

## TEKNIK FILTERING MODEL ELEVASI DIGITAL (DEM) UNTUK DELINEASI BATAS DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS)

Nugroho Purwono, Prayudha Hartanto, Yosef Prihanto, & Priyadi Kardono

Badan Informasi Geospasial

E-mail: [nugroho.purwono@big.go.id](mailto:nugroho.purwono@big.go.id)

### ABSTRAK

Delineasi batas Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah proses penentuan sebuah area yang berkontribusi mengalirkan curah hujan (input) menjadi aliran permukaan pada satu titik luaran (outlet). Model Elevasi Digital (DEM) digunakan sebagai sumber data pada proses delineasi batas DAS secara otomatis. Teknik delineasi otomatis dibuat dengan prinsip ekstraksi data topografis untuk memperoleh nilai masukan pada penentuan parameter hidrologi DAS (*flow direction – flow accumulation – stream order – basin/watershed*). Sementara itu ekstraksi data topografis umumnya kurang memperhatikan proses koreksi terhadap data DEM yang digunakan, sehingga hal demikian akan berdampak pada output parameter hidrologi sebagai dasar delineasi batas DAS. Proses koreksi data DEM tersebut akan sangat berpengaruh pada relevansi dan akurasi informasi DAS yang dihasilkan. Penelitian ini mencoba mendeskripsikan teknik filtering untuk data DEM sebagai input proses delineasi. Metode filtering yang diterapkan yaitu *high pass filter* dengan didukung teknik resampling melalui metode *bicubic convolution*. Lokasi sampel penelitian ini yaitu wilayah Pulau Rangsang - Kepulauan Meranti, Provinsi Riau. Data DEM yang digunakan bersumber dari data IFSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar), dengan ukuran grid atau resolusi spasial rerata 2,5 meter. Komparasi dilakukan pada kedua data hasil ekstraksi DEM (non-filtering) dan data hasil filtering. Dari kedua data tersebut diperoleh sejumlah parameter hidrologis yang digunakan untuk menilai keakurasian informasi DAS yang dihasilkan. Jumlah batas DAS yang dihasilkan dari data DEM dengan perlakuan filtering cenderung menghasilkan informasi DAS yang lebih efektif dan relevan terhadap kondisi lapangan dibandingkan dengan hasil dari data DEM tanpa perlakuan filtering. Dengan demikian maka, data DEM dengan perlakuan teknik filtering pada input proses delineasi otomatis mampu menghasilkan batas dan informasi DAS yang lebih akurat sesuai karakteristik hidrologi DAS dibandingkan hasil delineasi tanpa teknik filtering.

**Kata kunci:** delineasi, batas DAS, DEM, filtering, parameter hidrologi

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

DAS (daerah aliran sungai) merupakan salah satu komponen hidrologi yang berperan sebagai wilayah yang menampung, menyimpan dan mengalirkan air hujan hingga danau atau laut melalui sungai. DAS tersusun atas kesatuan wilayah daratan dan sungai, termasuk anak-anak sungainya, sehingga DAS dapat tersusun atas beberapa sub-DAS maupun sub-sub DAS. Kesatuan wilayah DAS digambarkan dalam sebuah unit yang disebut batas DAS. Batas DAS tergambar pada visualisasi peta yang pada kenyataannya tidak tampak di lapangan. Secara prinsip batas ini merupakan sebuah unit yang membatasi jumlah air hujan yang jatuh pada suatu permukaan. Dengan demikian maka, delineasi batas DAS adalah proses penentuan sebuah area yang berkontribusi mengalirkan curah hujan (input) menjadi aliran permukaan pada satu titik luaran (outlet). Penentuan batas DAS memiliki beberapa tujuan seperti mengetahui bentuk hidrograf aliran untuk memprediksi debit puncak, digunakan dalam analisa banjir, dan perencanaan manajemen sumber daya air, serta aplikasi lain terkait hidrologi DAS.

Dewasa ini proses deliniasi batas DAS sering dilakukan secara otomatis menggunakan perangkat *Geographic Information System (GIS)* melalui beberapa langkah prosedur teknis yang tersusun pada suatu algoritma. Alasan penggunaan proses deliniasi secara otomatis dianggap lebih praktis dibanding proses deliniasi secara manual (interpretasi visual peta topografi). Di lain sisi, deliniasi secara manual cenderung masih bersifat subyektif khususnya terkait penentuan hilir suatu DAS. Sementara deliniasi secara otomatis dinilai relatif lebih akurat, cepat dan mampu mengakomodir kebutuhan penyusunan parameter DAS serta komponen-komponen hidrologis secara lebih luas. Proses deliniasi secara otomatis sangat bergantung pada algoritma serta input data topografis sebagai sumber data utama. Pada proses ini, data topografis direpresentasikan oleh model permukaan digital atau *Digital Elevation Model (DEM)*. Namun demikian faktor perbedaan input data DEM yang digunakan akan memengaruhi luaran (*output*) batas DAS yang dihasilkan.

Pada proses deliniasi secara otomatis, ekstraksi topografis terhadap data DEM umumnya kurang memperhatikan nilai akurasi. Sementara itu, hal tersebut akan berdampak pada nilai karakteristik hidrologi DAS yang dihasilkan. Sebagai contoh yaitu, pembuatan batas DAS dengan metode deliniasi otomatis tanpa memperhatikan akurasi data DEM akan menghasilkan nilai konfigurasi jaringan aliran (drainase) yang cenderung kurang akurat. Dengan demikian maka, diperlukan suatu metode atau teknik khusus terhadap data DEM sebagai masukan atau *input* data pada proses deliniasi batas DAS secara otomatis. Dengan memperhatikan nilai akurasi topografis terhadap data DEM, teknik ini diharapkan dapat menghasilkan data yang lebih akurat. Data DEM yang lebih akurat akan memberikan luaran proses deliniasi secara otomatis berupa informasi komponen hidrologi suatu DAS secara lebih akurat dan relevan.

### **Tujuan**

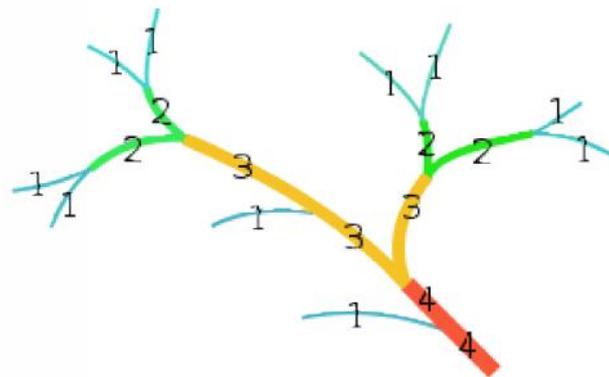
Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan uji coba teknik filtering pada data model elevasi digital atau DEM, dimana data DEM digunakan sebagai data input pada proses deliniasi DAS secara otomatis. Tujuan berikutnya yaitu untuk menguji hasil deliniasi batas DAS dari input data DEM tanpa teknik filtering terhadap data dengan teknik filtering.

