



## Endapan Kipas Aluvium Bukitlawang, Sumatra Utara Hasil Interpretasi Citra DEM IFSAR dan Landsat ETM7

### *Bukitlawang Alluvial Fan Deposit, North Sumatra Interpreted from DEM IFSAR and Landsat ETM7 Images*

Muhammad Luthfi Faturrahman dan Fitriani Agustin

Pusat Survei Geologi, Jalan Diponegoro 57 Bandung 40122

E-mail: m.luthfifatur@yahoo.com

Naskah diterima : 25 April 2016, Revisi terakhir : 01 Februari 2017, Disetujui : 2 Februari 2017

**Abstrak** - Endapan kipas aluvium Bukitlawang, Sumatra Utara, merupakan salah satu penampakan geomorfologi yang teramati secara jelas pada citra Landsat dan Radar. Arah aliran dari kipas aluvium ini dari barat ke timur dengan luas sebaran mencapai 77 Km<sup>2</sup>. Sesar Sumatra yang terdapat pada sebelah timur kipas aluvium memiliki keterkaitan erat dengan pembentukan kipas aluvium ini. Tipe kipas aluvium ini berupa aliran jatuhnya dengan proses sedimentasi primer secara endapan aliran jatuhnya.

**Kata kunci** - Kipas aluvium Bukitlawang, Sesar Sumatra, geomorfologi, citra Radar - Landsat.

**Abstract** - Bukitlawang alluvial fan deposit, North Sumatra is one of the geomorphological aspect that can be observed on landsat and radar images. Flow direction of the alluvial fan is from west to east with having a total distribution of 77 Km<sup>2</sup>. Sumatra fault which is located at the eastern side, plays a major role in the formation of alluvial fan deposit in this area. The type of alluvial fan is a debris flow with the primary sedimentary process of debris flow deposit.

**Keyword** - Bukitlawang alluvial fan, Sumatra fault, geomorphology, Radar - Landsat images.

## PENDAHULUAN

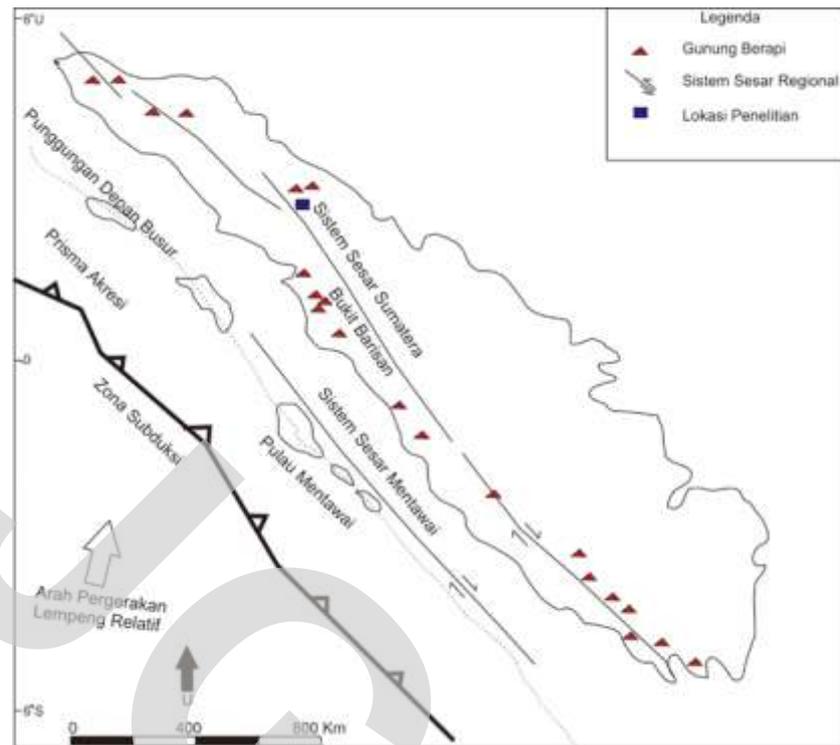
Kipas aluvium merupakan salah satu endapan aluvium yang memperlihatkan bentukan morfologi menyerupai sebuah kipas (*fan*). Endapan ini menarik untuk diamati karena berkaitan dengan berbagai aspek geologi seperti struktur geologi, bencana geologi (longsoran) dan sumberdaya geologi. Pada Peta Geologi Lembar Medan skala 1:250.000 (Cameron, 1992) endapan kipas aluvium ini tidak ada, namun pada citra IFSAR endapan ini dapat diidentifikasi, yang didasarkan atas bentukan morfologinya yang menyerupai kipas, dan pola alirannya. Pohan (2007) berpendapat bahwa endapan kipas aluvium di daerah Sinunukan dan sekitarnya yang terbentuk pada kala Plistosen – Holosen, berpotensi membawa mineral berharga seperti emas dan mineral logam ikutan seperti zirkon, ilmenit dan mineral berat lainnya.

