

SEBARAN STOK KARBON VEGETASI MANGROVE DI WILAYAH PESISIR KECAMATAN LAINEA KABUPATEN KONAWE SELATAN MELALUI ANALISIS *BACKSCATTER* CITRA SATELIT RADAR ALOS PALSAR L-BAND

Zulkarnain , Sitti Marwah, Lia Sartika

Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan dan Ilmu Lingkungan Universitas Halu Oleo

Email : zulkarnain.uho@gmail.com

ABSTRACT

This study has been carried out to know the carbon stock distribution of Mangrove, to validate ALOS PALSAR backscattering coefficient with aboveground biomass (AGB) and to know the best polarization to estimate mangrove carbon stock distribution at Coastal zone of Lainea District of South Konawe. This study was conducted from December 2015 to June 2016 at coastal zone of Lainea sub district of South Konawe. Above ground biomass was estimate by allometric equation and ALOS PALSAR Dual Polarization HH-HV analysis. The relationship between two variables then analyzed mathematically by regression to see how strong the relationship between two variables. The criteria used by coefficient of determination R^2 and Root Mean Square Error (RMSE). The result of total carbon stock in sample plot is 71,97 ton ha⁻¹ with total biomass is 153.13 ton ha⁻¹. For determination, coefficient HV is higher than HH with coefficient of determination R^2 is 84% and for RMSE value HV is lower than HH with 1,38 than 2,01. So, for mapping carbon stock distribution worth using HV backscatter polarization. Map of carbon stocks distribution classified by three class distribution are 0-25 ton ha⁻¹ for low carbon stock marked by blue color, 26-50 ton ha⁻¹ for medium carbon marked by yellow color and 51-75 ton ha⁻¹ for high carbon marked by red color. Based on the value of R^2 and RMSE, we conclude that the utilizing of ALOS PALSAR HV with equation $y = 0.254HV - 18.93$ polarization satellite imagery worthy used for estimating and mapping of carbon stock distribution of mangrove forest in Lainea Sub District, South Konawe

Keywords : ALOS PALSAR, Mangrove Forests, Carbon Stock, Validation

PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove memiliki fungsi ekologis yang sangat penting dalam upaya mitigasi pemanasan global, yakni sebagai penyimpan karbon terbaik dibanding semua tipe hutan lainnya di bumi (Daniel *et al.*, 2011), (Donato *et al.*, 2012). Santono *et al.*, (2005) dalam Yanuar R., (2015) mengemukakan bahwa luas ekosistem mangrove Indonesia berkisar antara 2,5 juta - 4,25 juta ha (perbedaan disebabkan karena metode pengukuran yang berbeda) atau $\pm 21\%$ luas mangrove dunia, dengan kemampuan menyerap karbon di udara mencapai 67,7 Mt CO₂ per tahun (Sadelle *et al.*, 2012). Data yang dirilis Wetland Indonesia berdasarkan Peta Mangrove di Indonesia BAKOSURTANAL (2009) menyebutkan, Khusus di Provinsi Sulawesi Tenggara, Kabupaten Konawe Selatan tercatat sebagai kabupaten dengan luas mangrove terbesar ke 3 dari 10 kabupaten kota, dengan luasan mencapai 11090.158 Ha.

Namun dekade terakhir menunjukkan fenomena perubahan penggunaan lahan mangrove menjadi tambak, lahan pertanian,

pemukiman dan pembalakan telah menyebabkan kerusakan yang cukup besar pada hutan mangrove (Murdiyarso, 2009). Dirjen BPDASPS Kementerian Kehutanan RI, Hilman Nugroho, mengungkapkan sebanyak 1,8 juta hektare hutan mangrove di Indonesia diperkirakan telah rusak (Tempo.co 2012). Kondisi ini berdampak pada penurunan kemampuan penyerapan karbon di atmosfer dan terurainya karbon tersimpan melalui proses dekomposisi ke atmosfer, sehingga mangrove yang seharusnya berperan sebagai *absorber* dan tempat *reservoir* CO₂ berubah menjadi penyumbang emisi CO₂ (Hery Purnobasuki, 2012). Bahkan menjadikan hutan mangrove sebagai salah satu sumber penghasil emisi gas rumah kaca utama dalam sepuluh tahun terakhir (Murdiyarso, 2009).

Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi fenomena degradasi mangrove tersebut adalah memperbaiki sistem pengelolaan hutan alam, dan hutan tanaman untuk meningkatkan peran hutan mangrove sebagai penyerap karbondioksida (Brown, *et al.*, 1996 dalam Heriyanto, 2012). Dalam

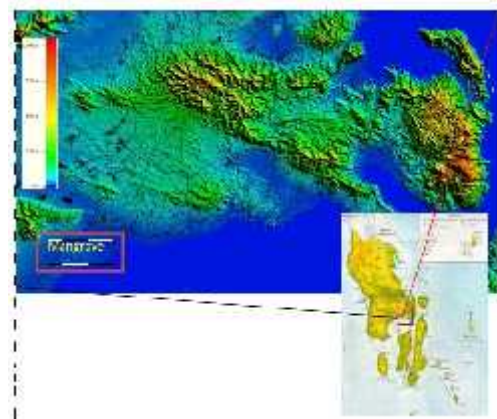
pelaksanaannya tentu membutuhkan dukungan data dan informasi yang valid, yang salah satunya mengenai simpanan karbon (*carbon stock*) (Prasetyo, et. al., 2012).

Seiring dengan perkembangan teknologi saat ini, hadirnya teknologi penginderaan jauh dapat membantu mengatasi kelemahan-kelemahan yang terdapat pada pengukuran langsung berbasis lapangan. Namun bukannya tanpa kendala, posisi geografis Indonesia yang berada pada daerah tropis dengan dua musim di setiap tahunnya dengan intensitas kondisi berawan tinggi menjadi salah satu kendala dalam menggunakan data citra optik (Antono, 2013). Lebih lanjut Antono, (2013), mengemukakan bahwa kendala tersebut dapat diatasi dengan memanfaatkan citra non optik (Radar) yang memiliki kemampuan untuk melakukan perekaman pada segala cuaca, baik pada siang atau malam hari, serta mampu mengatasi kendala tutupan awan dan asap. Salah satu satelit yang membawa sensor radar adalah satelit ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*). Citra ALOS PALSAR yang merupakan citra radar diperoleh dari hasil perekaman pantulan balik gelombang mikro oleh obyek yang lebih dikenal sebagai karakteristik *backscatter* (JAXA, 2008). Dengan memanfaatkan teknologi ini, maka penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai sebaran stok karbon pada wilayah pesisir Kecamatan Lainea Kabupaten Konawe Selatan untuk mendukung upaya mitigasi perubahan iklim.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan hutan mangrove Kecamatan Lainea Kabupaten Konawe Selatan yang secara geografis terletak pada koordinat 04°38'8.4" lintang selatan dan 122°60'39.2" bujur timur dengan luas sekitar 4378.49 ha. Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2015 hingga Juni 2016. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Peta RBI Kabupaten Konawe, Data Citra ALOS PALSAR Dual Pol HH HV, Buku Identifikasi Mangrove, Tegakan mangrove dan Tallysheet. Adapun Alat yang digunakan adalah Personal computer, Software ArcGIS, Software SENTINEL -1 TOOLBOX, Microsoft excel, Global Positioning System (GPS), Kamera digital, Haga

hypsoneter, Meteran roll 100 m, Pita meter, Parang, Tali rafia dan Alat tulis menulis.



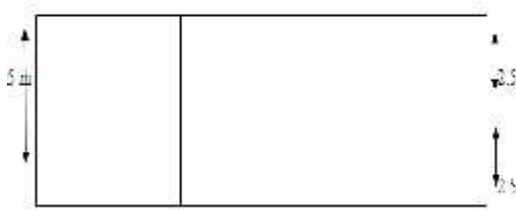
Gambar 1. Peta SRTM Kabupaten Konawe Selatan

Populasi dalam penelitian ini adalah vegetasi mangrove yang tumbuh pada wilayah pesisir Kecamatan Lainea Kabupaten Konawe Selatan. Sedangkan sampel dalam penelitian ini adalah tingkat pohon dan pancang mangrove yang terdapat dalam plot pengamatan seluas 5 m x 40 m pada dua zona mangrove yaitu zona darat dan zona laut (Hairiah dan Rahayu, 2007)

Jenis data pada penelitian ini yaitu data kuantitatif yang meliputi keliling dan tinggi tegakan sedangkan data kualitatif meliputi jenis mangrove pada lokasi penelitian. Sumber data penelitian ini terbagi atas dua yaitu data primer yaitu data yang diperoleh langsung di lapangan meliputi hasil pengukuran keliling dan tinggi tegakan, dan data sekunder yaitu data yang diperoleh dari instansi terkait meliputi data spasial kawasan Hutan Mangrove Kecamatan Lainea Kabupaten Konawe Selatan, data *Digital Elevation Model* diperoleh dari Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (BAPPEDA) serta data citra ALOS PALSAR L-BAND Dual Polarisasi HH HV diunduh dari lama resmi website *Japan Aerospace and Exploration Agency* (JAXA).

