

**PEMANFAATAN CITRA ALOS PALSAR DALAM MENDUGA BIOMASA HUTAN ALAM:
STUDI KASUS DI TAMAN NASIONAL BOGANI NANI WARTABONE**

***THE UTILIZATION OF ALOS PALSAR IMAGE TO ESTIMATE NATURAL FOREST
BIOMASS: CASE STUDY AT BOGANI NANI WARTABONE NATIONAL PARK***

Nurlita Indah Wahyuni¹

¹Balai Penelitian Kehutanan Manado; Jl. Raya Adipura Kelurahan Kima Atas Kecamatan Mapanget Manado
Telp. 0431-3666683; Email: nurlita.indah@gmail.com
Diterima: 04 Maret 2014; direvisi: 14 Mei 2014; disetujui: 22 Mei 2014

ABSTRAK

Perkembangan teknologi penginderaan jauh saat ini memungkinkan pemanfaatan data dalam berbagai bidang, termasuk kehutanan. Selain dimanfaatkan untuk pemetaan penutupan lahan dan pemantauan deforestasi, data citra satelit juga bisa digunakan untuk pendugaan biomasa. Tulisan ini memaparkan pemanfaatan data citra satelit ALOS PALSAR untuk menduga dan memetakan biomasa atas permukaan pada hutan alam di kawasan TN Bogani Nani Wartabone yaitu di SPTN II Doloduo dan SPTN III Maelang. Metode yang digunakan adalah pemodelan hasil pengukuran biomasa di lapangan dengan nilai digital pada citra. Terdapat dua macam peta sebaran biomasa dan karbon yang dapat dibuat dari data hasil pengukuran dan citra ALOS PALSAR dengan resolusi 50 m. Peta dibuat berdasarkan polarisasi hamburan balik yaitu HH dan HV. Kedua peta menggambarkan sebagian besar wilayah SPTN II Doloduo dan SPTN III Maelang didominasi oleh kelas biomasa pertama dengan cadangan biomasa sebesar 0-5.000 ton/ha. Kata kunci: biomasa, hutan alam, ALOS PALSAR

ABSTRACT

The development of remote sensing technology makes it possible to utilize its data in many sectors including forestry. Remote sensing image has been used to map land cover and monitor deforestation. This paper presents utilization of ALOS PALSAR image to estimate and map aboveground biomass at natural forest of Bogani Nani Wartabone National Park particularly SPTN II Doloduo and SPTN III Maelang. We used modeling method between biomass value from direct measurement and digital number of satellite image. There are two maps which present the distribution of biomass and carbon from ALOS PALSAR image with 50 m spatial resolution. These maps were built based on backscatter polarization of HH and HV bands. The maps indicate most research area dominated with biomass stock 0-5,000 ton/ha.

Keywords: biomass, natural forest, ALOS PALSAR

PENDAHULUAN

Saat ini teknologi penginderaan jauh sudah mengalami kemajuan yang sangat pesat. Salah satu tanda perkembangan ini adalah semakin banyaknya produk citra satelit misalnya satelit sumberdaya alam seperti ALOS, Landsat, Ikonos, SPOT, Quick Bird, Aster dan sebagainya. Data penginderaan jauh ini sudah dimanfaatkan dalam berbagai bidang berbasis keruangan dan sumberdaya alam termasuk kehutanan. Aplikasi penginderaan jauh terutama memanfaatkan sifat-sifat dan kelebihan penginderaan jauh dibandingkan pengukuran lapangan. Beberapa kelebihan pengumpulan data menggunakan penginderaan jauh antara lain memudahkan pekerjaan di lapangan karena kemampuan dalam merekam suatu kondisi terutama di lokasi dengan

aksesibilitas yang sulit, dapat memberikan data yang lengkap dalam waktu relatif singkat serta pemantauan kondisi suatu wilayah yang sama secara berkala (Jaya, 2011).

Sektor kehutanan memanfaatkan data penginderaan jauh antara lain untuk pemetaan tutupan lahan, pemantauan deforestasi, inventarisasi hutan, pemantauan titik kebakaran hutan dan sebagainya. Pemanfaatan data ini berkembang sejalan dengan permasalahan yang muncul, misalnya tentang perubahan iklim. Dalam hal ini data penginderaan jauh dimanfaatkan untuk menduga biomasa hutan dan menghitung emisi CO₂ yang muncul akibat perubahan penutupan hutan atau deforestasi.