Daerah penelitian terletak di Desa Bukitlawang, Kecamatan Bahorok, Kabupaten Langkat, Provinsi

Sumatra Utara, sekitar 40 km sebelah barat kota Binjai dan berada di sepanjang zona sesar Sumatra (Gambar 1). Tujuan tulisan ini adalah mengidentifikasi bentukan endapan kipas aluvium menggunakan data indera jauh dan mengevaluasi hubungan antara karakteristik morfometri dari bentukan kipas aluvium dengan aktifitas tektonik di sekitarnya, serta hubungannya dengan aktifitas manusia.

## Metodologi

Interpretasi geologi dilakukan pada data indera jauh yang terdiri atas citra Landsat dan citra IFSAR. Citra Landsat yang digunakan adalah citra Landsat ETM7 dengan kombinasi band 4,5,7, yang terdiri atas band *Near Infra Red* (NIR) dan *Short Wave Infra Red* (SWIR) dan masing-masing band memiliki resolusi spasial 30 m (Alparone, 2004). Citra *Interfero Synthetic Aperture Radar* (IFSAR) adalah citra (gambar) permukaan bumi yang dihasilkan dengan teknologi radar dengan menggunakan wahana pesawat udara (*airborne*).



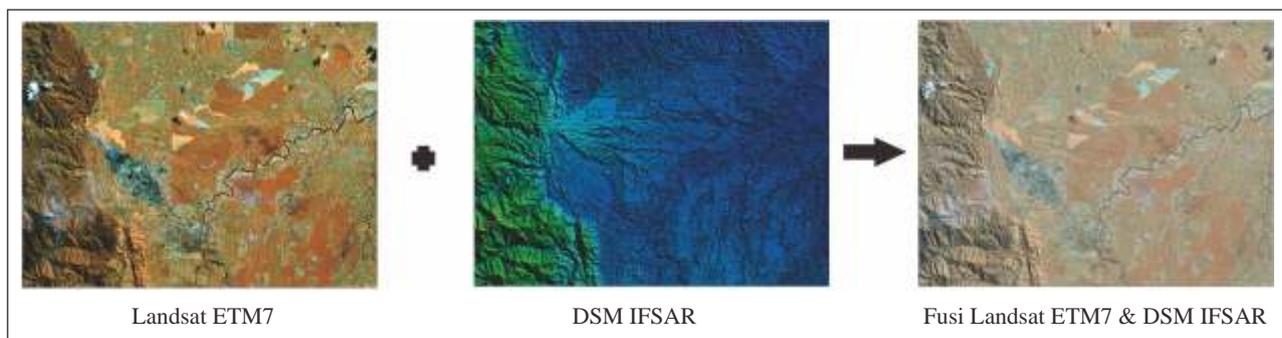
Sumber : Darman dan Sidi (2000)

Gambar 1. Tektonik Regional dan lokasi daerah penelitian.

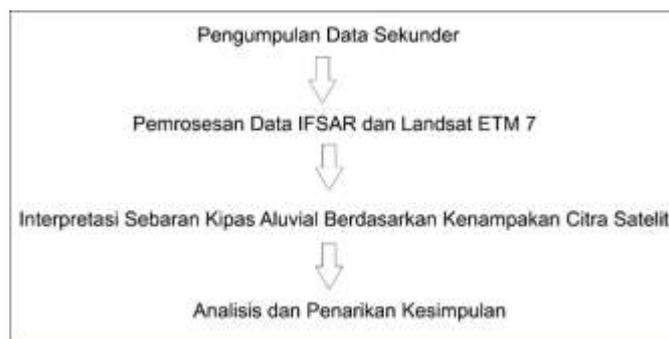
Citra IFSAR yang digunakan dalam penelitian ini adalah produk dari *Intermap STAR Technology* dengan ketelitian resolusi per pikselnya sekitar 5 (lima) m untuk *Digital Surface Model (DSM)* dan 1,255 – 2,5 m untuk citra *Orthorectified Radar Images (ORIs)* (Li, dr., 2004). Kedua citra tersebut memiliki kelebihan masing-masing. Citra Landsat dapat mengidentifikasi objek secara visual berdasarkan kenampakan warna, tetapi tidak mampu menembus awan, sedangkan citra radar dapat menembus awan sehingga kenampakan permukaannya jelas, dan citra DEMnya dapat memperlihatkan penampakan morfologi, tetapi tampilannya hitam-putih. Kedua citra tersebut kemudian digabungkan sehingga didapat citra fusi IFSAR dan Landsat ETM7 yang kemudian diinterpretasi untuk

mengetahui sebaran kipas aluvium pada daerah penelitian (Gambar 2).

Adapun tahapan penelitian ini meliputi pengumpulan data sekunder, pengolahan data citra dan interpretasi geologi. Interpretasi kipas aluvium didasarkan pada kenampakan visual yang terlihat pada citra dengan unsur-unsur yang diamati meliputi bentuk, relief, pola aliran, serta asosiasi dengan lingkungan disekitarnya (Gambar 3). Kipas aluvium memiliki bentuk morfologi yang khas sehingga dapat dibedakan dengan morfologi disekitarnya, pada umumnya kipas aluvium memiliki bentuk yang menyerupai kipas, relief relatif halus, dengan pola aliran menganyam ataupun berkelok.