Pengukuran langsung stok karbon lapangan dilakukan dengan menempatkan plot-plot contoh di lapangan dilakukan dengan metode *purposive sampling*, Kemudian melakukan pengukuran langsung pada dua plot pada dua zona yaitu zona laut dan zona darat ukuran 5m x 40 m (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Pengukuran diameter batang dan tinggi total



Gambar 2. Pembagian sub plot pengamatan di lapangan

Perhitungan stok karbon lapangan dilakukan dengan pengukuran secara langsung selanjutnya dihitung menggunakan metode alometrik yang dikeluarkan oleh Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, RI (2013) yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rumus alometrik beberapa tumbuhan mangrove

Jenis	Persamaan Alometrik
<i>Rhizophora apiculata</i>	$B = \rho \text{ BEF pohon } (V = f(D, H))$
<i>Avicennia marina</i>	$BBA = 0,1848 D^{2,352}$
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	$\log BBA = -0,552 + 2,244 \log D$

Sumber : Balitbang Kehutanan RI (2013)

Keterangan :

BBA = Biomassa atas permukaan (kg),

D = diameter (cm),

ρ = massa jenis kayu (g/cm³)

H = Tinggi Tanaman (m)

Tabel 2. Massa Jenis Kayu Mangrove

Nama jenis	Massa jenis kayu (g/cm ³)
<i>Avicennia officinalis</i>	0,670
<i>Rhizophora apiculata</i>	0,770
<i>Sonneratia alba</i>	0,475
<i>Sonneratia caseolaris</i>	0,340

Sumber : Komiyama *et al.*, (2005), Kauffman dan Donato (2002).

dilakukan pada tingkat pancang dan pohon. Biomassa per Satuan Luas dan Stok Karbon dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{BIOMMASA (ton Ha}^{-1}\text{)} = \frac{\sum \text{Biomassa}}{\text{Luas area}}$$

.....(Hairiah, K *et al.*, 2009)

$$\text{KARBON (ton ha}^{-1}\text{)} = \text{Biomassa per satuan luas} \times 0,46$$

Pendugaan potensi simpanan karbon di Hutan Mangrove Kecamatan Lainea, dengan citra ALOS PALSAR dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan prapengolahan data citra ALOS PALSAR yakni ; (1) Data citra ALOS PALSAR yang digunakan untuk menduga potensi simpanan karbon di Hutan Mangrove Kecamatan Lainea menggunakan dua polarisasi, yaitu HH dan HV Level 1.1 tahun perekaman 2008 dengan filter yang digunakan adalah ukuran 9x9 piksel; (2) Memotong data citra sesuai dengan lokasi penelitian untuk mempermudah dan memperkecil daerah kerja, Kemudian pada citra tersebut dilakukan *multilooking* dan kalibrasi secara radiometrik dan geometrik menggunakan data DEM. Hal tersebut dimaksudkan untuk mencocokkan daerah penelitian di peta dengan keadaan sesungguhnya di permukaan bumi. Selanjutnya, pengolahan Data Citra ALOS PALSAR dilakukan dengan metode filter dimana nilai digital dari citra PALSAR diekstrak dan diolah menggunakan persamaan matematis untuk merubahnya menjadi nilai hamburan balik (*Backscatter*). Nilai hamburan balik ini yang kemudian akan mewakili tiap-tiap nilai biomassa terukur pada citra. Nilai digital tersebut dikonversi menggunakan persamaan yang dipublikasikan oleh Shimada *et al.* (2009)

$$\text{NRCS(dB)} = 10 * \log_{10}(\text{DN}^2) + \text{CF}$$

(Shimada *et al.* 2009)

Keterangan :

NRCS = *Normalized Radar Cross Section*

DN = *Digital Number*

CF = *Calibration Factor*, yaitu -83,2 untuk HH dan -80,2 untuk HV

Untuk melihat hubungan stok karbon dan nilai *backscatter* Citra ALOS PALSAR, dilakukan dengan menggunakan analisis regresi linear $Y = a + Bx$, dimana Y = Kandungan biomassa di atas permukaan tanah (ton ha⁻¹), dan X = Nilai *Backscatter*. Model terbaik dipilih berdasarkan kriteria statistik : koefisien determinasi (R^2) dan nilai akar kuadrat tengah sisaan (*Root Mean Square Error*, RMSE), Koefisien determinasi (R^2) dan RMSE menunjukkan besarnya persentase variasi nilai-nilai biomassa yang dapat diterangkan oleh nilai-nilai *backscatter* (HH atau HV). Nilai R^2 berkisar antara 0 (nol) hingga 100 %, dimana semakin tinggi nilai R^2 dan semakin kecil nilai RMSE maka hubungan antar peubah semakin kuat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Biomassa dan Stok Karbon Hasil Pengukuran Lapangan