### **Studi Pustaka**

#### *Karakteristik Hidrologi dan Morfometri DAS*

Karakteristik topografis suatu DAS sangat erat kaitannya terhadap morfometri. Morfometri DAS adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan keadaan serta ukuran atau parameter fisik suatu permukaan DAS, khususnya terkait jaringan atau alur sungai secara kuantitatif (Moore, Grayson and Ladson, 1991; Supangat, 2012). Sementara itu morfometri DAS merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan keadaan jaringan alur sungai secara kuantitatif. Morfometri suatu DAS meliputi beberapa komponen, antar lain : panjang, lebar, dan luas DAS; kemiringan atau gradien sungai; orde dan tingkat percabangan sungai; kerapatan dan pola pengaliran sungai; serta bentuk DAS itu sendiri.

Orde sungai adalah posisi percabangan alur sungai di dalam urutannya terhadap induk sungai pada suatu DAS. Ada beberapa metode penentuan orde sungai diantaranya yaitu Horton, Strahler, Shreve, dan Scheidegger. Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu Strahler (Strahler, 1952). Berdasarkan metode Strahler, alur sungai paling hulu yang tidak mempunyai cabang disebut dengan orde pertama (orde 1), pertemuan antara orde pertama disebut orde kedua (orde 2), demikian seterusnya sampai pada sungai utama ditandai dengan nomor orde yang paling besar sebagaimana ditunjukkan pada diagram berikut (gambar 1).



**Gambar 1.** Diagram orde jaringan sungai Strahler

Jumlah alur sungai suatu orde dapat ditentukan dari angka indeks percabangan sungai atau *bifurcation ratio* ( $R_b$ ). Perhitungan  $R_b$  biasanya dilakukan dalam unit Sub DAS atau Sub DAS. Untuk memperoleh nilai  $R_b$  dari keseluruhan DAS, maka digunakan tingkat percabangan sungai rerata tertimbang atau *weighted mean bifurcation* ( $WR_b$ ). Kerapatan sungai adalah suatu angka indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai di dalam suatu DAS. Kerapatan alur mencerminkan panjang sungai rerata dalam satu satuan luas tertentu. Kerapatan alur dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Seyhan, 1977).

**Tabel 1.** Klasifikasi kerapatan alur sungai

No	Dd (km/Km <sup>2</sup> )	Kelas Kerapatan	Keterangan
1	<0,25	Rendah	Alur sungai melewati batuan dengan resistensi keras, maka angkutan sedimen yang terangkut aliran sungai lebih kecil.
	0,25-10	Sedang	Alur sungai melewati batuan dengan resistensi yang lebih lunak sehingga angkutan sedimen yang terangkut akan lebih besar
3	10-25	Tinggi	Alur sungai melewati batuan dengan resistensi yang lunak, sehingga angkutan sedimen yang terangkut aliran akan lebih besar
4	<25	Sangat Tinggi	Alur sungai melewati batuan yang kedap air. Keadaan ini akan menunjukkan bahwa air hujan yang menjadi aliran akan lebih besar.

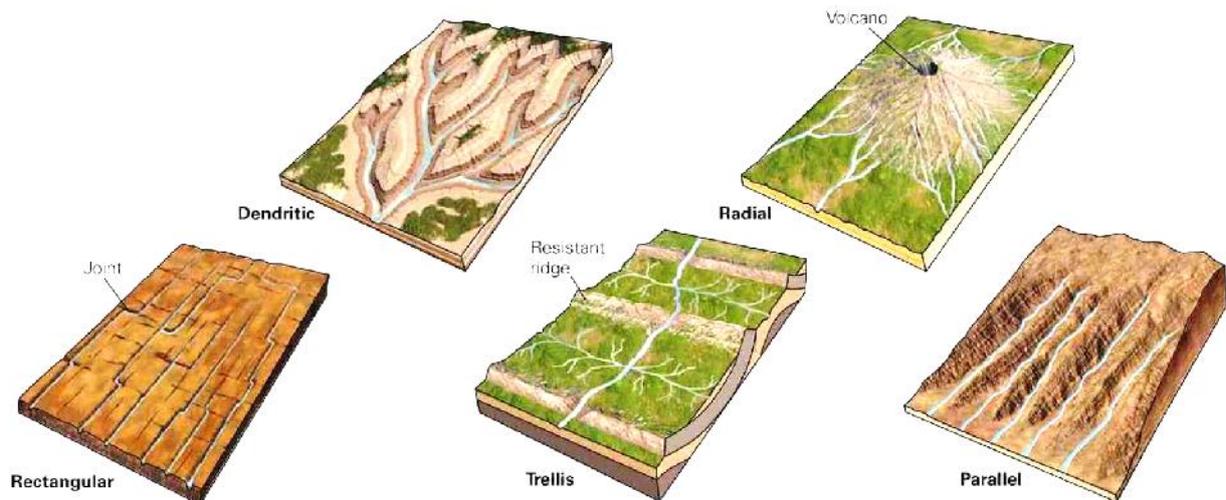
Sumber : Seyhan (1977)

Pola sungai menentukan bentuk suatu DAS. Bentuk DAS mempunyai arti penting dalam hubungannya dengan aliran sungai, yaitu berpengaruh terhadap kecepatan terpusat aliran. Bentuk DAS sulit untuk dinyatakan dalam bentuk kuantitatif. Bentuk DAS dapat didekati dengan indeks kebulatan atau *circularity ratio* ( $R_c$ ) yang diklasifikasikan sebagai berikut.

**Tabel 2.** Klasifikasi indeks kebulatan bentuk DAS

No	$R_c$	Keterangan
1	>0,5	Bentuk daerah aliran sungai membulat, debit pucak datanya lama, begitu juga penurunannya
2	<0,5	Bentuk daerah aliran sungai memanjang, debit puncak datangnya cepat, begitu juga penurunannya.

Semua sungai di dalam DAS mengikuti suatu aturan yaitu bahwa aliran sungai dihubungkan oleh suatu jaringan satu arah, dimana cabang dan anak sungai mengalir ke dalam sungai induk yang lebih besar dan membentuk suatu pola tertentu. Pola ini disebut pola pengaliran atau pola drainase (Howard, 1967). Pola itu tergantung dari pada kondisi topografi, geologi, iklim, vegetasi yang terdapat di dalam DAS bersangkutan (Nadia, Fatiha, Manyuk Fauzi, 2015). Sebagai contoh dari pola-pola pengaliran antara lain pola dendritik, pola rectangular, pola trellis, pola radial, dan pola paralel.

