



Analisis Tektonik Relatif Menggunakan Metode Morfotektonik Daerah Lintau Buo dan Sekitarnya, Tanah Datar, Sumatera Barat

Atika Nabila P^a, Budhi Setiawan^b

^{ab}Program Studi Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Indonesia

email: atikanp74@gmail.com

ARTICLE INFO

Sejarah artikel:

Diterima: 07 April 2023

Direvisi: 11 Mei 2023

Diterbitkan: 30 Juni 2023

Keywords:

IAT, GIS, Lintau Buo, Morphometry, Morphotectonic

How to cite this article:

Putri, A. N., Setiawan, B. (2023). Analisis tektonik relatif menggunakan metode morfotektonik daerah Lintau Buo dan sekitarnya, Tanah datar, Sumatera Barat. Journal of Applied Geoscience and Engineering, 2(1), 1-10. Doi: <https://doi.org/10.34312/jage.v2i1.19921>

ABSTRACT

The area of this research is in the Lintau Buo Region, Tanah Datar District, West Sumatra. Based on the regional geology, the location is on the boundary of the Ombilin Basin which has active tectonic conditions. This research is to get data of tectonic levels using a quantitative geomorphological approach carried out in the Batang Sinamar sub-watershed and the Batang Tampo sub-watershed. Some of the parameters used for this study include Drainage Density (Dd), Bifurcation Ratio (Rb), Hypsometric Integral (HI), Valley Floor Width and Height Ratio (Vf), Mountain Front Sinosity (Smf), and Asymmetry Factor (AF). And then the outcome of the parameters compared using IAT (Index of Active Tectonic) analysis. The results of the calculation are obtained with segment 1 entering class 3, namely moderate tectonics, and segments 2 and 3 entering class 2, namely high tectonics. The drainage pattern of the river at this research location is a parallel drainage pattern which is controlled by geological structures such as folds. The results calculation of the IAT analysis is the landform of the morphology research location is controlled by moderate to high levels of tectonic activity and produces various denudational and erosional processes that cause soil movement and landslides.

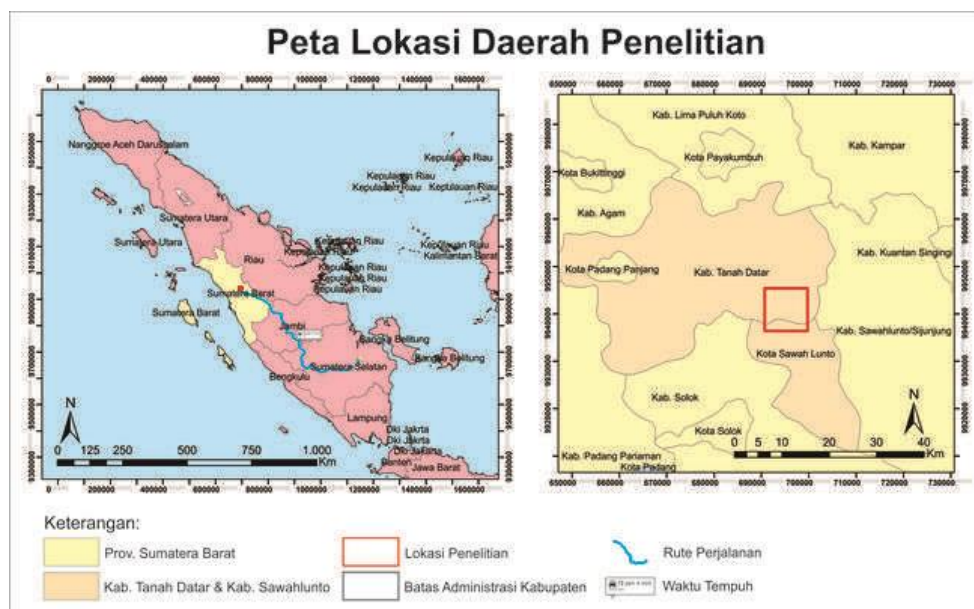
1. PENDAHULUAN

Geologi Cekungan Ombilin merupakan salah satu cekungan intra-pegunungan (*intramountain basin*) di Sumatera yang pengisian cekungannya didominasi proses sedimentasi daratan seperti lingkungan kipas aluvial, danau, sampai fluvial. Dari Pembentukan Cekungan Ombilin ini dari segi tektoniknya dikontrol oleh sistem *pull-apart wrench tectonics* Patahan Sumatera (Situmorang et al., 1991; Howells, 1997; Hastuti et al., 2001; Husein et al., 2018). Karena hal tersebut cekungan ini sering dikaitkan dengan analogi proses pembentukan Danau Singkarak yang berdampingan dengan Cekungan Ombilin dan kemudian mengontrol dinamika sedimentasi di dalamnya.