Berdasarkan persamaan alometrik yang digunakan pada kedua jenis dominan pada zona laut dan zona darat, maka diperoleh biomassa dan stok karbon pada lokasi penelitian. Hasil perhitungan stok karbon pada hutan mangrove wilayah pesisir kecamatan Lainea diperoleh kisaran antara 35.11685 hingga 36.85939 ton⁻¹. hasil perhitungan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan stok karbon Hutan mangrove Kecamatan Lainea Kabupaten Konawe Selatan

Zona	Jenis Mangrove	Individu	Biomassa	Karbon (ton ha ⁻¹)
Laut	<i>Avicenia marina</i>	15	74,71	35,11
Darat	<i>Rhizophora apiculata</i>	47	78,42	36,85
Total kandungan karbon				71,97
Nilai Rata-rata Kandungan karbon				35,98

Sumber: Data primer diolah tahun 2016

Menurut Daniel, et.al (2011 dalam Rachmawati, et.al, 2014), potensi biomassa dari ekosistem mangrove yang baik di Asia Tenggara

yaitu berkisar antara 250-275 ton ha⁻¹, sedangkan potensi biomassa terendah yaitu kurang dari 7,9 ton ha⁻¹. Potensi total biomassa ekosistem mangrove di lokasi penelitian sebesar 76,6 ton ha⁻¹. Hal tersebut menunjukkan potensi biomassa di kawasan ekosistem mangrove di lokasi penelitian tidak terlalu tinggi. Kondisi mangrove yang sudah mulai dialih fungsikan menjadi penggunaan lain seperti tambak dan ladang menjadi penyebab utama rendahnya cadangan karbon di lokasi penelitian. Sedangkan potensi karbon tersimpan pada tegakan mangrove di lokasi penelitian mampu menyerap karbon sebesar 35,98 ton ha⁻¹.

B. Stok Karbon Hasil Interpolasi Koefisien *Backscatter* Citra ALOS PALSAR

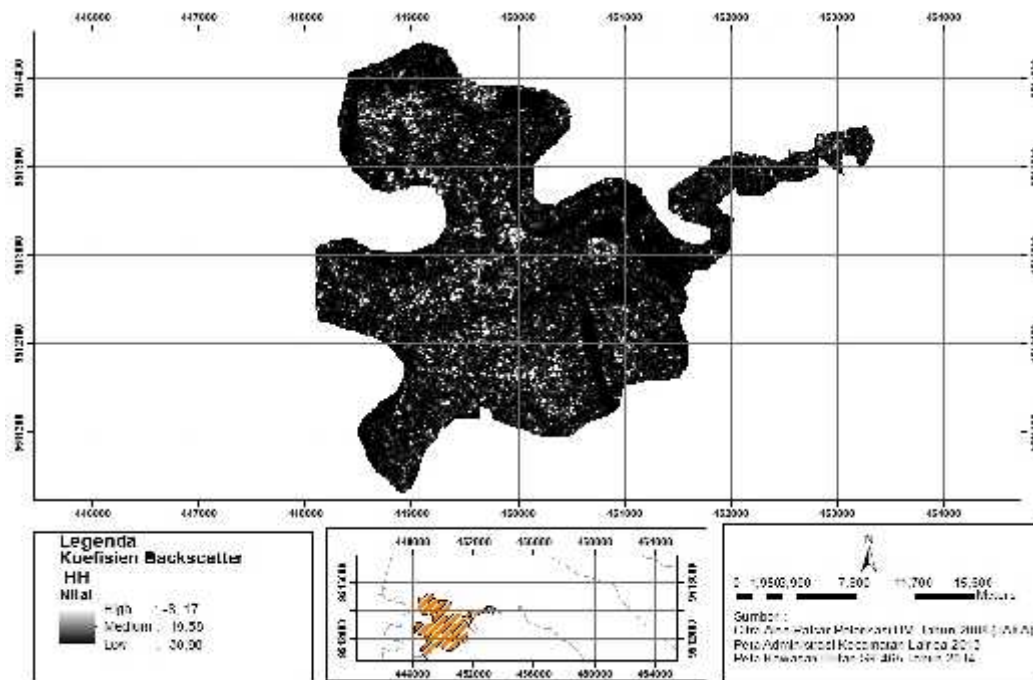
Setelah melewati serangkaian tahapan pemrosesan citra, maka nilai digital dikonversi menjadi koefisien *backscatter* menggunakan persamaan Shimada et, al (2009), kalibrasi dengan persamaan Shimada tersebut maka akan menghasilkan citra radar ALOS PALSAR koefisien *backscatter* (σ^0) polarisasi HH dan HV. Hasil interpolasi koefisien *backscatter* HH & HV citra ALOS PALSAR disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4. terlihat bahwa karbon minimum sebesar 2 ton ha⁻¹ dan karbon maksimum sebesar 40,5 ton ha⁻¹. Informasi lain yang disajikan pada tabel tersebut yaitu penurunan sensitivitas sinyal citra ALOS berbeda diantara kedua polarisasi HH dan HV. Pada polarisasi HH penurunan sensitivitas terjadi saat koefisien *backscatter* berada pada nilai -8.12314 atau saat karbon sekitar 5 ton ha⁻¹, sedangkan polarisasi HV terjadi pada -12.6799 atau karbon sekitar 20 ton ha⁻¹. Penurunan sensitivitas polarisasi HV yang lebih rendah dibandingkan polarisasi HH tersebut mengindikasikan bahwa polarisasi HV lebih baik dalam pendugaan stok karbon dibanding polarisasi HH. Untuk dapat melihat kedua perbedaan tersebut dengan jelas, maka divisualisasikan dalam bentuk peta citra kedua polarisasi, yang disajikan pada gambar 3 dan 4.

