



**JURNAL GEOGRAFI**  
**Media Pengembangan Ilmu dan**  
**Profesi Kegeografian**  
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujet>



**KLASIFIKASI BENTUKLAHAN SECARA OTOMATIS MENGGUNAKAN TOPOGRAPHIC POSITION INDEX**

**Sutanto, Trijuni Putro<sup>1</sup>; Fitria, Nucifera<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Kelautan, Institut Teknologi Yogyakarta

**Info Artikel**

*Keywords: classification, landform, topographic position index*

**Abstract**

Landform is an essential aspect for environmental and disaster studies. Automated landform classification has been developed due to the importance role of landform for many studies. Automated landform classification can be applied for general purposes.

TPI (Topographic Position Index) is one of automated landform classification method. TPI measures the difference between center elevation and mean elevation in its surroundings within certain radius. This study used SRTM data with 90 meters resolution and ASTER GDEM data with 30 meters resolution for the south part of Yogyakarta. Data processing is conducted by using SAGA GIS. The research documented here aims to clarify how TPI support the landform classification thus for practical use can be utilized effectively for analysis any aspect related to landform classification.

Generally, automated landform classification for two datas results the same spatial pattern. Study area is mostly classified as plains. But feature number of landform in ASTER GDEM data is larger than STRM data. Because ASTER GDEM data has higher spatial resolution so that the result is more detail. Based on Tobler's Law, ASTER GDEM work best for 1:50.000 scale, while SRTM fit for 1:180.000 scale.

**Abstrak**

**Kata kunci:** klasifikasi, bentuk lahan, opographic position index

Bentuklahan merupakan aspek yang esensial dalam kajian lingkungan dan kebencanaan. Metode klasifikasi bentuklahan otomatis telah berkembang dikarenakan pentingnya peranan aspek bentuklahan dalam berbagai kajian. Klasifikasi bentuklahan secara otomatis hanya dapat digunakan untuk kepentingan praktis yang bersifat umum.

TPI (*Topographic Position Index*) adalah salah satu metode klasifikasi bentuklahan otomatis. Metode TPI mengukur perbedaan elevasi di titik tengah dan rata-rata ketinggian di sekitarnya dengan radius tertentu. Kajian ini menggunakan data SRTM resolusi 90 meter dan data ASTER GDEM resolusi 30 meter untuk daerah kajian Yogyakarta bagian selatan. Pemrosesan data dilakukan dengan menggunakan SAGA GIS. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui bagaimana metode TPI dapat membantu dalam melakukan klasifikasi bentuklahan.

Secara umum hasil klasifikasi bentuklahan dengan menggunakan kedua data tersebut memiliki pola ruang yang sama. Sebagian besar daerah yang dipetakan dalam area kajian terklasifikasi menjadi dataran (*plains*). Namun jumlah feature bentuklahan pada ASTER GDEM lebih banyak dikarenakan resolusi yang lebih tinggi sehingga menghasilkan klasifikasi yang lebih detail. Berdasarkan Hukum Tobler, ASTER GDEM baik digunakan untuk skala 1:50.000, sedangkan SRTM baik digunakan untuk skala 1:180.000.

✉ Alamat korespondensi: [sutanto0612@gmail.com](mailto:sutanto0612@gmail.com), [fnucifera@amikom.ac.id](mailto:fnucifera@amikom.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

Bentuklahan/ *landform* merupakan kenampakan mencolok dari permukaan bumi (Hugget, 2007) yang merepresentasikan kesan topografi, relief, didukung oleh kerja dari aspek geologi dan iklim. Setiap bentuklahan memiliki karakteristik spesifik yang dicirikan oleh morfologinya, demikian pula dilihat dari segi potensi sumberdaya alam dan bencana. Maka dari itu, peta bentuklahan berperan penting dalam memahami proses di permukaan, geokronologi, sumberdaya alam, bencana alam, dan evolusi bentanglahan (Bishop, James, Jr., & Walsh, 2012).

