



## Karakteristik Morfotektonik Daerah Aliran Sungai Cisadane Berdasarkan Analisis Citra Satelit

### *Morphotectonic Characteristics Of Cisadane Watershed Based On Satellite Images Analysis*

Sonny Mawardi<sup>1</sup>, Emi Sukiyah<sup>2</sup> dan Iyan Haryanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Pascasarjana Teknik Geologi Universitas Padjadjaran

<sup>2</sup> Departemen Geologi Sains Universitas Padjadjaran,

Jln. Raya Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinangor, Kab. Sumedang, 45363, Jawa Barat

e-mail : [sonnymawardi@gmail.com](mailto:sonnymawardi@gmail.com) / [emi.sukiyah@unpad.ac.id](mailto:emi.sukiyah@unpad.ac.id)

Naskah diterima : 16 Mei 2019, Revisi terakhir : 29 Juli 2019 Disetujui : 13 Agustus 2019, Online : 22 Agustus 2019

DOI: 10.33332/jgsm.2019.v20.3.175 - 186p

**Abstrak-** Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisadane merupakan salah satu daerah yang sangat pesat pertumbuhan penduduk dan pembangunannya, serta berkembang sebagai daerah pemukiman, industri, pusat pemerintahan, dan aktifitas perekonomian lainnya. Tujuan tulisan ini adalah memanfaatkan citra satelit penginderaan jauh untuk kajian karakteristik morfotektonik DAS Cisadane baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Stereomodel, stereoplotting dan stereokompilasi pada citra *Digital Surface Model (DSM)* TerraSAR-X dan Citra SPOT 6, menghasilkan citra *Digital Terrain Model (DTM)*, yang sudah tidak dipengaruhi oleh tutupan lahan. Fusi citra DTM dan Landsat 8 komposit RGB 567+8 dipergunakan untuk menafsirkan sebaran litologi, kelurusan, yang merupakan indikasi struktur geologi, dan pembagian unit geomorfologi. Untuk mengetahui karakteristik morfotektonik Sub-DAS secara kuantitatif dilakukan perhitungan *bifurcation ratio (Rb)* yang mengindikasikan deformasi tektonik. Berdasarkan analisis citra satelit baik secara kualitatif dan kuantitatif, karakteristik morfotektonik bagian hulu, tengah dan hilir DAS Cisadane telah mengalami deformasi.

**Katakunci :** citra satelit, morfotektonik, DSM, DTM, DAS Cisadane.

**Abstract-** *Cisadane Watershed is one of the most rapidly growing areas and infrastructure development, and has developed as a residential, industrial, administrative centers and other economic activities. The purpose of this paper is to use remote sensing satellite imageries to identify the morphotectonic characteristics of the Cisadane watershed both qualitatively and quantitatively. Processing stereomodel, stereoplotting and stereocompilation on TerraSAR-X Digital Surface Model (DSM) and SPOT 6 imageries, produced the Digital Terrain Model (DTM) image, which has not been affected by land cover. Fusion of the DTM and Landsat 8 RGB 567+8 images is used to interpret the distribution of lithology, geomorphological units, and lineaments, which are an indication of geological structures. The morphotectonic characteristics of sub-watersheds qualitatively was carried out a bifurcation ratio calculation (Rb) which indicates tectonic deformation. Based on the analysis of satellite images both qualitatively and quantitatively, the morphotectonic characteristics of the upstream, middle and downstream Cisadane Watershed have been deformed.*

**Keywords :** *satellite images, morphotectonic, DSM, DTM, Cisadane Watershed.*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Pemanfaatan citra satelit penginderaan jauh terus berkembang seiring dengan semakin banyaknya teknik pencitraan, metode pengolahan dan analisis data. Saat ini, citra satelit telah banyak dimanfaatkan oleh berbagai pihak untuk melakukan kajian mengenai kondisi geospasial di suatu wilayah. Beberapa hasil pengolahan citra satelit memberikan gambaran kondisi topografi atau morfologi, yang dapat diperoleh secara gratis dan berbayar. Citra diperoleh secara gratis adalah citra DEM-SRTM (*Digital Elevation Model Shuttle Radar Topography Mission*) dan ASTER GDEM (*Global Digital Elevation Model*), dan citra diperoleh berbayar adalah produk citra DSM (*Digital Surface Model*) Radarsat II, TerraSAR-X, dan IFSAR.

Morfotektonik mempelajari hubungan antara neotektonik dan bentuk lahan (Stewart & Hancock, 1994). Morfotektonik dipengaruhi oleh kondisi morfologi dan proses tektonik yang terjadi pada masa lalu, karena morfologi memiliki dimensi ruang dan tektonik mempunyai dimensi waktu. Menurut Stewart & Hancock (1994), neotektonik adalah cabang dari tektonik yang berkaitan dengan pergerakan kulit bumi di masa lampau dan hingga sekarang. Menurut Wallace (1997), bahwa neotektonik adalah tektonik aktif, yaitu studi tentang tektonik aktif, yang terjadi pada waktu sekarang sampai ke depan dan berkaitan dengan kehidupan manusia. Tektonik aktif disebut juga geomorfologi tektonik (Keller & Pinter, 1996) yang mempelajari dinamika bumi seperti proses pembentukannya, bagaimana tektonik membentuk bentang alam dan memberikan dampak terhadap kehidupan manusia. Selain itu, geomorfologi tektonik dapat mengungkapkan sebuah pandangan roman topografi yang dapat dipakai sebagai indikator corak, kekuatan, dan rata-rata atau pergerakan tektonik. Neotektonik dicerminkan oleh geomorfologi atau bentang alam yang menjadi karakter tektonik jaman sekarang.

Bentuk lahan tektonik mengekspresikan bentukan topografi yang dikontrol oleh tektonik aktif. Bentuk topografi yang telah mengalami perpindahan atau telah mengalami deformasi dapat terlihat dan diamati pada foto udara atau citra penginderaan jauh (Sukiah, 2018). Penampakan morfotektonik tersebut adalah pola aliran,

gawir sesar, kenampakan teras sungai, dan lain-lainnya. Indikasi geomorfik tersebut merupakan bagian sangat penting pada studi tektonik karena dapat digunakan untuk mengevaluasi secara cepat pada suatu daerah yang luas. Menurut Keller & Pinter (1996) penilaian secara kuantitatif suatu bentuk bentang alam disebut morfometri. Pengukuran kuantitatif yang dilakukan dengan mengikuti kaidah geomorfologi adalah sebagai objek perbandingan bentuk lahan dan perhitungan parameter secara langsung terhadap indikasi geomorfik. Perhitungan ini berguna untuk mengidentifikasi karakteristik morfotektonik di suatu wilayah.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Cisadane merupakan salah satu daerah yang sangat pesat pertumbuhan penduduk dan pembangunannya, serta berkembang sebagai daerah pemukiman, industri, pusat pemerintahan, dan aktifitas perekonomian, sementara itu data penginderaan jauh memberikan gambaran permukaan bumi. Berdasarkan fakta tersebut, penulis bermaksud mengkaji morfotektonik di daerah DAS Cisadane berdasarkan analisis citra satelit.

### Lokasi Daerah Penelitian

Daerah aliran Sungai Cisadane, secara administrasi termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Bogor, Kota Bogor, Kabupaten Tangerang, dan Kota Tangerang (Gambar 1). Sumber air daerah aliran Sungai Cisadane berasal dari Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (TNGGP) dan Taman Nasional Halimun Salak (TNGHS).

