

PENENTUAN AKTIFITAS TEKTONIK RELATIF DENGAN ANALISIS KUANTITATIF DAERAH BANEMO DAN SEKITARNYA

Oleh :

Iit Adhitia¹⁾, Muhammad Agus Karmadi²⁾

ABSTRAK

Penelitian ini bermaksud menggambarkan tahap aktifitas tektonik DAS (Daerah Aliran Sungai) dan Non DAS (Daerah Aliran Sungai). Penggambaran aktifitas tektonik di daerah penelitian ini dengan pendekatan analisis kuantitatif (analisis morfometri). Analisis morfometri yang dipakai untuk menggambarkan indeks aktifitas tektonik relatif di daerah Banemo dan sekitarnya menggunakan 5 parameter berdasarkan analisis morfometri yang berupa Faktor Asimetri DAS (Drainage Basin Asymmetry / AF), Indeks Bentuk DAS (Basin Shape Index / BS), Kerapatan DAS (Drainage Density / DD), Rasio Dasar Lembah (Valley Floor / VF), dan Sinusitas Muka Pegunungan (Mountain Front Sinuosity / MFS). Daerah aliran sungai di daerah penelitian terdiri dari 3 sub-DAS, dan berdasarkan distribusi indeks aktifitas tektonik relatif pada 3 subdas seluas ± 35.8 km² terdapat satu tingkatan aktifitas tektonik yaitu kelas 4 merupakan tingkatan aktifitas tektonik rendah tersebar di keseluruhan pada ketiga subdas (± 35.8 km²) ditandai dengan warna biru meliputi sub-DAS Sungai Fon, sub-DAS Sungai Midolafi, dan sub-DAS Sungai Wosia. Berdasarkan hasil pengamatan, dimana indeks aktifitas tektonik relatif kelas 4 lebih landai akibat pengaruh erosi. Hubungan yang kuat antara keadaan geologi dengan distribusi indeks aktifitas tektonik relatif, dimana daerah yang mempunyai hasil indeks aktifitas tektonik relatif kelas 4 (rendah) terdiri dari batuan yang kurang resisten dan terefleksikan pada topografi lebih datar dikarenakan pengaruh erosi jauh lebih kuat dibanding pengaruh deformasi.

Kata Kunci: indeks aktifitas tektonik relatif, morfometri, sub-DAS, topografi

ABSTRACT

This study intends to describe the stages of tectonic activity in DAS (watershed) and non-DAS (non-watershed) areas. The description of tectonic activity in the study area is based on a quantitative analysis approach (morphometric analysis). Morphometric analysis used to describe the relative tectonic activity index in the Banemo area and its surroundings uses five parameters based on morphometric analysis: the DAS Asymmetry Factor (Drainage Basin Asymmetry, AF), Basin Shape Index (BS), DAS Density (Drainage Density, DD), Valley Floor Ratio (VF), and Mountain Front Sinuosity (MFS). The watershed in the study area consists of 3 sub-watersheds, and based on the relative tectonic activity index distribution in the 3 sub-watersheds covering an area of 35.8 km², there is one level of tectonic activity, namely class 4, which is the level of low tectonic activity spread throughout the three sub-watersheds (35.8 km²) marked with blue, including the Fon River sub-watershed, the Midolafi River sub-watershed, and the Wosia River sub-watershed. Based on the results of observations, the relative tectonic activity index class 4 is more sloping due to erosion. There is a strong relationship between geological conditions and the distribution of relative tectonic activity indices, where areas with class 4 (low) relative tectonic activity indices consist of rocks that are less resistant and are reflected in flatter topography due to much stronger erosion than deformation.

Keywords: relative tectonic activity index, morphometry, sub-watershed, topography

I. PENDAHULUAN

Neotektonik merupakan faktor penting pembentuk lanskap daerah Banemo dan sekitarnya yang dipengaruhi oleh aktifitas tektonik. Hal ini mempengaruhi Daerah Aliran Sungai (DAS) serta muka pegunungan

di Midolafi dan sekitarnya. Daerah ini merupakan daerah rawan bencana yang berasal dari zona patahan aktif, karenanya penting untuk menganalisis tingkat pergerakan tektonik dari studi geomorfologi. Metode analisis kuantitatif

(morfometri) digunakan untuk mendeteksi pergerakan tektonik. Tujuan dari penelitian ini, untuk menentukan indeks aktifitas tektonik relatif dengan menganalisis morfometri bentuk daerah penelitian menggunakan Sistem Informasi Geografis.

Mengacu Keller & Pinter, (2002), morfometri diartikan sebagai pengukuran kuantitatif dari bentuk lanskap. Oleh karena itu, bentang alam dapat diidentifikasi berdasarkan karakteristik ukuran dan lerengnya. Pengukuran kuantitatif menurut hukum geomorfologi sebagai objek perbandingan lanskap dan perhitungan langsung parameter indikator geomorfologi. Hal ini berguna untuk menentukan karakteristik suatu daerah dan tingkatan/level aktifitas tektonik. Analisis dilakukan pada sub-DAS Sungai Fon ($\pm 6.9 \text{ km}^2$), sub-DAS Midolafi ($\pm 7.9 \text{ km}^2$), dan sub-DAS Sungai Wosia ($\pm 7.9 \text{ km}^2$).

