



Karakterisasi Permukaan Tanah di Wilayah Karst Kecamatan Cipatat Menggunakan Data SAR

Dimas Ade Prasetyo¹, Ketut Wikantika², Asep Saepuloh³

¹Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung

²Kelompok Keilmuan Penginderaan Jauh dan Sains Informasi Geografis, Institut Teknologi Bandung

³Program Studi Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung

Email : dimasadeprasetyo@gmail.com

Abstrak

Daerah karst merupakan daerah gamping yang memiliki manfaat di berbagai aspek kehidupan sehingga adanya informasi mengenai permukaan tanah di wilayah karst tersebut sudah merupakan suatu keharusan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi permukaan tanah di wilayah karst Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat. Dengan adanya teknologi penginderaan jauh, proses karakterisasi tersebut menjadi lebih cepat dan dapat menghemat biaya survei geologi. Metode yang dilakukan adalah dengan mengklasifikasikan citra fusi dan citra kerapatan kelurusan di Kecamatan Cipatat dengan menggunakan metode *region growing*. Citra kerapatan kelurusan didapat dari hasil penarikan kelurusan (*linear features*) pada dua frame citra ALOS PALSAR dengan mode ascending dan descending, sedangkan citra fusi Kecamatan Cipatat merupakan penggabungan dari 2 band data ALOS AVNIR-2 dengan 1 band data ALOS PALSAR polarimetric. Dengan metode *region growing*, maka akan dihasilkan zona-zona karakteristik permukaan tanah di wilayah karst Kecamatan Cipatat.

Kata Kunci : Karst, Karakterisasi, Permukaan Tanah, Kerapatan Kelurusan, Citra Fusi, AVNIR-2, ALOS, Metode *Region Growing*.

Abstract

Karst area are limestone areas which can be used for various benefits hence knowledge upon land surface of karst area is a necessity. The purpose of this research is to characterize land surface of karst area in Cipatat Subdistrict in the western Bandung District. The time and cost spent in geological surveys when characterizing the karst area can be reduced with the technology of remote sensing. The method used in this research is by classifying fusion image and linear features density image of Cipatat Subdistrict using region growing method classification. Linear features density image were obtained from linear features of two frame images of ALOS PALSAR ascending and descending mode, while the fusion images of Cipatat Subdistrict were joint images from double band data ALOS AVNIR-2 with single band data ALOS PALSAR polarimetric. The result of



the region grown method classification are shown as different class characteristics of land surface of the Cipatat Subdistrict.

Keywords : *Karst, Characterization, Land Surface, Linear Features Density, Fusion Image, AVNIR-2, ALOS, Region Growing Method.*

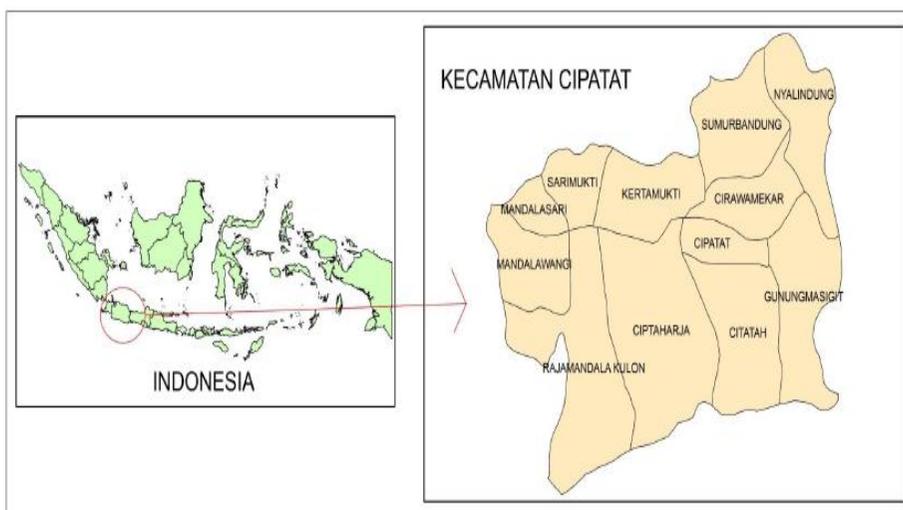
1. PENDAHULUAN

Wilayah karst merupakan wilayah gamping yang telah mengalami proses pelarutan dengan ciri-ciri berupa perbukitan gersang, kering, panas, dan berwarna putih (Ford dan Williams, 1989). Salah satu daerah yang memiliki wilayah karst luas di Pulau Jawa ini adalah Kecamatan Cipatat.

Keberadaan karst di Kecamatan Cipatat merupakan suatu keuntungan tersendiri karena memiliki nilai strategis dan ekonomis, antara lain sebagai sumber air bagi penduduk, bahan baku semen, bahan baku pestisida, dan lain-lain. Oleh karena itu, adanya informasi karakteristik mengenai permukaan tanah di wilayah karst ini sudah semestinya menjadi suatu keharusan.

Karakterisasi permukaan tanah sebenarnya dapat dilakukan langsung di lapangan dengan survei geologi. Namun, pada kenyataannya kegiatan survei geologi membutuhkan waktu, tenaga, dan biaya yang banyak. Dengan adanya teknologi penginderaan jauh, seperti data SAR (*Synthetic Aperture Radar*) ini sangat membantu dalam proses karakterisasi permukaan tanah. Penginderaan jauh memberikan informasi mengenai suatu objek di permukaan bumi tanpa harus mendekati secara langsung objek tersebut.