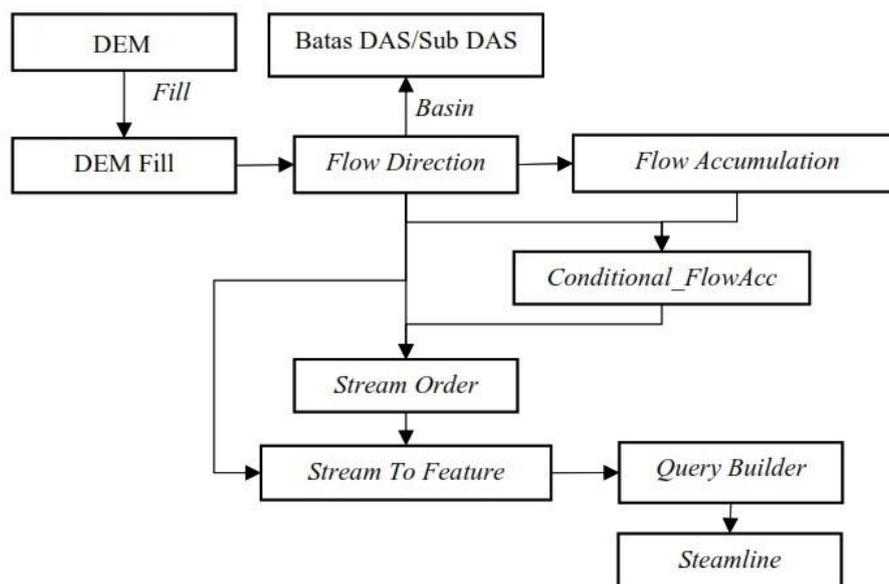


**Gambar 2.** Ilustrasi pola pengaliran (*drainase*) DAS  
 Sumber : Howard (1967)

### Delineasi Batas DAS

Delineasi batas DAS adalah proses penentuan batas DAS atau Sub-DAS berdasar karakteristik hidrologi suatu bentang alam (Amir *et al.*, 2014). Delineasi batas DAS memiliki beberapa kegunaan seperti mengetahui bentuk hidrograf debit puncak, digunakan dalam analisa banjir, dan perencanaan manajemen sumber daya air (Nadia, Fatiha, Manyuk Fauzi, 2015). Seiring dengan perkembangan teknologi, delineasi batas DAS bisa dilakukan secara otomatis dengan menggunakan data *digital elevation model* (DEM). Prinsip penggunaan data DEM yaitu untuk mengetahui kondisi topografis permukaan bumi sehingga dapat diperoleh karakteristik hidrologis yang merupakan dasar dari proses delineasi batas DAS.

Delineasi batas DAS secara otomatis tersusun atas algoritma dengan prinsip ekstraksi data topografis untuk memperoleh parameter-parameter hidrologi suatu DAS (Lin *et al.*, 2006). Parameter-parameter tersebut terdiri dari arah aliran (*flow direction*), akumulasi aliran (*flow accumulation*), orde sungai (*stream order*), serta batas aliran (*watershed*) yang secara keseluruhan sangat tergantung dari karakteristik topografi DAS (ESRI, 2010).



**Gambar 3.** Algoritma deliniasi DAS secara otomatis

### Digital Elevation Model (DEM)

DEM data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi atau bagiannya yang terdiri dari himpunan titik-titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan himpunan koordinat (Moore, Grayson and Ladson, 1991). DEM merupakan suatu sistem, model, metode, dan alat dalam mengumpulkan, processing, dan penyajian informasi medan. Susunan nilai-nilai digital yang mewakili distribusi spasial dari karakteristik medan, distribusi spasial diwakili oleh nilai sistem koordinat X, Y dan karakteristik ketinggian medan diwakili dalam sistem koordinat Z (Zhang and Montgomery, 1994).



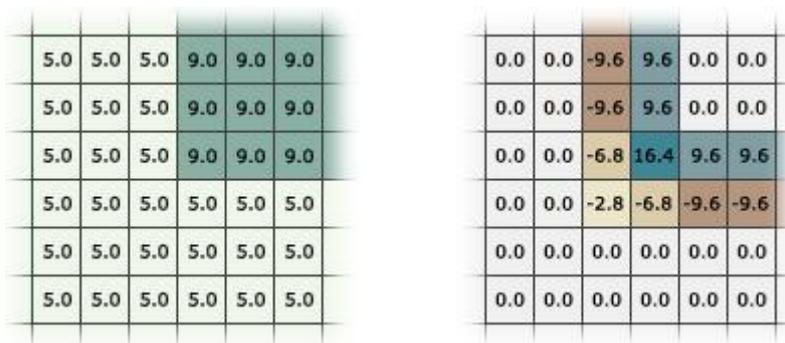
**Gambar 4.** Contoh visualisasi data DEM  
Sumber : Buakhao and Kangrang (2016)

Dalam proses analisis bentang lahan, data DEM perlu divisualisasikan agar memudahkan proses interpretasi. Visualisasi DEM memungkinkan pengguna untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai kondisi topografi di lokasi yang dimaksud. Sementara untuk analisis hidrologi, data turunan DEM yang digunakan yaitu data *digital surface model* (DSM). Data DSM atau dapat diartikan sebagai model permukaan digital merupakan model elevasi yang menampilkan ketinggian permukaan di atas tanah (*ground*), jika data terrain hanya menampilkan *ground* maka DSM menampilkan bentuk permukaan apapun seperti ketinggian pohon, bangunan dan objek apapun yang ada di atas tanah (Zhang and Montgomery, 1994).

#### Filtering DEM

Teknik filtering DEM adalah proses manipulasi khusus terhadap data DEM agar diperoleh turunan data sesuai dengan tujuan penggunaan (Zhang and Montgomery, 1994). Filtering DEM juga digunakan untuk melakukan koreksi nilai elevasi dari suatu data DEM. Prinsip filtering DEM menghitung nilai-z baru untuk piksel dalam DEM dengan menggunakan perhitungan terhadap rata-rata nilai dari piksel di sekitarnya (ESRI, 2010; Zhang *et al.*, 2010). Filtering merupakan proses perubahan nilai piksel dalam dataset sesuai dengan nilai piksel disekelilingnya. Filtering merupakan operasi lokal dalam pengolahan citra yang dilakukan guna memudahkan interpretasi visual. Secara konsep pengolahan data raster, teknik filtering yang umumnya digunakan dibagi menjadi tiga kategori, yaitu (Gonzalez and Woods, 2002):

- Filter lolos rendah (*low pass filter*) adalah filter yang digunakan untuk memperhalus kenampakan (*smoothing and averaging*) dengan meratakan noise dan menghilangkan spike pada data raster.
- Filter lolos tinggi (*high pass filter*) adalah filter yang digunakan untuk menajamkan kenampakan obyek pada data raster dengan menekan frekuensi tinggi tanpa mempengaruhi bagian dari frekuensi rendah pada nilai raster.
- Filter deteksi sisi (*edge detection filter*) adalah filter yang digunakan untuk menampakkan sisi di sekitar (*edge*) suatu obyek untuk memudahkan interpretasi dan analisis.