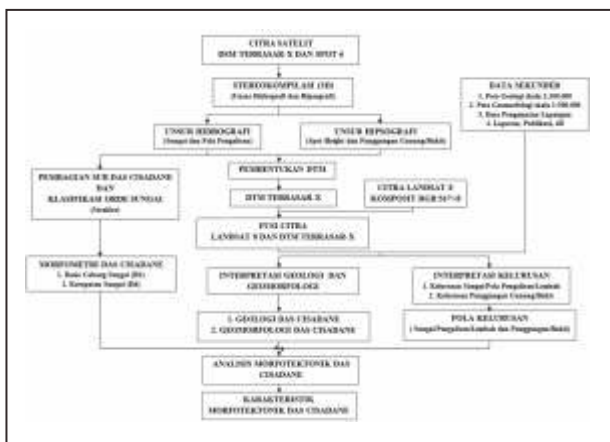


Gambar 1. Peta lokasi DAS Cisadane dan sekitarnya.

**Metodologi**

Dalam penelitian ini, data citra satelit yang digunakan terdiri atas citra DSM TerraSAR, citra SPOT 6, dan citra Landsat 8 (*Landsat Data Continuity Mission = LDCM*) sebagai data primer. Ketiga citra tersebut dilakukan berbagai teknik pengolahan dan metode analisis baik secara visual maupun digital, dengan tujuan untuk interpretasi sebaran litologi, struktur geologi, dan geomorfologi. Data yang diperoleh dapat untuk menganalisis aktifitas tektonik, terutama untuk mengetahui karakteristik morfotektonik. Data sekunder yang digunakan adalah Peta Geologi skala 1:100.000 Lembar Bogor, Jakarta, Serang, dan Leuwidamar; Peta Geomorfologi Foto skala 1:1.000.000 daerah Jawa dan Madura (Poedjoprajitno,2011); Rekaman data lapangan tim pengecekan lapangan tim pemetaan sistematik Pusat Survei Geologi; Laporan penelitian dan pemetaan di sekitar DAS Cisadane; dan berbagai literatur dan publikasi yang ada. Perangkat pengolahan dan analisis yaitu perangkat keras adalah workstation dan perangkat analisis citra 3D; dan perangkat lunak terdiri atas *Summit Evolution, ArcGIS, Map Info, Rockwork, Global Mapper, dan MicroImages TNTgis*.

Data primer berupa citra satelit diperoleh dari Pusat Survei Geologi - Badan Geologi dan Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh-LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional), dan perangkat yang dipergunakan dalam penelitian ini merupakan perangkat pengolahan dan analisis citra satelit yang dimiliki oleh Studio Inderaan Jauh Sub-Bidang Pemetaan Sistematis, Pusat Survei Geologi, Badan Geologi. Secara umum, metodologi penelitian dapat dilihat pada diagram alir (Gambar 2) dan hasil yang diperoleh setiap teknik pengolahan (Tabel 1).



**Gambar 2.** Diagram alir metodologi.

**Tabel 1.** Metode pengolahan, analisis citra, dan informasi yang dihasilkan

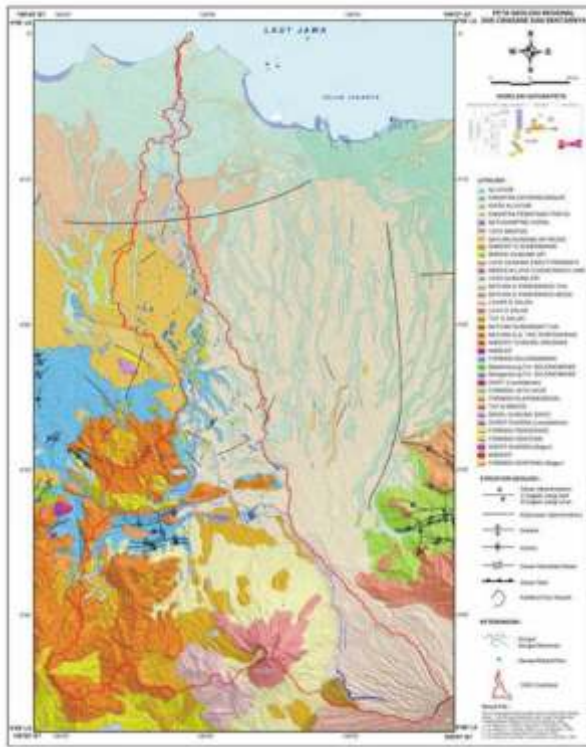
NO.	CITRA SATELIT	METODE PENGOLAHAN & ANALISIS		INFORMASI YANG DIPEROLEH
		PENGOLAHAN CITRA	ANALISIS CITRA	
1.	DSM TERRASAR-X DAN SPOT 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pembuatan Stereomodel (3D)</li> <li>Stereoplotting</li> <li>Stereokompilasi</li> <li>Gridding Citra DTM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Digital (Kuantitatif)</li> <li>Interpretasi Visual (Kualitatif)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unsur Hidrografi : Sungai, Pola Pengaliran (x, y, z).</li> <li>Unsur Hipsografi : Punggungan Gunung/Bukit, Titik Tinggi /Spotheight (x, y, y).</li> <li>Citra DTM (<i>Digital Terrain Model</i>) TerraSAR-X</li> <li>Batas dan Luas DAS/Sub-DAS</li> <li>Panjang Sungai/Pengaliran.</li> <li>Orde Sungai/Pengaliran</li> <li>Kerapatan Sungai/Pengaliran</li> <li>Pengenalan Pola Kelurusan Sungai/Lembah/Pengaliran dan Punggungan Gunung/Bukit</li> </ul>
2.	DTM TERRASAR-X DAN LANDSAT 8 (LDCM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fusi Landsat 8 (LDCM) Komposit RGB.567+8 dan DTM TERRASAR-X</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Digital (Kuantitatif)</li> <li>Interpretasi Visual/Semi Digital (Kualitatif dan Kuantitatif)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Visualisasi Fusi Citra Landsat 8 RGB.567+8 dan DTM TerraSAR-X</li> <li>Litologi dan Kelurusan / Indikasi Struktur Geologi</li> <li>Unit Geomorfologi</li> <li>Plotting dan Pengenalan Pola Kelurusan Sungai /Lembah/ Pengaliran dan Punggungan Gunung/Bukit</li> </ul>
3.	DTM TERRASAR-X	<ul style="list-style-type: none"> <li>Klasifikasi Digital Kelas Ketinggian/ Beda Tinggi dan Kemiringan Lereng/Slope</li> <li>Pembentukan Stereo Anaglyph</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Digital (Kuantitatif)</li> <li>Interpretasi Visual/Semi Digital (Kualitatif)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Klasifikasi Topografi/Beda Tinggi</li> <li>Klasifikasi Kemiringan Lereng/Slope</li> <li>Pengenalan morfologi/bentang alam</li> </ul>

**GEOLOGI REGIONAL**

DAS Cisadane terliput oleh 4 (empat) lembar Peta Geologi Sistematik skala 1:100.000, yaitu Lembar Bogor (Effendi dkk., 2011), Jakarta (Turkandi dkk., 1992), Serang (Rusmana dkk., 1991), dan Leuwidamar (Sujatmiko & Santosa, 1992). Berdasarkan kompilasi keempat peta geologi tersebut, batuan DAS Cisadane terdiri atas batuan sedimen Miosen Awal, yang diterobos oleh batuan intrusi Miosen Tengah sampai Miosen Akhir, batuan vulkanik Miosen Akhir hingga Holosen, dan endapan permukaan Plistosen hingga Holosen (Gambar 3).