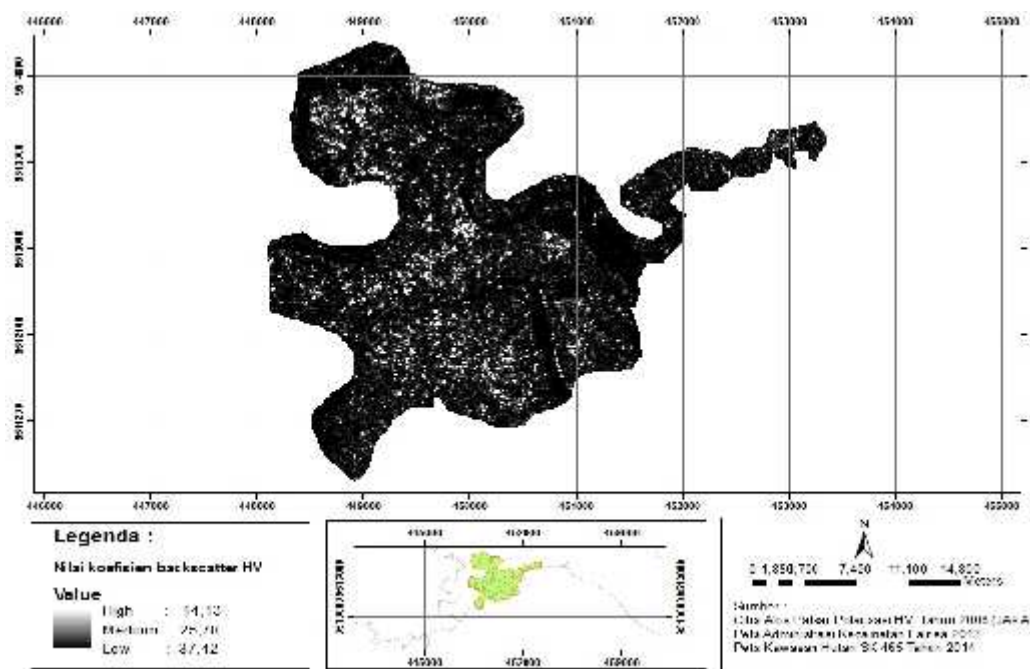
Tabel 4. Hasil Analisis Stok Karbn Koefisien *Backscatter* HH dan HV

No. Plot	Volume cadangan Karbon (ton ha - Interpolasi	Koefisien <i>Backscatter</i> (Sigma0) HH (dB)	Koefisien <i>Backscatter</i> (Sigma0) HV (dB)
1	2	-12.4578	-19.6911
2	5	-8.12314	-18.2537
3	8	-11.5713	-17.2724
4	12	-10.8014	-16.2656
5	15	-14.1783	-14.3658
6	18	-8.2395	-12.2249
7	22	-11.3784	-12.6799
8	25	-8.71785	-12.7447
9	28	-10.8625	-9.49914
10	32	-9.92858	-11.0438
11	35.12	-5.05496	-10.094
12	36.86	-9.19592	-13.188
13	38	-9.89768	-8.5849
14	40.5	-5.76299	-8.51698