2. WILAYAH STUDI



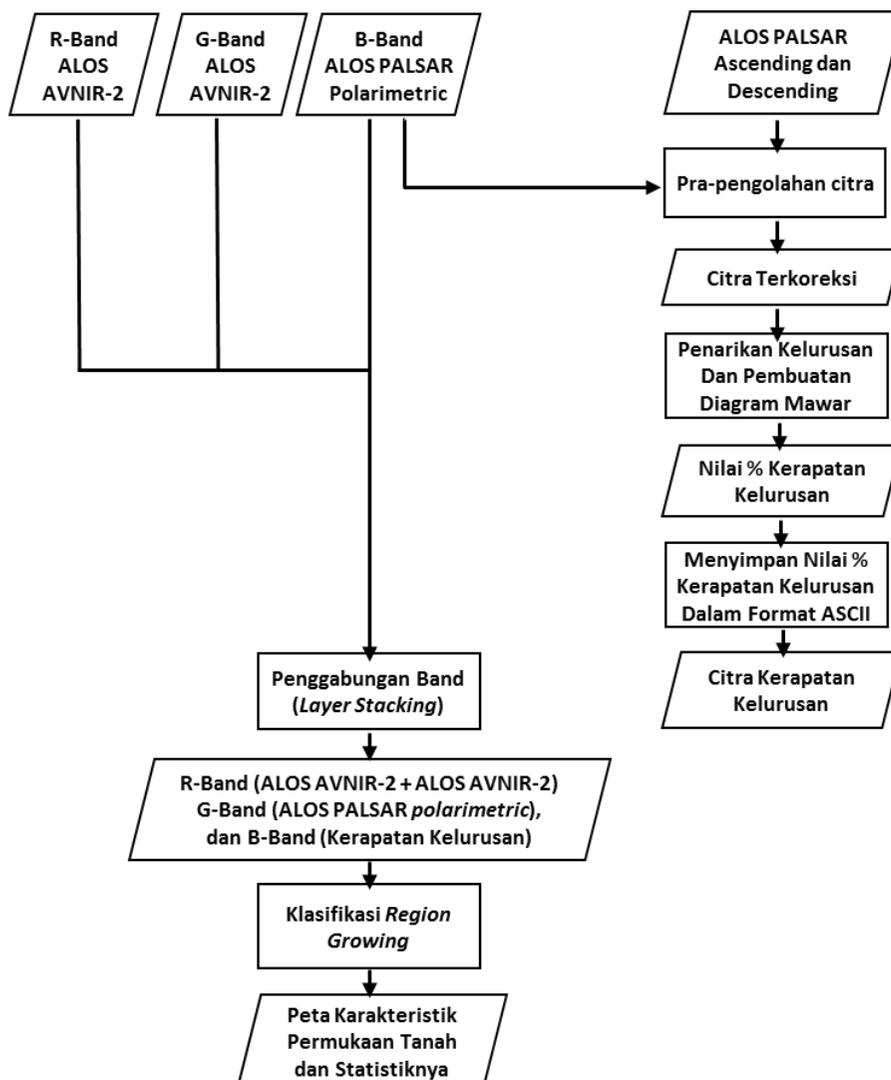
Gambar 1. Wilayah Studi



Wilayah studi pada penelitian ini adalah Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat. Kecamatan Cipatat memiliki 12 kelurahan. Kecamatan Cipatat merupakan wilayah karst karena sebagian besar wilayahnya berupa perbukitan gersang, kering, panas, dan berwarna putih. Wilayah Kecamatan Cipatat dapat dilihat pada Gambar 1.

3. METODE PENELITIAN

Secara umum, metode penelitian yang dilakukan pada penelitian ini ditunjukkan oleh gambar 2.

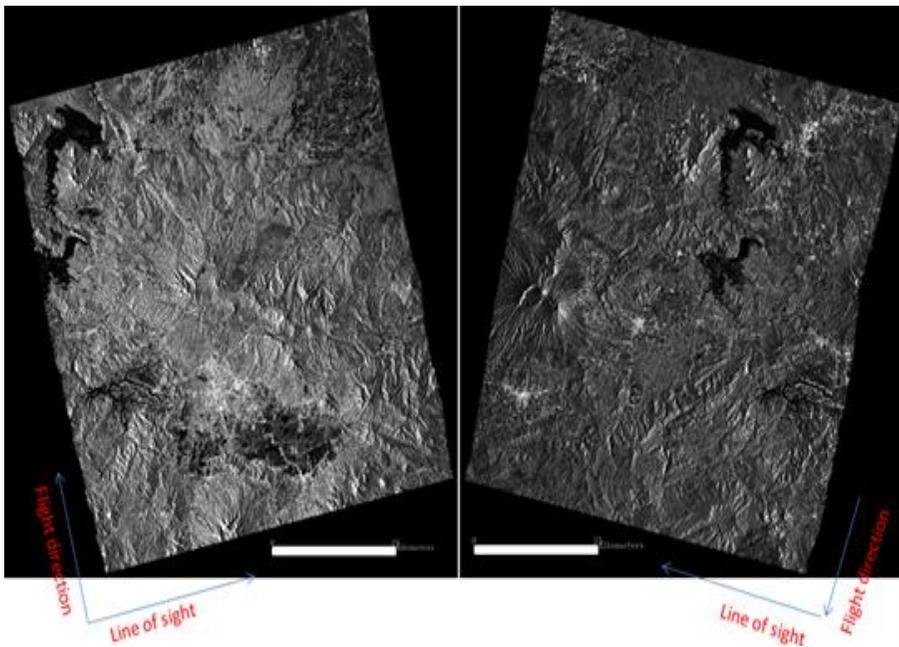


Gambar 2. Metode Penelitian



3.1 Data

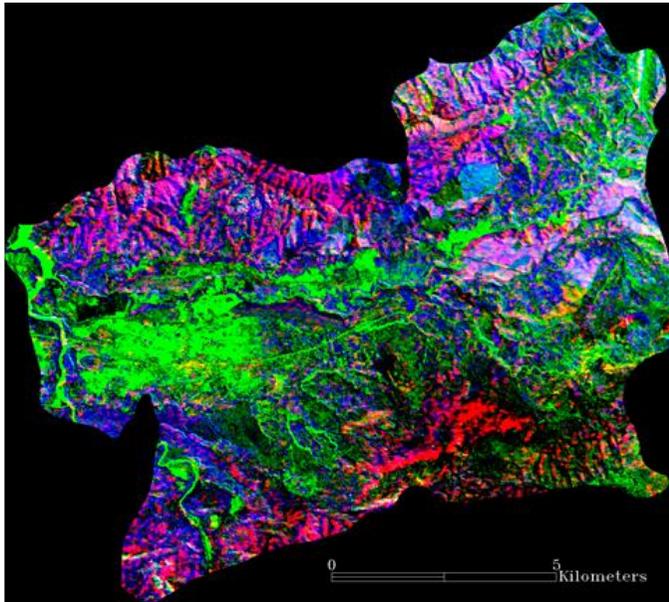
Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data SAR (*Synthetic Aperture Radar*) yang merupakan hasil akuisisi satelit ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) dari sensor PALSAR (*Phase Array type L-band Synthetic Aperture Radar*), yaitu berupa 1 frame citra hasil akuisisi *mode ascending* pada tanggal 9 September 2010 dan 1 frame citra hasil akuisisi *mode descending* pada tanggal 5 Januari 2011. Citra ascending dan descending yang digunakan ditunjukkan oleh gambar 3.