Banyaknya kajian yang bersinggungan dan didasari oleh bentuklahan, maka ketersediaan peta bentuklahan sebagai data penunjang menjadi suatu hal yang penting. Informasi bentuklahan penting kaitannya dengan evaluasi bentanglahan, penilaian erosi dan aspek kebencanaan (Piloyan & Konečný, 2017). Pentingnya pemahaman terhadap bentuklahan mendorong pemetaan dan dokumentasi bentuklahan sejak waktu yang lampau (Samodra, et al., 2014). Atas dasar itulah, klasifikasi bentuklahan secara otomatis menjadi penting dan banyak dikaji (Straumann, 2010); (Reu, et al., 2013); (Józsa & Fábíán, 2016); dan (Piloyan & Konečný, 2017).

Studi secara detil tentang bentuklahan membutuhkan data yang detil, sedangkan untuk kepentingan praktis yang sifatnya umum (*general*), data yang tidak detil dapat digunakan sebagai sumber data. Ketiditalan data direpresntasikan oleh resolusi citra yang digunakan. Semakin detil data yang diinginkan, dibutuhkan citra dengan resolusi semakin tinggi. Contohnya adalah: citra DEM SRTM dengan resolusi 90 m akan menghasilkan kenampakan topografi general dibandingkan dengan terrasar-x dengan resolusi 0,25 s.d. 40 m.

Kepentingan praktis yang dimaksud adalah kajian secara umum dengan skala kecil seperti untuk kebutuhan sidik cepat dalam penentuan potensi bencana berdasarkan bentuklahan. Data yang tidak detil seperti DEM SRTM dapat diakses dengan mudah dan tidak berbayar, walaupun dengan resolusi yang rendah. Untuk kepentingan sidik cepat, data tersebut dapat digunakan sebagai sumber data. Kedepannya, hasil dari sidik cepat tersebut dapat didetilakan menggunakan sumberdata dengan skala yang lebih besar dan resolusi lebih tinggi untuk menghasilkan informasi yang lebih detil.

## 2. METODE PENELITIAN

Kajian ini menggunakan data yang berlokasi di daerah Selatan Yogyakarta. Lokasi ini dipilih karena heterogenitas fisiografis wilayah yang berupa perbukitan dan memiliki wilayah dataran. Selain itu, sebelah timur lokasi merupakan kawasan bentang alam karst yang dikenal memiliki topografi yang unik dengan banyaknya cekungan tertutup berupa dolin dan bukit karst. Secara umum, wilayah kajian terdiri dari bentuklahan solusional, struktural, fluvial, serta marin. Lokasi membentang dari  $-7,75^{\circ}$  s.d.  $-8,09^{\circ}$  LS dan  $110,19^{\circ}$  s.d.  $110,52^{\circ}$  BT.

Data yang digunakan merupakan data model ketinggian dari citra SRTM dan ASTER DEM. Kedua citra digunakan sebagai perbandingan antara satu dengan yang lain. Kedua citra ini memiliki perbedaan dalam hal resolusi, dimana citra SRTM memiliki resolusi 90 m, sedangkan citra ASTER DEM memiliki resolusi 30 m. Kedua data tersebut dipakai selain karena pertimbangan perbedaan akurasi, juga dilihat dari sudut pandang aksesibilitas. Data tersebut dapat diunduh langsung melalui *software* Global Mapper dengan mudah. Secara umum, kedua citra memiliki kenampakan yang serupa, walaupun dari sisi kedetilan dan parameter statistik dan

akurasi berbeda (K. G. Nikolakopoulos, et al., 2006).