Berdasarkan peta geologi skala 1:100.000, struktur geologi di daerah penelitian terdiri atas sesar, lipatan, dan kelurusan yang dijumpai pada batuan yang berumur Miosen, sampai Kuartar (Gambar 3). Struktur sesar terdiri atas sesar geser, sesar naik, dan sesar normal yang umumnya berarah utara-selatan, baratdaya-timurlaut, dan baratlaut-tenggara.





**Gambar 3.** Geologi Regional DAS Cisadane dan sekitarnya hasil kompilasi 4 lembar peta geologi regional skala 1:100.000.

## HASIL PENELITIAN

### Pengolahan Data

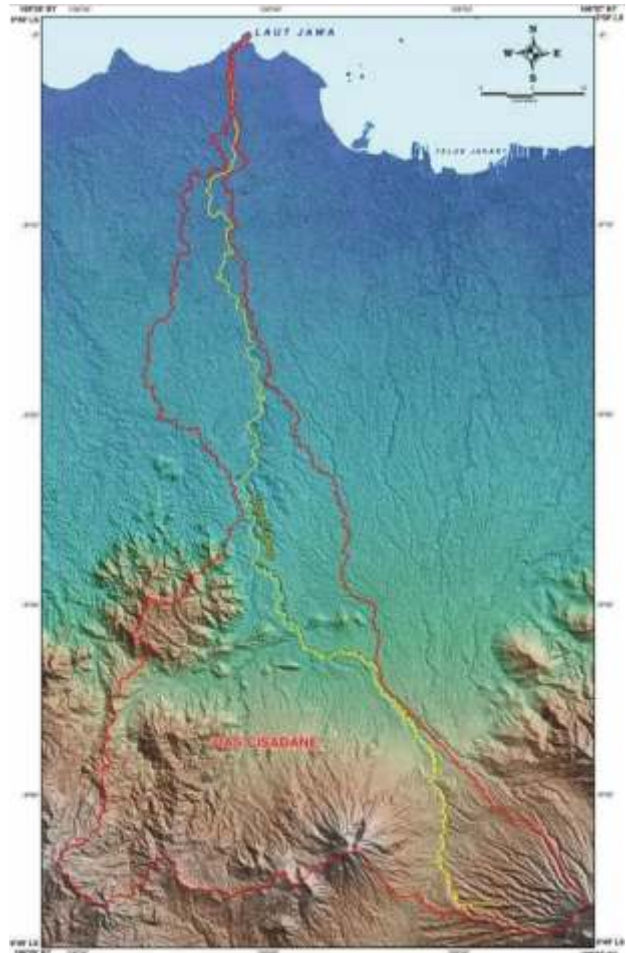
#### *Penentuan Batas DAS dan Sub-DAS Cisadane*

Citra satelit yang digunakan adalah citra DSM TerraSAR-X. Batas DAS diproses melalui modul *spatial analysis tools* yang ada di perangkat lunak ArcGIS. Hasil yang diperoleh adalah batas DAS Cisadane (Gambar 4).

#### *Pembuatan Stereomodel Citra DSM TerraSAR-X dan SPOT 6*

Pengolahan ini menggunakan perangkat lunak Summit Evolution; perangkat keras stereoploter digital yang terdiri atas workstation komputer PC, kacamata polarisasi, dan emitter 3D Vission, stealth 3D mouse, monitor 3D, dan monitor 2D (Gambar 5), dan citra satelit yang digunakan untuk model 3D (stereomodel) adalah citra DSM TerraSAR-X dan SPOT 6. Citra DSM digunakan sebagai data dasar untuk mengekstraksi unsur hipsografi (garis punggung bukit/gunung), *masspoints* (titik tinggi), dan unsur hidrografi (sungai,

garis pantai, dan danau/situ/waduk), sedangkan citra SPOT 6 digunakan untuk membantu identifikasi, penafsiran, dan ekstraksi unsur planimetris (2D) sungai/pola aliran dan tubuh air lainnya seperti danau, situ, waduk, dan garis pantai.



**Gambar 4.** Batas wilayah DAS Cisadane hasil pengolahan data DSM TerraSAR-X menggunakan *Software Arc-GIS*.



Source: <http://www.datem.com/configurations/>

**Gambar 5.** Perangkat stereoploting dan stereokompilasi unsur hidrografi dan hipsografi.

Pembentukan model tiga (3) dimensi pada citra radar berbeda dengan foto udara. Dalam fotogrametri, dua foto yang saling bertampalan (*overlap*) memiliki pasangan stereo (*stereopair*), yang dapat dilakukan pengukuran paralaks dan dikonversi menjadi informasi tinggi. Model tiga dimensi citra DEM TerraSAR-X dan citra SPOT 6 dibuat dengan membuat *stereomate* terlebih dahulu, yang proses pembuatannya kebalikan dari proses fotogrametri. DSM TerraSAR-X sudah mempunyai informasi ketinggian, ketinggian tersebut dapat dipindahkan pada citra SPOT 6, sehingga dapat diperoleh paralaks, dan menghasilkan kedua citra terbentuk tiga dimensi (*stereomate*). *Stereomate* dibuat secara digital oleh perangkat lunak Summit Evolution. Dengan terbentuknya model tiga dimensi ini, maka proses stereoploting dan stereokompilasi dapat dilakukan dengan cara yang sama seperti proses fotogrametri.

#### ***Stereoploting dan Stereokompilasi Unsur Hidrologi dan Hipsografi***

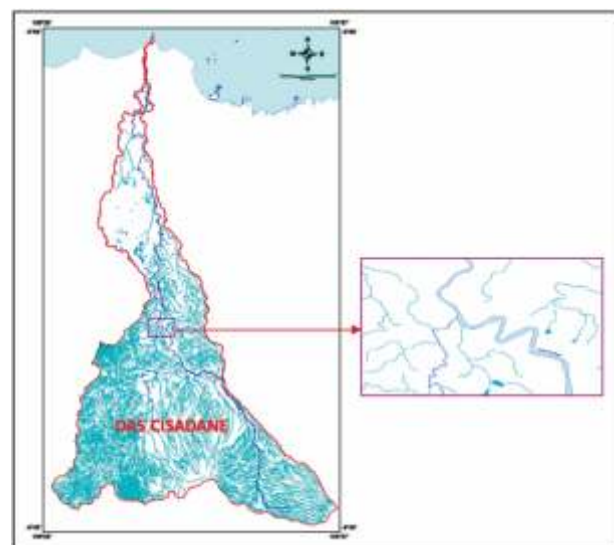
Stereoploting adalah penggambaran unsur rupabumi pada stereomodel (3D) dengan stereokompilasi unsur hidrografi dan hipsografi sehingga menghasilkan informasi geospasial (X, Y, Z) dalam suatu sistem koordinat tertentu.