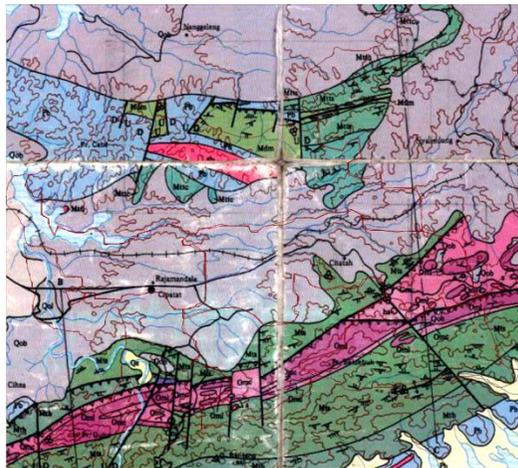
Gambar 3. Citra Ascending (kiri) dan Citra Descending (kanan)

Data lain yang digunakan adalah citra fusi Kecamatan Cipatat. Citra fusi ini merupakan hasil penggabungan antara data citra optis dan data citra SAR. Citra fusi ini terdiri dari 3 *band*, dengan komposisi 2 *band* dari citra ALOS AVNIR-2 dan 1 *band* dari citra ALOS PALSAR *polarimetric* (Marcella, 2013). Citra fusi Kecamatan Cipatat ditunjukkan oleh gambar 4.

Selain itu, juga digunakan peta Peta Geologi Lembah Cianjur, Jawa, karya Sudjatmiko tahun 1972. Peta geologi menampilkan sumber informasi dasar dari jenis-jenis batuan (litologi), ketebalan, kedudukan satuan batuan (jurus dan kemiringan), susunan atau urutan satuan batuan, struktur sesar, perlipatan dan kekar serta proses-proses yang pernah terjadi di daerah ini. Peta Geologi Lembah Cianjur ditunjukkan oleh gambar 5.



Gambar 4. Citra Fusi Kecamatan Cipatat (Marcella, 2013)



Gambar 5. Wilayah Kecamatan Cipatat pada Peta Geologi Lembah Cianjur, Jawa

3.2 Metode

3.2.1 Pra-pengolahan Citra

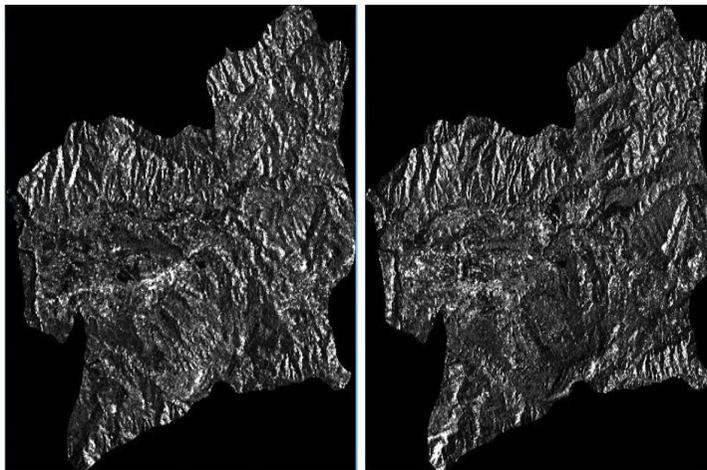
Tahap pra-pengolahan yang dilakukan meliputi koreksi geometrik, *speckle noise filtering*, dan pemotongan citra (*masking*). Koreksi geometrik dilakukan agar citra ALOS PALSAR *ascending* dan *descending* memiliki datum dan sistem proyeksi peta yang sama dengan citra fusi Kecamatan Cipatat (Marcella, 2013). Metode



yang digunakan adalah *image registration (image to image)* menggunakan titik kontrol tanah atau GCP (*Ground Control Point*) sebanyak 10 titik dan titik ICP (*Independent Check Point*) sebanyak 5 titik pada masing-masing citra *ascending* dan *descending*. Dari proses *image registration* yang dilakukan, didapatkan nilai RMSE dari GCP pada citra *ascending* sebesar 0,121197 *pixel* dan pada citra *descending* sebesar 0,164934 *pixel*. Sedangkan nilai RMSE dari ICP pada citra *ascending* sebesar 0,147894 *pixel* dan pada citra *descending* sebesar 0,221719 *pixel*. Dari nilai RMSE yang didapatkan, maka koreksi geometrik metode *image registration* yang dilakukan telah memenuhi persyaratan standar kesalahan yaitu di bawah 0.5 *pixel* (Ekadinata, 2013).

Proses *speckle noise filtering* dilakukan dengan untuk mengurangi kesalahan-kesalahan yang timbul akibat gangguan pada saat pengambilan citra karena gangguan-gangguan tersebut mempengaruhi kenampakan pada citra sebagai piksel yang terang atau gelap (Ragajaya, 2012). Metode yang dipakai adalah *adaptive filters bit errors* dengan *filter size 3x3*, *sigma factor 3*, dan *tolerance 5*. Setelah proses *filtering*, citra terlihat lebih halus karena *speckle noise* telah berkurang.

Setelah melewati proses koreksi geometrik dan *speckle noise filtering*, maka akan didapat citra yang telah terkoreksi. Tahap selanjutnya adalah pemotongan citra (*masking*). Pemotongan citra (*masking*) dilakukan dengan menampalkan (*overlay*) citra dengan batas administrasi Kecamatan Cipatat. Hasil akhir dari proses pra-pengolahan data ditunjukkan oleh gambar 6.