Pada awalnya pengukuran biomasa dilakukan secara terestris pada skala plot. Namun perkembangan teknologi penginderaan jauh memungkinkan pengukuran biomasa secara tidak langsung, yaitu untuk menghitung dan memantau biomasa pada skala tutupan lahan. Hal ini biasanya diaplikasikan pada biomasa di atas permukaan tanah terutama pohon. Aplikasi penginderaan jauh biasanya menggunakan persamaan alometrik untuk menentukan nilai biomasa. Kemudian dibuat korelasi antara karakteristik spektral citra satelit dengan jumlah biomasa yang terukur. Hasil korelasi ini dikembangkan lebih lanjut menjadi model persamaan penduga biomasa dari tingkat plot ke tingkat bentang alam (Ulumuddin *et al.*, 2005).

Beberapa citra satelit jenis radar maupun optik yang telah banyak dikaji untuk pengukuran biomasa antara lain Landsat ETM+, SPOT-5, ALOS PALSAR dan QUICKBIRD. Kelebihan penggunaan metode ini selain mampu menghasilkan informasi yang cepat dan cukup akurat pada skala luas, juga dapat memantau perubahan biomasa secara berkala melalui data citra pada dua perekaman waktu yang berbeda (Dahlan *et al.*, 2005).

Kajian ini menggunakan data satelit ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) yang terdiri atas dua jenis sensor yaitu optik dan radar. Instrument yang menggunakan sensor optik adalah PRISM (*Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping*) dan AVNIR-2 (*the Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*), sedangkan instrumen dengan sensor radar adalah PALSAR (*Phased Array Type L-band Synthetic Aperture Radar*). PALSAR menggunakan gelombang mikroaktif sehingga dapat melakukan observasi siang dan malam tanpa terpengaruh kondisi cuaca satelit ini diharapkan dapat digunakan untuk observasi kawasan, pengamatan bencana dan survei sumber daya alam (JAXA, 2008).

Tulisan ini merupakan bagian dari kegiatan penelitian Balai Penelitian Kehutanan Manado yang dilaksanakan pada tahun 2012. Penelitian ini memanfaatkan data penginderaan jauh yaitu citra ALOS PALSAR dalam pendugaan dan pemetaan biomasa atas permukaan pada hutan alam.

METODE PENELITIAN

Pengambilan data dilaksanakan pada bulan Juni, September dan Oktober 2012 di kawasan Taman Nasional Bogani Nani Wartabone di tiga lokasi yang termasuk dalam Seksi Pengelolaan Taman Nasional (SPTN) II Doloduo dan SPTN III Maelang.

Taman Nasional Bogani Nani Wartabone (TNBNW) secara geografis terletak antara 0°20' - 0°51' LU dan 123°06' - 123°18' BT, serta masuk dalam wilayah dua propinsi yaitu Sulawesi Utara dan Gorontalo. Dari luas keseluruhan 287.115 ha, seluas 117.115 ha (62,32%) berada di Sulawesi Utara dan 110.000 ha (37,68%) termasuk dalam wilayah Gorontalo. Berdasarkan Schmidt dan Ferguson, wilayah TNBNW termasuk dalam tipe iklim A, B dan C, dengan curah hujan rata-rata antara 1.700-2.200 mm per tahun dan suhu rata-rata antara 20°-28° C. Sedangkan topografi kawasan ini sangat beragam mulai dari datar hingga berbukit terjal dengan ketinggian antara 50 - 1.970 m dpl.

Kondisi tiga lokasi pengambilan data cukup beragam, mulai dari kawasan Bukit Lingua (SPTN II Doloduo) dengan penutupan tajuk berkisar antara 65-80 % yang merupakan hutan sekunder yang biasa dilewati masyarakat saat masuk kawasan hutan untuk memasang jerat. Hal ini sedikit berbeda dengan lokasi di Puncak Biyonga dan Kayu Lawang (SPTN III Maelang) yang terletak cukup dekat dengan bekas perambahan pada tahun 2000-an. Kedua lokasi ini termasuk dalam hutan sekunder dengan penutupan tajuk berkisar antara 60-70 % pada hutan dataran rendah dan 80-90 % pada hutan dataran tinggi.

