

ANALISIS IDENTIFIKASI KAWASAN KARST MENGGUNAKAN METODE POLARIMETRIK SAR (*SYNTHETIC APERTURE RADAR*) DAN KLASIFIKASI *SUPERVISED*

Pran Shiska, Yudo Prasetyo, Andri Suprayogi^{*)}

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : Shiskapran@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia mempunyai bentang alam yang sangat beragam, salah satunya adalah bentang alam karst. Di Kecamatan Cipatat terdapat bentang alam karst yang berada pada batu gamping formasi Rajamandala. Topografi kawasan karst Cipatat berbentuk bukit dan telah mengalami perubahan akibat penambangan karst. Dengan memanfaatkan penginderaan jauh aktif atau sistem RADAR dilakukan identifikasi kawasan karst. Saat ini masih sedikit yang mengembangkan metode klasifikasi citra berbasis RADAR untuk identifikasi geologi, khususnya di negara Indonesia yang beriklim tropis.

Penelitian ini menggunakan citra ALOS PALSAR 1.1 *dual* polarisasi (HH, HV) tahun 2007-2008. Identifikasi karst menggunakan tiga parameter (*Anisotropy*, *Entropy* dan *Alpha*) dari metode dekomposisi polarimetrik $H/\alpha/A$ dimana masing-masing parameter merepresentasikan sifat fisik objek. Karst biasanya berada di bawah penutup lahan maka dilakukan klasifikasi dengan *algoritma supervised wishart* untuk klasifikasi tutupan lahan (non karst). Tutupan lahan ini digunakan untuk melihat keterkaitan hasil identifikasi kawasan karst dengan penutup lahan. Validasi dilakukan dengan membandingkan koordinat geografis citra hasil identifikasi karst dengan koordinat citra pada *Google Earth* dan dibantu data geologi karst.

Kawasan karst teridentifikasi seluas 533 Ha (2007) dan 1165 Ha (2008) dengan perubahan luas 632 Ha. Diketahui karst termasuk tipe *surface scattering*, keacakan hamburan sedang dan kekasaran permukaan sedang. Kemudian kawasan karst paling banyak teridentifikasi pada tutupan lahan vegetasi jarang. Untuk kawasan non karst (tutupan lahan) diperoleh nilai *overall accuracy* 53,83% dan κ 46,13% (2007). Kemudian *overlay accuracy* 53,41% dan κ 45,65% (2008). Hal ini mengindikasikan nilai akurasi kelas tutupan lahan tidak sesuai dengan kondisi lapangan yang sebenarnya. Namun hasil klasifikasi tersebut sudah bisa membedakan dengan baik antara lahan terbangun, perairan, dan vegetasi. Validasi spasial hasil identifikasi karst tidak menunjukkan hasil yang baik. Hal ini dikarenakan banyak objek lain yang memiliki tipe *scatter* yang sama dengan karst.

Kata Kunci : ALOS PALSAR, Dekomposisi $H/\alpha/A$, Karst, Polarimetrik SAR, *Wishart Supervised*.

ABSTRACT

Indonesia has a very diverse landscape, one of them is karst landscape. In sub Cipatat karst landscapes are located on limestone formations Rajamandala. Cipatat shaped karst topography of the region and the hill has undergone changes due to mining karst. By utilizing remote sensing active or RADAR system to identify karst region. Currently there are still a few who develop RADAR based image classification method for the identification of geology, particularly in countries tropical Indonesia.

This study uses ALOS PALSAR 1.1 dual polarization (HH, HV) in 2007-2008. for the identification of the karst region. Identification of karst uses three parameters (Anisotropy, Entropy and Alpha) of the decomposition method polarimetric $H/\alpha/A$ which each parameter represents the physical properties of the object. Karst usually exist below land cover so classification is carried out by wishart supervised algorithm for land cover classification (non karst). Land cover is used to see how the results of the identification of karst area related with land cover. Validation is done by comparing the geographical coordinates of the image of the karst identification with the imagery in Google Earth coordinates and assisted karst geological data.

Karst areas identified an area of 533 Ha (2007) and 1165 Ha (2008) with 632 ha area changes. Known karst include the type of surface scattering, the randomness of the medium scattering and moderate surface roughness. Then most of karst areas identified in land cover sparse vegetation. For non-karst area (land cover) values obtained overall accuracy 53.83% and κ 46.13% (2007). Then overlay accuracy 53.41% and κ 45.65% for 2008. This indicates the value of the accuracy of land cover classes do not correspond to actual field conditions. But the results of these classifications have been able to distinguish well between developed and undeveloped land, water, and vegetation. Validation karst spatial identification results did not show good results. This is because many other objects that have the same type of scatter with karst.

Keywords: ALOS PALSAR, Karst, $H/\alpha/A$ Decomposition, SAR Polarimetric, *Wishart Supervised*

^{*)} Penulis, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang mempunyai potensi sumber daya alam yang melimpah baik di darat maupun di laut. Tidak hanya hasil dari alam dan kandungan didalamnya, namun negara Indonesia juga mempunyai bentang alam yang sangat beragam, salah satunya adalah bentang alam karst. Karst adalah suatu daerah yang mempunyai karakteristik relief dan drainase yang khas, terutama disebabkan oleh derajat pelarutan batu-batuannya yang intensif (Ford dan Williams, 1996).

Salah satu daerah di Indonesia yang mempunyai bentang alam karst adalah kawasan karst Cipatat yang berada pada batu gamping formasi Rajamandala. Berdasarkan catatan Badan Pengelola Lingkungan Hidup (BPLHD) Jawa Barat (2004), kawasan karst Cipatat merupakan kawasan dengan laju kerusakan signifikan. Topografi kawasan karst Cipatat berupa sebaran bukit karst dan sudah banyak mengalami perubahan. Sehingga kawasan ini cocok dijadikan sebagai bahan kajian, yaitu dengan memanfaatkan penginderaan jauh aktif atau *Synthetic Aperture RADAR* (SAR) untuk identifikasi kawasan karst.