Sumber: Data Primer diolah Tahun 2016

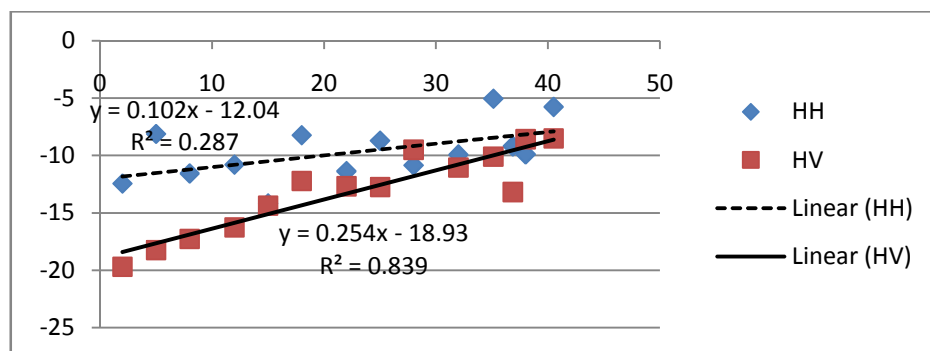


Gambar 3. Citra radar ALOS PALSAR dan koefisien *backscatter* (Sigma⁰) polarisasi HH(Horisontal-Horisontal), kawasan hutan mangrove Kecamatan Lainea, Kabupaten Konawe Selatan, tanggal perekaman citra satelit 16 Juni 2008



Gambar 4. Citra Radar ALOS PALSAR dan koefisien *backscatter* (Sigma^0) polarisasi HV (Horisontal-Vertikal), kawasan hutan, Kecamatan Lajene, Kabupaten Konawe Selatan, tanggal perekaman citra satelit 16 Juni 2008.

C. Hubungan Stok Karbon dan Nilai *Backscatter* Citra ALOS PALSAR



Gambar 5. Pola hubungan antara *backscatter* HH dan HV terhadap cadangan karbon

Untuk melihat hubungan antara dua variabel tersebut digunakan diagram pencar (*scatterplot*) antara nilai-nilai *backscatter* (pada sumbu y) dan nilai-nilai cadangan karbon di atas permukaan tanah (pada sumbu x), sehingga dapat diketahui sebarannya (Hutagalung, 2013). Gambar 7. menyajikan pola hubungan cadangan karbon di atas permukaan tanah (x) dengan nilai *backscatter* HH dan HV (y)

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7, pola hubungan antara *backscatter* HH dan HV terhadap cadangan karbon Hutan Mangrove

wilayah penelitian adalah berbentuk linear, terjadi saturasi volume karbon pada nilai *backscatter* HV -12 atau pada saat karbon 20 ton ha⁻¹. Demikian pula pada polarisasi HH, terjadi saturasi volume biomassa pada nilai -9 atau pada saat karbon 5 ton ha⁻¹. Proses saturasi sendiri mengindikasikan bahwa nilai *backscatter* mengalami kejenuhan atau tidak mengalami peningkatan walaupun stok karbonnya naik (Haribhawana, 2012)

Setiap jenis tumbuhan mempunyai karakteristik yang berbeda – beda berupa tajuk, struktur daun, diameter dan tinggi, variasi

tersebut mempengaruhi kekasaran permukaan dan tingkat kekasaran tersebut ditentukan oleh panjang gelombang yang mengenai objek vegetasi sehingga menghasilkan nilai digital yang berbeda. Semakin kasar permukaan vegetasi akan mendapatkan tone (citra) yang semakin cerah dan *backscatter* yang dihasilkan semakin tinggi. Proses saturasi sendiri tidak bisa dihindari dalam pemrosesan citra digital yang ditandai dengan berbeloknya titik-titik pada grafik.

Informasi lain yang terkandung dalam grafik tersebut adalah nilai R^2 dari kedua polarisasi. Besarnya nilai R^2 menyatakan seberapa baik kemampuan suatu peubah bebas untuk menjelaskan peubah tidak bebasnya, dalam hal ini adalah nilai karbon. Secara umum, nilai R^2 yang dianggap baik jika lebih dari 50% (Divayana, 2011). Pada Gambar 6. dapat dilihat bahwa hubungan antara stok karbon hutan mangrove wilayah penelitian dengan *backscatter* HV cukup tinggi dengan nilai R^2 sebesar 84%, berbeda dengan hubungan stok karbon dan *backscatter* HH yang hanya 28%.