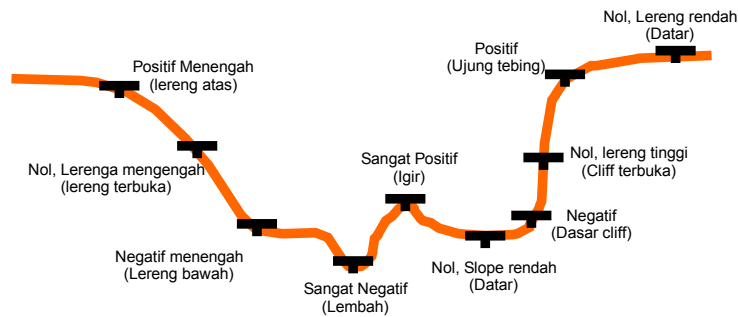
**2.1 Topographic Position Index (TPI)**

TPI merupakan suatu perhitungan yang banyak digunakan untuk melakukan pengukuran posisi lereng secara topografis dan otomatisasi klasifikasi bentuklahan. Secara umum, TPI mengukur perbedaan antara elevasi di titik tengah ( $z_0$ ) dan rata-rata ketinggian ( $\bar{z}$ ) di sekitarnya dengan radius tertentu (Gallant & Wilson, 2000); (Weiss,

2001); (Seif, 2014), seperti dirumuskan pada persamaan 1.

$$TPI = \frac{z_0 - \bar{z}}{s} \quad (1)$$

Nilai TPI positif menunjukkan bahwa suatu area lebih tinggi dari area disekitarnya, sedangkan nilai negatif menunjukkan daerah yang lebih rendah. Nilai TPI mendekati nol menunjukkan bahwa daerah tersebut datar, atau memiliki lereng konstan (dimana lereng di titik tersebut  $> 0$ ). Nilai positif yang tinggi menunjukkan bentuk puncak atau igir (Seif, 2014). Contoh dapat dilihat di Gambar 1.



**Gambar 1.** Nilai TPI dan Posisi Lereng (Modifikasi dari Weiss, 2001)

**Tabel 1.** Klasifikasi Morfologi berdasarkan Nilai TPI dan Lereng (Weiss, 2001)

Klas	Deskripsi	Nilai Batass
1	Igir	$> +1 \text{ STDEV}$
2	Lereng Atas	$> 0,5 \text{ STDV} \leq 1 \text{ STDV}$
3	Lereng Tengah	$> -0,5 \text{ STDV}, < 0,5 \text{ STDV}, \text{lereng} > 5 \text{ derajat}$
4	Lereng Datar/landau	$\geq -0,5 \text{ STDV}, \leq \text{STDV}, \text{lereng} \leq 5 \text{ derajat}$
5	Lereng Bawah	$\geq -1,0 \text{ STDEV}, < 0,5 \text{ STDV}$
6	Lembah	$< -1,0 \text{ STDV}$

SDEV : Standar Deviasi

TPI memperhitungkan radius dari titik tengah perhitungan. Ketika radius diperhitungkan, perbedaan dari nilai radius yang dimasukkan akan membawa implikasi dari hasil TPI yang diolah. Ketika skala diperkecil (radius diperluas), maka yang terjadi adalah hasil semakin umum (general). Komponen detil seperti yang nampak di Gambar 1 akan tidak nampak.

Bagian dari lereng bawah sampai dengan dasar *cliff* akan bergabung menjadi satu bentuk yaitu bentuk negatif berupa lembah, sedangkan bentuk igir di tengah lembah akan hilang.

Berdasarkan klasifikasi bentuklahan Weiss (2001) dalam DeReu, et al (2013), terdapat 12 klasifikasi bentuklahan dengan pembagian ditunjukkan di tabel 2.

Pengerjaan klasifikasi bentuklahan berdasarkan TPI dilakukan di perangkat lunak SAGA (*System for Automated Geoscientific Analyses*). Perangkat lunak ini merupakan perangkat lunak tidak berbayar

yang mengembangkan TPI berdasarkan konsep TPI menurut Weiss (2001). Pengerjaan TPI dilakukan berdasarkan parameter *default*/bawaan di Saga.