Analisis tingkat aktivitas tektonik dapat dilakukan dengan beberapa metode. Untuk penelitian di daerah Lintau Buo ini menggunakan pendekatan morfotektonik yaitu menggunakan analisis morfometri. Morfotektonik ialah kajian yang meneliti hubungan antara satuan bentuklahan suatu daerah dengan struktur geologi yang ada di dalamnya. Kemudian analisis morfometri ini dilakukan dengan meninjau bentuk morfologinya sehingga didapatkan data dan informasi suatu daerah tentang aktivitas tektoniknya.

Sub-Daerah Aliran Sungai Batang Tampo dan Batang Sinamar merupakan sub-DAS yang berada dilokasi penelitian. sub-DAS tersebut mencakup seluruh Kecamatan Lintau Buo, Lintau Buo Utara, Padang Ganting, Dan Tanjung Emas, Kabupaten Tanah Datar. Sub-DAS tersebut tersusun oleh batuan vulkanik Satuan Batuan Granit (g), batuan sedimen Formasi Brani (Tpb), Formasi Sangkarewang (Tps), dan Formasi Ombilin (Tmou). Dilihat dari keadaan geologinya, lokasi penelitian berada di dalam Cekungan Ombilin (Putri, 2021). Cekungan ini merupakan cekungan tektonik aktif dikarenakan keterdapatan sistem transtensional yaitu *pull-apart*. Sistem ini terbentuk karena adanya offset lepasan sesar silungkang dan Sesar sitangkai yang berarah baratlaut – tenggara. Karena hal tersebut, menyebabkan berkembangnya struktur geologi seperti lipatan, sesar, dan kekar (Putri, 2021).

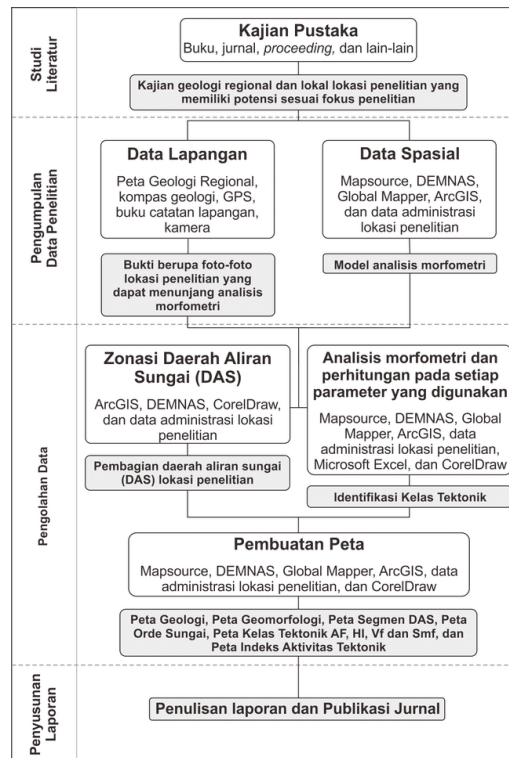
Secara administrasi, lokasi penelitian berada pada Kecamatan Lintau Buo, Kabupaten Tanah Datar, Sumatera Barat (Gambar 1). Dilihat dari keadaan geografisnya, lokasi penelitian memiliki koordinat S 0° 29' 37.2"- E 100° 42' 49.3" dan S 0° 34' 30.2"- E 100° 47' 40.5". Secara regional, lokasi penelitian masuk ke dalam lembar Peta Geologi Lembar Solok skala 1:250.000. untuk ketercapaian ke lokasi penelitian dapat diakses melalui jalur darat menggunakan kendaraan mobil. Untuk beberapa titik pada lokasi penelitian yang memiliki akses dengan jalur yang sempit dapat dijangkau dengan menggunakan kendaraan motor untuk daerah tinggian dan berjalan kaki pada daerah lembah dan sisi sungai.