Proses stereoploting dan stereokompilasi dilakukan mengacu pada spesifikasi teknis penggambaran unsur peta rupa bumi skala 1:50.000 Badan Informasi Geospasial (BIG) dan disesuaikan dengan resolusi spasial citra yang dipergunakan dalam pembuatan stereomodel (model 3D). Hasil proses stereoploting dan stereokompilasi unsur hidrografi digambarkan dalam bentuk *3D polyline* (Gambar 6), sedangkan hasil stereoploting dan stereokompilasi unsur hipsografi, menghasilkan punggung dan titik tinggi dalam bentuk *3D polyline* dan *point* (Gambar 7 dan Gambar 8).

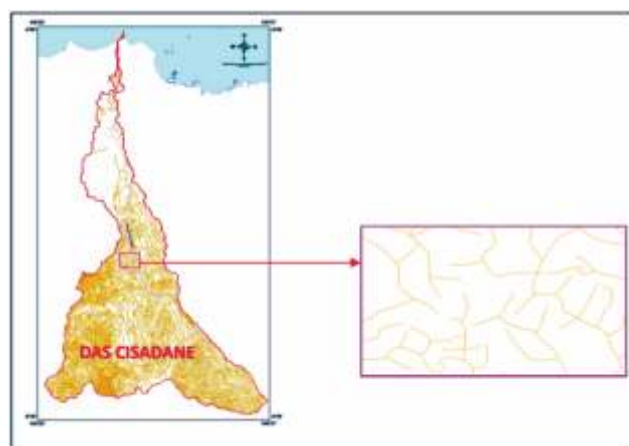
#### ***Pembuatan Citra DTM***

Indonesia salah satu negara beriklim tropis, yang memiliki tutupan lahan cukup lebat dan di beberapa daerah merupakan hasil budidaya manusia. Kondisi tersebut merupakan faktor kendala dalam melakukan penafsiran aspek geologi dan geomorfologi, yang menggunakan analisis data DSM (*Digital Surface Model*). Untuk menghindari aspek tumbuhan penutup, dilakukan pembuatan DTM (*Digital Terrain Model*)

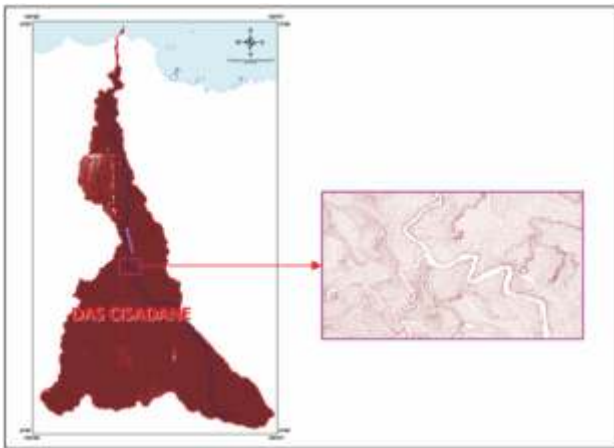
yang merupakan model *digital bare earth terrain* atau permukaan tanah (tidak termasuk objek di atas permukaan). Data yang digunakan adalah data hasil proses stereoploting dan stereokompilasi unsur hidrografi dan unsur hipsografi. DTM merupakan data raster yang dibentuk dari data vektor yang memiliki informasi koordinat X, Y, dan Z melalui proses *gridding* menggunakan metode *kriging* pada perangkat lunak Global Mapper. Proses pembuatan DTM dan tampilan DTM TerraSAR-X yang dihasilkan dari proses *gridding* data stereoploting dan stereokompilasi citra 3 dimensi (Gambar 10 dan Gambar 11).



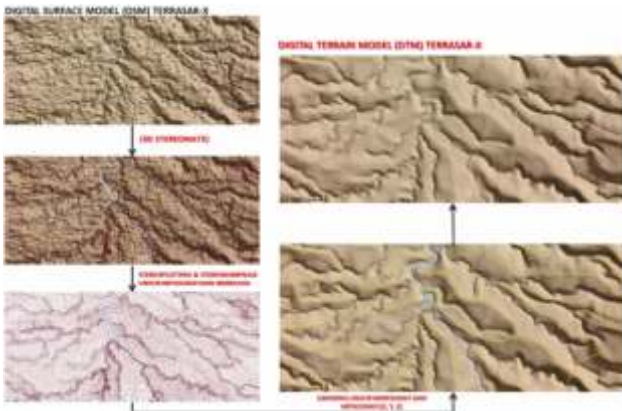
**Gambar 6.** Hasil stereoploting dan stereokompilasi unsur hidrografi pada citra 3D.



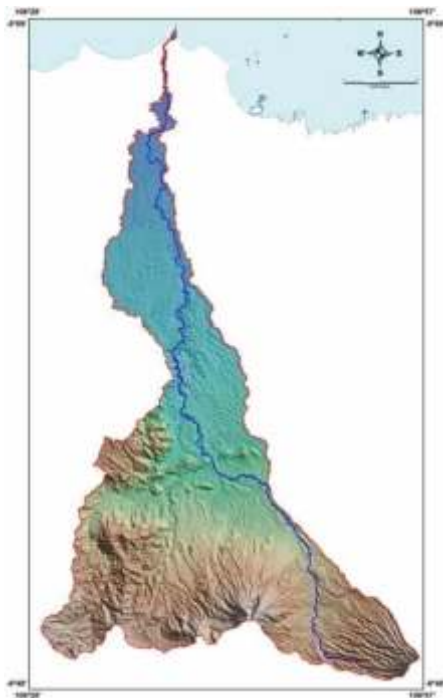
**Gambar 7.** Punggung dan lembah hasil stereoploting dan stereokompilasi pada citra 3D.



**Gambar 8.** *Masspoints/Spotheight* hasil stereoploting dan stereokompilasi citra 3D.



**Gambar 10.** Tahapan pembuatan DTM dengan proses stereoploting, stereokompilasi, dan *gridding* unsur hidrologi dan hipsografi.



**Gambar 11.** Citra DTM DAS Cisadane.

### ***Tumpang-Tindih dan Penajaman Citra Landsat 8 RGB.567+8 dan DTM***

Tumpang-tindih citra DTM dan Citra Landsat 8 komposit (Gambar 12) menghasilkan tampilan citra, yang memunculkan penampakan geologi, struktur geologi dan geomorfologi, lebih informatif. Citra tersebut dipergunakan untuk interpretasi geologi dan geomorfologi secara semi digital.

### **Interpretasi**

Geologi dan geomorfologi daerah penelitian diinterpretasi pada citra hasil pengolahan secara semi digital. Hasil yang diperoleh interpretasi citra adalah informasi sebaran batuan, dan mengenali hubungan antar satuan batuan secara relatif, serta indikasi keberadaan struktur geologi berupa kelurusan (*lineament*), sedangkan analisis geomorfologi dilakukan untuk mengklasifikasi unit bentang alam yang mengacu kepada *The ITC System of Terrain Analysis and Classification* (Van Zuidam, 1985).

### **Interpretasi Geologi**

Interpretasi geologi dilakukan pada tampilan tumpang-tindih citra DTM dan citra satelit Landsat 8. Selain itu, model tampilan 3D anaglyph citra DTM TerraSAR-X dibuat di beberapa lokasi penting untuk mempermudah identifikasi dan pengenalan morfologi. Penentuan batas dan jenis litologi dilakukan melalui pendekatan unsur interpretasi citra. Berdasarkan hasil penafsiran citra, geologi di DAS Cisadane (Gambar 13) didominasi oleh batuan gunungapi di bagian hulu dan tengah, batuan sedimen tua di bagian tengah, dan endapan sedimen di bagian hilir. Hubungan dan urutan satuan batuan didasarkan atas morfostratigrafi, dan kesebandingan dengan peta geologi sudah terbit (Gambar 14).