Data RADAR yang digunakan adalah ALOS PALSAR frekuensi *L-band* dengan panjang gelombang 15-30 cm sehingga dapat menembus atau penetrasi objek lebih dalam. Pada penelitian sebelumnya, data ini efektif untuk mengklasifikasi tutupan lahan dan *terrain* (Lee, J. dkk., 2004). Data pada frekuensi *L-band* dengan metode OPCE lebih kuat dalam pemetaan daerah tertutup salju dari pada data dengan frekuensi *C-band* (Martini, A. dkk., 2004). Kemudian data dengan frekuensi *L-band* polarisasi penuh bisa mengidentifikasi sebaran mineral besi di dataran tinggi wilayah Amazon Brazil (Arnaldo, dkk., 2013). Penelitian-penelitian tersebut menjadi landasan untuk melakukan penelitian terkait identifikasi kawasan karst menggunakan data ALOS PALSAR.

Data ALOS PALSAR tidak hanya mempunyai frekuensi *L-band* tetapi juga berbagai polarisasi. Polarisasi tersebut berkaitan dengan intensitas *backscatter* objek. Penelitian ini menggunakan citra ALOS PALSAR 1.1 *dual* polarisasi (HH, HV) tahun 2007 dan 2008. Data diolah dengan metode polarimetrik $H/\alpha/A$ sehingga menghasilkan tiga parameter *Entropy* (H), *Alpha* (α), *Anisotropy* (A). Parameter tersebut merepresentasikan sifat fisik objek berdasarkan nilai *eigen value* dan *vector* matrik *covariance*. Sehingga parameter tersebut dijadikan sebagai parameter untuk identifikasi kawasan karst.

Karst bukanlah penutup lahan maka dilakukan klasifikasi dengan *algoritma supervised wishart* untuk klasifikasi tutupan lahan (non karst). Tutupan lahan tersebut digunakan untuk mengetahui keterkaitan sebaran karst yang teridentifikasi dengan penutupan lahan. Oleh karena itu digunakan juga data ALOS

PALSAR yang sama untuk menghasilkan klasifikasi tutupan lahan. Validasi dilakukan dengan membandingkan koordinat geografis citra hasil identifikasi karst dengan koordinat citra pada *Google Earth* dan dibantu data geologi karst.

I.2. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana analisis hasil identifikasi kawasan karst menggunakan ALOS PALSAR berbasis metode polarimetrik?
2. Berapa hasil luasan kawasan karst berdasarkan klasifikasi karst dan non karst menggunakan ALOS PALSAR berbasis metode polarimetrik?
3. Bagaimana hasil identifikasi kawasan karst menggunakan metode polarimetrik dan kaitannya terhadap hasil klasifikasi tutupan lahan menggunakan klasifikasi *supervised*?
4. Bagaimana analisis akurasi hasil klasifikasi tutupan lahan dan validasi kawasan karst?

I.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui hasil identifikasi kawasan karst menggunakan data ALOS PALSAR berbasis metode polarimetrik.
2. Untuk mengetahui luasan kawasan karst pada data ALOS PALSAR berbasis metode polarimetrik.
3. Untuk mengetahui hasil identifikasi kawasan karst dan kaitannya dengan penutup lahan.
4. Untuk mengetahui akurasi dan kesesuaian hasil klasifikasi terhadap data validasi kawasan karst berbasis metode polarimetrik.

Manfaat penelitian ini dari aspek keilmuan adalah memberikan wawasan dan informasi terkait metode polarimetrik dekomposisi $H/\alpha/A$ dalam mengidentifikasi kawasan karst serta sebagai rujukan untuk penelitian yang akan datang. Manfaat dari aspek teknologi adalah mengoptimalkan metode polarimetrik pada penelitian yang lain khususnya penginderaan jauh dan sebagai masukan bagi pemerintah untuk melestarikan kawasan karst di Indonesia.

I.4. Batasan Masalah

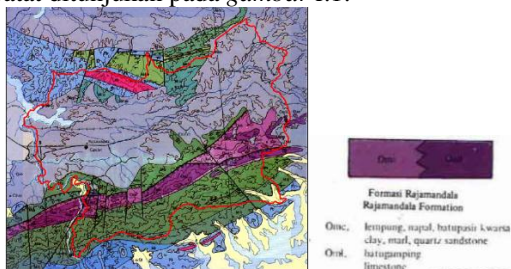
1. Penelitian ini hanya berfokus pada kawasan karst Citatah di Kabupaten Bandung Barat dalam lingkup citra ALOS PALSAR tahun 2007 dan 2008.
2. Metode penelitian untuk identifikasi kawasan karst menggunakan dekomposisi polarimetrik $H/\alpha/A$.
3. Metode penelitian untuk klasifikasi tutupan lahan (non karst) adalah klasifikasi *supervised* dengan pengambilan *training* sampel dari citra *Google Earth*.
4. Klasifikasi *supervised* menggunakan model *whisart distance measure*.
5. Metode validasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan perbandingan koordinat

geografis citra hasil identifikasi dengan koordinat citra pada *Google Earth*.

I.5. Ruang Lingkup Penelitian

I.5.1. Lokasi penelitian

Kawasan karst Cipatat secara administratif terletak di Kecamatan Cipatat Kabupaten Bandung Barat Propinsi Jawa Barat dan berada pada koordinat 6°45'-6°53' LS dan 107°19'-107°27' BT. Kawasan karst Cipatat di kenal dengan kawasan karst Citatah-Rajamandala, namun kawasan karst membentang dari Kecamatan Padalarang, Kecamatan Cipatat dan Kecamatan Saguling. Maka untuk memfokuskan kajian penelitian dipilih Kecamatan Cipatat, karena sebagian besar kawasan karst Citatah-Rajamandala berada di kecamatan ini. Gambaran geologi kawasan karst Cipatat ditunjukkan pada *gambar I.1*.



Gambar I.1. Geologi Lokasi Penelitian (Peta Geologi Lembar Cianjur, 1972)

I.5.2. Alat dan data penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data ALOS PALSAR level 1.1 dual polarisasi (HH, HV) dan data DEM RTC ALOS PALSAR untuk koreksi geometrik. Pengambilan *training area*, titik sampel dan validasi hasil identifikasi kawasan karst menggunakan citra *Google Earth* dibantu dengan data Geologi. Data diolah menggunakan perangkat lunak PolSARPro 4.0 untuk pengolahan polarimetrik, ENVI 4.0 untuk identifikasi kawasan karst dan ArcGIS 10.0 untuk analisis dan pembuatan peta kawasan karst.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Karst

Menurut Perda Provinsi Jawa Barat No. 2/2002 tentang Perlindungan Lingkungan Geologi pasal 1 nomor 13 sampai 16 yang dimaksud kawasan karst adalah kawasan batuan karbonat (batuan gamping dan atau dolomit) yang memperlihatkan bentang alam karst atau morfologi karst, yaitu bentang alam batuan karbonat yang ditandai oleh bukit berbangun kerucut dan menara, lembah dolina, gua, stalaktit dan stalakmit serta sungai bawah tanah.