Gambar 1. Peta lokasi ketersediaan daerah Lintau Buo dan sekitarnya (Sumber: peta administrasi Pulau Sumatera menggunakan aplikasi ArcMap)

2. METODE

Metode penelitian menggunakan beberapa tahapan-tahapan dalam metode penelitian ini ialah studi pustaka, pengumpulan data penelitian, pengolahan data, dan penyusunan laporan akhir (Gambar 2). Studi pustaka ini bertujuan untuk menentukan lokasi penelitian yang mempunyai fenomena dan potensi sesuai dengan fokus penelitian. Lalu, dilakukan pengumpulan data penelitian dari studi kajian pustaka dan data spasial untuk menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) seperti DEMNAS dan *Shp* sungai untuk diolah ke aplikasi *ArcGis*. Kemudian data tersebut digunakan untuk mengidentifikasi kelas aktivitas tektonik menggunakan parameter analisis morfometri, yaitu *Drainage Density* (Dd), *Ratio Bifurcation* (Rb), *Hypsometric Integral* (HI), *Mountain Front Sinosity* (Smf), *Valley Floor Width and Height Ratio* (Vf), dan *Asymmetry Factor* (AF) yang kemudian hasilnya dikomparasikan menggunakan analisis IAT (*Index of Active Tectonic*) untuk mendapatkan kelas-kelas tektonik pada lokasi penelitian.



Gambar 2. Diagram alur penelitian morfotektonik daerah Lintau Buo dan sekitarnya

1) *Drainage Density* (Dd)

Menurut Soewarno (1991) *drainage density* diklasifikasikan menjadi enam kelas berdasarkan tekstur pengalirannya (Tabel 1). Semakin banyak aliran air di permukaan, maka semakin besar pula nilai *drainage density*. Semakin besar kontrol tektonik suatu daerah maka batuan akan semakin mudah retak dan tergerus yang menghasilkan alur-alur pada sungai.

$$Dd = \frac{L}{A} \tag{1}$$

Dimana Dd = indeks kerapatan sungai (km/km²), L = jumlah panjang sungai termasuk anak sungai (km), dan A = luas DAS (km²).

Tabel 1. Kelas *Drainage Density* dan korelasinya pada litologi batuan yang dilewati oleh aliran DAS

No.	Dd (km/km ²)	Nilai Kerapatan	Penjelasan
1	> 0,25	Nilai Rendah	Aliran yang melewati batuan tingkat resisten keras, yang menyebabkan sedimen yang terangkut menuju batuan dengan resistensi yang lunak.
2	0,25 – 10	Nilai Sedang	Aliran sungai melewati batuan yang memiliki tingkat resistensi lunak, yang menyebabkan sedimen yang terangkut akan besar.
3	10 – 25	Nilai Tinggi	Tingkat resistensi batuan lunak yang menyebabkan angkutan sedimen lebih besar.
4	< 25	Nilai Sangat Tinggi	Dd rendah sehingga melewati batuan dengan permeabilitas besar yang diakibatkan oleh aliran hujan yang besar. Hal tersebut menyebabkan aliran sungai melewati batuan kepad air.

Sumber: Soewarno (1991)

2) Ratio Bifurcation (Rb)

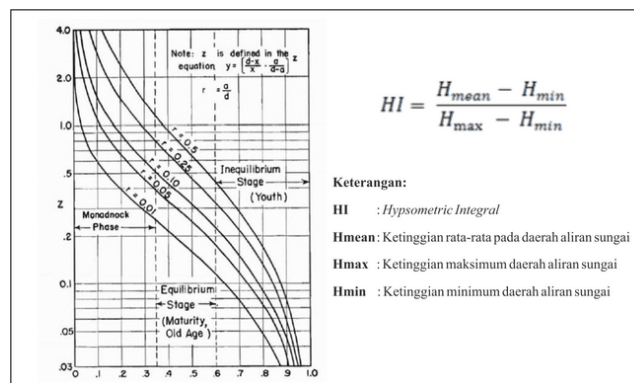
Ratio bifurcation atau rasio bifurkasi menurut Strahler (1957) ialah indeks yang merepresentasikan pengaruh struktural pengontrol suatu cekungan. Sedangkan *ratio bifurcation* menurut Horton (1945) adalah nilai dari hasil perbandingan antara nilai segmen orde sungai (n) dengan nilai orde di atasnya (n+1). Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai *ratio bifurcation* dari tingkat percabangan sungainya yaitu:

$$Rb = \frac{\sum n}{\sum n+1} \quad (2)$$

Dimana Rb = Rasio Bifurkasi, $\sum n$ = Nilai total dari orde sungai, dan $\sum n+1$ = Nilai total orde sungai di atas nilai sebelumnya.