Gambar 2. Proses Fusi Citra Landsat ETM7 dan IFSAR.



Gambar 3. Diagram alur penelitian

## GEOLOGI AND TEKTONIK REGIONAL

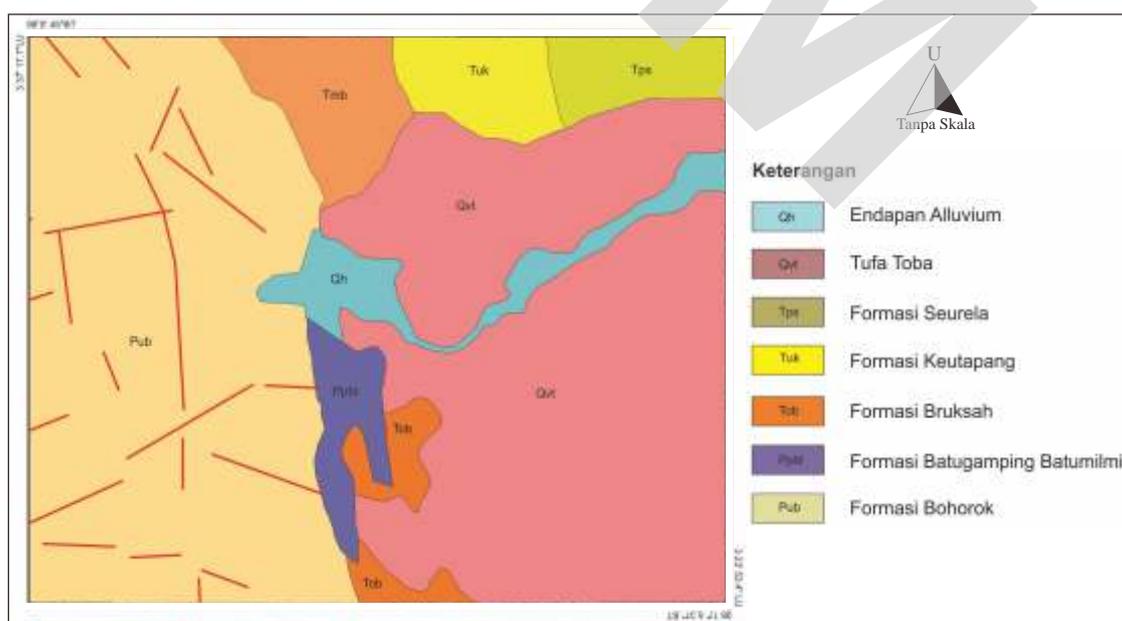
### Stratigrafi

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Medan skala 1:250.000 (Cameron drr., 1992) satuan batuan daerah penelitian tersusun atas batuan Pratersier, yang terdiri atas Formasi Bohorok (Pub), Anggota Batugamping (Ppbl); dan batuan Tersier, yaitu Formasi Brusah (Tob), Formasi Bampo (Tlb), Formasi Baong (Tmb), Formasi Keutapang (Tuk), Formasi Seurela(Tps); dan batuan Kuartar yang terdiri atas Tufa Toba (Qvt) dan endapan aluvium (Qh) (Gambar 4).

### Tektonik

Harsa (1978) dan De Coster (1974) menyatakan bahwa terdapat empat periode tektonik di Sumatra, yaitu Tektonik Mesozoikum Tengah, Tektonik Kapur Akhir-

Tersier Awal, Tektonik Miosen Tengah dan Tektonik Plio-Plistosen. Periode tektonik Mesozoikum Tengah merupakan tektonik pertama di Sumatra. Periode ini mengakibatkan deformasi dan pemalihan batuan, yang diakibatkan oleh tumbukan Lempeng Samudra Hindia dan Lempeng Eurasia; Periode tektonik Kapur Akhir-Tersier Awal terjadi suatu tumbukan miring antara Lempeng Samudra Hindia bagian timurlaut dengan Lempeng Benua Asia Tenggara (Karig drr., 1979; dalam Situmorang dan Yulihanto, 1985). Tumbukan ini terjadi karena pemekaran Lempeng Samudra Hindia yang berarah utara-selatan dengan kecepatan 18 cm/tahun. Tumbukan ini mengakibatkan terbentuknya struktur sesar mendatar menganan berarah utara-selatan; periode tektonik Miosen Tengah sangat tampak di Pegunungan Barisan, yaitu terjadinya pengangkatan dengan disertai aktifitas magmatisme, yang menghasilkan batuan gunungapi dan batuan terobosan.