Berdasarkan analisis citra, litologi yang teridentifikasi terdapat di daerah aliran Sungai Cisadane adalah batuan sedimen batupasir (Nmbs), tuf (Nmbs), dan batulempung (Nmbl) Formasi Bojongmanik, yang berumur Miosen Tengah dan terdapat di bagian tengah DAS Cisadane; batuan sedimen permukaan endapan kipas aluvial produk gunungapi oleh aliran sungai (Qf1, Qf2, Qf3, Qf4) berumur Kuartar dan endapan sungai (Qr) sebagai litologi termuda yang terbentuk di bagian tengah dan hilir DAS Cisadane. Batuan gunungapi terdiri atas batuan gunungapi purba (Npww) yang diduga terbentuk pada Miosen - Pliosen Akhir, batuan gunungapi tua berumur Plio-Plistosen (QNvb, QNvc) dan berumur Plistosen (Qvs, Qvm, Qvp, Qvbr, Qvbl, Qvpe, Qvg, Qvd, Qvkn, Qvkd, Qve-t, Qve-bx, Qvh)



serta batuan gunungapi muda (Resen) produk Gunungapi Salak dan Masigit/Pangrango (Qhvs, Qhvm, Qhvsb), yang terbentuk di bagian hulu dan tengah DAS Cisdane.

Keberadaan struktur geologi teridentifikasi pada citra satelit berupa kelurusan sungai/lembah dan punggung gunung/bukit yang berarah (relatif) timurlaut-baratdaya, baratlaut-tenggara, dan utara-selatan (Gambar 13).

Keras	Masa	Zaman	Kala	Batuan Sedimen	Batuan Vulkanik
FANEROZORIKUM	KENOZOORIKUM	Quarter	Holosen	Qh1, Qh2, Qh3, Qh4	Qhvs, Qhvm, Qhvsb, Qh1, Qh2, Qh3, Qh4
			Plistosen	Qp1, Qp2, Qp3, Qp4	Qpvs, Qpvm, Qpvsb, Qp1, Qp2, Qp3, Qp4
		Neogen	Miosen	Ma1, Ma2, Ma3, Ma4	Ma1, Ma2, Ma3, Ma4
			Pliosen	Pl1, Pl2, Pl3, Pl4	Pl1, Pl2, Pl3, Pl4

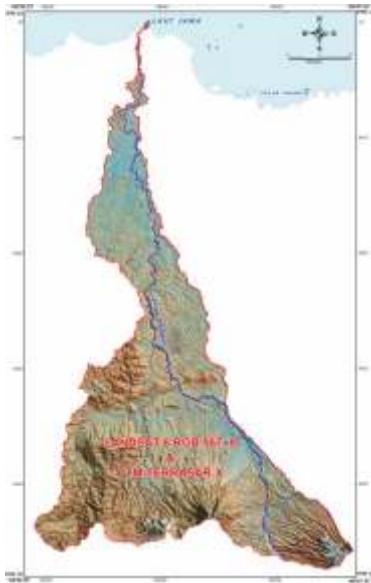
Gambar 14. Korelasi antar satuan batuan DAS Cisdane.

**Interpretasi Geomorfologi**

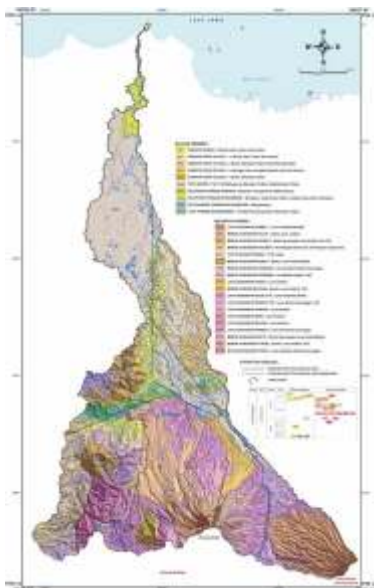
Interpretasi geomorfologi dilakukan pada tampilan fusi citra DTM TerraSAR X dan Landsat 8 (LDCM). Selain itu, untuk mendapatkan alternatif penampakan morfologi, di beberapa lokasi dibentuk model 3 dimensi *anaglyph* agar mempermudah pengenalan mengenai bentuk lahan.

Pengenalan dan identifikasi bentangalam/geomorfologi yang merupakan aspek utama geomorfologi yaitu a) Aspek morfografi, yaitu aspek deskriptif geomorfologi, seperti pedataran, perbukitan dan pegunungan; b) Aspek morfometri, yaitu aspek kuantitatif geomorfologi, seperti tingkat kecuraman lereng, ketinggian, dan kelurusan; c) Aspek morfogenesis, yaitu aspek asal dan pembentukan bentang alam serta proses-proses yang mempengaruhinya; d) Aspek morpho-arrangement yaitu susunan/pola spasial dan keterkaitan antara satu bentuk lahan dengan yang lainnya dalam suatu proses terkait. Kriteria dan teminologi yang digunakan untuk klasifikasi unit-unit bentang alam mengacu kepada *The ITC System of Terrain Analysis and Classification* (Van Zuidam, 1985).

Berdasarkan analisis citra dan bentukan asalnya, geomorfologi di DAS Cisdane dapat diklasifikasi menjadi 7 unit (Gambar 15), yaitu : 1. Bentukan Asal Vulkanik (V) terdiri atas a) Kerucut Gunungapi Muda (V1), b) Lereng Kaki Gunungapi Muda (V2), c) Lereng Kaki Gunungapi Tua (V3), d) Lereng Sisa Gunungapi Tua (V4), e) Kerucut Gunungapi Tua (V5), f) Kerucut Parasiter Gunungapi Tua (V6), g) Perbukitan Sisa Gunungapi Tua (V7), h) Perbukitan Sisa Gunungapi Purba (V8); 2. Bentukan Asal Vulkanik Terdenudasi (DV) terdiri atas a) Kaldera Gunungapi Tua Tertoreh Kuat (DV1), b) Lereng Gunungapi Tua Tertoreh Sedang (DV2), c) Pegunungan Tua Tertoreh Sedang (DV3), d) Perbukitan Gunungapi Tertoreh Kuat (DV4), e) Perbukitan Gunungapi TuaTertoreh Sedang (DV5), f) Perbukitan Gunungapi Tua Tertoreh Rendah (DV6); 3. Bentukan Asal Fluvial Vulkanik (FV) terdiri atas a)



Gambar 12. Tumpang-tindih citra Landsat 8 komposit RGB.567+8 dan DTM TerraSAR-X DAS Cisdane.



Gambar 13. Peta Geologi DAS Cisdane hasil interpretasi citra.