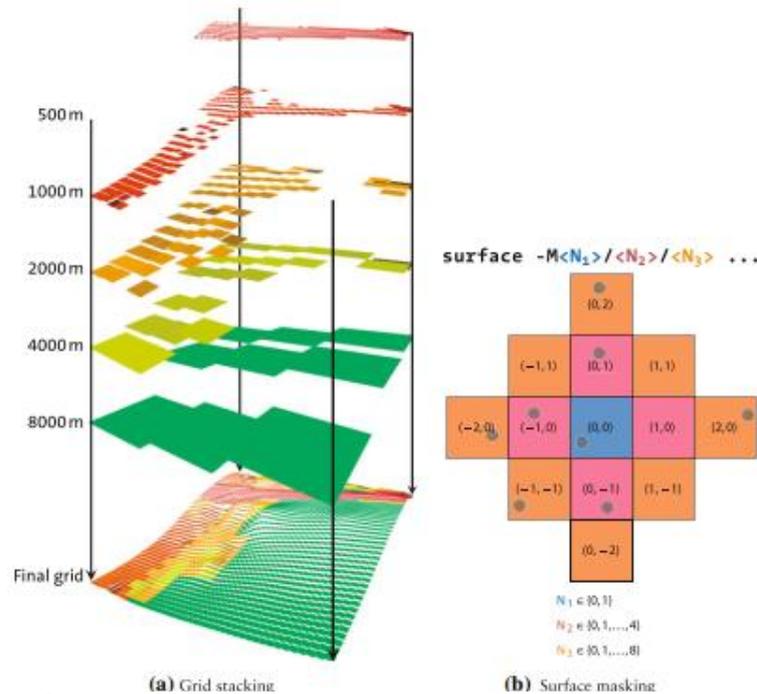


**Gambar 5.** Contoh operasi filtering pada data DEM menggunakan high pass filter  
 Sumber : ESRI (2010)

### Raster Resampling

Teknik resampling merupakan sebuah proses transformasi dari nilai input raster (grid masukan) menuju nilai output raster (grid luaran). Sebagai contoh hasil resampling pada pengolahan data raster, karena piksel-piksel dalam data raster awal tidak menyerupai nilai raster referensi maka piksel-piksel asal diubah sedemikian sehingga nilai data baru dalam raster keluaran dapat dikalkulasikan (Gonzalez and Woods, 2002).

Terdapat tiga teknik resampling yang umum digunakan yaitu tetangga terdekat (*nearest neighbour*), interpolasi bilinear (*bilinear interpolation*) dan konvolusi kubik (*cubic convolution*). Ketiga teknik ini sering digunakan perangkat lunak pengolahan data raster secara digital. Untuk resampling dengan metode tetangga terdekat tidak mengubah nilai piksel asli dari input raster tetapi hasilnya menjadi *jaggy* (kotak-kotak). Sedangkan untuk teknik resampling bilinear dan konvolusi kubik menghasilkan citra lebih halus tetapi membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan dengan tetangga terdekat (Gumelar, 2015).

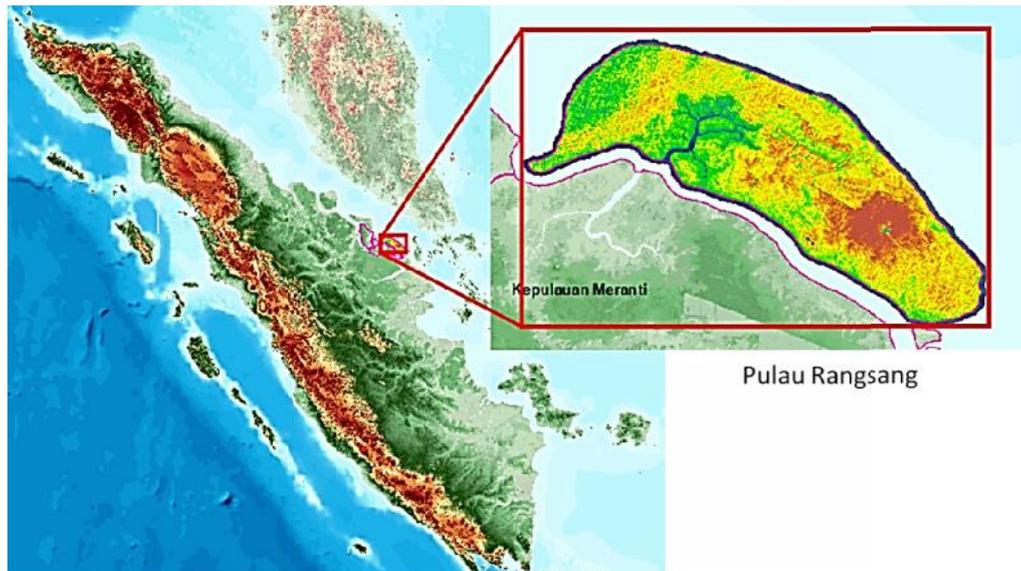


**Gambar 5.** Contoh teknik filtering menggunakan menggunakan *cubic convolution*  
 Sumber : Hell and Jakobsson (2011)

## METODE

### Instrumen, Data, dan Lokasi

Dalam penelitian ini instrumen yang digunakan meliputi perangkat *geographic information system* (GIS) yang terdiri dari perangkat komputer dan perangkat lunak (*software*) GIS. Perangkat lunak yang digunakan adalah ArcGIS dan Global Mapper, sementara perangkat analisis yang digunakan yaitu Spatial Anlysis dan ArcHydro (ESRI, 2010; Zhang *et al.*, 2010). Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data DEM yang bersumber dari data IFSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*), dengan resolusi grid 2,5 meter. Data topografi sebagai pembanding yaitu data topografi Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000 yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial. Untuk lokasi sampel penelitian ini yaitu wilayah Pulau Tebing Tinggi - Kepulauan Meranti, Provinsi Riau. Wilayah Pulau Tebing Tinggi dipilih berdasar pertimbangan kondisi DAS yang cukup unik, yaitu berada pada wilayah dataran dengan kondisi topografis yang tidak terlalu menonjol, sedangkan kondisi geografis wilayah tersebut merupakan wilayah yang didominasi tanah gambut (*peat land*).