Gambar 6. Hasil Akhir Tahap Pra-Pengolahan Data. Citra Ascending (kiri) dan Citra Descending (kanan)

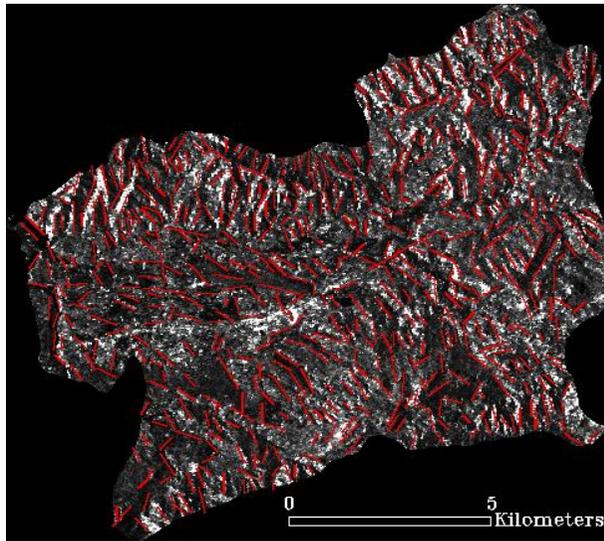
3.2.2 Penarikan Kelurusan (*Linear Features*)

Kelurusan berkaitan dengan fenomena yang bersifat linear pada suatu obyek permukaan bumi. Fenomena kelurusan merupakan refleksi bidang

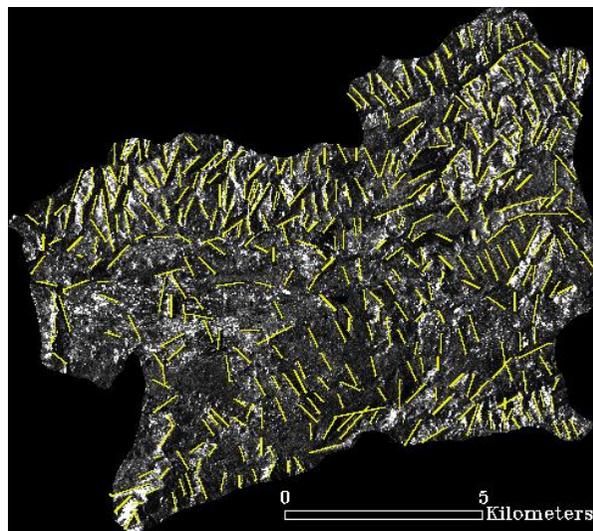


ketidakmenerusan pada batuan, seperti rekahan, kekar, dan sesar (Singhal dan Gupta, 1999).

Kelurusan morfologi yang tampak pada citra dapat terlihat pada beberapa kenampakan, seperti pada jalur pegunungan, dataran, deretan gunung api, sungai-sungai, memanjangnya tepi danau, garis pantai, palung, dan sebagainya (Modul Kuliah Geomorfologi). Semua kelurusan yang tampak pada citra *ascending* dan *descending* tersebut kemudian ditarik kelurusannya seperti yang ditunjukkan oleh gambar 7 dan 8.



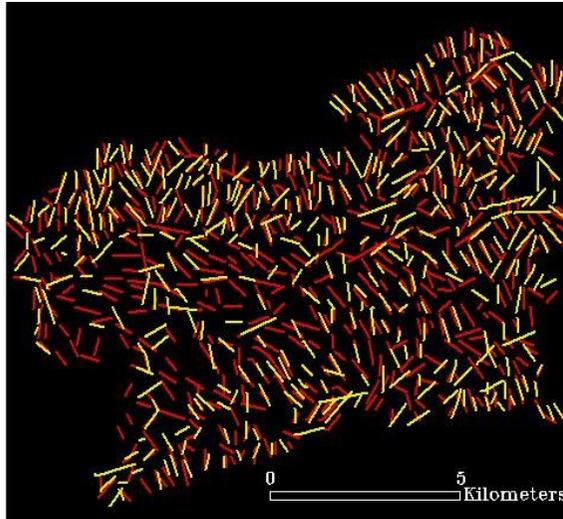
Gambar 7. Kelurusan pada Citra Ascending Ditandai dengan Garis Merah



Gambar 8. Kelurusan pada Citra Descending Ditandai dengan Garis Kuning

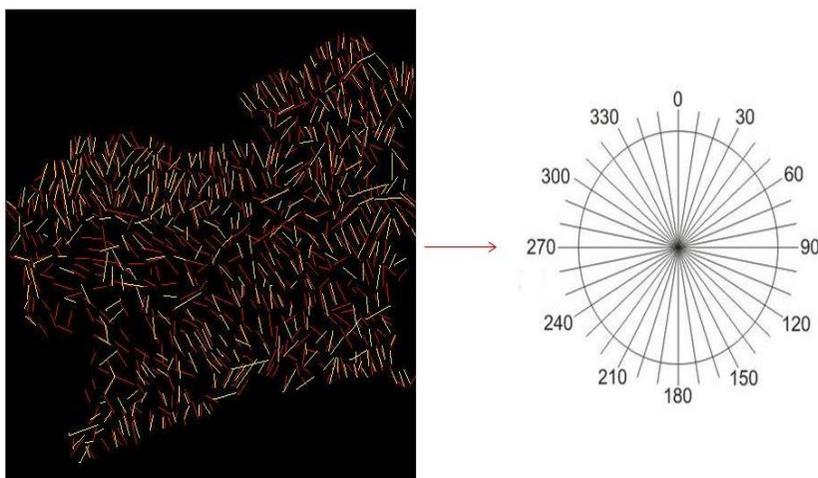


Dari citra *ascending* dan *descending* di atas, jumlah kelurusan yang dapat ditarik adalah sebanyak 978 kelurusan. Persebaran posisi kelurusan dari kedua citra tersebut ditunjukkan oleh gambar 9.