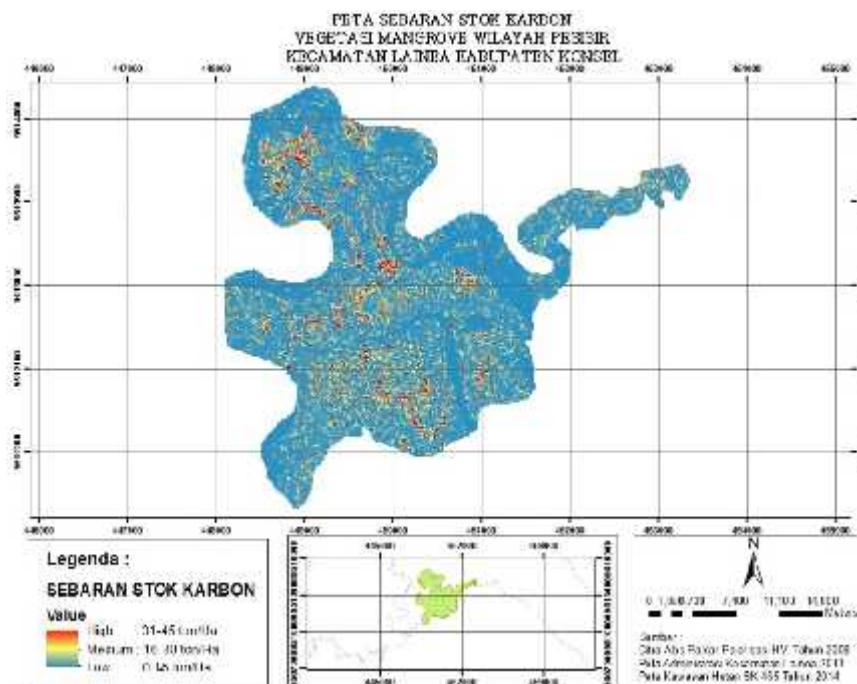
Dari kajian ini diketahui bahwa pada ukuran sampel 9x9 pixel, variasi *backscatter* HV mampu menjelaskan variasi biomassa yang relatif lebih baik dibandingkan dengan *backscatter* HH. Hal ini sejalan dengan

beberapa penelitian sebelumnya diantaranya yaitu Aways (2009) dan Rautse, *et al* 2007 dalam Haribhawana 2012 yang menyatakan bahwa polarisasi HV mampu menjelaskan pendugaan-pendugaan.

D. Peta Sebaran Stok Karbon

Setelah memperoleh polarisasi terbaik yaitu polarisasi HV, maka dapat dibuat peta distribusi stok karbon. Peta pendistribusian stok karbon merupakan informasi mengenai penyebaran stok karbon di lokasi areal penelitian. Peta tersebut disajikan pada gambar 8.

Peta sebaran cadangan karbon hutan mangrove Wilayah Pesisir Kecamatan Lainya Kabupaten Konawe Selatan resolusi 20 m dibuat dalam skala 1:35.000 dan untuk menggambarkan besar penyebaran stok karbon, setiap perbedaan stok karbon digambarkan dengan warna yang berbeda. Selang data stok karbon digambarkan ke dalam 3 kelas stok karbon yaitu 0-15 ton ha⁻¹ menginterpretasikan stok karbon rendah yang digambarkan dengan warna biru, 16-30 ton ha⁻¹ menggambarkan karbon sedang dengan warna kuning dan 31-45 ton ha⁻¹ menggambarkan stok karbon tinggi yang digambarkan dengan warna merah.



Gambar 6. Peta Sebaran Stok Karbon Vegetasi Mangrove Citra ALOS PALSAR Polarisasi HV di Kecamatan Lainya Kabupaten Konawe Selatan Tahun 2016

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu : (1) Sebaran stok karbon pada huan mangrove kecamatan laina terbagi menjadi tiga kelas sebaran yaitu 0-15 ton ha⁻¹, 16-30 ton ha⁻¹ dan 31-45 ton ha⁻¹; (2) Citra ALOS PALSAR Polarisasi HV memiliki validasi yang tinggi dalam menduga sebaran stok karbon dengan koefisien determinasi R² = 84%; (3) Polarisasi HV lebih baik dibandingkan polarisasi HH dalam menduga sebaran stok karbon dengan koefisien determinasi R² sebesar 84 sedangkan polarisasi HH hanya 28%.

Saran yang dapat dikemukakan dari hasil penelitian ini adalah mengingat keterbatasan sumberdata maka penelitian ini menggunakan sumberdata citra yang tidak update sehingga pada penelitian selanjutnya pemanfaatan citra radar sebagai data primer sebaiknya menggunakan tahun perekaman yang sama dengan tahun pengukuran lapangan, karena meskipun nilai pertumbuhan hutan secara alami dapat dengan mudah dilacak, akan tetapi data nilai penurunan atau degradasi hutan setelah tanggal perekaman berlaku sebaliknya, sehingga tidak menutup kemungkinan terjadi bias.