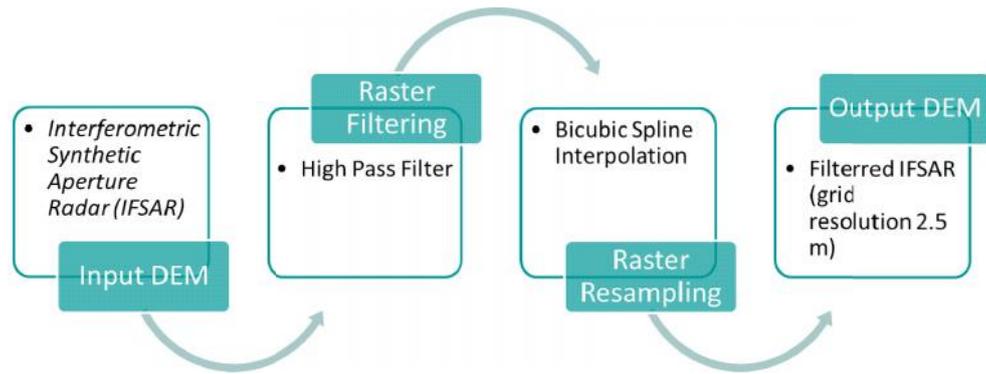
Gambar 6. Lokasi Sampel Penelitian

### Alur Penelitian

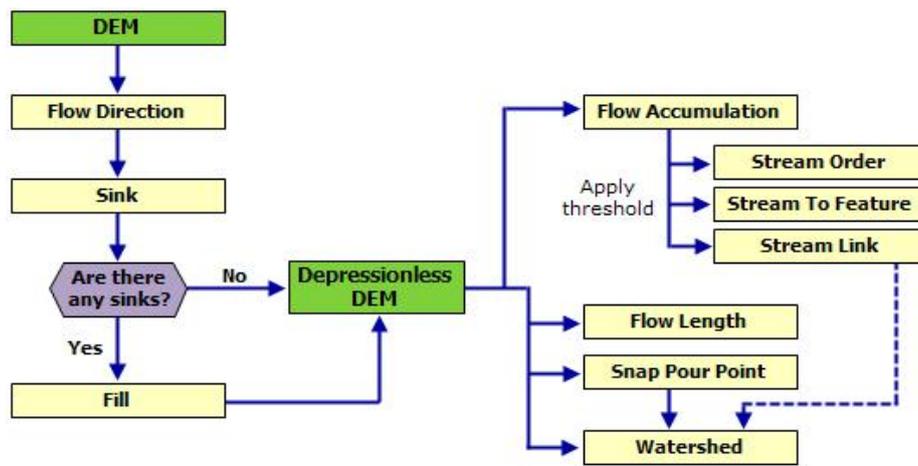
Alur penelitian dimulai dari tahap *pre-processing*, *main processing*, sampai dengan analisis hidrologi menggunakan *tool spatial analysis*. Pada tahap *pre-processing*, diawali dengan input data dasar DEM berupa data *surface* atau DSM. Data DSM bersumber dari data (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*) IFSAR. Selanjutnya input data DSM dilakukan proses *raster filtering* menggunakan metode *high pass filter*. Data hasil filtering kemudian diinterpolasi untuk memperoleh koreksi nilai grid (raster) dengan teknik *raster resampling*. Metode raster resampling yang digunakan yaitu metode konvolusi kubik (*cubic convolution*). Dari keseluruhan tahap *pre-processing* ini dilanjutkan dengan tahap pemrosesan utama atau *main processing*. Pada tahap *main processing*, diaplikasikan proses deliniasi batas DAS secara otomatis yang merujuk pada skema deliniasi batas DAS pada Gambar 8.

Penjelasan mengenai teknik filtering data DEM pada penelitian ini adalah sebagai berikut. Teknik filtering adalah proses manipulasi khusus terhadap data DEM agar diperoleh turunan data sesuai dengan tujuan penggunaan (Zhang and Montgomery, 1994). Filtering DEM juga digunakan untuk melakukan koreksi nilai elevasi dari suatu data DEM. Prinsip filtering DEM menghitung nilai-z baru untuk piksel dalam DEM dengan menggunakan perhitungan terhadap rata-rata nilai dari piksel di sekitarnya (ESRI, 2010; Zhang et al., 2010).

Teknik filtering DEM pada dasarnya menciptakan nilai output berdasar kalkulasi (*moving window*), serta perhitungan tumpang susun (*overlapping*) sel ukuran 3x3 dari nilai raster masukan. Masing-masing input nilai sel (pusat) dan 8 sel tetangga terdekatnya digunakan untuk menghitung nilai output. Pada penelitian ini digunakan operasi *High Pass Filtering*, merupakan proses penghalusan (*smoothing*) data dengan mengurangi nilai variasi lokal dan menghapus noise. Perhitungan (rata-rata) nilai setiap cell 3 x 3. Bahwa nilai tinggi dan rendah dalam setiap sel berdekatan akan dirata-ratakan, mengurangi nilai ekstrim secara keseluruhan. Di lain sisi, operasi *high pass filtering* merupakan proses yang lebih menonjolkan perbedaan komparatif antara nilai-nilai dalam sel dan sel tetangga sehingga mempermudah visualisasi objek pada DEM (Gonzalez and Woods, 2002).



Gambar 7. Alur metode pada tahapan pre-processing



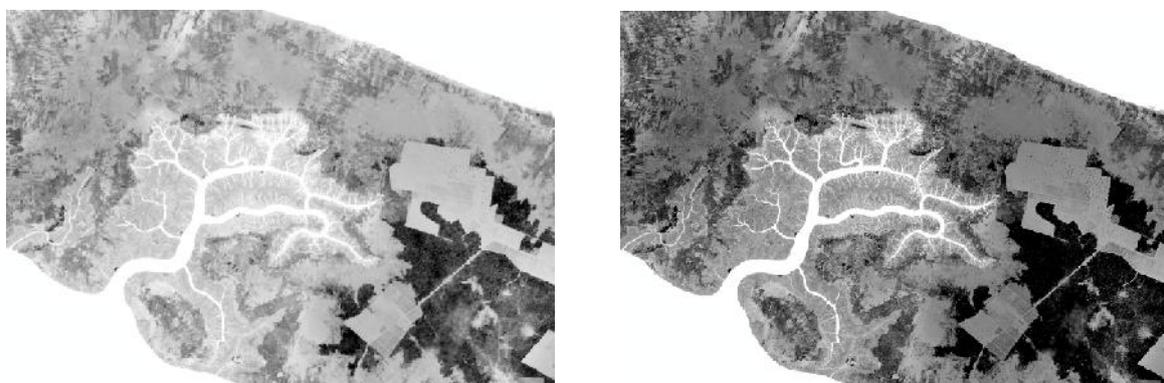
Gambar 8. Alur proses pada tahapan main-processing delineasi batas DAS  
 Sumber : ESRI (2010)

## HASIL

### Pre-processing

- High Pass Filter

Tahapan pre-processing diawali dengan proses filtering data DEM. Data DEM yang merupakan data grid atau raster diolah menggunakan fungsi *high pass* pada operasi filtering. Seperti telah dijelaskan pada bagian studi pustaka bahwa *high pass filter* adalah proses filter yang mengambil nilai piksel dengan gradiasi intensitas yang tinggi dan perbedaan intensitas yang rendah akan dikurangi atau dibuang. Masing-masing nilai piksel pada data DEM adalah mewakili nilai elevasi permukaan (*surface*) di lokasi penelitian. Pada penelitian ini hasil *high pass filter* ditunjukkan pada **gambar 9**, sebagai berikut.



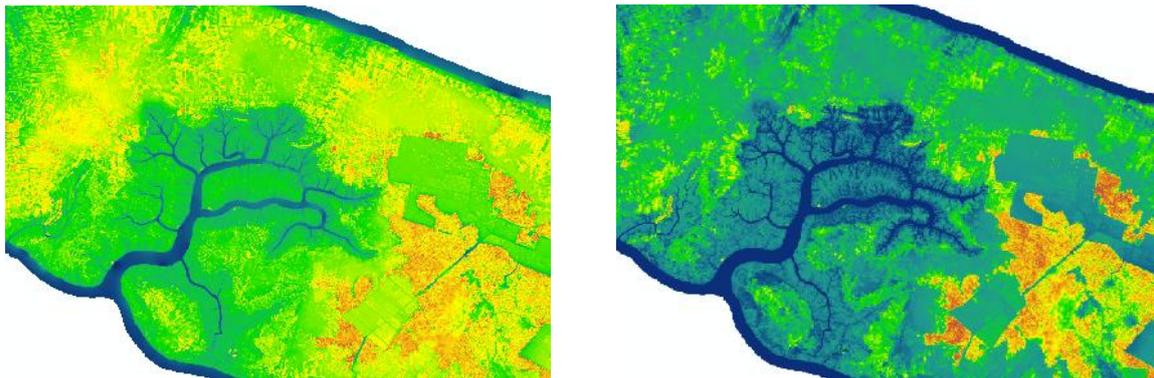
Raster DEM asli (non-fliter)

Raster DEM hasil filter (high pass fliter)

Gambar 9. Kenampakan hasil proses Filtering data DEM

- Raster Resampling

Melalui metode konvolusi kubik (*cubic convolution*) diperoleh hasil resampling data DEM seperti pada **gambar 10**. Secara visual nampak perbedaan resolusi spasial antara data DEM asli dengan data DEM hasil resampling. Metode konvolusikubik merupakan teknik interpolasi yang menggunakan enam belas tetangga terdekat dari sebuah titik (nilai sebuah piksel) kemudian merubahnya menjadi nilai piksel baru. Secara proses, metode ini menghasilkan data raster yang lebih halus tetapi membutuhkan waktu lebih lama untuk proses komputasi dibandingkan dengan metode resampling yang lain (misal : *nearest neighbour*).