Gambar 9. Posisi Persebaran Kelurusan. Kelurusan pada Citra Ascending (Merah) dan pada Citra Descending (Kuning)

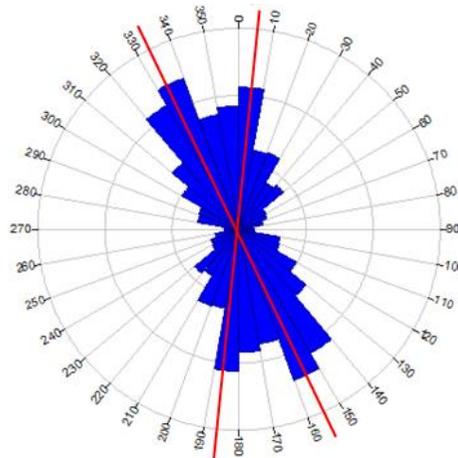
Sebanyak 978 kelurusan yang sudah ditarik (gambar 10 kiri), kemudian diukur arahnya dengan cara menghimpitkan titik pusat masing-masing kelurusan pada titik pusat lingkaran diagram mawar (gambar 10 kanan). Setelah titik pusat kelurusan dan titik pusat lingkaran diagram mawar berhimpit, maka akan dapat terlihat arah atau jurus suatu kelurusan.



Gambar 10. Persebaran Posisi Kelurusan (kiri) dan Lingkaran Diagram Mawar (kanan)



Setelah semua kelurusan diketahui arahnya, kemudian dibuat diagram mawar kelurusan Kecamatan Cipatat. Diagram mawar kelurusan Kecamatan Cipatat ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11. Diagram Mawar Kelurusan Kecamatan Cipatat. Arah Umum Kelurusan Ditunjukkan oleh Garis Berwarna Merah

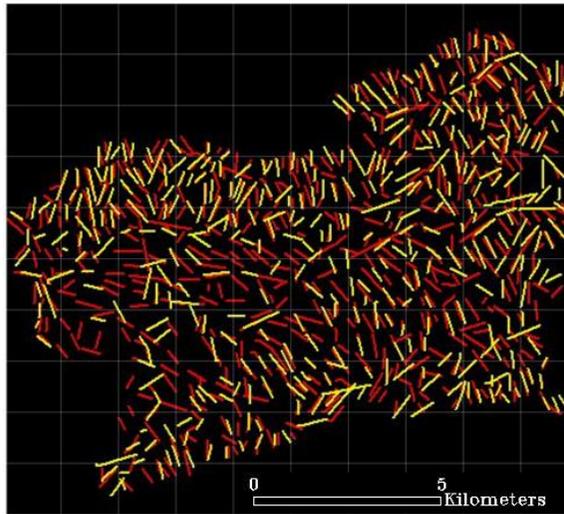
Dari diagram mawar di atas, dapat dilihat bahwa arah umum kelurusan di wilayah Kecamatan Cipatat berada pada rentang 1° - 10° atau 181° - 190° dan rentang 151° - 160° atau 331° - 340° karena kedua rentang sudut tersebut memiliki frekuensi paling besar.

3.2.3 Pembuatan Citra Kerapatan Kelurusan (*Linear Features Density Image*)

Setelah mengukur arah umum kelurusan, maka tahap selanjutnya adalah menghitung kerapatan kelurusan. Penghitungan kerapatan kelurusan ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi dan pola penyebaran kelurusan-kelurusan morfologi (Kim, 2003).

Penghitungan kerapatan kelurusan dimulai dengan pembuatan *grid* pada daerah penelitian dengan interval yang tetap. Pada penelitian ini, ukuran *grid* yang digunakan sebesar 10×10 , sehingga akan menghasilkan 100 kotak kecil yang memiliki luas yang sama. *Grid* yang dimaksud ditunjukkan pada gambar 12.

Dalam penghitungan kerapatan kelurusan ini, penulis mencetak *grid* kelurusan dengan panjang 206 milimeter dan lebar 184 milimeter pada kertas. Dengan demikian, maka tiap 1 kotak kecil pada *grid* akan memiliki panjang 20,6 milimeter dan lebar 18,4 milimeter. Luas tiap 1 kotak kecil pada *grid* adalah $379,04$ milimeter².



Gambar 12. Grid Kelurusan

Selanjutnya akan dilakukan penghitungan nilai % kerapatan kelurusan (% D) pada setiap kotak kecil pada *grid*. Untuk menghitung nilai % kerapatan kelurusan tersebut digunakan rumus sebagai berikut (Saepuluh et al., 2013) :

$$\% D = \frac{P}{L} \times 100 \% \tag{1}$$

Dimana,

% D = % kerapatan kelurusan 1 kotak kecil pada *grid*

P = Jumlah panjang kelurusan dalam 1 kotak *grid* (satuan milimeter)

L = Luas 1 kotak *grid* (= 379,04 milimeter²)

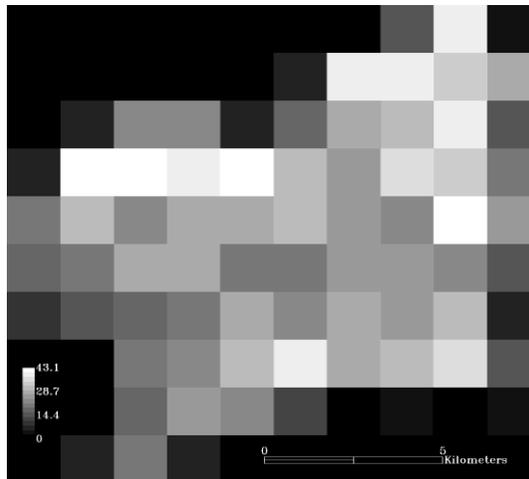
Dari rumus di atas, maka akan didapatkan nilai % kerapatan kelurusan setiap kotak kecil pada *grid*. Nilai % kerapatan kelurusan yang didapat memiliki rentang antara 0 - 43,121693 seperti yang ditunjukkan oleh tabel 1.