Sumber : Disederhanakan dari Peta Geologi Regional Lembar Medan (Cameron, 1992)

Gambar 4. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian

Tektonik ini mungkin berhubungan dengan perubahan arah dan kecepatan pemekaran Samudra Hindia yang pada Kapur Akhir-Tersier Awal berarah utara-selatan berubah menjadi timurlaut – baratdaya dengan kecepatan 5 cm/tahun; dan tektonik Plio-Plistosen sangat berpengaruh terhadap bentuk dan struktur geologi Sumatra sekarang ini. Pada periode ini, Pegunungan Barisan terangkat lagi, sementara Sesar Sumatra yang memanjang di sepanjang pegunungan ini berkembang. Sesar utama yang masih aktif di Sumatra, yaitu Sesar Sumatra berarah relatif baratlaut – tenggara (Gambar 1). Sesar ini termasuk jenis sesar mendatar mengangan sebagai manifestasi dari pergerakan Lempeng Samudra Indo Australia yang bertumbukan dengan Lempeng Benua Eurasia (Verstappen, 2010).

Proses sedimentasi di sebagian wilayah Cekungan Sumatra bagian utara umumnya di kontrol oleh sesar, dan didominasi oleh proses fluvial dan lakustrin yang sumber sedimennya berasal dari tinggian setempat. Busur magmatik Pulau Sumatra membentuk Bukit Barisan yang memiliki orientasi arah baratlaut-tenggara. Keberadaan jalur ini sangat penting karena merupakan suplai sedimen dalam pengendapan yang terjadi baik di busur depan (*forearc basin*) dan busur belakang (*backarc basin*), ataupun sedimentasi lokal yang bisa diamati saat ini seperti yang tercermin dalam bentuk morfologi kipas aluvium.

## ENDAPAN KIPAS ALUVIUM

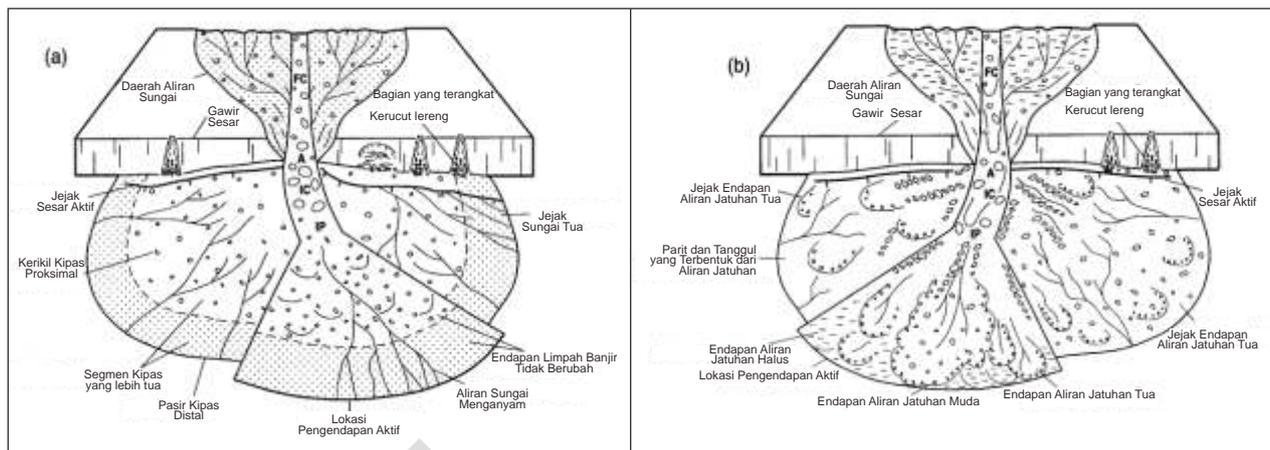
Endapan kipas aluvium merupakan endapan hasil rombakan batuan lebih tua yang berbentuk kipas dan menyebar dari tempat dimana aliran sungai turun dari puncak tinggian ke pedataran landai (Bull, 1977). Endapan aluvium dapat tersebar dengan radius 0.5 – 10 km dari muka tebing dan tersebar secara merata pada lengkungan 180° apabila tidak ada yang membatasi (Anstey, 1965 dalam Blair & Mc Pherson, 1994). Endapan kipas dapat diamati pada citra berdasarkan morfologinya. Morfologi kipas aluvium dapat juga dipengaruhi oleh tektonik daerah tersebut (Bahrami, 2013). Berdasarkan proses pembentukannya, Stanistreet dan McCarthy (1993) membagi endapan kipas aluvium menjadi 3 jenis yaitu tipe aliran jatuhan, tipe sungai menganyam dan tipe sungai berkelok. Pada tipe kipas aluvium aliran jatuhan dicirikan dengan luas daerah sebaran yang relatif sempit yaitu < 10 Km<sup>2</sup>, kemiringan tebing relatif curam dan pada umumnya terbentuk di daerah kering. Tipe kipas aluvium sungai menganyam dan sungai berkelok proses pengendapan yang berkembang akan saling bergantung kepada kondisi sungainya.

Faktor – faktor yang mempengaruhi terbentuknya endapan kipas aluvium yaitu : kondisi topografi dimana aliran sungai dapat mengalir tanpa terganggu dari hulu menuju ke pedataran yang landai; suplai sedimen yang memadai dari batuan sumber di dalam sebuah sistem aliran sungai untuk membentuk suatu kipas aluvium; dan tidak ada pengendapan di sepanjang aliran sungai, sehingga suplai sedimen dapat terus tertransport menuju lokasi kipas aluvium.