Raster DEM asli (non-resampling)

Raster DEM hasil resampling

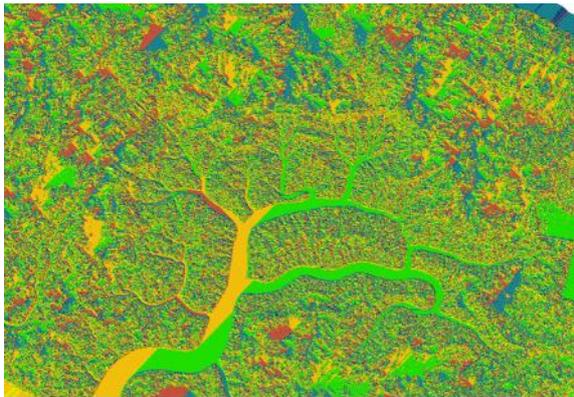
**Gambar 10.** Kenampakan hasil proses Resampling data DEM

### Main Processing

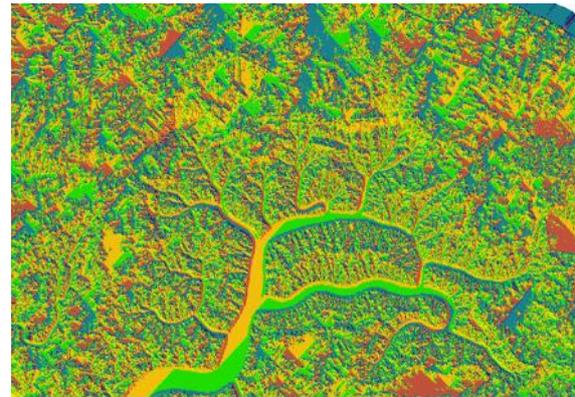
Pada tahap pengolahan data utama (*main processing*) proses yang dilakukan adalah proses deliniasi batas DAS. Proses deliniasi batas DAS dilakukan secara otomatis menggunakan perangkat GIS, sementara untuk analisis hidrologi digunakan perangkat (*tool*) Spatial Analyst dan ArcHydro pada perangkat ArcGIS. Proses deliniasi ini dibuat dengan prinsip ekstraksi data topografis untuk memperoleh nilai masukan pada penentuan karakteristik hidrologi DAS (*flow direction – flow accumulation – stream order – basin/watershed*). Berdasar hasil deliniasi batas DAS secara otomatis didapatkan sejumlah hasil data luaran (*output*) berupa beberapa parameter hidrologis DAS. Parameter yang dihasilkan berdasar skema proses deliniasi batas DAS seperti pada **gambar 8**. Parameter tersebut terdiri dari sejumlah luaran data sebagai berikut.

- Arah aliran air (*Flow Direction*)

Luaran data hasil dari fungsi ini yaitu berupa data arah aliran air. Secara prinsip, data arah aliran diperoleh dari manifestasi kondisi topografis yang digambarkan oleh kenampakan morfometri (slope). Sebagai hasil dari proses ini, terdapat perbedaan informasi yang ditunjukkan antara input data DEM dengan perlakuan khusus (*filtering*) dan data DEM asli. Data luaran tersebut menunjukkan informasi arah aliran air pada setiap piksel yang mewakili karakteristik topografis masing-masing data DEM. Visualisasi data arah aliran ditunjukkan pada gambar 11.



Flow direction DEM asli (non-filtering)

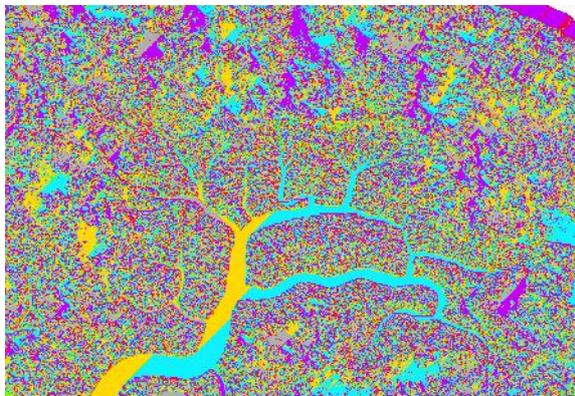


Flow direction DEM hasil filtering

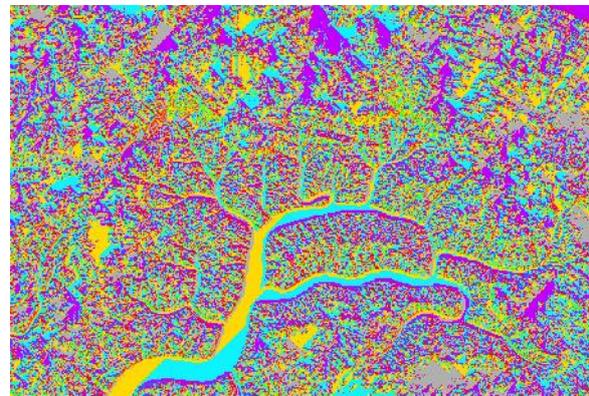
**Gambar 11.** Visualisasi parameter flow direction dari masing-masing data DEM

- Akumulasi aliran air (*Flow Accumulation*)

Luaran dari proses pembentukan flow accumulation berupa data raster yang merepresentasikan jumlah akumulasi aliran air yang terjadi pada suatu liputan lahan. Akumulasi aliran air diperoleh dari kalkulasi nilai elevasi permukaan, dimana semakin tinggi nilai elevasi berikut gradien kemiringannya maka akan semakin rendah akumulasi aliran air. Sebagai hasil akhir dari parameter ini, terdapat nilai akumulasi air yang biasanya juga identik dengan jaringan sungai yang relevan dengan kondisi di lapangan. Visualisasi dari parameter flow accumulation ditunjukkan pada **gambar 12**.