**Tabel 2.** Klasifikasi Bentuklahan Weiss (2001) dalam DeReu, et al (2013)

Klas	Bentuklahan	Ukuran	
		Neighborhood Sempit	Neighborhood Luas
1	Sungai tertoreh dalam	$Z_0 < -SDEV$	$Z_0 < -SDEV$
2	Lembah lokal di dataran	$Z_0 < -SDEV$	$-SD \leq Z_0 < 0$
3	Drainase lereng tengah	$Z_0 < -SDEV$	$0 \leq Z_0 < 0$
4	Drainase dataran tinggi	$Z_0 < -SDEV$	$Z_0 > SD$
5	Lembah berbentuk U	$-SD \leq Z_0 < SD$	$Z_0 < -SDEV$
6	Lereng terbuka, area datar	$-SD \leq Z_0 < SD$	$-SD \leq Z_0 < 0$
7	Lereng terbuka, area datar	$-SD \leq Z_0 < SD$	$0 \leq Z_0 \leq SD$
8	Lereng atas	$-SD \leq Z_0 < SD$	$Z_0 > SD$
9	Bukit lokal/igir di dalam lembah	$Z_0 > SD$	$Z_0 < -SD$
10	Bukit lokal/igir di dalam dataran	$Z_0 > SD$	$-SD \leq Z_0 < 0$
11	Igir lereng tengah	$Z_0 > SD$	$0 \leq Z_0 \leq SD$
12	Puncak bukit, igir tinggi.	$Z_0 > SD$	$Z_0 > SD$

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Data Dem SRTM Vs ASTER GDEM**

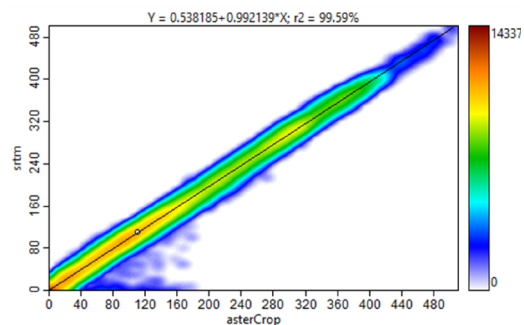
Kedua citra model elevasi digital memiliki kemiripan dari sisi bentuk, sedangkan perbedaan detil dapat dilihat dari sisi nilai piksel dan statistik nilai-nilai piksel tersebut, seperti ditunjukkan di Tabel 3.

**Tabel 3.** Statistik SRTM VS ASTER GDEM

Citra	Min	Max	Mean	Stdev
SRTM	-8	505	110,96	101,65
ASTER	0	520	111,36	102,13

Berdasarkan analisis data statistik, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan-perbedaan nilai secara statistik. SRTM yang memiliki resolusi lebih rendah memiliki nilai maksimum dan minimum yang lebih rendah dibandingkan dengan ASTER GDEM. Demikian juga untuk parameter Rata-rata nilai dan simpangan bakunya.

Jika dilihat dari sebaran datanya, berdasarkan citra SRTM dan ASTER GDEM, sebagian besar wilayah memiliki elevasi 0-104 mdpal. Kedua citra, walaupun berbeda karakteristik, memiliki pola dan hubungan yang positif, seperti ditunjukkan pada scatter plot di Gambar 2.