3) Hypsometric Integral (HI)

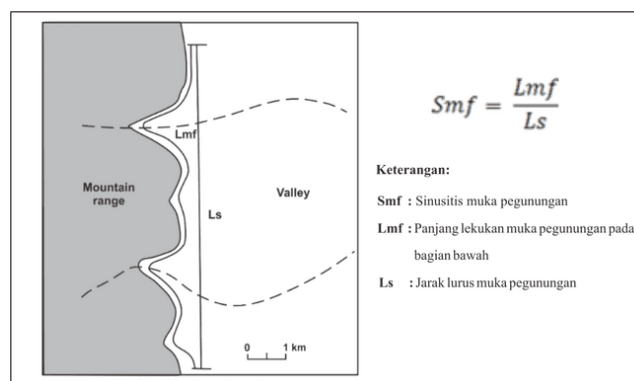
Hypsometric curve (Hc) menunjukkan sebaran distribusi suatu DAS pada elevasi yang melintang. Berdasarkan pernyataan Keller dan Pinter (1996) serta Rebai (2013), *hypsometric curve* digunakan untuk menganalisis perkembangan dari jaringan sungai terhadap usia atau fase suatu DAS (Gambar 3). Sedangkan *hypsometric integral* (HI) ialah nilai yang digunakan untuk menyeragamkan nilai tingkatan hipsometrik dengan aktivitas tektonik aktif pada daerah tersebut.



Gambar 3. Kurva dan rumus nilai Hypsometric Integral (Strahler, 1957)

4) Mountain Front Sinuosity (Smf)

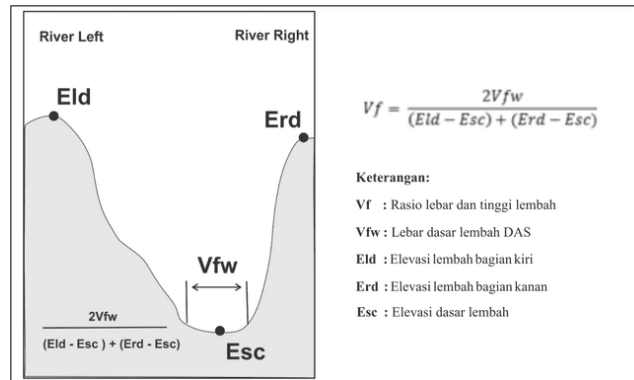
Mountain front sinuosity (Smf) ialah perhitungan deretan sinusita muka pegunungan untuk menilai tingkat aktivitas tektonik relatifnya. Perhitungan nilai Smf ini juga bisa digunakan untuk mengetahui perbandingan antara kekuatan aktivitas tektonik dengan tingkat erosionalnya dalam membentuk lekukan muka pegunungan suatu daerah (Bull dan McFadden, 1977). (Gambar 4).



Gambar 4. Ilustrasi perhitungan mountain front sinuosity (modifikasi Keller dan Pinter, 1996)

5) Valley Floor Width and Height Ratio (Vf)

Valley floor width and height ratio (Vf) merupakan indeks geomorfik yang membandingkan antara lembah yang bebrbentuk U dan lembah yang berbentuk V (Bull dan McFadden, 1977). Dalam oerhitungannya, indeks ini menggunakan nilai dari lebar pada dasar lembah dan tinggi di kedua sisi lembah. Untuk menghitung indeks geomorfik Vf ini digunakan rumus perhitungan pada Gambar 5.



Gambar 5. Ilustrasi perhitungan *valley floor width and height ratio* (Vf) (Bull dan McFadden, 1977).

6) Asymmetry Factor (AF)

Berdasarkan El Hamdouni (2008), kelas tektonik faktor asimetri (AF) dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelas (Tabel 2). Menurut Keller dan Pinter (2002) jika dilakukan pengamatan pada hilir sungai utama, kemudian didapatkan nilai $AF > 50$, maka lokasi tersebut dilihat dari hulu sungai memiliki kemiringan DAS ke arah kiri, sedangkan jika $AF < 50$, DAS lokasi tersebut miring ke arah kanan.