Flow accumulation DEM asli (non-filtering)

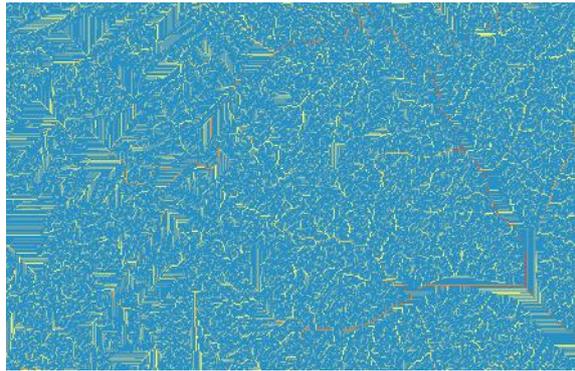


Flow accumulation DEM hasil filtering

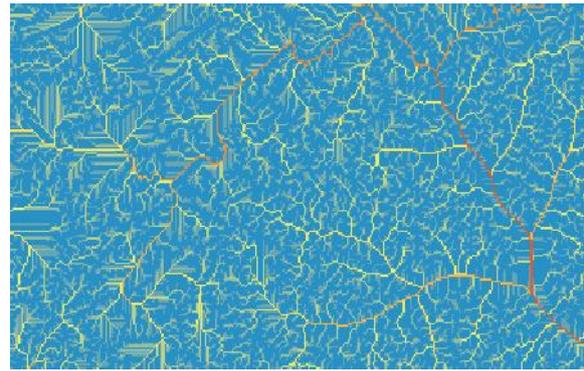
**Gambar 12.** Visualisasi parameter flow accumulation dari masing-masing data DEM

- Jaringan Sungai (Stream Order and Stream Network)

Jaringan sungai (stream network) diperoleh dari hasil perhitungan parameter hidrologis yaitu flow accumulation. Secara teoritis, proses ekstraksi jaringan sungai dilakukan dengan proses pengumpulan piksel-piksel yang mempunyai nilai kecenderungan arah aliran dan akumulasi yang sama, dengan nilai lokasi berdekatan secara spasial. Parameter ini membuat klasifikasi mengenai orde (tingkatan) jaringan sungai. Informasi yang direpresentasikan dari parameter ini adalah drainage network. Sementara klasifikasi orde jaringan sungai yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode Strahler (Strahler, 1957).



Orde Strahler data DEM asli (non-filtering)



Orde Strahler data DEM filtering

**Gambar 13.** Parameter stream network dari masing-masing data DEM

- Delineasi Batas DAS (Watershed Delineation)

Hasil luaran delineasi batas DAS yang tergambar pada dasarnya adalah batas imajiner yang berada pada suatu sistem jaringan sungai. Batas DAS menjadi parameter akhir yang dihasilkan dari penelitian ini, dimana parameter ini merupakan hasil dari proses integrasi proses dari parameter-parameter data yang dihasilkan sebelumnya yaitu arah aliran (*flow direction*), akumulasi aliran (*flow accumulation*), orde sungai (*stream order*). Batas DAS yang dihasilkan tersebut merupakan representasi batas jumlah air hujan yang jatuh di atasnya. Batas DAS utama tersusun atas beberapa sub DAS. Sub DAS adalah bagian dari DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai ke sungai utama. Setiap DAS utama terbagi habis ke dalam Sub DAS - Sub DAS, sehingga secara menyeluruh parameter batas DAS mewakili kondisi hidrologis pada suatu bentang lahan. Hasil delineasi batas DAS untuk lokasi penelitian dicontohkan seperti pada ilustrasi dalam gambar 14.



Batas DAS dari data DEM (non-filtering)



Batas DAS dari data DEM dengan filtering

**Gambar 14.** Delineasi batas DAS hasil pengolahan parameter

## PEMBAHASAN

Pokok pembahasan pada penelitian ini yaitu terletak pada perlakuan data input berupa data DEM. Perlakuan khusus yang dimaksud adalah teknik filtering serta didukung dengan proses resampling terhadap data DEM itu sendiri. Proses raster filtering menggunakan metode *high pass filter* menghasilkan data sebagaimana ditunjukkan pada gambar 8. Dari hasil visualisasi (gambar 8.) dapat diketahui bahwa *high pass filter* menyebabkan perbedaan kenampakan serta peningkatan nilai piksel pada obyek yang berbeda, misalkan antara obyek vegetasi dan tanah terbuka. Perbedaan yang muncul pada obyek tidak begitu jelas pada data DEM asli (tanpa filtering) karena nilai pada raster tersebut mempunyai gradiasi yang relatif rendah (halus). Sedangkan kenampakan pada raster DEM

hasil filter nampak jelas perbedaan pada masing-masing obyek, karena teknik ini menekan frekuensi tinggi tanpa mempengaruhi bagian dari frekuensi rendah pada nilai data tersebut. Sehingga, dengan demikian proses filtering dengan teknik ini cukup optimal untuk menonjolkan nilai raster DEM untuk ekstraksi nilai topografis (elevasi) sebagai dasar analisis pembentukan batas DAS.

Selanjutnya pada proses raster resampling diketahui perbedaan hasil resolusi spasial antara data DEM asli dengan data DEM hasil resampling. Hasil resampling menunjukkan bahwa proses interpolasi nilai-nilai sel (piksel) merubah nilai dataset raster masukan (input). Melalui metode konvolusi kubik (*cubic convolution*) proses raster reampling sangat sesuai digunakan untuk data yang bersifat kontinu dengan meminimalkan kelengkungan kuadrat secara total. Hasil interpolasi cenderung halus, meskipun kendala kelengkungan minimum dapat menghasilkan nilai ekstrim lokal tertinggi atau terendah. Sementara itu, secara mekanisme proses dari metode ini menghasilkan data raster yang lebih halus (*smooth*), namun di lain sisi metode ini membutuhkan waktu lebih lama untuk proses komputasi data dibandingkan dengan metode resampling yang lain (misal : *nearest neighbour*).

Data DEM hasil filtering ditambah proses resampling menunjukkan perbedaan yang signifikan dibanding data DEM tanpa perlakuan tersebut. Hal ini dibuktikan pada hasil proses deliniasi batas DAS secara otomatis. Pada lokasi studi kasus penelitian ini, yaitu wilayah Pulau Rangsang, Kepulauan Meranti Provinsi Riau, diperoleh perbendaan hasil yang cukup signifikan. Perbedaan tersebut ditunjukkan pada luaran (*output*) karakteristik hidrologi yang menjadi dasar pembentukan batas DAS. Sementara pembentukan batas DAS sangat terkait dengan parameter morfometri sungai yang dihasilkan dari masing-masing input data DEM. Berikut perbedaan parameter morfometri yang dihasilkan tersaji pada tabel 2, tabel 3, dan tabel 4 pada halaman selanjutnya.