II. METODE PENELITIAN

Dalam menentukan indeks aktifitas tektonik relatif di daerah penelitian digunakan pendekatan kuantitatif untuk mengaplikasikan metode geomorfologi tektonik. Sumber data meliputi peta topografi skala 1 : 25.000, dan peta geologi lembar Ternate (Apandi & Sudana, 1980) skala 1 : 250.000. Data tersebut diproses dan ditelaah menggunakan *software* Microsoft Excel dan ArcGIS 10.5.

Dalam perhitungan beberapa parameter morfometri dibawah ini, yaitu parameter memanfaatkan DAS, sub-DAS, dan bukan DAS, digunakan untuk menganalisis kelas aktifitas tektonik, sebagai berikut:

- Faktor Asimetri DAS (*Drainage Basin Asymmetry* / AF)
- Indeks Bentuk DAS (*Basin Shape Index* / BS)
- Kerapatan DAS (*Drainage Density* / DD)
- Rasio Dasar Lembah (*Valley Floor* / VF)
- Sinusitas Muka Pegunungan (*Mountain Front Sinuosity* / MFS)

Pemisahan kelas tektonik menurut parameter morfometri di atas dipisahkan menjadi 3 kelas, antara lain: kelas 1, 2 dan 3. Kelas 1 menunjukkan kelas tektonik sangat aktif, kelas 2 aktif dan kelas 3 kurang aktif (Tabel 1):

Tabel 1. Parameter Morfometri Aktifitas Tektonik Relatif

Aktifitas Tektonik	PARAMETER MORFOMETRI				
	AF	BS	DD	MFS	VF
1	(AF \geq 65 atau AF $<$ 35)	(Bs \geq 4)	(Dd $<$ 0.25)	(Smf $<$ 1.1)	(VF $<$ 0.3)
2	(35 \leq AF $<$ 43 atau 57 \leq AF $<$ 65)	(3 \leq Bs $<$ 4)	(0.25 \leq Dd \leq 10)	(1.1 \leq Smf \leq 1.5)	(0.3 $<$ VF $<$ 1.0)
3	(43 \leq AF $<$ 57)	(Bs $<$ 3)	(10 \leq Dd \leq 25)	(Smf \geq 1.5)	(VF \geq 1.0)

Sumber: Dehbozorgi et al., (2010)

Data berupa luas DAS (Daerah Aliran Sungai), panjang sungai, elevasi atau ketinggian, sinusitas muka pegunungan dan panjang sumbu DAS, semua data tersebut digunakan untuk perhitungan parameter morfometri. Selanjutnya nilai yang diperoleh dari parameter-parameter morfometri itu dimanfaatkan untuk menelaah indeks aktifitas tektonik (Keller & Pinter, 2002).

Pemisahan kelas indeks aktifitas tektonik relatif menjadi 4 kelas, antara lain: kelas 1, 2, 3 dan 4. Kelas 1 menunjukkan kelas tektonik sangat tinggi, kelas 2 tinggi, kelas 3 menengah, dan kelas 4 rendah (Tabel 2).

Tabel 2. Tingkatan/Level Indeks Aktifitas Tektonik Relatif

Aktifitas tektonik	Indek Aktifitas Tektonik Relatif (IATR)
1	1 \leq IATR $<$ 1.5
2	1.5 \leq IATR $<$ 2
3	2 \leq IATR $<$ 2.5
4	IATR \geq 2.5

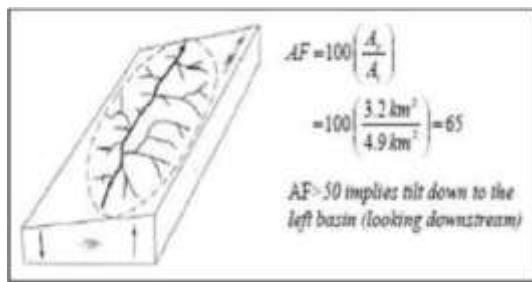
Sumber : Dehbozorgi et al., (2010)

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian mengenai aktifitas tektonik suatu wilayah dengan pendekatan morfometri, diantaranya El Hamdouni et al., (2008), Dehbozorgi et al., (2010), Mahmood & Gloaguen, (2012), serta Supartoyo, (2014). Hasil penelitian dari para peneliti tersebut memperlihatkan tingkat keaktifan tektonik suatu wilayah.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Faktor Asimetri DAS (*Drainage Basin Asymmetry* / AF)

Menurut Keller & Pinter, (2002), salah satu tujuan analisis kuantitatif cekungan pengaliran untuk mendeteksi kemiringan tektonik (*tectonic tilting*) baik pada skala cekungan pengaliran kecil maupun luas melalui perhitungan faktor asimetri/ *Asymmetric Factor* (AF) (Gambar 1). Perbandingan antara luas sisi sub-DAS bagian kanan (Ar) dan luas keseluruhan sub-DAS (At) dikalikan dengan 100 menghasilkan nilai AF.