Menurut Blair & Mc.Pherson (1994), kondisi topografi yang paling ideal untuk pembentukan kipas aluvium adalah di tepian bagian blok batuan naik di daerah yang dominan terkena struktur geologi yang bersifat *dipslip*. Proses sedimentasi yang berkembang dalam pembentukan suatu kipas aluvium terbagi menjadi 2 (dua) proses ; yaitu proses primer dan sekunder. Proses primer adalah suatu proses transportasi material dari batuan sumber di dalam daerah aliran sungai menuju ke kipas aluvium. Proses primer berperan dalam pembentukan dan perkembangan suatu kipas aluvium, dan berkesinambungan dengan melebarnya daerah aliran sungai sebagai akibat dari pemindahan material sedimen. Proses ini dapat terjadi melalui aliran sungai maupun aliran jatuhan. Proses primer biasanya dipicu oleh suatu even bencana besar seperti banjir dan gempa bumi sehingga terjadi dalam durasi yang singkat tetapi berperan signifikan dalam pembentukan suatu kipas aluvium. Sebaliknya proses sekunder merupakan proses yang menyebabkan perubahan pada sedimen yang sebelumnya sudah terendapkan oleh proses primer (Gambar 5). Beberapa contoh proses sekunder diantaranya adalah erosi oleh angin, bioturbasi, pelapukan sedimen dan pensesaran.

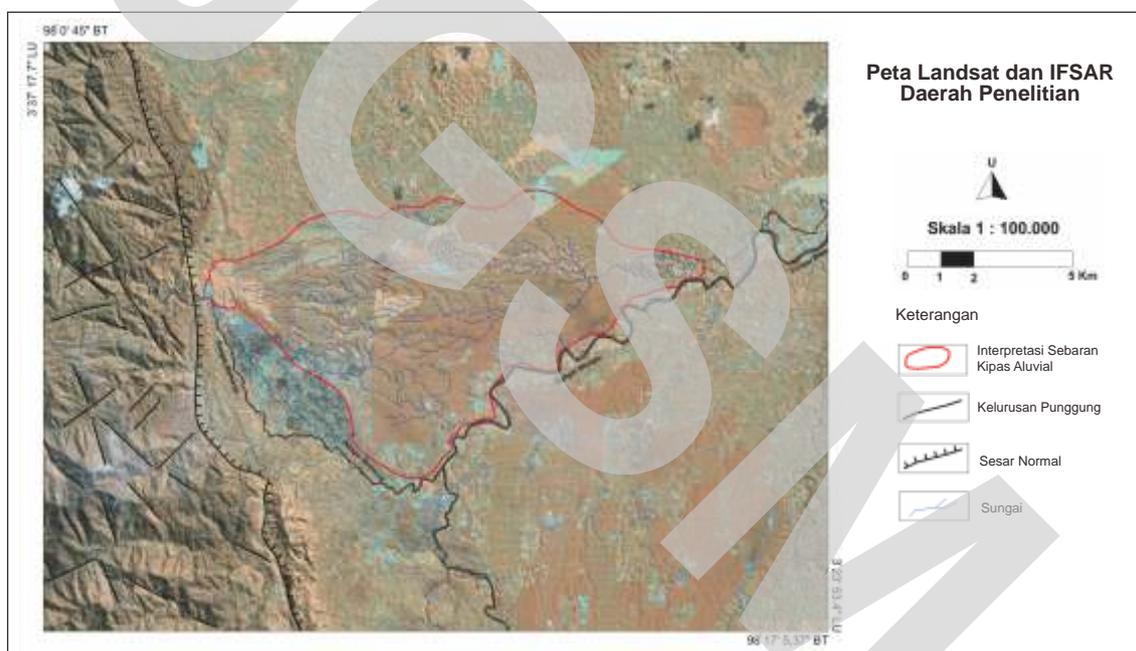
## HASIL

Pada citra DSM IFSAR, kipas aluvium memperlihatkan topografi kipas (*fan-shaped*), secara umum pola aliran *dichotomic* dengan kerapatan jarang (Gambar 6) yang menunjukkan bahwa material penyusunnya mempunyai porositas besar. Kipas aluvium adalah bentuk morfologi yang berkaitan erat dengan proses fluvial (*fluvial landform*), dapat terbagi menjadi beberapa bagian yaitu proximal, medial, dan distal. Pada citra DEM bagian proximal kipas aluvium memiliki lereng curam, lembah dalam, pola aliran berkembang, sedangkan di daerah distal mempunyai penampakan morfologi menghalus, relief datar dan pola aliran tidak berkembang. Hal ini disebabkan karena jarak antara sumber lokasi dimana kipas aluvium terbentuk dan ukuran material penyusun. Berdasarkan penampang topografi diketahui bahwa pada bagian



Sumber : Modifikasi dari Blair & Mcpherson (1994)