Kipas Gunungapi Tua (FV1), b) Kipas Gunungapi Muda (FV2); 4. Bentuk Asal Struktur Terdenudasi (SD) terdiri atas a) Perbukitan Blok Struktur Tertoreh Sedang (SD1), b) Perbukitan Struktur Tertoreh Kuat (SD2), c) Perbukitan Struktur Tertoreh Sedang (SD3), d) Perbukitan Struktur Memanjang Tertoreh Sedang (SD4), e) Perbukitan Struktur Tertoreh Rendah (SD5), f) Perbukitan Rendah Struktur Tertoreh Sedang (SD6); 5. Bentuk Asal Pelarutan (K), yaitu Perbukitan Batugamping Memanjang (K1); 6. Bentuk Asal Denudasi (D), yaitu Dataran Bergelombang Tertoreh Sedang (D1); 7. Bentuk Asal Fluvial (F) terdiri atas a) Dataran Aluvial (F1), b) Kipas Aluvial Tua (F2), c) Kipas Aluvial Muda (F3).

**Interpretasi Kelurusan**

Analisis kelurusan untuk mengetahui adanya indikasi sesar, dan dominasi arah kelurusan. Kelurusan dapat merepresentasikan sesar, rekahan atau kekar pada suatu daerah (Van Der Pluijm & Marshak, 2004). Data kelurusan diperoleh dari stereoplotting dan stereokompilasi unsur hidrologi dan hipsografi. Setiap kelurusan dilakukan perhitungan azimuth dan panjang, kemudian dimasukkan ke dalam diagram mawar (*rosette diagraame*). Berdasarkan diagram tersebut akan diketahui pola retakan dan arah dominan.

1) Pola kelurusan sungai/pengaliran

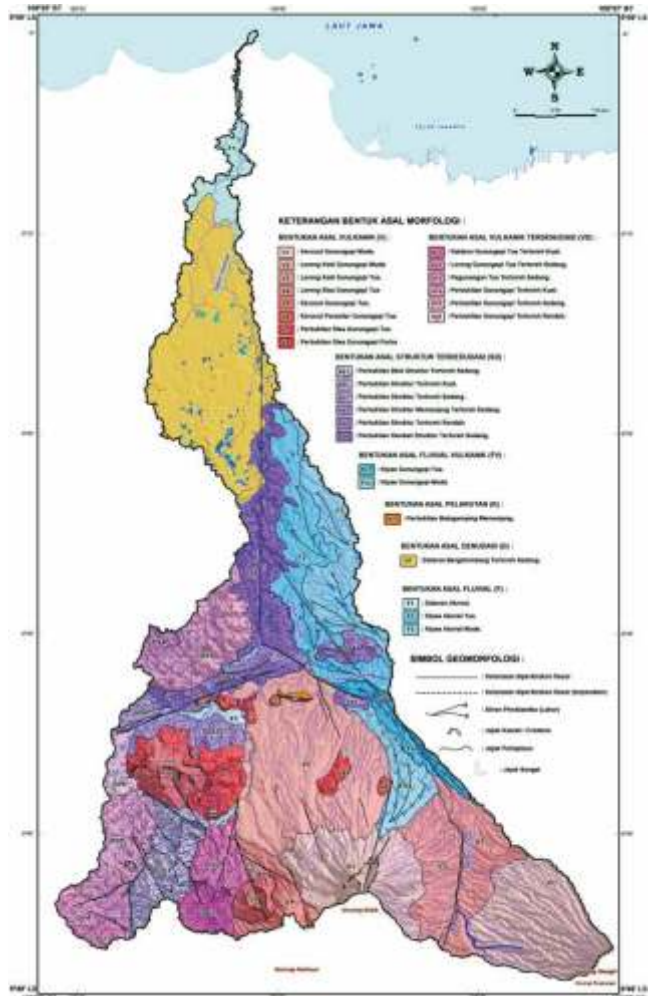
Pola kelurusan sungai hasil *stereoplotting* dan dimasukkan dalam diagram mawar (Gambar 16), menunjukkan intensitas azimuth kelurusan hampir terdistribusi secara merata, hanya terdapat pola kelurusan sungai berarah utara-selatan, barat-timur, dan baratlaut-tenggara mempunyai intensitas lebih tinggi.

Berdasarkan diagram mawar kelurusan sungai/pengaliran menunjukkan zona lemah yang mengontrol aliran sungai/pengaliran dan berasosiasi dengan arah Sungai Cisadane, yang memiliki perkembangan arah pengaliran (relatif) baratlaut-tenggara (bagian hulu), barat-timur (bagian tengah), dan utara-selatan di bagian hilir.

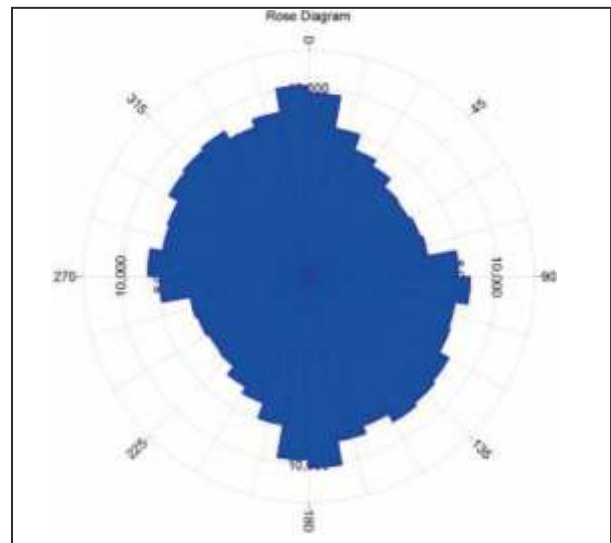
2) Pola kelurusan punggung

Pola kelurusan punggung gunung/bukit hasil stereoplotting dan dalam diagram mawar (Gambar 17), menunjukkan pola kelurusan punggung yang didominasi oleh kelurusan berarah (relatif) utara-selatan, barat-timur, dan baratlaut-tenggara. Pola kelurusan tersebut diinterpretasikan bahwa morfologi pegunungan/perbukitan yang terbentuk di DAS Cisadane berasosiasi dengan arah gaya tektonik di

daerah Jawa bagian barat dan dipengaruhi oleh aktivitas vulkanisme yang berkembang di bagian hulu dan tengah DAS Cisadane.

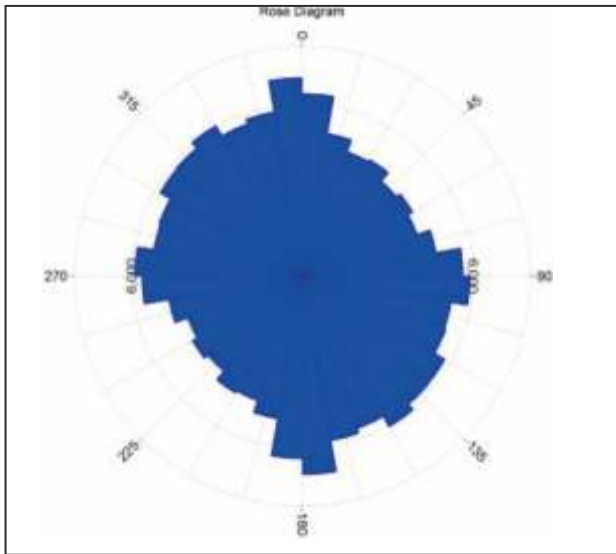


**Gambar 15.** Geomorfologi DAS Cisadane hasil interpretasi citra.



**Gambar 16.** Diagram mawar pola kelurusan sungai/pengaliran di daerah aliran Sungai Cisadane.





**Gambar 17.** Diagram mawar pola kelurusan punggung gunung/bukit di daerah aliran Sungai Cisadane.

### ***Bifurcation Ratio (Rb) DAS Cisadane***

Perhitungan tingkat percabangan sungai (*bifurcation ratio* / *Rb*) dilakukan untuk mengetahui indikasi deformasi pada setiap sub-DAS. Batas sub-DAS dilakukan dengan pegambaran garis secara semi-digital pada punggung citra DTM. Berdasarkan pembagian tersebut, DAS Cisadane dapat dibagi menjadi 39 sub-DAS (Gambar 18).