Gambar 1. Gambaran faktor asimetri DAS (Keller & Pinter, 2002)

Kemiringan akibat tektonik akan terjadi bila nilai AF lebih besar atau kurang dari 50, lain halnya bila nilai hasil perhitungan AF=50 maka daerah tersebut relatif stabil dimana proses tektonik yang bekerja sangat kecil. Nilai perhitungan AF daerah penelitian bervariasi dari 60 sampai 81, (Tabel 3).

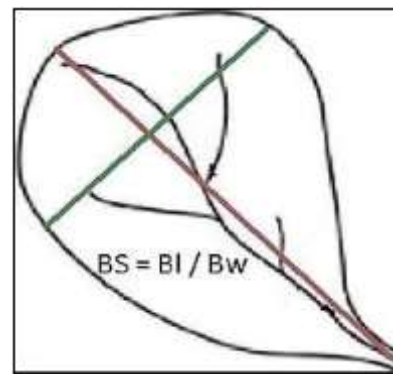
Tabel 3. Nilai hasil perhitungan faktor asimetri DAS daerah penelitian.

Faktor Asimetri DAS / Asymmetric Factor (AF)			
Sub DAS	Ar (km ²)	At (km ²)	AF
Sungai Fon	4,4	6,9	63
Sungai Midolafi	8,9	21	60
Sungai Wosia	6,4	7,9	81

Pembagian kelas tektonik berdasarkan nilai AF (Dehbozorgi et al., 2010) (Tabel 1), maka berdasarkan nilai AF dari 3 sub-DAS daerah penelitian yang dianalisis maka disimpulkan bahwa aktifitas tektonik pada sub-DAS Sungai Wosia berada pada kelas 1 dan termasuk kategori sangat aktif dengan ditandai warna orange. Lalu aktifitas tektonik pada sub-DAS Sungai Midolafi dan sub-DAS Sungai Fon berada pada kelas 2 dan termasuk kategori aktif dengan ditandai warna kuning, dapat dilihat pada Peta AF (Lampiran 1).

3.2. Indeks Bentuk DAS (Basin Shape Index / BS)

Nilai hasil perhitungan BS mencerminkan bentuk DAS, dimana akan cenderung membulat setelah proses tektonik melambat atau berhenti, dan akan berbentuk memanjang pada tektonik yang lebih aktif. Indeks Bentuk DAS (*Basin Shape Index* / BS) merupakan perbandingan antara sumbu panjang basin / *Basin Length* (BL) atau panjang DAS yang diukur dari titik tertinggi dengan sumbu lebar basin / *Basin Width* (BW) atau lebar DAS yang diukur dari yang terlebar, (Gambar 2) (Dehbozorgi et al., 2010).



Gambar 2. Gambaran indeks bentuk DAS (Keller & Pinter, 2002)

Suatu daerah relatif stabil diartikan proses tektonik yang bekerja di daerah tersebut sangat kecil bila hasil perhitungan BS menunjukkan nilai BS < 3, dimana memperlihatkan perbandingan panjang sumbu sungai dengan lebar sumbu sungai juga kecil. Nilai perhitungan BS daerah penelitian relatif seragam dari 1,2 sampai 1,9 (Tabel 4).

Tabel 4. Nilai hasil perhitungan indeks bentuk DAS daerah penelitian

Bentuk DAS / Basin Shape (BS)			
Sub DAS	Bl (km)	Bw (km)	BS
Sungai Wosia	4,1	2,7	1,5
Sungai Midolafi	8	4,3	1,9
Sungai Fon	3,8	3	1,2

Pembagian kelas tektonik berdasarkan nilai BS (Dehbozorgi et al., 2010) (Tabel 4), maka berdasarkan nilai BS dari tiga sub-DAS daerah penelitian yang dianalisis maka disimpulkan bahwa aktifitas tektonik pada sub-DAS Sungai Wosia, sub-DAS Sungai Midolafi, dan sub-DAS Sungai Fon berada pada kelas 3 dan termasuk kategori kurang aktif dengan ditandai warna hijau, dapat dilihat pada Peta BS (Lampiran 2).

3.3. Kerapatan DAS (Drainage Density / DD)

Kerapatan DAS (DD) adalah perbandingan antara keseluruhan panjang sungai di dalam suatu DAS (L); dengan melakukan pengukuran panjang semua anak sungai disertai induk sungai di dalam suatu cekungan, dengan luas DAS (A); dengan melakukan pengukuran dari batas cekungan di dalam suatu DAS dari arah hulu sampai hilir (Gambar 3). (Dehbozorgi et al., 2010). Pada daerah yang memiliki tingkat aktifitas tektonik yang aktif maka tingkat kerapatan sungai akan rendah. Sebaliknya pada daerah dengan tingkat aktifitas tektonik rendah

maka akan menghasilkan tingkat kerapatan sungai sangat intensif. Hal ini dikarenakan pada daerah yang dikontrol oleh tektonik aktif terjadi aktifitas deformasi lebih besar dibanding dengan tingkat erosi.