Tabel 1. Nilai % Kerapatan Kelurusan pada Grid

0	0	0	0	0	0	0.529101	14.55026	34.39153	4.761905
0	0	0	0	0	6.349206	34.92063	35.97884	30.95238	26.45503
0	6.613757	20.89947	19.84127	7.407407	14.81481	24.60317	27.51323	34.39153	13.75661
7.142857	43.12169	39.94709	34.39153	38.88889	27.24868	23.01587	32.01058	29.89418	18.78307
18.51852	27.77778	20.63492	25.39683	26.45503	27.51323	24.07407	21.16402	38.62434	23.28042
15.60847	18.51852	25.39683	24.60317	17.98942	18.25397	23.80952	24.07407	20.89947	12.96296
7.936508	14.55026	16.40212	18.51852	24.33862	21.16402	24.60317	24.07407	28.30688	6.613757
0	0	17.46032	21.16402	27.51323	34.12698	25.92593	28.83598	32.53968	12.96296
0	0	16.13757	23.01587	21.16402	11.37566	2.380952	3.174603	0	3.174603
0	5.291005	19.04762	6.878307	0	0	0	0	0	0



Nilai % kerapatan kelurusan di atas kemudian disimpan ke dalam format ASCII (*.txt) sehingga setiap pixel akan akan menyimpan satu nilai % kerapatan kelurusan. Setelah itu, akan ditampilkan sebagai citra kerapatan kelurusan. Pada tahap pengolahan selanjutnya, citra kerapatan kelurusan akan digabungkan (*layer stacking*) dengan citra fusi Kecamatan Cipatat (Marcella, 2013). Oleh karena itu, header dari citra kerapatan kelurusan ini harus disamakan dengan header dari citra fusi Kecamatan Cipatat terlebih dahulu.



Gambar 13. Citra Kerapatan Kelurusan

Citra kerapatan kelurusan memiliki 1 *band* tunggal (*grayscale*). Rentang nilai dalam *band* ini juga sudah normal karena sudah sesuai dengan rentang nilai kerapatan kelurusan yang sebenarnya, yaitu antara 0 – 43,121693.

3.2.4 Penggabungan Band (*Layer Stacking*)

Penggabungan band (*layer stacking*) merupakan tahap menggabungkan dua data citra yang sudah memiliki datum dan sistem koordinat yang sama. Pada penelitian ini, *layer stacking* dilakukan dengan menggabungkan band dari citra kerapatan kelurusan dengan band dari citra fusi Kecamatan Cipatat (Marcella, 2013).

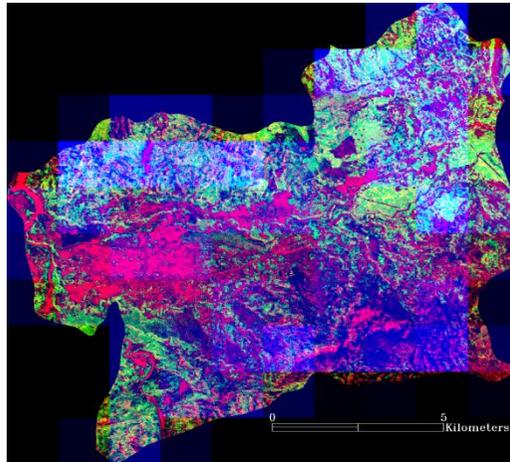
Hasil dari tahap *layer stacking* akan menghasilkan citra fusi Kecamatan Cipatat terbaru yang terdiri dari 4 *band*, yaitu 2 *band* ALOS AVNIR-2, 1 *band* ALOS PALSAR *polarimetric*, dan 1 *band* kerapatan kelurusan. 2 *band* dari citra optis ALOS AVNIR-2 dan 1 *band* dari citra ALOS PALSAR *polarimetric*

Karena dalam citra fusi Kecamatan Cipatat terdapat 4 *band*, maka perlu dilakukan pengaturan komposisi *band* terlebih dahulu, sehingga akan menghasilkan 3 *band* RGB citra fusi Kecamatan Cipatat dengan komposisi sabagai berikut:



1. R-band adalah gabungan dari 2 band dari citra ALOS AVNIR-2 (R+G band ALOS AVNIR-2).
2. G-band adalah 1 band dari citra ALOS PALSAR polarimetric (B-band ALOS PALSAR polarimetric).
3. B-band adalah 1 band dari citra kerapatan kelurusan.

Citra fusi Kecamatan Cipatat hasil dari tahap penggabungan band (*layer stacking*) dan pengaturan komposisi band ditunjukkan oleh gambar 13.



Gambar 13. Citra Fusi Kecamatan Cipatat Hasil Layer Stacking

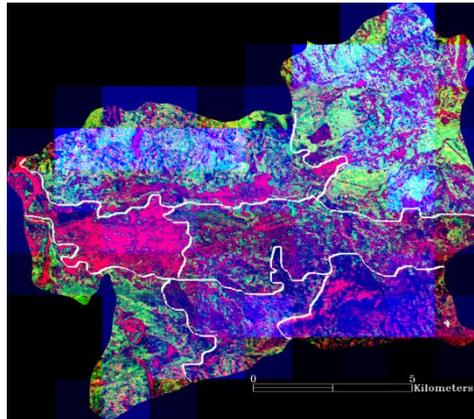
Citra fusi Kecamatan Cipatat hasil *layer stacking* memiliki rentang nilai band yang bervariasi. Untuk nilai R-band adalah 0 - 255, nilai G-band adalah 0 - 255, dan nilai B-band adalah 0 - 43,121693.

3.2.5 Klasifikasi Citra Fusi

Pada citra penginderaan jauh, nilai respon spektral yang didapat akan sangat beragam. Hal ini dapat dilihat dari beragamnya nilai piksel pada tiap band citra sehingga dibutuhkan metode yang dapat memudahkan untuk menganalisis dan menginterpretasikan citra. Pada umumnya, klasifikasi citra satelit digunakan untuk mendapatkan informasi karakteristik permukaan tanah dengan menerapkan algoritma klasifikasi.

Pada penelitian ini, klasifikasi dilakukan dengan cara membuat zona-zona pada citra fusi Kecamatan Cipatat. Pembuatan zona ini dilakukan dengan dua tahap.