DAFTAR PUSTAKA

Antono. 2013. *Estimasi Pendugaan Biomassa Hutan Sekunder dan Daerah Reklamasi Menggunakan Data Citra Alos Palsar. Jurnal Statistik Volume 13. No293.* Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara. Bandung

Cahyaningrum, S.T., Hartoko,A., Suryati. 2014. *Biomassa Karbon Mangrove pada Kawasan Mangrove Pulau Kemujan Taman Nasional Karimunjawa.* Diponegoro Journal Of Maquares Volume 3, Nomor 3, Tahun 2014, Halaman 34-42

Divayana, I.P.I., 2011. *Pendugaan Biomasa Tegakan Menggunakan Citra Alos Palsar (Studi Kasus Di Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara).* IPB.Bogor

Donato, Daniel C., J. Boone Kauffman, Daniel Murdiyarso, Sofyan Kurnianto, Melanie Stidham, and Markku Kanninen. 2011. *Mangroves Among the Most Carbon-rich Forests in the Tropics.* [Jurnal] Nature Geo

Science. Letters Published Online: 3 APRIL 2011

- Hairiah, K. dan Rahayu, S.2007 *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan.* World Agroforestry Center – ICRAF, SEA Regional Officem university of Brawijaya. Bogor
- Haribhawana, I.M.W. 2012. *Pendugaan Distribusi Spasial Biomassa di Atas Permukaan Tanah Menggunakan Citra Alos Palsar Resolusi 50 m Di Provinsi Bangka Belitung (Studi Kasus Areal Reklamasi Bekas Tambang).* IPB. Bogor.
- Hery Purnobasuki, 2012. *Pemanfaatan Hutan Mangrove Sebagai Penyimpan Karbon.* Buletin PSL Universitas Surabaya 28 (2012): 3-5. https://www.academia.edu/6401998/Pemanfaatan_Hutan_Mangrove_Sebagai_Penyimpan_Karbon
- Heriyanto N.M., E. Subiandono. 2012. *Komposisi dan Struktur Tegakan, Biomassa, dan Potensi Kandungan Karbon Hutan Mangrove di Taman Nasional Alas Purwo.* Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam (9:1; 023-032).
- Hutagalung, M.E. 2013. *Model Spasial Penggunaan dan Pemetaan Biomassa di atas Permukaan Tanah Menggunakan Citra Alos Palsar Resolosi 12, 5* IPB. Bogor.
- <http://indonesia.wetlands.org/Portals/28/PDF/Luas%20Kawasan%20Mangrove%20Per%20Kabupaten.pdf>
- Kemenuh. 2013. *Peraturan Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan No. P.01/VIII-P3KR/2012. Pedoman Penggunaan Model Allometrik untuk Pendugaan Biomassa dan Stok Karbon Hutan di Indonesia.* Badan Penelitian Dan Pengembangan Kehutanan Pusat Penelitian Dan Pengembangan Konservasi Dan Rehabilitasi.
- Mutiara, M.T., 2016. *Biomassa Dan Serapan Karbon (Carbon Sequestration) Pada Tegakan, Nekromassa Kayu Dan Substrat Mangrove Di Bulaksetra, Pangandaran.* IPB. Bogor.
- Prasetyo, L. B., I. B. K. Wedastra, P. T. Maulida. 2012. *Pemetaan Sebaran Karbon di Kabupaten Merauke, Provinsi Papua.*

- Institut Pertanian Bogor dengan WWF Indonesia
- Rachmawati, D., Setyobudiandi, I., Hilmi, E. 2014. *Potensi Estimasi Karbon Tersimpan Pada Vegetasi Mangrove Di Wilayah Pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. Omni-Akuatika Vol. XIII No.19* November 2014 : 85 -91
- Shimada, M.,M. Watanabe, T. Motooka, T. Shiraishi, R. Thapa. 2012. *Stability of Gamma Naught and The PALSAR based Forest MRV System*. JAXA, EORC. GEOS-AP Forest Session.
- Tempo.co*, 2012. 1,8 Juta Hektare Hutan Mangrove di Indonesia Rusak. <https://m.tempco.co/read/news/2012/11/05/206439807/1-8-juta-hektare-hutan-mangrove-di-indonesia-rusak>
- Yanuar R., 2015. *Potensi Fauna Akuatik Ekosistem Hutan Mangrove Di Kawasan Teluk Pangpang Kabupaten Banyuwangi*. Tesis, Program Magister Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Udayana Denpasar 2015. www.pps.unud.ac.id/.../unud-1597-446715650-tesis%20potensi%20fauna%20akuatik..