Tabel 2. Klasifikasi kelas tektonik asymmetry factor berdasarkan El Hamdouni (2008)

Tektonik Tinggi (Kelas 1)	Tektonik Sedang (Kelas 2)	Tektonik Lemah (Kelas 3)
$AF > 35$	$35 < AF < 43$	
$AF < 65$	$57 < AF < 65$	$43 \leq AF \leq 57$
$AF < 65$	$57 < AF < 65$	

7) Index of active tectonic (IAT)

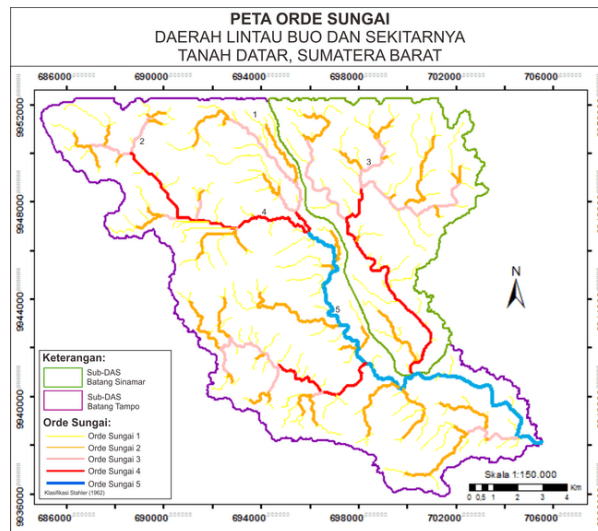
Hasil akhir dari perhitungan analisis morfometri yang telah digabungkan adalah *index of active tectonic*. Indeks ini yang nantinya dapat menjadi gambaran bahwa suatu sub-DAS maupun DAS mengalami aktivitas tektonik aktif. Sehingga didapatkan kelas-kelas tingkat aktivitas tektonik dari lokasi penelitian (Gentana dan Sulaksana, 2018).

$$IAT = \frac{S}{N} \quad (3)$$

Dimana IAT = *Index of active tectonic*, S = Jumlah masing-masing kelas dari parameter yang digunakan, dan N = Jumlah parameter yang digunakan.

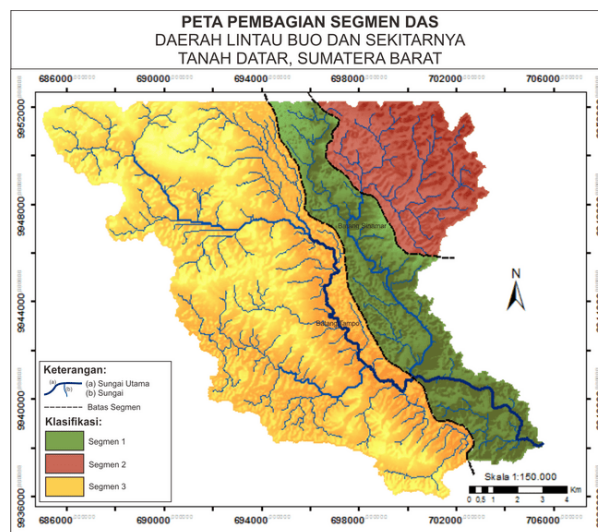
3. HASIL DAN DISKUSI

Selanjutnya hasil penelitian akan menjelaskan analisa pada Daerah Lintau Buo dan sekitarnya dengan luasan 189 km². Daerah Lintau Buo dan sekitarnya terdiri atas dua sub-DAS yaitu sub-DAS Batang Tampo dan sub-DAS Batang Sinamar (Gambar 6).



Gambar 6. Peta pembagian orde sungai pada Daerah Lintau Buo dan Sekitarnya

Kemudian, kedua sub-DAS dibagi menjadi beberapa segmen. Hal ini untuk diperoleh hasil data analisis lebih akurat dengan meninjau tingkat aktivitas tektoniknya. Untuk menentukan pembagian segmen pada lokasi penelitian, dibutuhkan data morfologi daerah tersebut. Hasilnya, lokasi penelitian terbagi atas tiga segmen yaitu perbukitan tinggi terdenudasional (S3) dibagian barat, perbukitan rendah terdenudasional (S2) dibagian timur, dan perbukitan rendah (S1) dibagian utara hingga selatan lokasi penelitian (modifikasi Widyatmanti *et al.*, 2016 dan Hugget, 2017). (Gambar 7).