**Gambar 5.** Proses primer dan sekunder yang biasa berkembang pada pembentukan suatu kipas aluvium



**Gambar 6.** Bentuk morfologi kipas aluvium tunggal diinterpretasi dari citra fusi Landsat dan DSM IFSAR

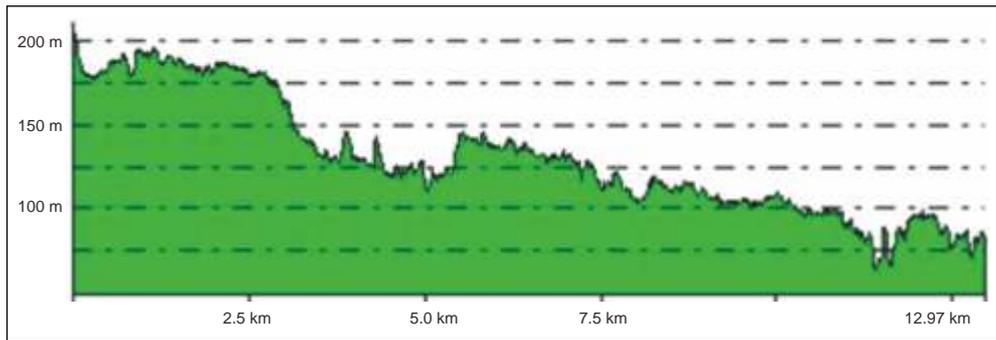
proximal kipas aluvium memiliki ketinggian 200 m dan melandai ke arah distal (Gambar 7). Secara geometri, kipas aluvium ini memiliki dimensi panjang sekitar 14 km, lebar 9 km dengan total luas sekitar 77.81 km<sup>2</sup>.

Kipas aluvium ini terletak 30 km dari Zona Sesar Sumatra (ZFS) ke arah timur, sebarannya diawali dari batas batuan Pratersier dan batuan Tersier yang membentuk tebing utara – selatan sangat curam, yang diperkirakan sesar normal.

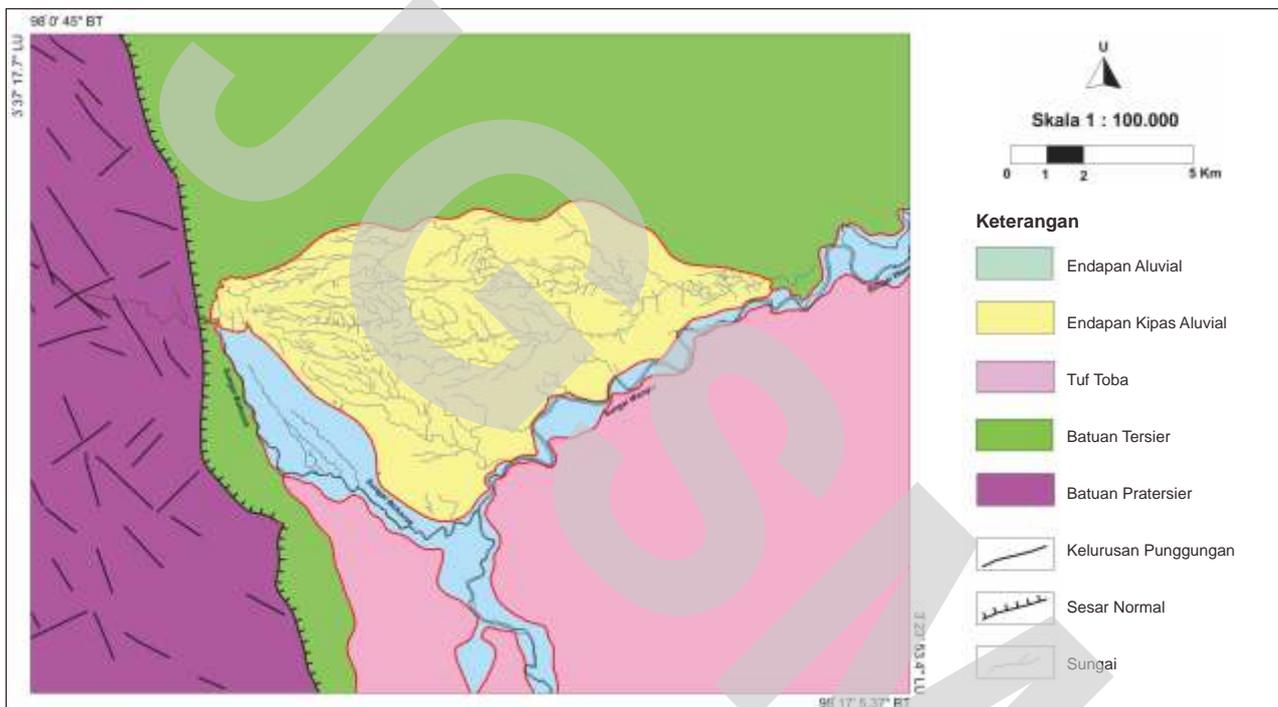
Batuan di bagian hulu terdiri atas Formasi Bahorok dengan batuan penyusun terdiri atas batuan malihan (batusabak, arenit kuarsa malihan, batulanau malihan, dan wake malihan) yang terdapat pegunungan -

perbukitan. Oleh karena itu batuan penyusun endapan kipas ini terdiri atas hasil rombakan Formasi Bohorok tersebut, yang alirannya mengarah ke timur sampai lembah sungai (Gambar 8).