Gambar 3. Gambaran kerapatan DAS (Keller & Pinter, 2002)

Suatu daerah relatif stabil bila hasil perhitungan DD diperoleh nilai $DD > 25$, maka proses tektonik yang bekerja sangat kecil sehingga memperlihatkan panjang sungai relatif lebih tinggi dibanding luas pengaliran sungai yang sempit. Pada daerah yang memiliki tingkat aktifitas tektonik aktif akan tercermin dari data DD yang kecil karena perbandingan panjang sungai dengan luas pengaliran seimbang. Pada daerah penelitian menunjukkan nilai DD relatif tidak terlalu bervariasi, yaitu dari 3.9 sampai 4.5 (Tabel 5).

Tabel 5. Nilai hasil perhitungan kerapatan DAS daerah penelitian

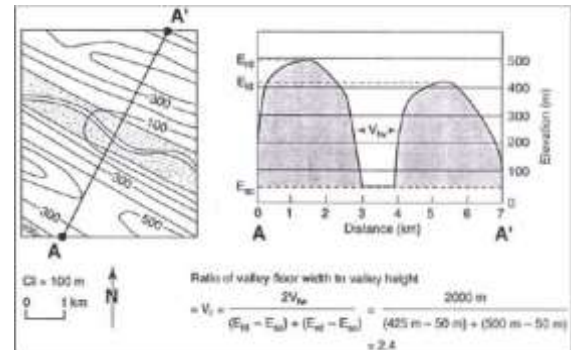
Kerapatan DAS / Drainage Density (DD)			
Sub DAS	L (km)	A (km ²)	DD
Sungai Fon	30,6	6,9	4,4
Sungai Midolafi	96,9	21,6	4,5
Sungai Wosia	31,2	7,9	3,9

Pembagian kelas tektonik berdasarkan nilai DD (Dehbozorgi et al., 2010) (Tabel 5), maka berdasarkan nilai DD dari tiga sub-DAS daerah penelitian yang dianalisis maka disimpulkan bahwa aktifitas tektonik pada sub-DAS Sungai Midolafi, sub-DAS Sungai Fon, dan sub-DAS Sungai Wosia berada pada kelas 2 dan termasuk kategori aktif dengan ditandai warna kuning, dapat dilihat pada peta DD (lampiran 3).

3.4. Rasio Dasar Lembah (Valley Floor / VF)

Menurut Dehbozorgi et al., (2010), bahwa rasio dasar lembah & tinggi lembah/ Valley Floor (VF) adalah perbandingan antara lebar lembah dengan ketinggian bukit yang mengapitnya (Gambar 4). Nilai VF tinggi dikaitkan dengan kecepatan pengangkatan rendah, dimana sungai

akan memotong secara luas pada dasar lembah dan bentuk lembah akan semakin melebar. Lain halnya bila nilai VF rendah akan mencerminkan lembah dalam disertai penambahan aktifitas sungai, berkaitan dengan kecepatan pengangkatan.



Gambar 4. Gambaran perhitungan perbandingan lebar dan tinggi lembah (Keller & Pinter, 2002)

Suatu daerah relatif stabil bila hasil perhitungan VF diperoleh nilai $VF > 3$, maka proses tektonik yang bekerja sangat kecil. Nilai rata-rata VF daerah penelitian bervariasi dari 2,2 sampai 21,9 (Tabel 6).

Tabel 6. Nilai hasil perhitungan rasio dasar lembah dan tinggi lembah daerah penelitian

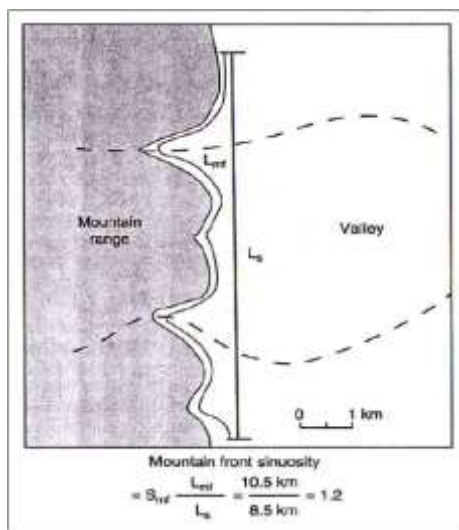
Rasio Dasar Lembah & Tinggi Lembah / Valley Floor (VF)						
Sub DAS	Eh1	Eh2	Vf	Esc	VF	VF Avg.
Sungai Fon	VF1	375	375	100	375	2,2
	VF2	500	375	400	275	
Sungai Midolafi	VF3	325	400	1200	300	8,7
	VF4	300	225	400	125	
	VF5	425	185	700	125	
Sungai Wosia	VF6	125	150	1400	100	21,9
	VF7	175	350	900	125	

Pembagian kelas tektonik berdasarkan nilai VF (Dehbozorgi et al., 2010) (Tabel 6), maka berdasarkan nilai VF dari tiga sub-DAS daerah penelitian yang dianalisis maka disimpulkan bahwa aktifitas tektonik pada sub-DAS Fon, sub-DAS Midolafi, dan sub-DAS Wosia berada pada kelas 3 dan termasuk kategori kurang aktif dengan ditandai warna hijau dapat dilihat pada Peta VF (Lampiran 4).