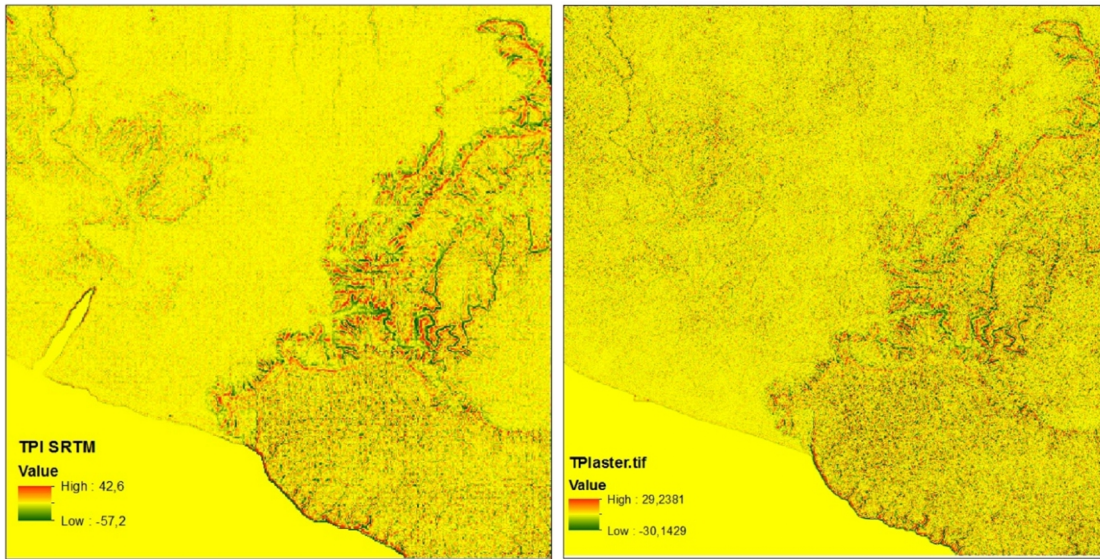
**Gambar 2.** Scatter Plot hubungan antara ASTER GDEM dan SRTM

Berdasarkan Gambar 2, dapat diprediksi bahwa hasil pengolahan data

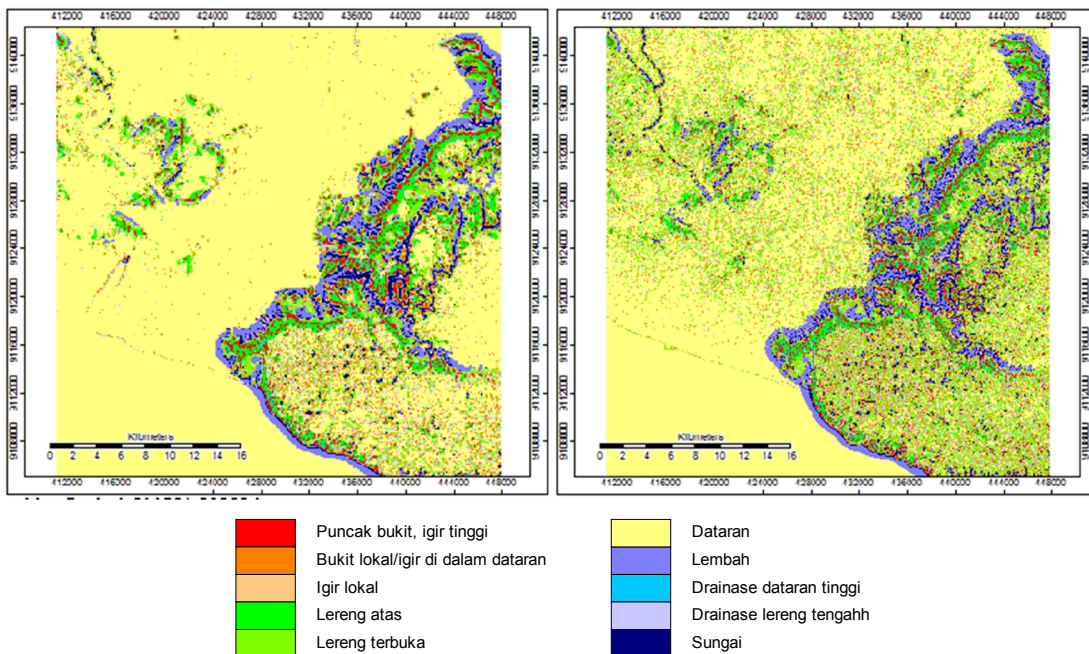


tersebut menjadi data turunan DEM akan memiliki pola yang serupa dan tidak jauh berbeda dengan hasil perbandingan antara data SRTM dan ASTER GDEM. Nilai  $R^2$  di gambar 2 menunjukkan nilai 99,64% artinya hubungan keduanya sangat erat. Hal