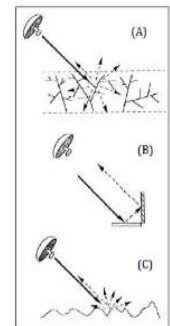
Achmad, A. (2011) menambahkan bahwa karst adalah daerah batuan karbonat ($CaCO_3$ dan $MgCO_3$) atau campuran dari keduanya, yang telah mengalami pelarutan oleh CO_2 di atmosfer melalui air hujan, maupun CO_2 yang berasal dari sisa tanaman atau humus. Keberadaan karst tidak hanya terjadi di daerah berbatuan karbonat, namun terdapat pula pada batuan lain yang mudah larut dan mempunyai porositas

sekunder (kekar dan sesar intensif) seperti batu gipsium dan batu garam.

II.2. Hamburan / Backscatter

Hamburan balik atau *backscatter* merupakan gelombang yang dipantulkan dan diterima kembali oleh sensor. Ukuran kualitatif dari intensitas energi yang dipantulkan kembali oleh objek ke sensor dinyatakan dengan koefisien *backscatter*, nilai dari koefisien *backscatter* ini dipengaruhi oleh karakteristik Faktor utama yang mempengaruhi besarnya nilai *backscatter* adalah ukuran geometri dan sifat khas elektrik objek. Hamburan balik pada RADAR banyak dipengaruhi oleh karakteristik permukaan, menurut Pottier dan Ferro-Famil (2004) terdapat tiga mekanisme *hamburan* dasar yang merepresentasikan karakteristik permukaan dan divisualisasikan pada *gambar II.1*, yaitu:

- A. *Volume (canopy) scattering* adalah hamburan yang berkaitan dengan hamburan acak total, gelombang yang terhambur adalah gelombang yang sepenuhnya tidak terpolarisasi.
- B. *Double bounce scattering* adalah hamburan dari pemantul sudut dihedral, seperti hamburan tanah dengan cabang pohon dimana permukaan pemantul dari bahan dielektrik yang berbeda.
- C. *Surface scattering* adalah hamburan tunggal dapat terjadi dari permukaan datar sehingga tidak ada pemantul lain.



Gambar II.1. Mekanisme Hamburan

II.3. Polarimetrik

Polarimetrik atau *Polarimetry (Polar: Polarisation, Metry: measure)* berkaitan dengan kontrol dari sifat polarisasi (perilaku arah medan elektrik) gelombang RADAR dan pantulan sifat target dari perilaku gelombang hamburan dari target (Pottier.E, 2004). Menurut Giuli, D. (1986) terdapat empat polarisasi, yaitu: (a) Polarisasi HH mengirim dan menerima sinyal horizontal. (b) Polarisasi VV mengirim dan menerima sinyal vertical. (c) Polarisasi VH mengirim sinyal vertikal dan menerima sinyal horizontal. (d) Polarisasi HV mengirim sinyal horizontal dan menerima sinyal vertikal.

II.3.1. Format data polarimetrik

Pengolahan data polarimetrik berbeda dengan data RADAR lainnya. Karena data mentah atau *raw* RADAR juga bisa diolah langsung dengan metode polarimetrik dimana data diekstrak ke matrik *scilair/scattering* [S], kemudian diolah menjadi matrik *coherency* [T] atau *covariance* [C]. Pada penelitian ini digunakan matrik *covariance* ukuran 2x2 [C2] karena data yang digunakan mempunyai tipe *dual* polarisasi.

Matrik *covariance* [C2] adalah *partial* polarimetri terdiri dari dua saluran polarimetrik *incoherent*.

Konfigurasi polarimetrik dan matrik berkaitan dengan statistik urutan kedua dari dua elemen hamburan. Di definisikan dengan ukuran (2x2). Rumus covariance [C2] ditunjukkan oleh rumus II.1.

$$[C2] = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{12}^* & C_{22} \end{bmatrix}$$

$$k_{2L} = [S_{11} \quad S_{22}], [C_2] = \langle k_{2L} \cdot k_{2L}^+ \rangle \dots \dots (II.1)$$

Keterangan:

S = Matrik scattering (S11, S22)

[C₂]= Matrik covariance urutan ke tiga (2x2)

k_{2L} = Vektor 2 elemen matrik covariance (2x1)

k_{2L}⁺ = Vektor 2 elemen matrik covariance (1x2)

II.3.2. Dekomposisi polarimetrik

Dekomposisi ditujukan untuk mengetahui perbedaan mekanisme hamburan dan sifat fisik objek. Penelitian ini menggunakan dekomposisi polarimetrik H/A/a dari S.R. Cloude dan E. Pottier. Metode ini mengklasifikasikan data polarimetrik RADAR berdasarkan dekomposisi eigenvalue atas matrik coherency atau covariance-nya menjadi parameter Entropy (H), Alpha angel (α) dan Anistropy (A) dimana parameter tersebut diperoleh dari rumus (Cloude, 1996) sebagai berikut:

1. Entropy (H) merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kerandoman hamburan suatu objek. Besaran nilai Entropy ditunjukkan pada rumus II.1 (Cloude, 1996).

$$H = - \sum_{i=1}^3 pi \log_3 (pi),$$

$$pi = \lambda_i / \sum_{k=1}^3 \lambda_k \dots \dots (II.2)$$

Keterangan:

λ = Nilai eigen λk = Nilai eigen (k=1, 2, 3)

3 = monostatic case pi = Probabilitas eigen λi scattering 3x3 λi = Nilai eigen (i = 1, 2, 3)

Entropy (H) bernilai antara 0~1 dimana H=0 mengindikasikan single scattering mechanism dan H=1 mengindikasikan random mixture scattering mechanism. Parameter Entropy memberikan informasi tingkat hamburan keacakan. Contohnya hamburan permukaan laut ditandai dengan tingkat keacakan rendah.