Tingkat percabangan sungai adalah angka atau indeks yang ditentukan berdasarkan jumlah alur sungai untuk suatu orde. Orde sungai adalah posisi percabangan alur sungai di dalam urutannya terhadap induk sungai di dalam suatu DAS. Untuk menghitung tingkat percabangan sungai digunakan rumus Keller & Pinter (1996), yaitu:

$$Rb = Nu/Nu+1$$

Keterangan :

Rb = Indeks tingkat percabangan sungai

Nu = jumlah alur sungai untuk orde ke u

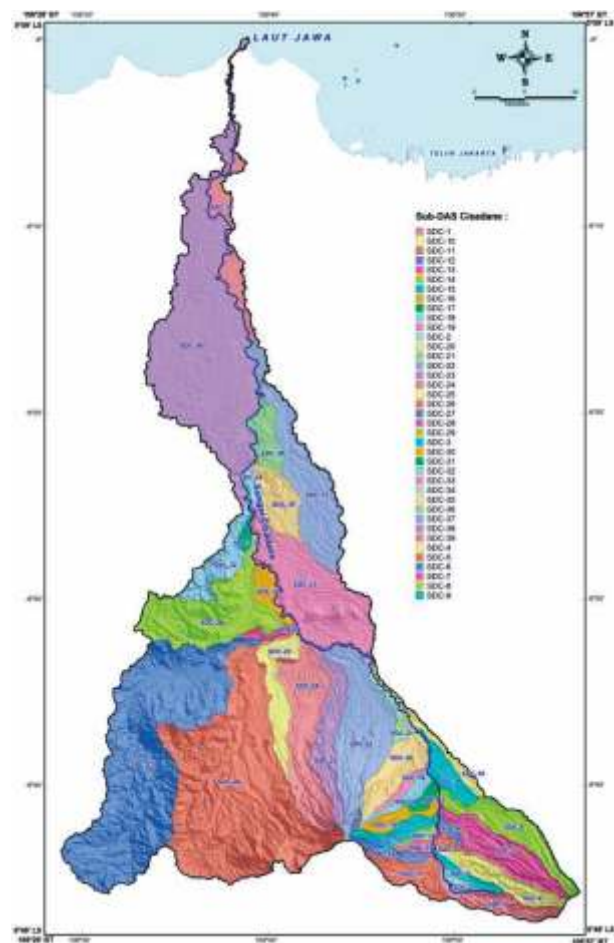
Nu+1 = jumlah alur sungai untuk orde ke u+1

Pembagian orde sungai dalam penelitian ini menggunakan metode Strahler (1952), yaitu segmen yang tidak memiliki percabangan merupakan orde pertama. Ketika dua segmen orde pertama bergabung maka terbentuk orde kedua, dan seterusnya. Hasil pembagian orde sungai/pola pengaliran yang diperoleh dari tahapan *stereoploting* dan stereokompilasi dapat dilihat pada Gambar 19.

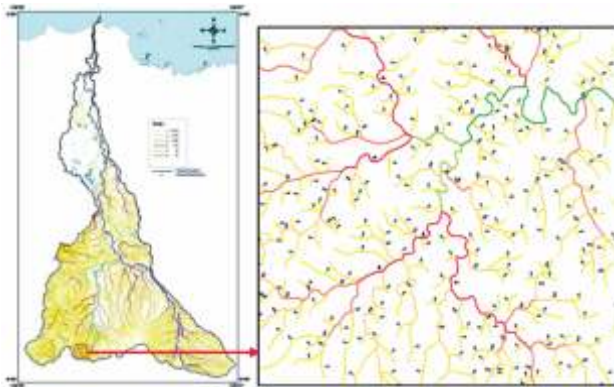
Strahler (1964) menyatakan bahwa jika suatu DAS atau sub-DAS memiliki rasio tingkat percabangan sungai atau *bifurcation ratio* (*Rb*) kurang dari 3 atau lebih dari 5 mengindikasikan DAS atau sub-DAS tersebut telah mengalami deformasi.

Perhitungan tingkat percabangan sungai dan klasifikasi indikasi deformasi di setiap sub-DAS Cisadane dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 20.

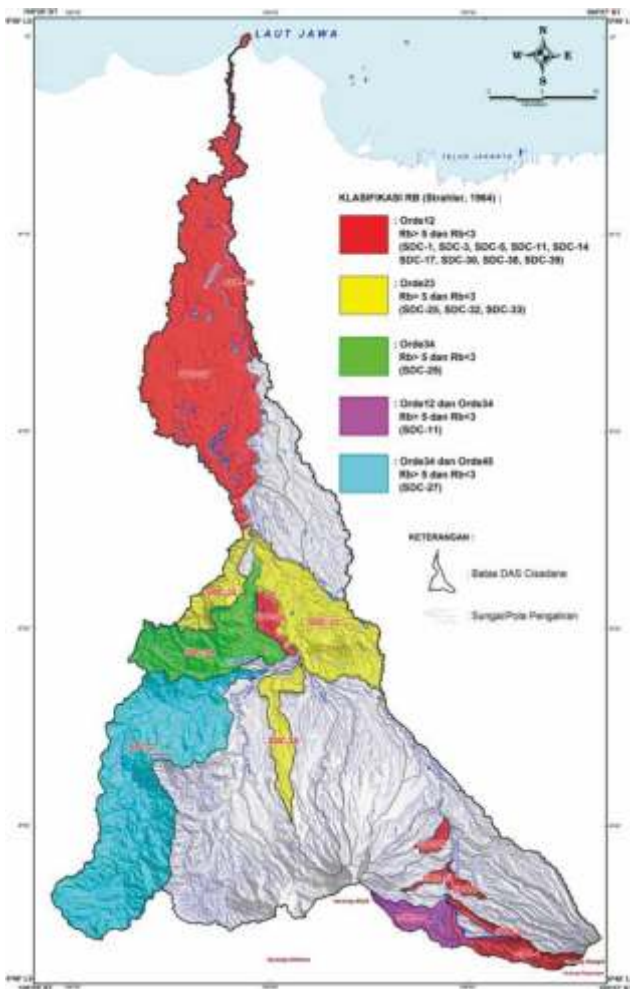
Sub-DAS Cisadane yang terindikasi mengalami deformasi pada tingkat percabangan sungai orde 12 adalah SDC-1, SDC-3, SDC-5, SDC-11, SDC-14, SDC-17, SDC-30, SDC-38, dan SDC-39; orde 23 yaitu : SDC-25, SDC-32, dan SDC-33; orde 34 yaitu : SDC-11, SDC-27, dan SDC-29; dan orde 45 yaitu : SDC-27. Sub-DAS terindikasi mengalami deformasi pada 2 (dua) orde sungai, yaitu SDC-11 yang memiliki nilai *Rb* 6.3 (orde 12) dan *Rb* 6.0 (orde 34), SDC-27 dengan nilai *Rb* 5.78 (orde 34) dan *Rb* 9 (orde 45).