ini menunjukkan bahwa hanya sedikit sekali faktor eksternal yang mempengaruhi hubungan antara SRTM dan ASTER DEM (sebanyak 0,36%).



Gambar 3. Hasil Pengolahan TPI untuk SRTM (Kiri) dan ASTER GDEM (Kanan)



Gambar 4. Hasil Klasifikasi TPI untuk SRTM (Kiri) dan ASTER GDEM (Kanan)

### 3.2 TPI

Hasil pengolahan TPI menunjukkan bahwa TPI hasil olahan dari data SRTM

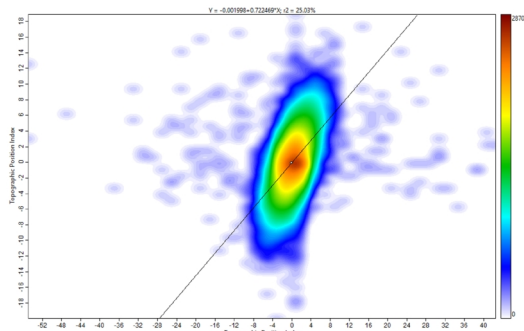
memiliki tingkat kedetilan yang berbeda dibandingkan dengan TPI hasil pengolahan ASTER (Gambar 4).

Secara pola keruangan, terdapat kesamaan antara bentukan morfologi antar kedua citra. Keduanya mampu membatasi fisiografi utama yang ada. Untuk hasil pengolahan *landform* di SRTM, zona tengah nampak didominasi oleh plains, yang kenyataannya di zona tersebut untuk hasil pengeolahan *landform* ASTER masih dibagi lagi menjadi beberapa klasifikasi. Klasifikasi ini cukup memudahkan pengguna dalam hal pembuatan peta bentuklahan/geomorfologi dan sejenisnya yang membutuhkan informasi morfologi di dalamnya.

Berdasarkan analisis secara statistik untuk kedua hasil pengolahan TPI, diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan di tabel 4.

**Tabel 4.** Statistik Hasil Pengeolahan TPI

Citra	Min	Max	Mean	Stdev
SRTM	-57,2	42,6	-0,0002	1,403
ASTER	-30,14	29,23	-0,0003	2,535



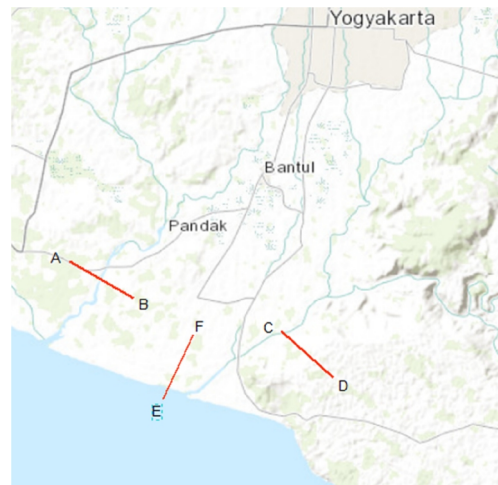
**Gambar 5.** Scatter Plot Hubungan antara TPI SRTM (sumbu x) dan TPI ASTER (Sumbu Y)

Berdasarkan hubungan antara TPI SRTM dan ASTER seperti yang ditunjukkan di gambar 5, dapat diketahui bahwa terdapat hubungan positif diantara keduanya. Pola hubungan ini berbeda dengan hubungan antara

SRTM dan ASTER DEM seperti yang ditunjukkan di gambar 4. Di gambar 5, diketahui bahwa nilai  $R^2$  hanya sebesar 25,03% yang berarti ada faktor-faktor lain yang menentukan besaran nilai TPI. Seperti diketahui TPI merupakan turunan dari nilai elevasi. Sedangkan, resolusi dari kedua data DEM tersebut memiliki perbedaan yang sangat signifikan.