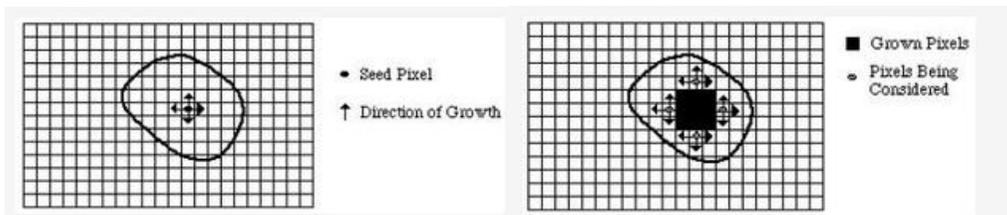
Tahap pertama adalah pembuatan zona secara manual berdasarkan kenampakan visual, yaitu pembuatan zona dilakukan berdasarkan penglihatan mata. Parameter yang digunakan adalah warna (rona) atau nilai kecerahan pada setiap piksel citra fusi Kecamatan Cipatat. Dengan proses tahap pertama ini, penulis dapat membagi citra fusi Kecamatan Cipatat menjadi 7 zona seperti yang terlihat pada gambar 14.



Gambar 14. Citra Fusi Kecamatan Cipatat (7 Zona) Hasil Layer Stacking

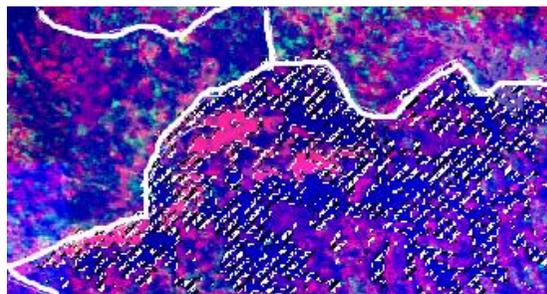
Tahap kedua adalah pembuatan zona dengan menggunakan metode *region growing*. *Region growing* merupakan salah satu metode sederhana dalam proses segmentasi citra yang berdasarkan region.

Prinsip metode *region growing* ini mulanya ialah penentuan sekumpulan *seed point*. Kemudian diinisialisasikan suatu *region* awal dari *seed* tersebut. *Region* ini akan terus berkembang dari *seed point* menjadi *point-point* yang saling berdekatan tergantung pada kriteria yang dibuat seperti yang ditunjukkan oleh gambar 15.



Gambar 15. Ilustrasi Metode Region Growing

Dalam penelitian ini, kriteria yang dibuat untuk membatasi perkembangan *region* adalah dengan batas zona yang sudah dibuat berdasarkan pembuatan zona secara visual seperti yang ditunjukkan oleh gambar 16.

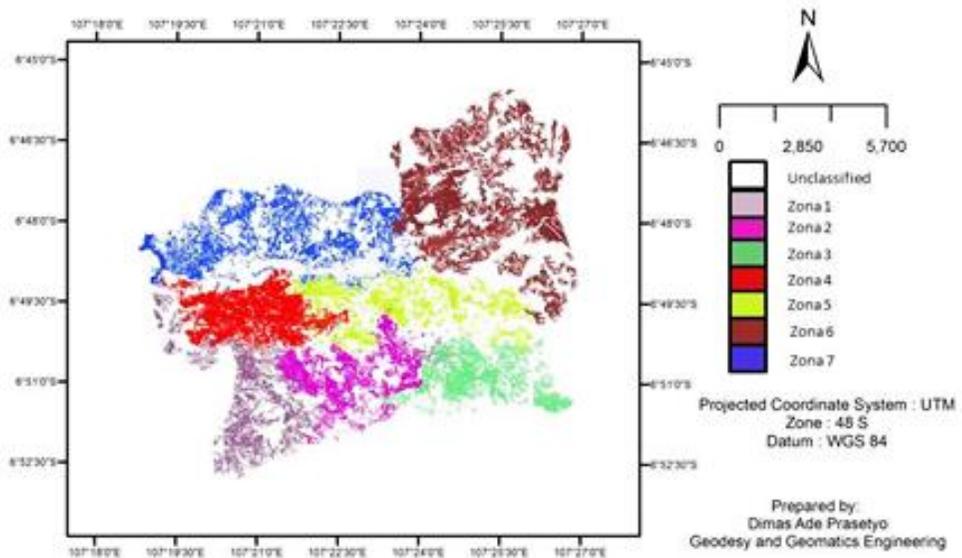


Gambar 16. Contoh Proses Perkembangan Seed Point Sesuai dengan Batas Zona



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil akhir penelitian ini berupa peta karakteristik permukaan tanah di wilayah karst Kecamatan Cipatat. Peta tersebut menampilkan tujuh zona. Setiap zona diberikan warna yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan oleh gambar 17.



Gambar 17. Peta Karakteristik Permukaan Tanah di Wilayah Karst Kecamatan Cipatat

Dari klasifikasi metode *region growing*, didapat data statistik untuk setiap zona seperti yang ditampilkan oleh tabel 2. Statistik tersebut menampilkan informasi rincian nilai rentang *maximum*, *minimum*, dan *mean* pada setiap *band*. Selain itu, juga dilengkapi dengan informasi litologi pada masing-masing zona. Informasi litologi tersebut didapatkan dengan mengacu pada legenda Peta Geologi Lembah Cianjur.

Tabel 2. Statistik Zona Karakteristik Permukaan Tanah

Zona	R (AVNIR-2)			G (PALSAR)			B (Kerapatan Kelurusan)			Litologi
	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean	
1	0	255	85.3022	0	255	76.6743	0	27.5132	16.5007	Lempung, napal, batupasir kwarsa, batu gamping, batu lanau
2	0	255	78.3512	0	255	36.0623	0	34.1270	24.2359	Lempung, napal, batupasir kwarsa, batu gamping, batu lanau
3	0	255	70.9018	0	255	9.9231	0	34.1270	24.0560	Batu gamping, batu pasir, batu lanau
4	0	255	154.160	0	255	13.6798	7.142857	27.7778	20.8219	Breksi, lahar, lava
5	0	255	94.7442	0	255	50.8404	6.613757	38.6243	22.4916	Breksi, lahar, lava
6	0	255	113.083	0	255	113.002	0.529101	38.6243	27.6037	Breksi, lahar, lava, batu pasir, serpih
7	0	255	99.4687	0	255	96.9743	6.613757	43.1217	27.5475	Lempung, napal, batupasir kwarsa, andesit, dan basal



Dari hasil penelitian (Marcella, 2013) telah dijelaskan bahwa setiap *band* pada citra fusi akan menunjukkan karakteristik tertentu. Untuk *R-band* AVNIR-2 menunjukkan kerapatan vegetasi dan perbedaan ketinggian. Untuk *G-band* ALOS PALSAR *polarimetric* menunjukkan kekasaran obyek. Sedangkan, untuk *B-band* kerapatan kelurusan hasil dari penelitian ini mengidentifikasi pada keberadaan struktur geologi.