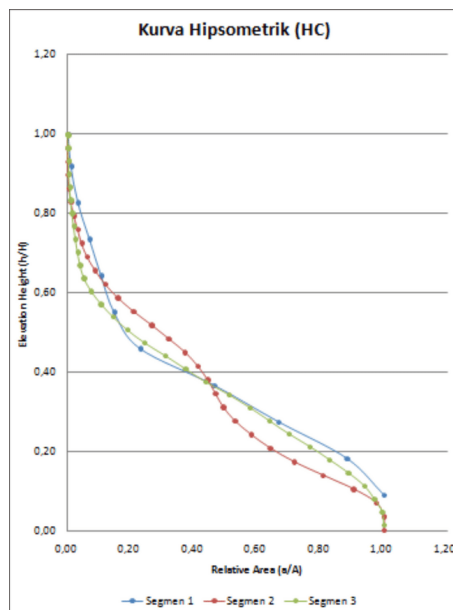


Gambar 7. Peta pembagian segmen pada sub-DAS Batang Tampo dan sub-DAS Batang Sinamar

Hasil nilai *drainage density* (Dd) pada sub-DAS Batang Sinamar adalah $1,535 \text{ km/km}^2$ - $1,574 \text{ km/km}^2$ sedangkan sub-DAS Batang Tampo $1,688 \text{ km/km}^2$. Dari nilai tersebut dapat diidentifikasi tekstur permukaan pada lokasi penelitian secara keseluruhan bertekstur kasar. Dan dapat diketahui bahwa semakin besar nilai *drainage density* (Dd) akan semakin banyak aliran pada permukaannya (Sukiyah, 2011). Hasil nilai *ratio bifurcation* (Rb) pada sub-DAS Batang Sinamar senilai $3,875 - 4,78$ dan sub-DAS Batang Tampo sebesar $3,4075 - 5$. Berdasarkan klasifikasi Verstappen (1983) hasil nilai indeks keseluruhan cekungan tersebut menunjukkan bahwa lokasi penelitian dipengaruhi aktivitas tektonik dan dikontrol oleh struktur.

Kemudian, hasil nilai *hypsothetic curve* (HC) sub-DAS Batang Tampo dan sub-DAS Batang Sinamar memiliki bentuk kurva yang relatif cekung (Gambar 8). Hal ini mengindikasikan bahwa

sub-DAS Batang Tampo dan sub-DAS Batang Sinamar merupakan DAS usia dewasa dengan tingkat kemiringan lerengnya curam (Strahler, 1952). Hasil nilai *hypometric integral* (HI) sub-DAS Batang Tampo dan sub-DAS Batang Sinamar memiliki nilai 0,479 – 0,492, sehingga lokasi penelitian masuk ke dalam kelas 2 yaitu kelas tektonik aktif (El Hamdouni, 2008).



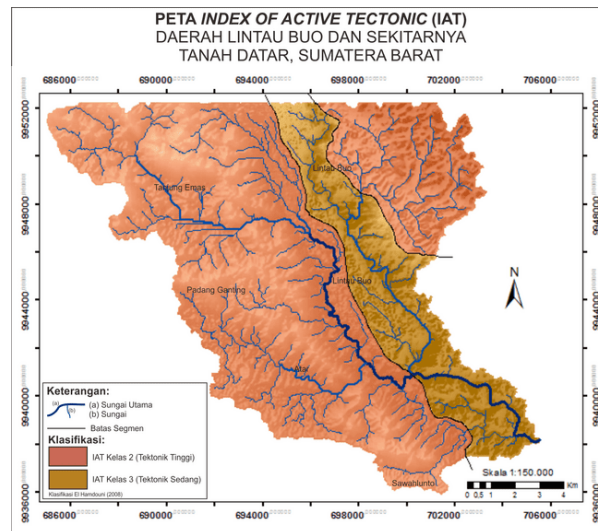
Gambar 8. Kurva hipsometrik pada Daerah Lintau Buo dan Sekitarnya

Lalu, hasil nilai *valley floor width to height ratio* (Vf) pada segmen 1 lembah cekungan Batang Sinamar memiliki nilai Vf 2,01, segmen 2 lembah perbukitan Batang Sinamar memiliki nilai Vf 0,36, dan segmen 3 lembah perbukitan dan cekungan Batang Tampo memiliki nilai Vf 0,3 – 0,48. Berdasarkan klasifikasi oleh El Hamdouni (2008), untuk segmen 1 termasuk ke dalam kelas 3 yaitu segmen dengan aktivitas tektonik lemah, dan untuk segmen 2 dan segmen 3 masuk ke dalam kelas 1 yaitu segmen dengan aktivitas tektonik tinggi.

Selanjutnya, perhitungan nilai Smf dilakukan di 4 lokasi tinggian dan pegunungan pada 3 segmen. Hasilnya, nilai pada segmen 1 dan segmen 3 berkisar 1,73 – 1,83 yang masuk kedalam kelas 2 yaitu segmen dengan tingkat aktivitas tektonik sedang. Sedangkan nilai pada segmen 2 adalah 1,46 yang masuk ke dalam kelas 2 yaitu segmen dengan tingkat aktivitas tektonik lemah.