2. Alpha angle (α) menunjukkan tipe hamburan yang paling dominan berdasarkan sudut pantul hamburan. Besaran nilai Alpha ditunjukkan oleh rumus II.2 (Cloude, 1996).

$$\alpha = \sum_{i=1}^3 pi ai \dots \dots \dots (II.2)$$

Keterangan:

pi = Probabilitas dari nilai ai

ai = eigen vector (i = 1, 2, 3)

Alpha bernilai α=0° mengindikasikan surface scattering, α=45° mengindikasikan dipole atau volume scattering dan α=90° mengindikasikan multiple scattering atau dihedral reflector.

3. Anisotropy (A), memberikan informasi lebih lanjut mengenai banyaknya komponen hamburan dan direpresentasikan pada rumus II.3 (Cloude,1996).

$$A = \frac{\lambda_2 - \lambda_3}{\lambda_2 + \lambda_3} \dots \dots \dots (II.3)$$

Keterangan:

λ = Nilai eigen values (λ₁>λ₂>λ₃>0)

Anisotropy bernilai 0≤A≤1 dimana A≤1 menunjukkan azimuthal symmetry surface dan A>0 mengindikasikan peningkatan jumlah Anisotropy hamburan. Ketika A≤1 nilai eigen kedua dan ketiga adalah sama. Anisotropy dapat mencapai nilai tersebut untuk mekanisme hamburan yang dominan.

Berdasarkan klasifikasi unsupervised H-Alpha plane sembilan zona adaptasi dari Cloude dan Pottier bisa dilihat kategori scattering. Pembagian kategori ditunjukkan pada tabel II.1.

Tabel II.1. Defenisis H-Alpha Plane (Cloude-Pottier, 1996)

Zona	Entropy	Alpha	Type Scattering
1	0.9 – 1	55 – 90	Entropy Tinggi Multiple Scattering
2	0.9 – 1	40 – 45	Entropy Tinggi Vegetation Scattering
3	0.9 – 1	0 – 45	Entropy Tinggi Surface Scattering
4	0.5 – 0.9	50 – 90	Entropy Menengah Multiple Scattering
5	0.5 – 0.9	40 – 50	Entropy Menengah Vegetation Scattering
6	0.5 – 0.9	0 – 40	Entropy Menengah Surface Scattering
7	0 – 0.5	47.5 – 90	Entropy Rendah Multiple Scattering Events
8	0 – 0.5	42.5 – 47.5	Entropy Rendah Dipole Scattering
9	0 – 0.5	0 – 42.5	Entropy Rendah Surface Scattering

II.3.3. Segmentasi Polarimetrik

Segmentasi polarimetrik ditujukan untuk mengklasifikasikan objek berdasarkan mekanisme hamburan dan sifat fisik objek. Penelitian ini menggunakan segmentasi dengan model supervised classification using wishart distance measure. Model ini mudah di aplikasikan untuk tataguna lahan dan terrain pada PolSAR (Polarimetric SAR). Klasifikasi ini dapat dengan mudah diterapkan, jika training area yang di peroleh dari ground truth tersedia (Lee dan Pottier, 2009). Dual Polarization Complex SAR Data Classifier

Algoritma klasifikasi tergantung pada tipe data PolSAR. Pada tipe dual polarisasi (HH, VH), (HV, VV) atau (HH, VV). Klasifikasi diperoleh dari distribusi Wishart komplek. Namun untuk algoritma distance measure digunakan klasifikasi maximumlikelihood (Lee, 1994).

Algoritma supervised untuk distribusi Wishart complex untuk matrik coherency polarimetrik (Lee, 1994) ditunjukkan pada rumus II.4.

$$P \frac{[T]}{[T_m]} = \frac{L^L p [T]^{L-p} e^{-L Tr [T_m]^{-1} [T]}}{\pi^{\frac{p(p-1)}{2}} [T](L) [T](L-p+1) [T_m]^L} \dots \dots (II.4)$$

Keterangan:

P $\frac{[T]}{[T_m]}$ = Distribusi Wishart complex

[T] = Rata-rata matrik coherency

[T_m] = Matrik coherency

p = polarisasi komplek (p=2), single polarisasi (p=1)

L = Number of look (single, multi)

Lp = Number of look saat polarisasi (p)

Tr = Trace of matrix

Sedangkan klasifikasikasi supervised menurut algoritma maximumlikelihood (Lee, 1994) ditunjukkan pada rumus II.5.

$$d_m[T] = L Tr[T_m]^{-1}[T] + L \ln([T_m] - \ln(P[T_m]) + k. (II.5)$$

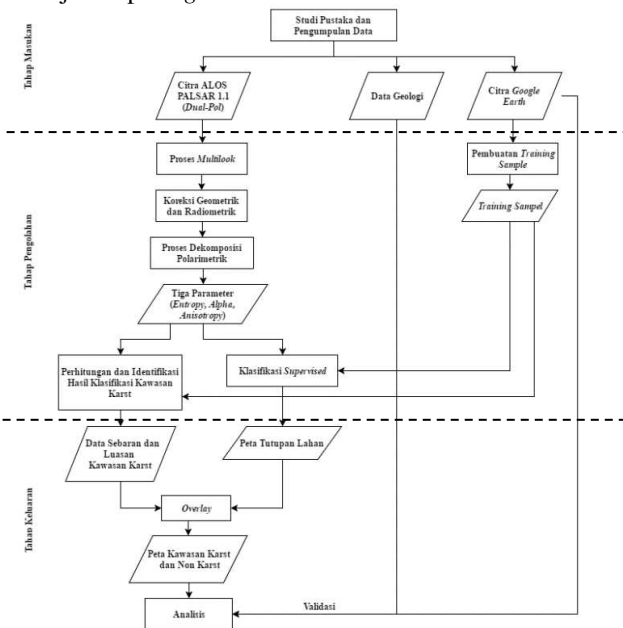
Keterangan:

$d_m[T]$ = kemungkinan jarak maksimum (*maximum likelihood*)

P = *Distribusi wishart kompleks*

III. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan persiapan data penelitian, data validasi, perangkat lunak dan keras serta materi pendukung mengenai metode pengolahan data yang digunakan. Berikut merupakan diagram alir penelitian secara umum pada penelitian ini yang ditunjukkan pada *gambar III.1*.