Dengan meninjau *R-band* AVNIR 2, dapat dilihat bahwa zona 4 dan 6 memiliki nilai *mean* yang tinggi dibandingkan dengan zona lainnya, yang berarti zona 4 dan 6 memiliki nilai kerapatan vegetasi dan perbedaan ketinggian yang tinggi dibandingkan dengan zona lainnya. Litologi zona 4 dan 6 didominasi oleh batuan breksi, lahar, lava, batupasir, dan serpih. Menurut informasi dari peta geologi, batuan-batuan tersebut merupakan batuan hasil dari gunung api tua.

Dengan meninjau *G-band* ALOS PALSAR, dapat dilihat bahwa zona 6 memiliki nilai *mean* tertinggi dan zona 3 memiliki nilai *mean* terendah. Zona 6 memiliki litologi berupa breksi, lahar, lava, batupasir, serpih. Sedangkan, zona 3 memiliki litologi berupa batupasir, batu gamping, batu lanau.

Dengan meninjau *B-band* kerapatan kelurusan, dapat dilihat bahwa zona 2, 3, 6, dan 7 memiliki nilai *mean* yang tinggi. Hal ini berarti mengidentifikasi bahwa zona tersebut memiliki struktur geologi yang banyak jika dibandingkan dengan zona lainnya. Struktur geologi tersebut bisa berupa patahan (sesar), lipatan, maupun struktur kecil lainnya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan ini, ada beberapa kesimpulan yang bisa didapat yaitu:

- Hasil penelitian ini memberikan karakteristik permukaan tanah di wilayah karst Kecamatan Cipatat dengan membaginya menjadi tujuh zona dan disertai dengan nilai statistik pada masing-masing *band* RGB serta informasi litologi pada masing-masing zonanya.
- Dengan menggunakan data SAR dalam hal ini citra ALOS PALSAR *ascending* dan *descending*, proses penarikan kelurusan pada citra dapat dilakukan dengan relatif mudah.
- Dengan melakukan proses penggabungan band (*layer stacking*) antara fusi hasil hasil penelitian (Marcella, 2013) dan citra kerapatan kelurusan hasil penelitian ini, maka akan didapat citra fusi terbaru yang menampilkan warna (rona) atau nilai piksel yang lebih beragam. Oleh karena itu, zona yang terklasifikasi menjadi lebih banyak daripada hasil klasifikasi hanya dengan menggunakan citra fusi hasil penelitian (Marcella, 2013) saja.



5.2 Saran

Berdasarkan pengerjaan penelitian ini, didapatkan beberapa saran, yaitu:

- Sebaiknya menggunakan peta geologi yang terkini agar informasi geologi yang diperoleh sesuai dengan keadaan lapangan terkini.
- Sebaiknya perlu mempelajari karakteristik litologi terlebih dahulu secara mendalam sehingga dapat memberikan informasi karakteristik permukaan tanah yang lebih baik.

DAFTAR REFERENSI

- Choo, A. L., Chan, Y. K., dan Koo, V. C. (2011). Geometric Correction on SAR Imagery. Progress in Electromagnetic Research Symposium Proceedings. Kuala Lumpur: Multimedia University.
- Ekadinata, A. (2008). Sistem Informasi Geografis Untuk Pengelolaan Bentang Lahan Berbasis Sumber Daya Alam. World Agroforestry Centre, Bogor.
- Ensiklopedia ITT Telkom. Diambil dari <http://digilib.itelkom.ac.id/>
- Ford, D and William, P. (2007). Karst Hidrogeology and Geomorphology, John Wiley & Sons Ltd. The Atrium Gate, Chicester West Sussex, England
- Gupta, R. P. (1991). Remote Sensing Geologi. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York.
- Kim, Gyoo-Bum. (2003). Construction of a Lineament Density Map with ArcView and Avenue. Korea Water Resources Corporation, South Korea.
- Marcella, Manda. (2013). Identifikasi Tutupan Lahan Wilayah Karst Kecamatan Cipatat dengan Data ALOS PALSAR dan AVNIR : Kajian Perspektif Sosial, Kependudukan, dan Ekonomi. Skripsi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Modul Kuliah Geologi Dinamik. Teknik Geologi, Institut Teknologi Bandung.
- Modul Kuliah Geologi Struktur. Teknik Geologi. Institut Teknologi Bandung.
- Modul Kuliah Geomorfologi. Teknik Geologi. Institut Teknologi Bandung.
- Prihango, Maundri. (2013). Identifikasi Genangan Air dengan Memanfaatkan Citra Quickbird dan ALOS PALSAR: Studi Kasus Kecamatan Dayeuhkolot, Kabupaten Bandung. Skripsi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Purwadhi, S. H. dan Sanjoto, T. B. (2008). Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh. Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional dan Universitas Negeri Semarang.
- Ragajaya, R. (2012). Perhitungan Biomassa dengan Metode Polarimetrik SAR Menggunakan Citra ALOS PALSAR. Skripsi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Saepuloh, A., Urai, M., Meilano, I., dan Sumintadireja, P. (2013). Automatic Extraction and Validation of Linear Features Density From ALOS PALSAR Data for Active Faults and Volcanoes. Institute of Geology and Geoinformation and Technology, National Inst. Of Advanced Industrial Science and Technology (AIST Japan).
- Singhal, B. B. S., dan Gupta, R. P. (1999). Applied Hydrogeology of Fractured Rocks. Kluwer Academic Publisher, Netherlands.
- Yudhono, Erfianto Bagus. (2010). Klasifikasi Tutupan Lahan dan Tata Guna Lahan di Kabupaten Bandung Barat dengan Menggunakan Citra Landsat-7 ETM dan ALOS PALSAR. Skripsi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.