3.5. Sinusitas Muka Pegunungan (Mountain Front Sinuosity / MFS)

Rangkaian pegunungan yang terletak pada bagian depan atau muka yang menghadap ke daerah dataran membentuk sinusitas muka pegunungan. Dengan membandingkan panjang lekukan sepanjang muka pegunungan (Lmf) dan jarak lurus suatu titik tertentu (Ls) untuk

mencari nilai sinusitas muka pegunungan (Gambar 5). Daerah dengan aktifitas tektonik tinggi mempunyai lebih sedikit lekukan kontur dibandingkan daerah dengan aktifitas tektonik rendah.



Gambar 5. Gambaran cara perhitungan sinusitas muka pegunungan melalui kenampakan atas (Keller & Pinter, 2002)

Sinusitas Muka Pegunungan kelas 1 memperlihatkan aktifitas tektonik lebih dominan membentuk muka pegunungan daerah tersebut, Sinusitas Muka Pegunungan kelas 2 menunjukkan kesetimbangan aktifitas tektonik dan erosi, dan Sinusitas Muka Pegunungan kelas 3 memperlihatkan aktifitas erosi lebih dominan membentuk muka pegunungan daerah tersebut. Nilai hasil perhitungan Sinusitas Muka Pegunungan daerah penelitian menunjukkan nilai bervariasi dari 1,5 sampai 3,2. (Tabel 7).

Tabel 7. Nilai hasil perhitungan sinusitas muka pegunungan daerah penelitian.

Sinusitas Muka Pegunungan / Mountain Front Sinuosity (MFS)					
Sub DAS	Lms (km)	Ls (km)	MFS	MFS Avg.	Kelas
Sungai Fon	2.3	1.9	1.5	2.2	3
	6.8	2.8	2.4		
Sungai Midolafi	4.2	1.7	2.5	1.9	3
	0.6	0.4	1.5		
	1.6	0.9	1.8		
Sungai Wosia	1.4	0.8	1.7	2.1	3
	1.9	0.6	3.2		
	1.1	0.7	1.6		

Pembagian kelas tektonik berdasarkan nilai Sinusitas Muka Pegunungan (Dehbozorgi et al., 2010) (Tabel 7), maka berdasarkan data Sinusitas Muka Pegunungan dari tiga sub-DAS daerah penelitian yang dianalisis maka disimpulkan bahwa aktifitas tektonik pada sub-DAS Sungai Fon, sub-DAS Sungai Midolafi, dan sub-DAS Wosia berada pada kelas 3 dan termasuk

kategori kurang aktif dengan ditandai warna hijau, dapat dilihat pada Peta Sinusitas Muka Pegunungan (Lampiran 5).

3.6. Indeks Aktifitas Tektonik Relatif

Penelahan aktifitas tektonik daerah penelitian memakai gabungan seluruh parameter morfometri berdasarkan analisis DAS dan non DAS, antara lain AF, BS, DD, VF dan MFS. Kemudian masing-masing parameter morfometri tersebut dijumlahkan sesuai dengan kelasnya kemudian dibuat nilai Indeks Aktifitas Tektonik Relatif.

Contoh perhitungan untuk sub-DAS Sungai Fon yaitu AF dikelompokkan kelas 2, BS dikelompokkan kelas 3, DD dikelompokkan kelas 2, VF dikelompokkan kelas 3, dan SMF dikelompokkan kelas 3, maka jumlah dari masing – masing parameter morfometri adalah 2+3+2+3+3= 13. Nilai 13 kemudian dibagi 5 dan diperoleh nilai Indeks Aktifitas Tektonik Relatif (IATR) adalah 2,6. Begitu juga untuk perhitungan untuk sub-DAS Sungai Midolafi dan sub-DAS Sungai Wosia. Selanjutnya dilakukan pembagian kelas aktifitas tektonik daerah penelitian berdasarkan nilai Indeks Aktifitas Tektonik Relatif (IATR). Nilai hasil perhitungan memperlihatkan nilai IATR relatif seragam dari 2.6 sampai 2.8 (Tabel 8).

Tabel 8. Nilai hasil perhitungan indeks aktifitas tektonik relatif daerah penelitian.