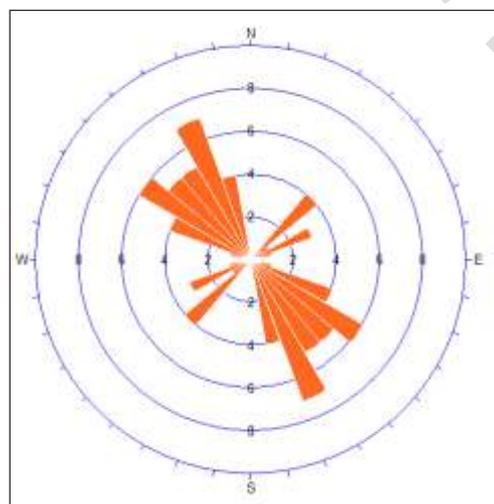
Formasi Bahorok yang berumur Paleozoikum mempunyai sifat sangat keras dan sangat resisten terhadap erosi, namun pada citra batuan ini sangat fraktur. Hasil analisa kelurusan pada diagram mawar (*roset diagram*) menunjukkan arah dominan utara baratlaut – selatan tenggara, yang sejajar dengan Sesar Sumatra, baratlaut – tenggara, dan timurlaut – baratdaya (Gambar 9). Kelurusan – kelurusan pada daerah penelitian diduga terbentuknya berkaitan dengan Sesar Sumatra.



**Gambar 7.** Penampang topografi kipas aluvium barat (proximal) – timur (distal) diproses dari citra DSM IFSAR.



**Gambar 8.** Hasil interpretasi geologi pada daerah penelitian.



**Gambar 9.** Diagram Mawar hasil *plotting* kelurusan pada daerah penelitian

Tutupan lahan dapat ditafsir pada citra Landsat (Gambar 6). Tumbuhan penutup sebagian besar dibatasi oleh garis lurus teratur, yang menandakan hasil budidaya. Warna merah muda dan setempat warna biru diduga berupa perkebunan tidak lebat serta permukiman. Warna merah muda, banyak biru dan hitam menunjukkan daerah persawahan dan permukiman. Warna merah dan garis-garis biru diduga merupakan perkebunan sawit. Warna merah gelap menunjukkan hutan, dan merah memudar menunjukkan hutan yang menipis.

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil interpretasi diketahui bahwa kipas aluvium yang terbentuk di daerah penelitian memiliki arah sebaran relatif barat – timur dengan suplai material berasal dari barat. Kipas aluvium ini membentuk kipas dengan kelerengan melandai ke arah timur. Endapan ini menindih secara tidak selaras batuan Tersier, dan Tufa Toba, serta ditindih oleh endapan sungai resen. Ujung kipas terletak pada tebing curam, yang merupakan batas blok batuan Pratersier dan blok batuan Tersier. Tebing tersebut berarah relatif utara – selatan dan relatif lurus, sehingga tebing ini diduga suatu sesar. Berdasarkan arah (relatif utara – selatan) dan merupakan batas blok batuan Pratersier dan blok batuan Tersier, maka sesuai dengan tektonik regional sesar ini pada awalnya merupakan sesar mendatar mengangan yang terjadi pada periode tektonik Kapur Akhir – Tersier Awal, dan membentuk cekungan Tersier di busur belakang Sumatra. Pada Periode Tektonik Miosen Tengah, Pegunungan Barisan terangkat dan terjadi aktifitas magmatisme, yang menjadi penyuplai material ke cekungan sedimen Tersier. Pada Tektonik Plistosen, Pegunungan Barisan terangkat lagi dan dipotong oleh Sesar Sumatra. Akibat pengangkatan dan pengaruh Sesar Sumatra, sesar utara – selatan berkembang sebagai sesar normal, dimana blok barat (batuan Pratersier) relatif naik terhadap blok timur yang terdiri atas batuan Tersier. Selanjutnya terbentuk endapan kipas aluvium yang menindih secara tidak selaras di atas batuan Tersier.

Hasil analisis kelurusan di batuan Pratersier (Formasi Bohorok) menunjukkan bahwa arah *azimuth* sesar terbesar sejajar Sesar Sumatra, sehingga fraktur di daerah ini diduga terpengaruh aktifitas Sesar Sumatra. Fraktur ini merupakan zona hancur, sehingga zona tersebut mudah tererosi, yang materialnya sebagai sumber endapan kipas ini.

Blok barat yang terdiri atas Formasi Bahorok dan tersusun oleh batusabak, arenit kuarsa malihan, batulanau malihan dan *wake* malihan, bersifat sangat fraktur yang terpengaruh Sesar Sumatra. Formasi ini merupakan sumber material Endapan Kipas Bukitlawang yang dikontrol oleh sesar turun utara – selatan, dan melalui *wind gap* Bohorok, yang kemudian berkembang sebagai Sungai Bohorok. Sungai ini menghasilkan endapan aluvium di sepanjang lembahnya dan menindih endapan kipas. Maka pengendapan kipas sekarang ini sudah tidak aktif, dan diperkirakan berumur Plistosen – Holosen; sehingga kipas ini dapat dibandingkan dengan endapan kipas aluvium di daerah Sinunukan dan sekitarnya yang berumur Plistosen – Holosen (Pohan, 2007).