Gambar III.1. Diagram Alir Penelitian

Data primer yang diolah adalah data ALOS PALSAR level 1.1 dengan mode polarimetrik yang bersifat *dual polarization*. Terdapat dua tahap pengolahan utama pada penelitian ini, yaitu tahap dekomposisi dan segmentasi polarimetrik. Pengolahan menggunakan perangkat lunak PolSARPro dengan metode dekomposisi $H/\alpha/A$ untuk identifikasi kawasan karst. Kemudian dilakukan segmentasi polarimetrik dengan *algoritma wishart distance measure* untuk mengelompokkan tutupan lahan (non karst) di Kecamatan Cipatat Kabupaten Bandung Barat. Hasil pengolahan dilakukan analisis spasial berupa analisis spasial multitemporal dan analisis validasi spasial

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1. Analisis Identifikasi Kawasan Karst

Tabel IV.1. Hasil Identifikasi Karst Tahun 2007.

Parameter	Min	Max	Mean	Stdev	Nilai Parameter
A	0	0.994	0.280	0.340	$0 \leq A \leq 1$
A Karst	0.741	0.802	0.762	0.010	
H	0	0.973	0.258	0.320	$0 \leq H \leq 1$
H Karst	0.459	0.546	0.517	0.014	
α	0°	53.80°	7.43°	9.58°	$0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$
α Karst	12.44°	15.24°	13.37°	0.61°	

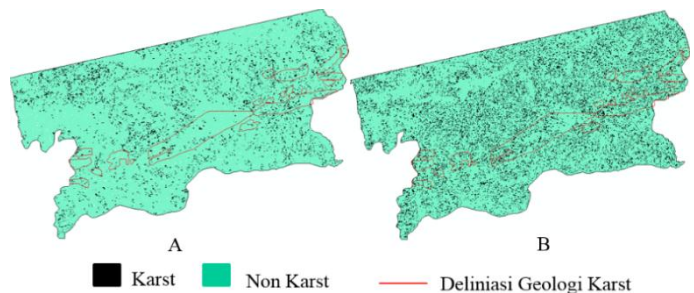
Tabel IV.2. Hasil Identifikasi Karst Tahun 2008.

Parameter	Min	Max	Mean	Stdev	Nilai Parameter
A	0	0.996	0.257	0.333	$0 \leq A \leq 1$
A Karst	0.626	0.724	0.696	0.023	
H	0	0.999	0.244	0.322	$0 \leq H \leq 1$
H Karst	0.545	0.672	0.588	0.033	
α	0°	53.64°	7.50°	10.29°	$0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$
α Karst	16.27°	21.31°	17.91°	1.40°	

Berdasarkan *gambar II.2* diketahui daerah karst termasuk ke dalam zona enam dari dua parameter (H - $Alpha$). Nilai *Entropy* karst pada rentang 0.5-0.8 dan $Alpha$ 0°-40°. Nilai tersebut menunjukkan objek karst mempunyai *Entropy* sedang dan *tipe surface scattering*. Nilai *Entropy* sedang menunjukkan hamburan keacakan *scattering* tidak terlalu banyak yang kembali ke sensor. Hal ini dikarenakan kawasan karst merupakan daerah yang sangat kering dan punya pori-pori besar. Sesuai dengan karakteristik daerah karst yang tidak kedap air. Sehingga beberapa hamburan terpancar dan tidak kembali ke sensor. Di daerah Cipatat umumnya kawasan karst sudah terjamah manusia sehingga vegetasi sangat jarang dan banyak kawasan karst yang sudah di tambang. Hal tersebut juga ditunjukkan oleh tipe *scattering* daerah karst berupa *surface scattering*.

Berdasarkan *gambar II.3*, nilai *Anisotropy* kawasan karst termasuk tipe *azimuthal symmetry* dan mempunyai kekasaran permukaan sedang. Seperti dijelaskan sebelumnya, karakteristik daerah karst kering dan mempunyai pori-pori cukup besar. Sehingga terjadi keacakan pantulan pada hamburan karst. Namun hamburan yang kembali ke sensor juga tidak sedikit atau sedang sesuai dengan nilai *Entropy*.

Rentang nilai yang diperoleh dari 30 titik sampel karst diolah untuk memperoleh sebaran kawasan karst. Sebaran kawasan karst yang teridentifikasi ditunjukkan

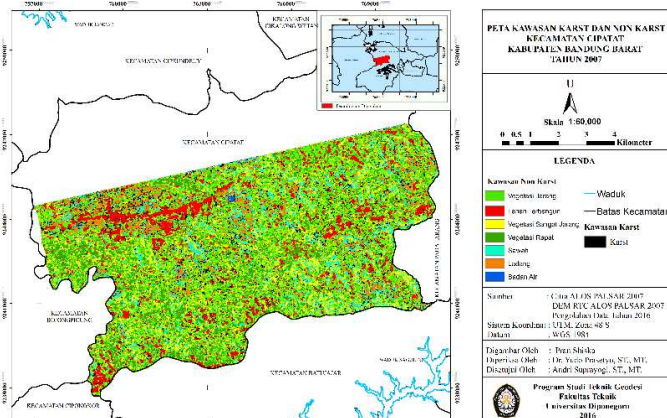


Gambar IV.1. Hasil Identifikasi Kawasan Karst Cipatat: (A) Tahun 2007 dan (B) Tahun 2008.