Terakhir, analisa *Asymetry Factor* (AF) yang dilakukan pada 4 kedua sub-DAS menunjukkan Batang Sinamar dan Batang Tampo, didapatkan nilai AF pada segmen 1 dan segmen 2 yaitu 60,43, segmen 3 didapatkan nilai AF 60,23-71,08. Berdasarkan klasifikasi El Hamdouni (2008), diketahui segmen 1 dan segmen 2 termasuk ke dalam kelas 2 yaitu aktivitas tektonik berpengaruh sedang sedangkan segmen 3 termasuk ke dalam kelas 1 yaitu aktivitas tektonik berpengaruh tinggi.

Setelah pengukuran beberapa parameter analisis morfometri maka selanjutnya dapat ditentukan tingkat aktivitas tektonik lokasi penelitian dengan menggunakan analisis *index of active tectonic* atau IAT. Untuk menghitung nilai *index of active tectonic* atau IAT, seluruh kelas pada parameter analisa morfometri dijumlahkan, yang kemudian hasilnya disesuaikan pada klasifikasi *index of active tectonic* atau IAT oleh El Hamdouni (2008). Berdasarkan hasil perhitungan sub-DAS Batang Tampo dan sub-DAS Batang Sinamar (Tabel 3) memperlihatkan segmen 1 masuk ke dalam kelas 3 atau segmen dengan aktivitas tektonik sedang, dan untuk segmen 2 dan segmen 3 masuk ke dalam kelas 2 atau segmen dengan aktivitas tektonik tinggi (Gambar 9).



Gambar 9. Peta *index of active tectonic* (IAT) pada Daerah Lintau Buo dan Sekitarnya

Tabel 3. Nilai *index of active tectonic* (IAT) pada sub-DAS Batang Tampo dan sub-DAS Batang Sinamar

Segmen sub-DAS	Dd	Rb	HI	Vf	Smf	AF	IAT	Kelas
Segmen 1	2	2	2	3	3	2	2,33	3
Segmen 2	2	2	2	1	2	2	1,83	2
Segmen 3	2	2	2	1	3	1	1,83	2

Hasil nilai Dd sub-DAS yang tinggi dapat dinilai bahwa lokasi penelitian memiliki tekstur permukaan atau bentang alam yang relatif kasar. Dari nilai analisis perhitungan Rb dapat dinilai bahwa cekungan pada sub-DAS dipengaruhi aktivitas tektonik yang dapat dilihat dari adanya punggungan perbukitan pada sisi barat lokasi penelitian. Hasil HC pada Gambar 8 memperlihatkan sub-DAS pada lokasi penelitian masuk ke usia dewasa dengan erosional yang lebih berpengaruh dari tingkat aktivitas tektoniknya. Lalu, dari hasil analisis perhitungan Vf diinterpretasikan bahwa sub-DAS pada lokasi penelitian berada pada klasifikasi kelas tektonik tinggi hingga rendah yang dimana kontrol tektonik seperti pengangkatan juga mempengaruhi bentuk dari morfologi sub-DAS (Bhat, 2007). Nilai Vf yang tinggi mengindikasikan bahwa sub-DAS memiliki morfologi berbentuk U dan batuanannya kurang resisten. Selanjutnya, hasil dari analisis Smf memberikan informasi bahwa sub-DAS lokasi penelitian berada dalam kelas tingkat aktivitas tektonik cukup aktif hingga kurang aktif yang berarti dapat diinterpretasikan aktivitas tektonik masih berpengaruh dalam pembentukan morfologi lokasi penelitian seperti perbukitan dan perbedaan tingkat kelerengan pada beberapa tempat. Kemudian, hasil analisis AF pada lokasi penelitian menunjukkan sub-DAS lokasi penelitian memiliki tingkat aktivitas tektonik sedang hingga tinggi dengan kemiringan pengaliran cekungan cenderung ke arah kiri.