Bahan yang digunakan dan menjadi obyek dalam kegiatan penelitian ini terdiri dari ekosistem hutan dan citra ALOS PALSAR kawasan Taman Nasional Bogani Nani Wartabone perekaman Pebruari 2009. Peralatan yang digunakan pada saat pengambilan data di lapangan antara lain peta kerja, kamera, tali rafia, tali tambang, plastik spesimen, gunting tanaman, timbangan digital, pita ukur, GS, pita penanda, *tally sheet* dan alat tulis.

Pengumpulan data untuk mengetahui jumlah biomasa dan karbon tersimpan diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan. Total dibuat sebanyak 60 plot ukur biomasa, masing-masing 30 plot di tiap SPTN. Ukuran plot mengacu pada Hairiah dan Rahayu (2007) yaitu 31 plot berukuran 5 m x 40 m (pohon dengan diameter 5-30 cm) dan 29 plot berukuran 20 m x 100 m (pohon berdiameter >30 cm). Tahapan pengukuran biomasa di atas permukaan tanah dimulai dari pembuatan plot pengukuran, pengukuran biomasa pohon, pengukuran biomasa tumbuhan bawah dan serasah serta pengukuran biomasa nekromasa. Jenis data lapangan yang akan dikumpulkan terdapat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Jenis data primer yang dikumpulkan

No	Komponen biomasa	Definisi	Cara	Ukuran plot	Data yang dikumpulkan
1	Pohon	Pohon berdiameter 5-30 cm Pohon berdiameter > 30 cm	Non destruktif	5 m x 40 m 20 m x 100 m	Nama jenis, diameter (dbh)
2	Tumbuhan bawah	Semua vegetasi yang tumbuh di lantai hutan berupa herba, semak atau liana	Destruktif	0,5 m x 0,5 m	Berat basah total, berat basah sub contoh, berat kering sub contoh
3.	Serasah	Semua bahan organik di lantai hutan yang belum terdekomposisi secara sempurna yang ditandai dengan masih utuhnya bentuk jaringan	Destruktif	0,5 m x 0,5 m	Berat basah total, berat basah sub contoh, berat kering sub contoh
4.	Nekromasa	Semua pohon mati yang berdiri maupun kayu mati atau bagian pohon yang telah rebah termasuk batang, cabang dan ranting	Destruktif	0,5 m x 0,5 m	Diameter (dbh), diameter ujung, diameter pangkal, panjang, berat jenis

Sumber: Hairiah dan Rahayu (2007) dan SNI 7724:2011

Analisis Data

Analisis data meliputi data primer biomasa yang diperoleh dari pengukuran secara langsung di lapangan dan data sekunder berupa analisis citra digital. Data hasil pengukuran lapangan diolah dengan menggunakan persamaan sebagaimana yang tertera di dalam Tabel 2. Estimasi jumlah karbon tersimpan pada setiap komponen biomasa dihitung dengan cara mengalikan total biomasa dengan konsentrasi karbon organik sebesar 0,47 sesuai dengan SNI 7724:2011.

Sedangkan proses pembuatan peta sebaran biomasa dimulai dari penyusunan model penduga biomasa menggunakan korelasi nilai hamburan balik

(*backscatter*) dengan nilai biomasa di lapangan. Model regresi untuk menduga biomasa tegakan menggunakan persamaan linier, polynomial, eksponensial dan linier berganda. Kemudian dilakukan analisis regresi untuk memilih model terbaik berdasarkan kriteria nilai akar kuadrat tengah sisaan (*Root Mean Square Error*, RMSE) dan koefisien determinasi terkoreksi (R^2_{adj}), yaitu model dengan nilai RMSE terkecil dan R^2_{adj} terbesar. Tahap terakhir adalah pembuatan peta kelas biomasa dengan cara menurunkan citra *backscatter* dari model penduga biomasa terpilih. Tahapan analisis data digital terdapat dalam Tabel 3.