Tabel IV.3. Hasil Perhitungan Luas Kawasan Karst Tahun 2007 dan 2008

Karst Cipatat (Ha)		Perubahan Luas (Ha)	Luas Kecamatan Cipatat (Ha)	Karst Geologi (Ha)		Perubahan Luas	Luas Data Geologi Karst (Ha)
Tahun 2007	Tahun 2008			Tahun 2007	Tahun 2008		
533	1165	632	8033	45	127	82	857

IV.2. Analisis Karst terhadap Tutupan Lahan



Gambar IV.2. Hasil Identifikasi Kawasan Karst dan Klasifikasi Tutupan Lahan Tahun 2007

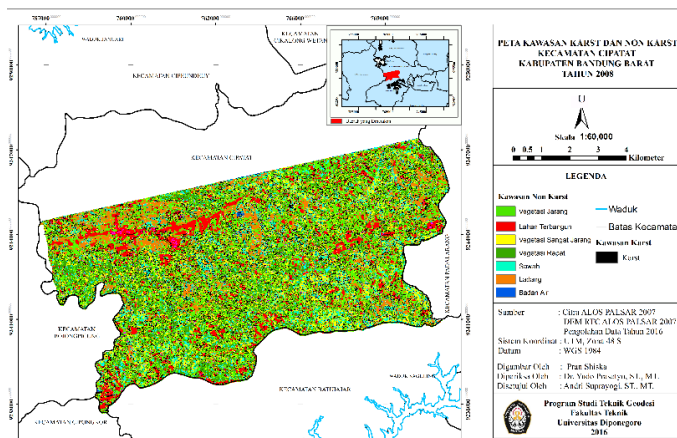
Tabel IV.4. Confusion Matrix Klasifikasi Citra ALOS PALSAR Tahun 2007

Kelas	Lahan Terbangun	V. Sangat Jarang	Vegetasi Jarang	Vegetasi Rapat	Lahan Kering	Lahan Basah	Badan Air	Total	User Acc.
Lahan Terbangun	81.73	1.92	11.77	3.66	0.39	0.48	0.05	100	0.817
V. Sangat Jarang	1.94	42.58	16.23	16.66	2.89	18.97	0.73	100	0.425
Vegetasi Jarang	14.24	22.13	33.44	22.98	1.75	5.46	0	100	0.334
Vegetasi Rapat	7.01	19.98	22.99	42.88	0.03	5.27	1.84	100	0.428
Lahan Kering	0.38	8.97	3.25	0.16	40.44	39.67	7.13	100	0.404
Lahan Basah	0.02	18.38	2.28	2.11	9.78	41.84	25.59	100	0.418
Badan Air	0.07	1.43	0.45	0.25	1.8	5.02	90.98	100	0.909
Total	105.39	115.39	90.41	88.7	57.08	116.71	126.32	700	0.534
Producer Acc.	0.775	0.369	0.369	0.483	0.708	0.358	0.720	0.534	
OA (%)	53.41%								
Kappa (%)	45.64%								

Pada tabel confusion matrix tahun 2007 dan 2008 keterpisahan kelas yang baik diperlihatkan oleh lahan terbangun dan badan air. Hal ini berkaitan dengan intensitas scatter lahan terbangun yang sangat tinggi dan badan air paling rendah sehingga menghasilkan keterpisahan objek yang bagus. Sedangkan keterpisahan kelas yang paling buruk diperlihatkan oleh kelas vegetasi jarang. Vegetasi jarang berupa daerah perkebunan jarang atau hutan jarang. Hal ini dikarenakan adanya jarak antar pepohonan atau vegetasi dimana jarak tersebut ditutupi oleh belukar atau rumput. Sedangkan vegetasi atau pepohonan itu sendiri masuk kedalam kelas vegetasi rapat. Persentase vegetasi jarang yang masuk ke kelas lain bisa dilihat pada tabel confusion matrix.

Hal lain yang mempengaruhi kesalahan matrik pada kelas tutupan lahan adalah banyaknya training sampel, sulitnya memilih daerah training, sebaran tutupan lahan yang sangat bervariasi sehingga daerah luasan atau poligon training area kecil dan tipe polarisasi data ALOS PALSAR hanya dual polarisasi serta keterbatasan perangkat lunak PolSARPro dalam klasifikasi supervised. Namun dengan hasil overlay accuracy 53.827% dan nilai koefisien kappa 46.131% tahun 2007. Kemudian overlay accuracy 53.412% dan koefisien kappa 45.648% untuk tahun 2008. Secara umum metode segmentasi polarimetrik dengan data ALOS PALSAR dual polarisasi cukup baik dalam membedakan tutupan lahan.

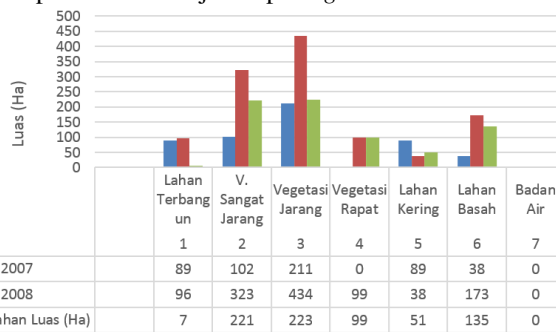
Warna hitam menunjukkan hasil identifikasi karst. Besarnya sebaran karst yang teridentifikasi pada setiap kelas tutupan lahan ditunjukkan pada gambar IV.4.



Gambar IV.3. Hasil Identifikasi Kawasan Karst dan Klasifikasi Tutupan Lahan Tahun 2008

Tabel IV.5. Confusion Matrix Klasifikasi Citra ALOS PALSAR Tahun 2008

Kelas	Lahan Terbangun	V. Sangat Jarang	Vegetasi Jarang	Vegetasi Rapat	Lahan Kering	Lahan Basah	Badan Air	Total	User Acc.
Lahan Terbangun	86.78	2.36	6.48	3.14	0.6	0.62	0.02	100	0.867
V. Sangat Jarang	4.34	29.41	22.52	13.15	1.55	27.87	1.16	100	0.294
Vegetasi Jarang	15.35	23.23	28.29	19.28	0.5	13.35	0	100	0.282
Vegetasi Rapat	10.35	10.54	20.49	44.33	0.01	10.87	3.41	100	0.443
Lahan Kering	0.47	11.48	4.24	0.12	57.62	17.28	8.79	100	0.576
Lahan Basah	0.13	20.06	7.33	5.53	23.7	38.74	4.51	100	0.387
Badan Air	0.03	2.15	1.48	0.08	2.33	2.31	91.62	100	0.916
Total	117.45	99.23	90.83	85.63	86.31	111.04	109.51	700	0.535
Producer Acc.	0.738	0.296	0.311	0.517	0.67	0.348	0.836	0.535	
OA (%)	53.33%								
Kappa (%)	46.13%								