Indeks Aktifitas Tektonik Relatif							
(El-Harouni dkk., 2007 dalam Dehbozorgi dkk., 2010)							
Sub DAS	AF	BS	DD	VF	MFS	IATR	Kelas
Sungai Fon	2	3	2	3	3	2.8	4
Sungai Midolafi	2	3	2	3	3	2.8	4
Sungai Wosia	1	3	2	3	3	2.6	4

Mengacu kepada Dehbozorgi et al., (2010) (Tabel 1), maka distribusi IATR pada tiga sub-DAS seluas ±35,8 km² terdapat satu tingkatan aktifitas tektonik yaitu kelas 4 merupakan tingkatan aktifitas tektonik rendah dan tersebar di keseluruhan pada ketiga sub-DAS tersebut (±35.8 km²).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis parameter morfometri pada tiga sub-DAS seluas ±35,8 km², diperoleh satu tingkatan/level Indeks Aktifitas Tektonik Relatif (IATR) adalah aktifitas tektonik rendah (kelas 4) tersebar di keseluruhan pada ketiga sub-DAS (±35.8 km²) ditandai dengan warna biru yang merupakan sub-DAS Sungai Fon, sub-DAS

Sungai Midolafi dan sub-DAS Wosia (Lampiran 6). Hubungan antara keadaan geologi dengan penyebaran Indeks Aktifitas Tektonik Relatif (IATR) sangat kuat hubungannya, dimana daerah dengan Indeks Aktifitas Tektonik Relatif (IATR) kelas 4 (rendah) mempunyai litologi penyusun kurang resisten, hal ini terefleksikan pada topografinya yang lebih datar dikarenakan pengaruh erosi yang kuat dibandingkan pengaruh deformasi.

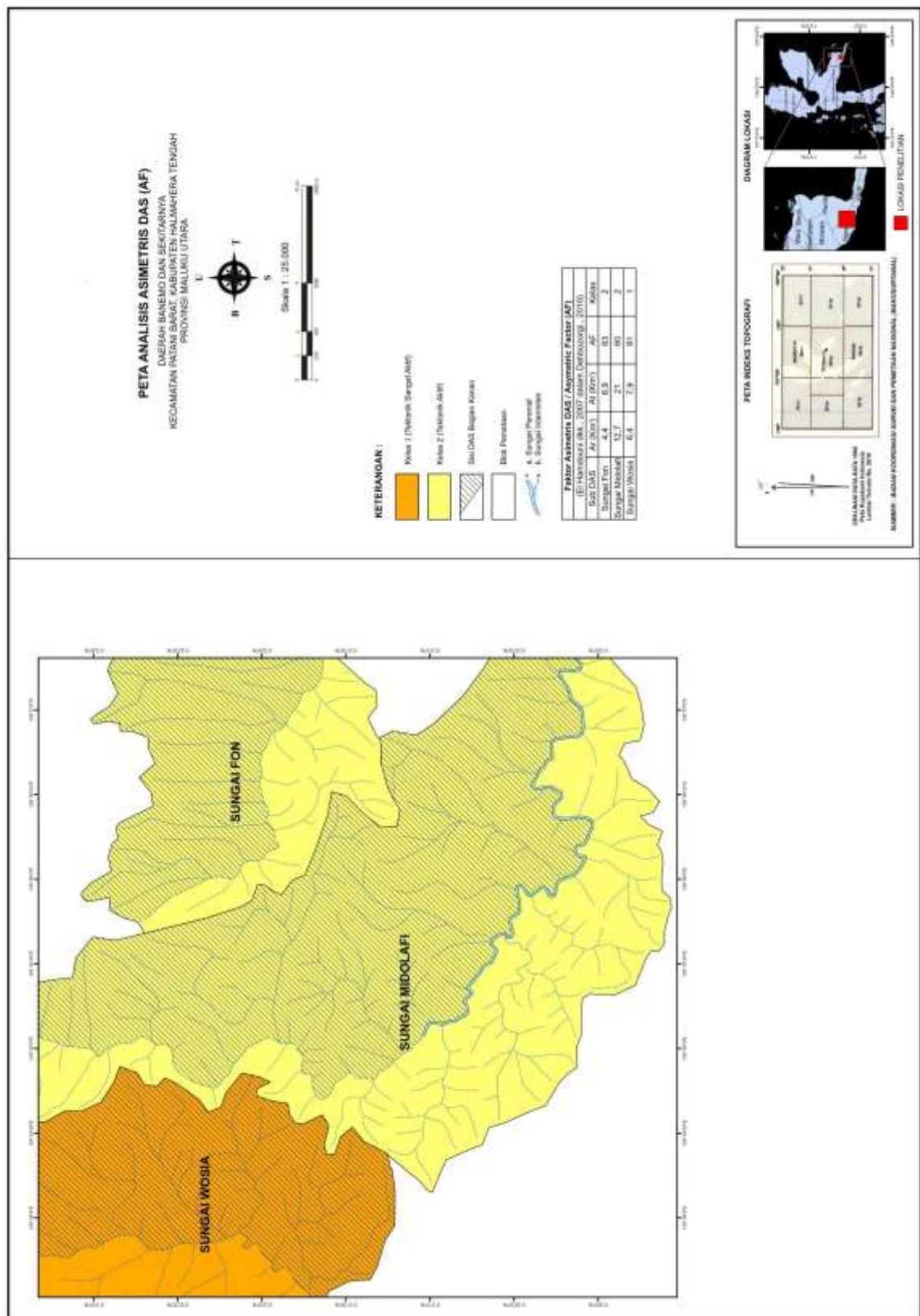
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Apandi, T., & Sudana, D. (1980). *Peta Geologi Lembar Ternate, Maluku Utara, 2516-2616, Skala 1:250.000*.
- [2] Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A. A., Motamedi, H., & Hosseiniasi, A. (2010). Quantitative Analysis of Relative Tectonic Activity in The Sarvestan Area, Central Zagros, Iran. *Journal of Geomorphology*, 121 (3-4), 329–341.
- [3] El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., & Keller, E. A. (2008). Assessment of Relative Active Tectonics, Southwest Border of Sierra Nevada (Southern Spain). *Journal of Geomorphology*, 96 (1-2), 150–173.
- [4] Keller, E. A., & Pinter, N. (2002). *Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape* (Second). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 362p.
- [5] Mahmood, S. A., & Gloaguen, R. (2012). Appraisal of Active Tectonics in Hindu Kush: Insights from DEM Derived Geomorphic Indices and Drainage Analysis. *Geoscience Frontiers Journal*, 3, 407–428.
- [6] Supartoyo (2014). *Geomorfologi Tektonik Sesar Cimandiri Daerah Sukabumi, Provinsi Jawa Barat*. Institut Teknologi Bandung.