**Tabel 2.** Karakteristik orde sungai (segmen) hasil masing-masing data DEM

Orde Sungai	Jumlah Segmen orde sungai	
	Non Filtering	Resampling-Filtering
1	666	497
2	300	251
3	158	110
4	81	51
5	82	72
6	40	9
7	-	-
	1327	990
	Jumlah Segmen	*Strahler Order

**Tabel 3.** Karakteristik sungai (morfometri) hasil masing-masing data DEM

Komparasi	Luas (Km <sup>2</sup> )	Keliling (Km)	Panjang (Km)	Lebar (Km)	Gradien
Non-Filtering	1.666,18	317,14	55,45	32,21	0,005462
Filtering-Resampling	1.785,98	301,56	56,77	29,35	0,00532

**Tabel 4.** Karakteristik alur sungai hasil masing-masing data DEM

Komparasi	Indeks Percabangan (Rb)	Total Panjang (m)	Indeks Kerapatan (Dd)	Indeks Bentuk (Rc)	Pola Drainase
Non Filtering	11,18	1.526.107,00	854,49	00.22	Dendritik
Filtering	15,16	1.825.461,00	1.095,60	00.23	Dendritik

---

## Resampling

Pembentukan parameter morfometri dari ekstraksi data DEM sangat dipengaruhi oleh adanya *sink* atau *peak*. Dalam terminologi data raster, *sink* atau *peak* yaitu kondisi dimana terdapat perbedaan nilai elevasi yang mencolok dengan cakupan yang sangat kecil. Setiap data raster mempunyai jumlah sink yang berbeda-beda, namun untuk data DEM yang mengalami perlakuan teknik filtering dan proses resampling akan cenderung meniadakan adanya sink dibanding dengan data DEM tanpa perlakuan tersebut. Hal tersebut diakibatkan proses filtering dan proses resampling akan mengisi seluruh data di masing-masing piksel berdasar algoritma yang digunakan. Dengan demikian maka, kebutuhan fungsi *filled* (koreksi sink) pada data DEM tidak perlu dilakukan, karena hasil data DEM melalui proses filtering dan proses resampling sudah mengakomodir kebutuhan fungsi *filled* tersebut.

Bagian akhir pembentukan batas DAS (*watershed delineation*) juga diperoleh perbedaan hasil yang cukup signifikan antara input data DEM yang mengalami perlakuan teknik filtering dibanding dengan data DEM tanpa perlakuan tersebut. Perbedaan tersebut nampak pada jumlah Sub-DAS yang dihasilkan. Jumlah batas DAS yang dihasilkan dari data DEM dengan perlakuan resampling cenderung lebih efektif dibanding dengan hasil dari data DEM tanpa perlakuan resampling. Proses delineasi batas DAS dari input data DEM dengan perlakuan resampling cenderung meniadakan Sub-DAS atau Sub-sub DAS yang sangat kecil. Hal tersebut dilakukan dengan menggabungkan keberadaan Sub-DAS atau Sub-sub DAS yang sangat kecil ke dalam Sub-DAS atau DAS yang lebih besar.

## KESIMPULAN

Garis batas antar DAS adalah representasi kondisi topografi berupa punggung permukaan bumi yang dapat memisahkan dan membagi air hujan ke masing-masing DAS. Batas-batas DAS ditunjukkan dengan adanya garis imajiner yang merupakan gambaran dari setiap punggung permukaan. Batas wilayah DAS diukur dengan cara menghubungkan titik-titik tertinggi di antara wilayah aliran sungai yang satu dengan yang lain. Sementara proses delineasi dilakukan secara otomatis melalui algoritma dengan prinsip ekstraksi data topografis untuk memperoleh parameter-parameter hidrologi suatu DAS. Parameter-parameter tersebut terdiri dari arah aliran (*flow direction*), akumulasi aliran (*flow accumulation*), orde sungai (*stream order*), serta batas aliran (*basin*).

Secara logis, input data DEM dengan perlakuan resampling akan menghasilkan batas DAS yang lebih relevan terhadap kondisi lapangan dibandingkan dengan proses delineasi batas DAS dari input data DEM tanpa perlakuan resampling. Berdasar karakteristik hidrologis suatu wilayah, dengan demikian maka hasil proses delineasi batas DAS dari input data DEM dengan perlakuan resampling dinilai dapat menghasilkan informasi yang lebih akurat.

## PENGHARGAAN

Ucapan terima kasih dan penghargaan penulis sampaikan kepada rekan-rekan Bidang Penelitian - Badan Informasi Geospasial yang telah membantu pada penulisan artikel ini. Terima kasih juga kami ucapkan kepada panitia pelaksana SNG-UMS ke IX khususnya Bp. Rudiyanto atas informasi dan penyelenggaraan acara dengan baik.

## REFERENSI

Amir, M. S. I. I. *et al.* (2014) 'Watershed Delineation and Cross-section Extraction from DEM for Flood Modelling', *19 th Australasian Fluid Mechanics Conference*.

Buakhao, W. and Kangrang, A. (2016) 'DEM Resolution Impact on the Estimation of the Physical Characteristics of Watersheds by Using SWAT', *Advances in Civil Engineering*. doi: 10.1155/2016/8180158.

ESRI (2010) *GIS Best Practices: Environmental Management, Environmental Management*.

- Gonzalez, R. and Woods, R. (2002) *Digital image processing*, Prentice Hall. doi: 10.1016/0734-189X(90)90171-Q.
- Gumelar, O. (2015) 'Teknik Resampling Citra Satelit', pp. 650–663.
- Hell, B. and Jakobsson, M. (2011) 'Gridding heterogeneous bathymetric data sets with stacked continuous curvature splines in tension', pp. 493–501. doi: 10.1007/s11001-011-9141-1.
- Howard, A. D. (1967) 'Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A Summation', *AAPG Bulletin*. doi: 10.1306/5D25C26D-16C1-11D7-8645000102C1865D.
- Lin, W. T. *et al.* (2006) 'Automated suitable drainage network extraction from digital elevation models in Taiwan's upstream watersheds', *Hydrological Processes*, 20(2), pp. 289–306. doi: 10.1002/hyp.5911.
- Moore, I. D., Grayson, R. B. and Ladson, a R. (1991) 'Digital Terrain Modeling : A Review of Hydrological Geomorphological and Biological Applications', *Hydrological Processes*, 5(1), pp. 3–30. doi: DOI: 10.1002/hyp.3360050103.
- Nadia, Fatiha, Manyuk Fauzi, A. S. (2015) 'Ekstraksi Morfometri Daerah Aliran Sungai (Das) Di Wilayah Kota Pekanbaru untuk Analisis Hidrograf Satuan Sintetik', *Annual Civil Engineering Seminar 2015*, (November 2015), pp. 978–979.
- Seyhan, E. (1977) *Dasar-dasar hidrologi / Ersin Seyhan ; penerjemah Sentot Subagyo ; editor Soenardi Prawirohatmodjo*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press Tahun 1990.
- Strahler, A. N. (1952) 'Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography', *Bulletin of the Geological Society of America*. doi: 10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2.
- Strahler, A. N. (1957) 'Quantitative analysis of watershed geomorphology', *Eos, Transactions American Geophysical Union*. doi: 10.1029/TR038i006p00913.
- Supangat, A. B. (2012) 'Karakteristik hidrologi berdasarkan parameter morfometri das di kawasan taman nasional meru betiri ('), *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, pp. 275–283.
- Zhang, J. *et al.* (2010) 'Hydrologie information extraction based on ARC hydro tool and DEM', in *International Conference on Challenges in Environmental Science and Computer Engineering, CESCE 2010*. doi: 10.1109/CESCE.2010.169.
- Zhang, W. and Montgomery, D. R. (1994) 'Digital elevation model grid size, landscape representation, and hydrologic simulations', *Water Resources Research*. doi: 10.1029/93WR03553.