Berdasarkan pendetilan data di gambar 4, diperoleh tabel jumlah data untuk masing-masing *landform* yang ditunjukkan diketahui bahwa persentase hasil *landform* untuk tiap citra memiliki proporsi yang sama, hanya jumlahnya saja yang berbeda. Kedua citra sama-sama menunjukkan bahwa mayoritas merupakan daerah datar (*plain*). Tetapi karena jumlah pixel di ASTER lebih banyak, sebagai akibat dari resolusi yang lebih tinggi, maka jumlah *feature* untuk masing-masing *landform* juga jauh lebih banyak dibandingkan dengan SRTM.

Tiga jalur profil melintang (Gambar 6) yang dibuat di lokasi kajian direpresentasikan kedalam grafik yang menunjukkan profil elevasi dan nilai TPI-nya (Gambar 7).



**Gambar 6.** Lintasan Profil di Area Kajian



Berdasarkan hasil profil melintang yang ditunjukkan di gambar 7, dapat dilihat bahwa secara umum terdapat perbedaan tingkat kedetilan dikarenakan adanya perbedaan resolusi.

Profil untuk citra srtm memberikan bentuk yang lebih general dan sederhana dibandingkan dengan profil hasil dari Aster. Jika dibandingkan antara kedua, untuk lembah di srtm masih dapat didetilkkan lagi menjadi beberapa bagian. Lembah berdasarkan nilai TPI di SRTM dengan lokasi yang sama, belum tentu menjadi lembah berdasarkan TPI Aster, bisa jadi ia menjadi igir perbukitan lokal di dalam lembah.

Perlu diperhatikan pula, dataran dalam klasifikasi bentuklahan TPI di sini adalah dataran secara umum. Dataran jika dikaji dari sisi morfoaransemen, akan memiliki perbedaan jika dataran tersebut berada di daerah rendah, seperti di muara dibandingkan dengan dataran yang ada di dataran tinggi seperti di perbukitan/pegunungan. Kondisi itu menunjukkan proses geomorfik yang berbeda. Dataran di dataran rendah dapat berupa dataran alluvial maupun dataran banjir, sedangkan dataran di daerah tinggi, contohnya adalah butte, perupa perbukitan terisolasi hasil proses denudasional.

Data yang baik digunakan untuk klasifikasi bentuklahan merupakan data ketinggian yang betul-betul merepresentasikan ketinggian medan dan mengesampikan tutupan lahan yang ada di atasnya, dalam hal ini merupakan citra DTM (*Digital terrain model*). Data SRTM dan ASTER DEM bukan merupakan data DTM, sehingga di dalamnya masih dihitung ketinggian tutupan lahan di atasnya. Sehingga, hasil turunan dari citra tersebut masih tidak secara rinci merepresentasikan kondisi medan.

Pengamatan dari hasil TPI yang diperoleh, terdapat hasil yang kurang logis dijumpai dimana pada profil 3, setelah dari

laut, terdapat nilai TPI yang meningkat dan termasuk kedalam slope. Bisa jadi wilayah yang terhitung slope ini merupakan gisik, atau akibat dari tutupan yang ada di atasnya. Terdapat pula lereng terbuka yang artinya, lereng tersebut memiliki nilai TPI 0, tetapi memiliki lereng menengah. Pada umumnya berada di lereng-lereng tengah dengan grafien tinggi yang rendah. Beberapa lokasi mengindikasikan keberadaan gumpuk pasir di profil 3.