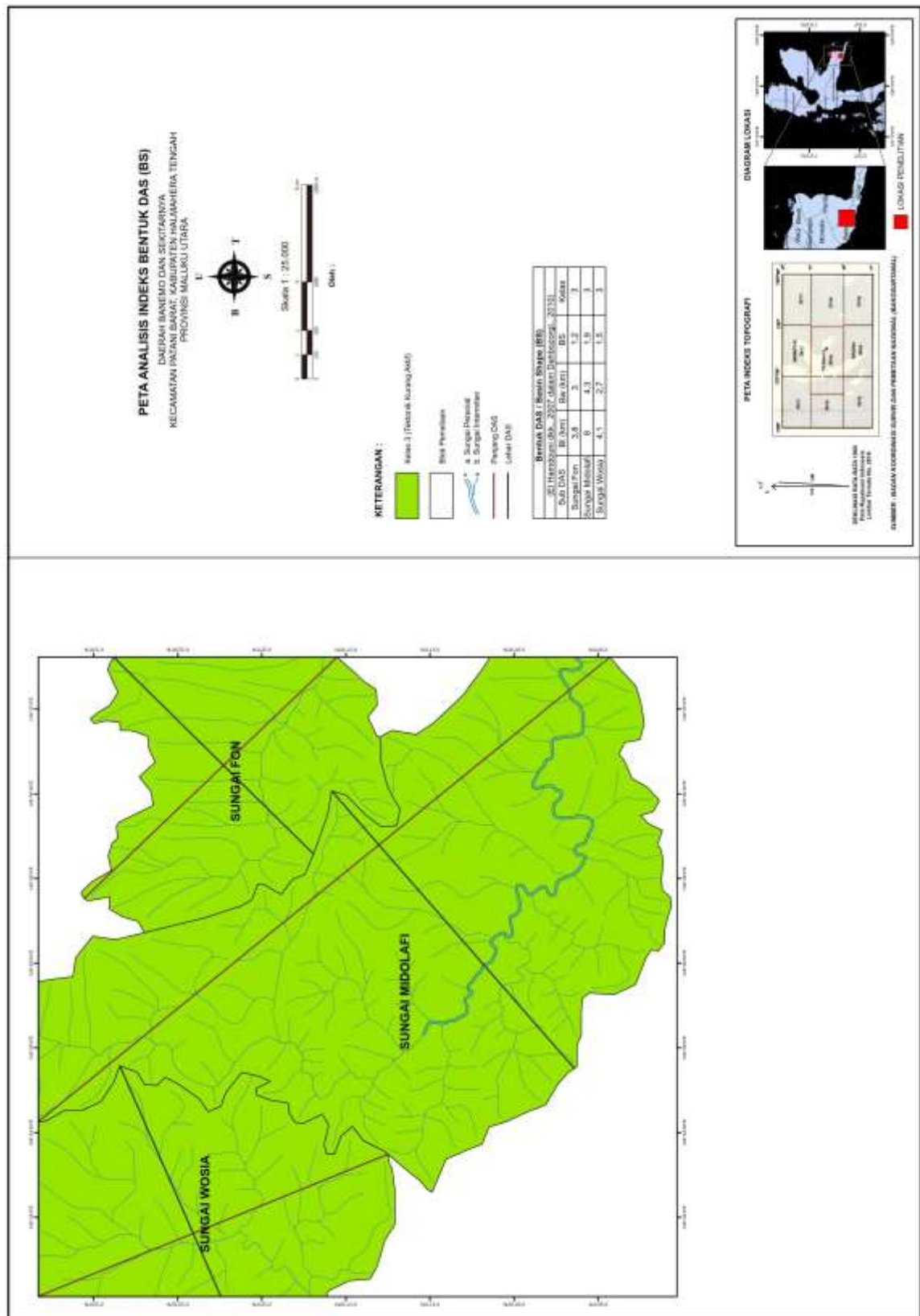
Penulis :