4. KESIMPULAN

Pada daerah Lintau Buo dan sekitarnya telah dilakukan analisis aktifitas tektonik pada sub-DAS Batang Sinamar dan sub-DAS Batang Tampo yang terbagi atas tiga segmen. Analisa tersebut menggunakan parameter pendekatan geomorfologi kuantitatif sehingga menghasilkan beberapa kelas tektonik. Hasil analisis parameter tersebut diantaranya yaitu *Drainage Density* (Dd) menghasilkan tekstur kasar dengan kerapatan sedang, *Ratio Bifurcation* (Rb) menunjukkan daerah penelitian terpengaruh tektonik sedang, *Hypsometric Integral* (HI) berada pada kelas 2, *Mountain Front Sinousity* (Smf) berada pada kelas 2 dan kelas 3, *Valley Floor Width and Height Ratio* (Vf) berada pada kelas 1 dan kelas 3, dan *Asymmetry Factor* (AF) berada pada kelas 1 dan 2. Kemudian didapatkan nilai *Index of Active Tectonic* (IAT) segmen 1 yang menunjukkan kelas (3) tektonik

sedang dan pada segmen 2 dan segmen 3 menunjukkan kelas (2) tetonik tinggi, sehingga diketahui bahwa lokasi penelitian masuk ke dalam lokasi dengan tingkat aktivitas tektoniknya berpengaruh terhadap pembentukan morfologinya. Dari hasil nilai perhitungan serta analisa dapat disimpulkan bahwa bentuk morfologi atau bentang alam daerah Lintau Buo dan sekitarnya karena adanya aktivitas-aktivitas tektonik yang aktif dan cukup tinggi sehingga menghasilkan lereng-lereng yang curam. Kemudian pengaruh lain seperti tingkat erosi yang tinggi menjadi faktor pendukung terjadinya bencana alam seperti gerakan tanah atau longsor.

5. REFERENSI

- Bhatt, C. C. (2007). Morphotectonic Analysis In Anandpur Sahib Area, Punjab (India) Using Remote Sensing And Gis Approach. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, Vol. 35, No. 2.
- Bull, W.B. and MC. Fadden, L.M. (1977). Tectonic geomorphology north and south of the Garlock Fault, California. *J. of Geomorphology*, 1: 15-32.
- El Hamdouni, R., Irigay, C., Fernandes, T., Chacon, J., & Keller, E. (2008). *Assessment of Relative Active Tectonics, Southwest Border of Sierra Nevada (Southern Spain)*. *Geomorphology*, 96, 150-173.
- Gentana, D., Sulaksana, N. 2018. Index of Active Tectonic Assessment: Quantitative-based Geomorphometric and Morphotectonic Analysis at Way Belu Drainage Basin, Lampung Province, Indonesia. *International Journal On Advance Science Engineering Information Technology*.
- Horton, R. E. 1945. Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical approach to Quantitative Morphology, *Geol. Soc. Am., Bull.*, vol. 56, p. 275-370.
- Hugget, R. (2017). *Fundamentals of Geomorphology, 4th ed.* New York: Routledge.
- Husein, S., Barianto, D. H., Novian, M. I., Putra, A.F., Saputra, R., Rusdiyantara, M. A., Nugroho, W. (2018). Perspektif Baru dalam evolusi Cekungan Ombilin Sumatera Barat. *PROCEEDING, SEMINAR NASIONAL KEBUMIHAN KE-11. Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada*, 6 pp.
- Keller, E., & Pinter, N. (1996). *Active Tectonics (Earthquake, Uplift, and Landscape)*. New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Putri, A. N. (2021). *Geologi Daerah Atar dan sekitarnya, Kabupaten Tanah Datar, Provinsi Sumatera Barat*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Rebai, N, et al. (2013). DEM and GIS Analysis of Sub-Watersheds to Evaluate Relative Tectonic Activity. A Case Study of The North–South Axis (Central Tunisia). *Earth Sci Inform*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Situmorang, B., Yulihanto, B., Guntur,, A., & Himawan. (1991). *Structural Development of the Ombilin Basin West Sumatra*. (pp. pp 1 – 15).
- Soewarno, (1991), *Hidrologi: Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*, Nova: Bandung
- Strahler, A. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geol Soc Am Bull* 63:1117–1142.

Strahler, A. N. (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology, Transactions American Geophysical Union, 38(6), 913-920.

Sukiyah, Emi. (2009). The erosion model of the Quaternary volcanic terrain in southern part of Bandung basin, Postgraduated Program, Padjadjaran University, Bandung.

Verstappen, H.Th. (1983). Applied Geomorphology: Geomorphological Surveys for Environmental Development. New York: Elsevier. 437 p.

Widyatmanti, W., Wicaksono, I., & Syam, P. (2016). *Identification of Topographic Elements Composition Based on Landform Boundaries from Radar Interferometry Segmentation (Preliminary Study on Digital Landform Mapping)*. IOP Conf. Ser: Earth and Env.Sci.