sesar terdapat pada batuan vulkanik kuartar dasitis yang menyebabkan batuan tersebut terbelah belah dan hancur, sehingga sangat rentan terhadap guncangan gempa yang dapat mengakibatkan bencana longsor ataupun batu jatuhan. Sedangkan di daerah Dk.Sitompu terdapat pada batugamping berumur tua (Karbon), dan memperlihatkan karakteristik yang sama dengan fenomena di atas. Fakta di atas menunjukkan bahwa sesar tersebut telah bergiat kembali pada Resen sehingga mensesarkan batuan vulkanik dasitis Kuartar.

KESIMPULAN

- Endapan aluvium muda yang menempati daerah penelitian dapat dibedakan menjadi lima lingkungan pengendapan yaitu endapan cekungan banjir, endapan limpah banjir, endapan rawa, endapan alur sungai purba, dan endapan rombakan.
- Indikasi aktivitas tektonik berupa penurunan dan pengangkatan dapat dikenali dari runtunan endapan sedimen di daerah ini. Berdasarkan runtunan endapan sedimen dikenali adanya tiga fase tektonik yang ditunjukkan oleh adanya perulangan fasies endapan rawa pada posisi stratigrafi yang berbeda, pergeseran endapan alur sungai purba dan posisi Sungai Batang Angkola yang terletak di atas endapan alur sungai purba Ch 3.

- Berdasarkan pola perpindahan alur sungai purba, yaitu pergeseran (*shifting*) bukan perpotongan (*stacking*), maka mekanisme perpindahan alur sungai purba tersebut disebabkan oleh gerakan horinzontal dan bukan gerakan vertikal.
- Di permukaan indikasi kegiatan tektonik dimanifestasikan dalam bentuk gawir sesar, garis gores sesar, perubahan bentuk lahan , dan lineasi Telaga Sesar (*sag pond*)
- Berdasarkan runtunan endapan sedimennya dapat diketahui bahwa intensitas tektonik yang terjadi relatif rendah, karena semakin tinggi intensitas tektonik maka pergeseran atau perpindahan alur sungai purba serta perulangan fasies endapannya akan semakin kompleks.
- Geometri dari Depresi Padangsidempuan berbentuk asimetris yaitu ditunjukkan oleh letak deposentre yang lebih dekat ke sisi bagian barat dari depresi Padangsidempuan. Hal ini membuktikan bahwa sesar yang aktif dalam

mekanisme pembentukan depresi ini adalah sesar geser yang terletak di sebelah timur. Selanjutnya depresi tersebut dapat kita klasifikasikan sebagai *pull-apart basin* apabila ditinjau dari tataan tektoniknya dimana cekungan tersebut diapit oleh dua buah sesar geser.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada bapak Dr. Herman Moechtar atas koreksi, kritik dan saran terutama masukannya sehingga tulisan ini dapat diselesaikan. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada rekan-rekan dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu dalam tulisan ini yang ikut membantu hingga makalah ini menjadi lebih baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Pusat Survei Geologi atas izinnya untuk penerbitan makalah ini.

ACUAN

- Aspden J.A., Kartawa W., Aldiss D.T., Djunuddin A., Whandoyo R., Diatma.D., Clarke M.C.G., dan Harahap H., 1982. *Peta Geologi Lembar Padangsidempuan dan Sibolga, Sumatera*, skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Frostick, L.E. & Steel, R.J. 1993. Tectonic Signatures in Sedimentary Basin Fills. In Frostick, L.E. & Steel, R.J. eds. *Tectonic Controls and Signatures in Sedimentary Successions*, IAS Special Publication #20, pp. 1-9. International Association of Sedimentologists, Glasgow.
- Goudi.A.S., 2004. *Encyclopedia of Geomorphology*. Routledge Taylor & Francis Group.
- Lumbanbatu, U.M., Moechtar, H., 2002. Karakteristik Kegempaan sebagai acuan Pengembangan Wilayah daerah Padangsidempuan, Kab. Tapanuli Selatan Provinsi Sumatera Utara. *Majalah Geologi Indonesia Vol. 17 No.1 dan 2*. Ikatan Ahli Geologi Indonesia.
- Lumbanbatu U.M., Moechtar H., Hidayat S., 2003. Penjaluran Kerentanan Bencana Gempa bumi daerah Padangsidempuan Tapanuli Selatan. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral, Vol. XIII, No 140*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Libby W.F., 1951. *Radiocarbon dating*, University of Chicago, Press, 240.
- Tjia H.D (1977). *Tectonic Depression along the transcurrent Sumatera Fault Zone*. J.4.No1 1977. Department of Geology The National University of Malaysia Kuala Lumpur, Malaysia