Pada tahun 1987, Tobler mengemukakan hubungan antara skala pemetaan dan resolusi spasial citra. Untuk mengetahui skala pemetaan yang sesuai berdasarkan resolusi citra, dihitung dengan cara mekalikan resolusi (dalam meter) dengan 2 dikali 1000. Sehingga, citra SRTM dengan resolusi spasial 90 m, akan baik diterapkan di skala pemetaan 1:180.000 yang masuk kedalam skala *reconnaissance*/tinjau. Sedangkan aster dengan resolusi 30 m, baik digunakan di skala 1:60.000 yang masuk kedalam skala semi detail.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian, citra DEM dari SRT dengan resolusi 90 m, baik digunakan untuk skala tinjau diatas 1:100.000, tepatnya di skala 1:160.000. Sedangkan citra ASTER baik digunakan untuk skala semi detail di rentang skala 1:10.000-1:100.000, tepatnya untuk skala 1:60.000.

Penggunaan deliniasi bentuklahan secara otomatis harus didasari dengan pemahaman yang baik mengenai bentuklahan beserta aspek-aspeknya baik morfologi, morfogenesis, morfoaransemen, dan morfokronologi. Sehingga interpretasi dari hasil deliniasi secara otomatis tidak akan rancu karena ditemuinya beberapa ketidaksesuaian di dalamnya,

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Pengampu Jurnal Geografi Universitas



Negeri Semarang yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk menulis karya ini. Kami ucapkan pula terima kasih kepada reviewer yang telah memberikan koreksi dan masukan positif terhadap tulisan ini.

##### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Bishop, M. P., James, L. A., Jr., J. F., & Walsh, S. J. (2012). Geospatial Technologies and Digital Geomorphological Mapping: Concepts, Issues and Research. *Geomorphology*, 5(26), 5-26.
- Gallant, J., & Wilson, J. (2000). Primary topographic attributes. i J. Wilson, & J. Gallant, *Terrain Analysis: Principles and Applications* (ss. 51-85). New York: Wiley.
- Hugget, R. J. (2007). *Fundamentals of Geomorphology. Second Edition*. New York: Routledge.
- Józsa, E., & Fábrián, S. Á. (2016). Landforms And Geomorphological Landscapes Of Hungary Using Gis Techniques. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 19-31.
- K. G. Nikolakopoulos; E. K. Kamaratakis; N. Chrysoulakis. (2006). *International Journal of Remote Sensing*, 27(21), 4819-4838.
- Piloyan, A., & Konečný, M. (2017). Semi-Automated Classification Of Landform Elements In Armenia Based On Srtm Dem Using K-Means Unsupervised Classification. *Quaestiones Geographicae*, 36(1), 93-103.
- Reu, J. D., Bourgeois, J., Bats, M., Zwertvaegher, A., Gelorini, V., Smedt, P. D., Crombé, P. (2013). Application Of The Topographic Position Index To Heterogeneous Landscapes. *Geomorphology*, 39-49.
- Samodra, G., Chen, G., Sartohadi, J., Hadmoko, D. S., & Kasama, K. (2014). Automated Landform Classification in a Rockfall-prone Area, Gunung Kelir, Java. *Earth Surface Dynamics*, 2(1), 239-348.
- Seif, A. (2014). Topography Position Index for Landform Classification. Case study: Grain Mountain. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 33-39.
- Straumann, R. (2010). *Extraction And Characterisation Of Landforms From Digital Elevation Models: Fiat Parsing The Elevation Field* (Dissertation appl.). Zürich: Universität Zürich.
- Tobler, Waldo. 1987. "Measuring Spatial Resolution", Proceedings, Land Resources Information Systems Conference, Beijing, pp. 12-16.
- Weiss, A. (2001). Topographic position and landforms analysis. *ESRI Users Conference*. San Diego, CA: ESRI.