Gambar IV.4. Hasil Perhitungan Luas Kawasan Karst pada Tutupan Lahan

Dari gambar IV.4 diketahui kawasan karst yang teridentifikasi menggunakan tiga parameter polarimetrik (H, A, Alpha) paling banyak berada pada vegetasi jarang. Namun vegetasi jarang pada hasil klasifikasi supervised memiliki akurasi paling rendah. Dari confusion matrix tutupan lahan bisa dilihat sebagian besar kelas vegetasi jarang masuk kelas vegetasi rapat dan vegetasi sangat jarang. Hal itu sangat berkaitan dengan hasil identifikasi kawasan karst. Berdasarkan pembagian zona bidang H-Alpha, kawasan karst masuk kategori surface scattering dan Entropy sedang. Hal ini dimisalkan pada daerah berupa semak dan belukar (vegetasi sangat jarang) dan

permukaan tanah dengan kekasaran permukaan sedang. Sedangkan nilai *Anisotropy* untuk karst adalah sedang hingga tinggi, dimisalkan pada area hutan (vegetasi sangat rapat). Namun kawasan karst di daerah cipatat sangat sedikit yang tertutup hutan. Jadi *Anisotropy* sedang hingga tinggi pada karst menunjukkan hamburan keacakan yang terjadi pada pori-pori batuan karst.

IV.3. Analisis Validasi Spasial

Hasil penelitian perlu di validasi supaya diperoleh kesesuaian hasil penelitian dengan kondisi di lapangan yang sebenarnya. Pada penelitian ini dilakukan validasi hasil identifikasi kawasan karst dengan cara membandingkan koordinat geografis citra hasil pengolahan dengan citra *Google Earth* dan dibantu dengan deliniasi data geologi karst. Hasil validasi secara visual dengan membandingkan koordinat pada hasil identifikasi kawasan karst dan citra pada *Google Earth* ditunjukkan pada tabel IV.6.

Tabel IV.6. Hasil Validasi Kawasan Karst dalam Deliniasi Geologi Karst

Titik	Koordinat (X,Y) Hasil Identifikasi Polarimetrik	Gambar	Koordinat (X,Y) Hasil <i>Google Earth</i>	Gambar	Keterangan
Tahun 2007					
3	107°23'4.41"T 6°51'14.23"S		107°23'4.41"T 6°51'14.23"S		Sesuai Karst Tertutup Vegetasi Sangat Jarang
5	107°23'50.68"T 6°50'54.70"S		107°23'50.68"T 6°50'54.70"S		Sesuai Karst Tertutup Vegetasi Sangat Jarang
8	107°25'52.82"T 6°50'21.11"S		107°25'52.82"T 6°50'21.11"S		Sesuai Tambang Karst

Hasil identifikasi kawasan karst yang berada dalam lingkup deliniasi geologi karst dinyatakan sesuai. Karena data deliniasi geologi karst di ambil dari peta geologi, sehingga daerah yang berada dalam lingkup deliniasi karst sampai ke bawah tanah dinyatakan sebagai daerah yang mengandung karst sebenarnya. Data geologi tersebut digunakan karena kawasan karst bukanlah penutup lahan sehingga memvalidasi menggunakan citra optis saja tidak cukup. Selain itu kawasan karst di Kecamatan Cipatat juga tertutup vegetasi, daerah yang terbuka terjadi karena adanya penambangan karst yang dilakukan pada daerah tersebut.

Berdasarkan hasil validasi tahun 2007 yang berada dalam deliniasi data geologi karst, kawasan karst yang teridentifikasi menggunakan metode polarimetrik merupakan kawasan karst terbuka atau mempunyai penutup vegetasi yang sedikit. Kawasan karst terbuka berupa daerah tambang karst dan lahan kering. Kemudian karst dengan penutup vegetasi yang sedikit berupa daerah tertutup rumput, semak atau belukar (vegetasi sangat jarang). Namun tidak semua daerah tersebut ikut teridentifikasi. Hasil validasi tahun 2008 juga menunjukkan hal yang sama. Daerah

yang teridentifikasi berupa daerah tambang karst dan karst yang tertutup semak belukar. Namun tidak semua daerah dengan penutup lahan yang sama ikut teridentifikasi. Jadi hasil identifikasi kawasan karst yang berada dalam deliniasi geologi karst berupa lahan terbuka (tambang karst dan lahan kering) dan lahan tertutup vegetasi sangat jarang berupa (rumput, semak atau belukar).

Studi khusus pada penelitian ini tidak hanya pada daerah dalam deliniasi geologi karst namun juga daerah diluar deliniasi karst dimana hasil identifikasi yang berada pada area tersebut dinyatakan tidak sesuai dengan kenyataan di lapangan. Karena daerah diluar deliniasi geologi karst pada peta geologi tidak mempunyai unsur penyusun batuan karst. Namun hasil tersebut harus divalidasi karena hasil identifikasi karst pada penelitian ini tidak hanya dalam lingkup deliniasi geologi karst saja. Maka dengan memvalidasi daerah yang teridentifikasi sebagai karst yang berada diluar deliniasi geologi karst, bisa diketahui penyebabnya. Berikut validasi diluar deliniasi geologi karst ditunjukkan pada tabel IV.7.

Tabel IV.7. Hasil Validasi Kawasan Karst diluar Deliniasi Geologi Karst

Titik	Koordinat (X,Y) Hasil Identifikasi Polarimetrik	Gambar	Koordinat (X,Y) Hasil <i>Google Earth</i>	Gambar	Keterangan
Tahun 2007					
20	107°26'42.78"T 6°49'3.61"S		107°26'42.78"T 6°49'3.61"S		Tidak Sesuai Lahan Kering
21	107°21'30.15"T 6°49'44.54"S		107°21'30.15"T 6°49'44.54"S		Tidak Sesuai Lahan Basah
23	107°26'12.48"T 6°48'41.16"S		107°26'12.48"T 6°48'41.16"S		Tidak Sesuai Vegetasi Jarang

Dari keseluruhan hasil identifikasi kawasan karst baik yang berada di dalam dan diluar deliniasi geologi karst bisa diketahui kesamaan hasil identifikasi bahwa daerah karst berada pada lahan terbuka dan daerah dengan vegetasi sangat jarang (rumput belukar). Hal tersebut sesuai dengan parameter *Alpha* dan *Entropy*. Parameter *Alpha* untuk karst menunjukkan *surface scattering* dan *Entropy* sedang dimisalkan pada permukaan tanah dan daerah tertutup vegetasi pendek (rumput, belukar, ladang)