**Gambar 18.** Sub DAS Cisadane hasil analisis citra DTM.



**Gambar 19.** Pembagian orde sungai menggunakan metode Strahler (1952).



**Gambar 20.** Sub-DAS Cisadane yang terindikasi mengalami deformasi berdasarkan hasil perhitungan indeks tingkat percabangan sungai ( $R_b$ ).

## DISKUSI

### Karakteristik Morfotektonik DAS Cisadane

Berdasarkan hasil analisis citra satelit, karakteristik morfotektonik DAS Cisadane dibagi menjadi tiga bagian, yaitu hulu, tengah dan hilir, yaitu:

Karakteristik morfotektonik bagian hulu DAS tersusun oleh Perbukitan Blok Struktur Tertoreh Sedang (SDI), tersusun oleh Batuan Gunungapi Purba (Npvp), dengan nilai  $R_b > 5$ , dan indikasi tektonik berupa kelurusan barat-laut-tenggara dan timurlaut-baratdaya; dan Bentuk Asal Vulkanik (V) dan Vulkanik Terdenudasi (DV), dengan nilai  $R_b > 5$ , yang menunjukkan terindikasi mengalami deformasi, terutama pada batuan gunungapi tua di bagian barat dan timur. Pada batuan gunungapi muda di bagian tengah hulu DAS terdapat kelurusan berarah barat-laut-tenggara dan utara-selatan, yang menunjukkan terdeformasi

Karakteristik morfotektonik bagian tengah DAS Cisadane dicirikan oleh Geomorfologi Bentuk Asal Struktur Terdenudasi (DV) dan Kipas Aluvial Tua/Muda (FV), kemungkinan merupakan morfologi terbentuk oleh aktifitas tektonik yang ditandai adanya kelurusan lembah dan kelurusan punggung dengan arah barat-laut-tenggara dan timurlaut-baratdaya, dan adanya jejak lipatan pada batuan sedimen Formasi Bojongmanik; pada Formasi Serpong terdapat kelurusan sungai/lembah (struktur) berarah utara-selatan dengan morfologi Perbukitan Rendah Struktur Tertoreh Sedang; dan hasil perhitungan *bifurcation ratio* ( $R_b$ )  $> 5$ . Berdasarkan data ini, bagian tengah sub-DAS Cisadane telah mengalami deformasi.

Karakteristik morfotektonik di bagian hilir DAS Cisadane dicirikan oleh Dataran Bergelombang Terdenudasi Sedang (D1) dan Dataran Aluvial (F1) sebagai daerah tempat terendapkannya material vulkanik (Tuf Banten) dan endapan Sungai Cisadane. Nilai *bifurcation ratio* ( $R_b$ )  $> 5$  menunjukkan telah terdeformasi. Kontrol tektonik berupa kelurusan berarah (relatif) utara-selatan. Mengingat batuan berumur Resen, menunjukkan bahwa tektonik aktif.

Pola sungai/aliran tidak berkembang di daerah hilir DAS Cisadane lebih dipengaruhi oleh sifat fisik batuan penyusunnya yang terdiri atas batuan lepas, yang bersifat porous.

## KESIMPULAN

Citra satelit penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini adalah DSM TerraSAR-X, SPOT 6, dan Landsat 8. Hasil pengolahan ketiga citra tersebut menghasilkan citra DTM, yang digunakan untuk menentukan batas dan aliran DAS Cisadane, dan untuk interpretasi geologi dan geomorfologi. Berdasarkan analisis citra satelit, karakteristik morfotektonik dibagian Hulu DAS Cisadane terdiri atas Perbukitan Blok Struktur Tertoreh Sedang (SDI), dan Bentangalam Asal Gunungapi Terdeformasi; di bagian tengah terdiri atas Geomorfologi Bentuk Asal Struktur Terdenudasi (DV), Kipas Aluvial Tua/Muda (FV), dan Perbukitan Rendah Struktur Tertoreh Sedang Terdeformasi; dan di bagian hilir terdiri atas Dataran Bergelombang

Terdenudasi Sedang (D1) dan Dataran Aluvial (F1) menunjukkan telah terdeformasi. Daerah hilir ini merupakan pengendapan yang masih aktif, diduga tektoniknya juga masih aktif.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada pimpinan dan staf Sub-Bidang Pemetaan Geologi Sistematis atas izin penggunaan data dan fasilitas pengolahan citra; rekan-rekan di Badan Informasi Geospasial dan PT. Nusantara Raya Consultant atas diskusi dan bantuan teknis dalam melakukan pengolahan data citra.

## ACUAN

- Drury, S.A., 2001. *Image Interpretation in Geology, Third edition*. Nelson Thornes Publishing, Cheltenham, United Kingdom. 279 p.
- Effendi, A.C., Kusnama., dan Hermanto, B., 2011. *Peta Geologi Lembar Bogor, Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Survei Geologi, Bandung.
- Haryanto, I., 2013. Struktur Sesar di Pulau Jawa Bagian Barat berdasarkan Hasil Interpretasi Geologi. *Bulletin of Scientific Contribution*, 11(1): 1-10.
- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*. Willey Co., New York.
- Keller, E.A. and Pinter, N., 1996. *Active Tectonics*. Prentice Hall. New Jersey 07458.
- Poedjoprajitno, S., 2011. *Peta Geomorfologi Foto Pulau Jawa dan Madura, skala 1: 1.000.000*. Pusat Survei Geologi, Bandung.
- PT. Global Narotama Sakti, 2018. Digital Surface Models to Digital Terrain Models. <http://www.glonas.co.id/> [27/02/2018].
- Rusmana, S., Suwitodirjo, K., dan Suharsono, 1991. *Peta Geologi Lembar Serang, skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Strahler, A.N., 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In Chow, V.T. (ed.) *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill, New York. pp 439-476.
- Stewart, I.S. and Hancock, P.L., 1994. Neotectonics. In Hancock, P.L. and Paul P. (eds.), *Continental Deformation*. Pergamon Press Ltd., Oxford: 370-409.
- Sujatmiko dan Santosa, S., 1992. *Peta Geologi Lembar Leuwidamar, Jawa, Skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sukiyah, E., 2017. *Sistem Informasi Geografis: Konsep dan aplikasinya dalam analisis geomorfologi kuantitatif, Edisi 1*. Unpad Press, 296 h.
- Turkandi, T., Sidarto, Agustiyanto, D.A., dan Purbo Hadiwidjoyo, M.M., 1992. *Peta Geologi Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu, Jawa, skala 1:100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- USGS, 2016. Landsat Data Continue Mission (LDCM). Landsat 8 product inquiries. <https://earthexplorer.usgs.gov/> [23/05/2016].
- Van Der Pluijm and Marshak, 2004. *Earth Structure: An Introduction to Structural Geology and Tectonics, 2nd Edition*. WW Norton, New York.



- Van Zuidam, R.A., 1985. *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. International Institute for Aerospace Survey and Earth.
- Wallace, R.E., 1986. *Studies in Geophysics-Active Tectonics*. National Academic Press. Washington D.C. Sciences. Smith Publishers. The Hague, The Netherlands, 441 p.
-