1. **Iit Adhitia, ST., MT.**, Staf Dosen Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik – Universitas Pakuan, Bogor.
2. **Ir. Muhammad Agus Karmadi, MT.**, Staf Dosen Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik – Universitas Pakuan, Bogor.

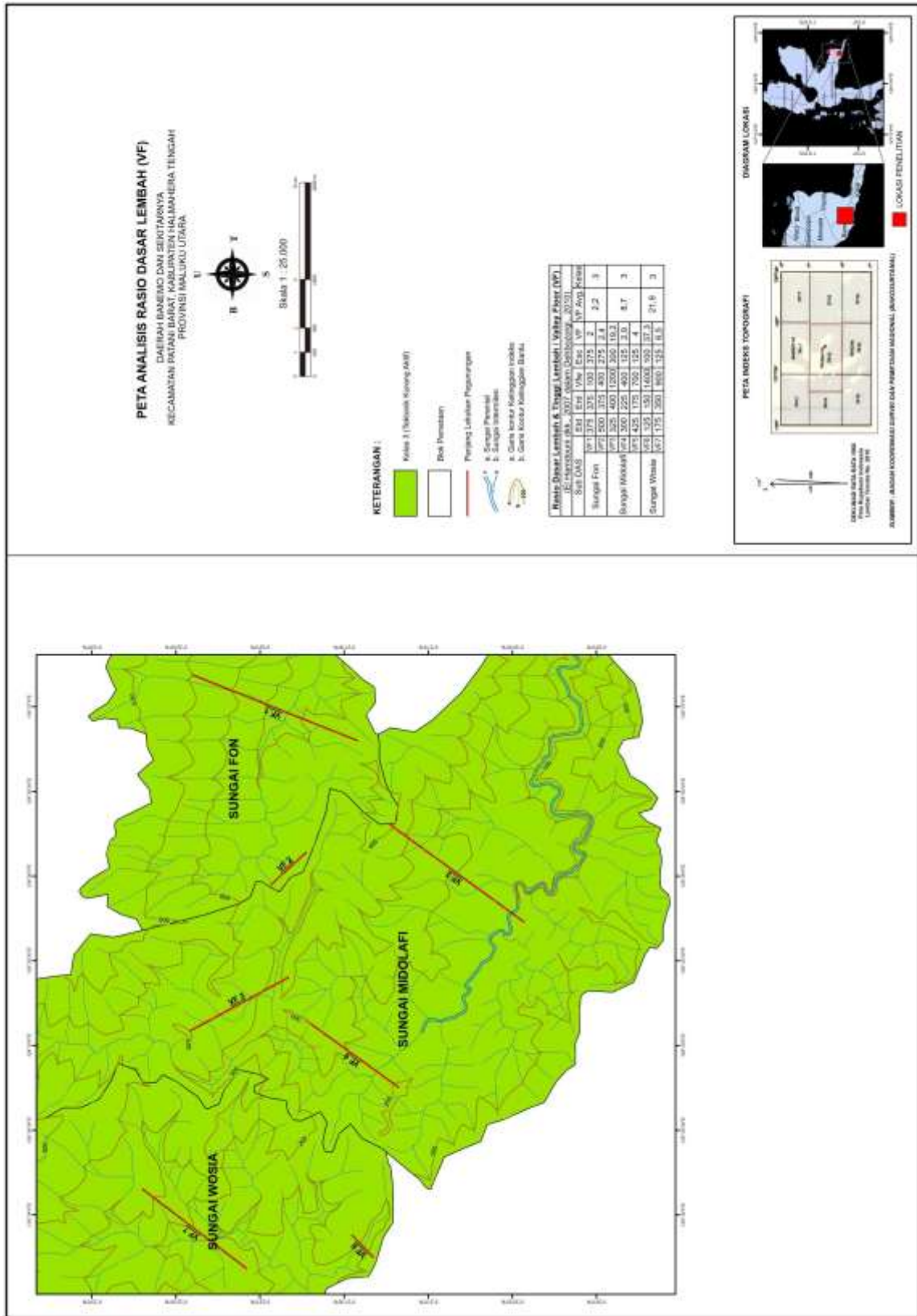
Lampiran 1



Lampiran 2



Lampiran 4



Lampiran 5