Kipas aluvium ini dicirikan dengan sebaran yang relatif kecil dan terbentuk di daerah dengan kemiringan tebing curam dengan proses sedimentasi primernya berupa aliran jatuhan (*debris flow deposit*), maka endapan kipas ini termasuk kedalam tipe kipas aluvium aliran jatuhan. Hal ini sesuai dengan hipotesis yang diajukan oleh Blair dan Mcpherson (1994), bahwa kondisi ideal untuk pembentukan kipas aluvium adalah suatu kondisi topografi yang dipengaruhi oleh sesar dengan tinggian relatif curam dan tidak adanya penghalang yang dapat membatasi suplai sedimen di sepanjang aliran sungai hingga ke lokasi landai tempat kipas aluvium terbentuk.

Kipas aluvium Bukitlawang ini mungkin tidak mengandung mineral berharga seperti emas, sebab tidak ada informasi adanya mineralisasi. Namun di dalam kipas ini terdapat banyak aktifitas manusia dalam mengolah tanah, seperti pertanian, pekebunan dan kehutanan. Perkebunan kelapa sawit terdapat di bagian timur (zona distal) yang tersusun oleh material relatif halus, dan membentuk morfologi datar, sehingga air tanahnya dangkal. Wilayah di sekitar lembah Sungai Bohorok dijumpai banyak air, yang pada citra landsat dicirikan warna hitam, yang digunakan untuk persawahan. Di daerah yang bermorfologi agak tinggi pada umumnya sebagai perkebunan dan hutan.

## KESIMPULAN

Kipas aluvium Bukitlawang dikontrol oleh sesar normal utara – selatan, yang diduga pada Kapur Akhir – Tersier Awal sebagai sesar mendatar mengangan, dan pada Miosen Tengah dan Plio-Plistosen berkembang sebagai sesar normal; batuan sumber berasal dari batuan Pratersier (Formasi Bohorok); dan termasuk tipe kipas aluvium aliran jatuhan yang berumur Plistosen-Holosen. Kipas ini diduga tidak mengandung mineral

berharga, namun aktifitas manusia daerah ini sangat banyak, dimana daerah ini banyak digunakan sebagai lahan pertanian (sawah, ladang) dan daerah perkebunan (kebun kelapa sawit dan hutan produksi).

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Survei Geologi yang telah memberikan izin dalam penggunaan data indera jauh untuk analisis serta interpretasi dalam pembuatan tulisan ini.

---

#### ACUAN

- Alparone, L., 2004. Landsat ETM+ and SAR image fusion based on generalized intensity Modulation. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions*. Vol.42, Issue: 12, 2832-2839.
- Bahrami, S., 2013. Tectonic controls on the morphometry of alluvial fans around Danekhosk anticline, Zagros, Iran. *Geomorphology*, 180-181, 217-230.
- Blair, T. & McPherson, J., 1994. *Geomorphology of desert environments*. Chapman and Hall, Chapter 14, 354-366.
- Bull, W.B. 1977. *The alluvial fan environment*. *Progress in Physical Geography*, 222-270.
- Cameron, dr., 1992. *Peta Geologi Lembar Medan skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Darman H., dan Sidi H., 2000. *An outline of The Geology of Indonesia*. Indonesian Association of Geologist.
- De Coster, G.L., 1974. The Geology of the South and Central Sumatra Basin. *Proc. 3rd, Ann. Conv. Indonesian Pet. Assoc.*, Jakarta, 77-110.
- Harsa, A.E., 1978. Some of the factors which influence oil occurrence in the South and Central Sumatra basins. *Proc. Reg. Conf. Min. Res. S.E. Asia*, Jakarta, 151-163.
- Li, X., Tennant, K. and Lawrence, G., 2004. Three-dimensional mapping with airborne IFSAR based STAR technology Intermap's experiences. In *Proceedings of asprs.org*.
- Situmorang, B. dan Yulihanto, B., 1985. The Role of Strike Slip faulting in Structural Development of north Sumatra Basin. *Proc. XIVth. Ann. Con. Indonesian Pet. Assoc.*, Jakarta, 21-38.
- Stanistreet, I.G. & MC Carthy, T.S. 1993. The Okavango fan and the classification of subaerial fan systems. *Sedimentary Geology*, 85:115-133.
- Pohan, P.M., 2007. Pembentukan kipas aluvium di Daerah Sinunukan, Kecamatan Batangnatal, Kabupaten Mandailing Natal Propinsi Sumatra Utara. *Buletin Sumberdaya Geologi*.
- Verstappen, H.T., 2010. Indonesian Landforms and Plate Tectonics. *J. Geol. Indonesia* 5, 3, p. 197-207.
-