Namun pada daerah diluar deliniasi karst, hasil identifikasi karst juga berada pada vegetasi jarang (pepohonan jarang). Hal tersebut bisa terjadi karena kawasan karst merupakan daerah yang sangat kering dan tidak kedap air sehingga kawasan karst mempunyai pori-pori permukaan lebih besar dari tanah biasa. Besarnya pori-pori tersebut berpengaruh terhadap data *backscatter* yang diperoleh. Terutama pada parameter *Anisotropy* dimana parameter tersebut menunjukkan kerandoman sinyal atau yang terjadi sebelum dipantulkan kembali ke sensor. Kerandoman tersebut juga menunjukkan kekasaran permukaan objek

yang di rekam. Nilai *Anisotropy* yang diperoleh berada pada rentang sedang. Kemudian nilai parameter *Entropy* sedang dimana parameter tersebut menunjukan intensitas hamburan yang kembali ke sensor. Hal ini membuktikan bahwa pori-pori karst menghasilkan hamburan yang acak atau random sehingga hamburan tidak sepenuhnya kembali ke sensor (*Entropy* sedang). Hal yang sama juga ditunjukkan pada hasil identifikasi diluar deliniasi geologi karst pada vegetasi jarang dimana pepohonan jarang mengakibatkan keacakan hamburan sehingga hamburan tidak sepenuhnya kembali ke sensor.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1. Kesimpulan

1. Hasil identifikasi kawasan karst menunjukkan karakteristik *surface scattering*, keacakan hamburan sedang dan kekasaran permukaan sedang.
2. Luas kawasan karst teridentifikasi di Kecamatan Cipatat seluas 533 Ha (2007) dan seluas 1165 Ha (2008) dengan perubahan luas sebesar 632 Ha dari luas area studi 8033 Ha.
3. Hasil identifikasi kawasan karst menggunakan metode polarimetrik menunjukan daerah karst berada pada lahan bervegetasi sangat jarang dan lahan kering. Namun belum bisa membedakan *backscatter* atau keacakan hamburan dari lahan kering dengan vegetasi jarang, sehingga hasil identifikasi karst paling banyak teridentifikasi pada vegetasi jarang. Jadi hasil identifikasi kawasan karst dipengaruhi oleh penutup lahan
4. Hasil validasi kawasan karst yang teridentifikasi menunjukan hasil yang kurang baik karena penutup lahan diluar deliniasi geologi karst yang sama dengan penutup lahan karst ikut teridentifikasi. Sesuai dengan persentasi karst yang teridentifikasi sebesar 5% tahun 2007 dan 14.5% tahun 2008 terhadap data geologi karst seluas 857 Ha. Akurasi tutupan lahan dengan kappa 46,13% (2007) dan 45,65% (2008). Hal ini mengindikasikan klasifikasi tutupan lahan tidak sesuai dengan kondisi lapangan. Namun hasil tersebut sudah bisa membedakan dengan baik lahan terbangun, perairan, dan vegetasi.

V.2. Saran

1. Sebaiknya dilakukan pengukuran intensitas *backscatter* karst di lapangan langsung. Sehingga diperoleh rentang intensitas yang sebenarnya untuk kawasan karst.
2. Sebaiknya menggunakan data citra RADAR yang lebih baik. Data dengan polarisasi lengkap dan mempunyai frekuensi tinggi.
3. Sebaiknya menambah jumlah *training* sampel untuk tutupan lahan, hati-hati dalam mendeliniasi *training* sampel.

4. Sebaiknya menggunakan perangkat lunak yang lebih baik. Bisa mengolah data polarimetrik dengan polarisasi sebagian serta mudah dalam melakukan klasifikasi *supervised*.
5. Sebaiknya mencoba melakukan identifikasi kawasan karst dengan metode polarimetrik yang lain.
6. Sebaiknya melakukan validasi lapangan secara langsung untuk meningkatkan ketelitian hasil penelitian.

Daftar Pustaka

- Achmad, A. 2011. *Rahasia Hutan Bukit Kapur*. Surabaya: Brilian Internasional.
- Cloude S. R. and Pottier E., 1996. *A Review of Target Decomposition Theorems in RADAR Polarimetry*. *IEEE transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 34, 498-518.
- Giuli D. 1986. *Polarization diversity in RADAR*. *IEEE*, 74(2), 245-269.
- Ford dan Wiliam. 1996. *Karst Geomorphology and Hydrology*. London: Chapmand Hall.
- Lee, J. dkk. 2004. *Unsupervised Terrain Classification Preserving Scattering Characteristic*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 42(4), 722-731.
- Lee, J, S dan Pottier, E. 2009. *Polarimetric Radar Imaging From Basic to Applications*. New York: CRC Press.
- Martini, A. dkk. 2004. *Multi-frequency Polarimetric Snow Discrimination in Alpine Area*. *Mdpi, Remote Sensing*, 3101-3122.
- PALSAR *Reference Guide*. Edisi 6. 2102. Japan: *Japan Space System*.
- Pottier dan Ferro-Famil. 2004. *Two novel surface model based inversion algorithms sing multi-frequency PolSAR data*. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 823-826

Pustaka dari Situs Internet

- ASF-ALASKA. 2015. *Terrain Corrected (RTC)*. <https://www.asf.alaska.edu/sar-data/palsar/terrain-corrected-rtc/>. Diakses tanggal 22 Juni 2015.
- BPLHD JABAR. (2009). *Penyelamatan Kawasan Karst*. Citatah. <http://www.bplhdjabar.go.id/index.php/bidang-konservasi/subid-konservasi-dan-pemulihan/141-penyelamatan-kawasan-karst-citatah?showall=1>. Diakses tanggal 25 Oktober 2015
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 2 Tahun 2002 tentang Perlindungan Lingkungan Geologi. http://psdg.geologi.esdm.go.id/kepmen_pp_uu/Perda_2_2002.pdf. Diakses tanggal 15 Oktober 2015
- ESA, 2015. *PolSARPro the Polarimetric SAR Data Processing and Educational Tool*. <https://earth.esa.int/web/polsarpro/home>. Diakses tanggal 22 Juni 2015.