Tabel 2. Persamaan yang digunakan untuk menghitung biomasa

No	Komponen biomasa	Persamaan untuk menghitung biomasa	Keterangan	Data yang dihasilkan
1.	Pohon	Persamaan alometrik : $Y = 42.69 - 12.8D + 1.242D^2$ (Brown, 1997)	Y : biomasa per pohon (kg) D : dbh (cm)	Biomasa per pohon (kg)
2.	Tumbuhan bawah	$Bo = \frac{Bks \times Bbt}{Bbs}$	Bo : berat bahan organik (kg) Bks: berat kering contoh (kg) Bbt : berat basah total (kg) Bbs : berat basah contoh (kg)	Biomasa per plot (kg)
3.	Serasah			Biomasa per plot (kg)
4.	Nekromasa	$B_n = V_n \times BJ_n$	B_n : bahan organik pohon mati atau kayu mati (kg) V_n : volume pohon mati (m^3) BJ_n : berat jenis kayu pohon mati atau kayu mati (kg/m^3)	Biomasa per plot (kg)

Tabel 3. Tahap analisis data citra digital

No	Analisis	Persamaan yang digunakan	Keterangan
1.	Nilai hamburan balik/ <i>backscatter</i>	$NRCS(dB) = 10 * \log_{10}(DN^2) + CF$	NRCS : <i>Normalized Radar Cross Section</i> DN : <i>Digital Number</i> CF : <i>Calibration Factor</i> citra ALOS PALSAR sebesar -83
2.	Pemilihan model penduga biomasa	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - p}}$ $R_{adj}^2 = 1 - \frac{(n - 1) \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{(n - 1) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}$	RMSE : <i>Root Mean Square Error</i> R_{adj}^2 : koefisien determinasi terkoreksi y_i : nilai pengukuran \hat{y}_i : nilai dugaan \bar{y}_i : nilai rata-rata biomasa tegakan n : jumlah plot contoh p : jumlah parameter model

Sumber: Tiryana (2011)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Biomasa Atas Permukaan

Terdapat 3 komponen biomasa yang diukur yaitu pohon, tumbuhan bawah, serasah, dan nekromasa baik berupa batang rebah atau pohon mati. Data biomasa diperoleh dari 60 plot Tabel 4. Rata-rata biomasa dan karbon

pengukuran pada tiga lokasi yang terdapat pada SPTN II Doloduo dan SPTN III Maelang. Dengan menggunakan persamaan untuk menghitung biomasa tiap komponen, diperoleh rata-rata dan total biomasa dan karbon sebagaimana terdapat dalam Tabel 4.

Komponen biomasa	Tipe ekosistem per lokasi			
	SPTN II Doloduo		SPTN III Maelang	
	Hutan Dataran Rendah Lingua	Hutan Dataran Rendah Tumokang	Hutan Dataran Rendah Melang	Hutan Dataran Tinggi Maelang
Pohon (ton/ha)	578,05	981,21	2.960,21	462,24
Tumbuhan Bawah (ton/ha)	0,92	0,08	0,74	1,45
Serasah (ton/ha)	4,26	4,12	7,84	6,05
Nekromasa (ton/ha)	0,02	0,01	0,04	0,01
Total biomasa (ton/ha)	583,25	985,41	2.968,8	469,76
Rentang nilai biomasa (ton/ha)	223,24-1053,80	44,43-3.160,27	225,02-21.688,80	280,96-709,12
Total karbon (ton C/ha)	274,13	463,13	1.395,35	220,79
Rentang nilai karbon (ton C/ha)	104,92-495,29	20,88-1.485,33	105,76-10.193,73	132,05-333,29

Keterangan: fraksi karbon 0,47 (SNI 7724:2011), selang kepercayaan nilai biomasa α : 0,05

Model Penduga Biomasa

Dari 60 plot pengukuran yang telah dibuat, sebanyak 30 plot digunakan untuk menyusun model penduga biomasa dan 30 plot lainnya untuk validasi model. Model ini dibuat untuk mengetahui apakah citra ALOS PALSAR dapat menggambarkan korelasi antara nilai-nilai hamburan balik (*backscatter*)

dengan nilai biomasa di lapangan. Nilai biomasa merupakan jumlah total dari komponen-komponen biomasa yang diukur yaitu pohon, tumbuhan bawah, serasah dan nekromasa. Berdasarkan analisis beberapa model penduga biomasa, diperoleh hasil sebagaimana terangkum dalam Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Persamaan regresi untuk menduga biomasa

	Model	Parameter			R_{adj}^2	RMSE
Linier	$Y = a + b * HH$	a = 9501,80	b = 987,38	-	0,875	2,02
	$Y = a + b * HV$	a = 16211,03	b = 1135,69	-	0,867	1,85
Eksponensial	$Y = a * e^{(b * HH)}$	a = 10,33	b = -0,06	-	0,836	3,60
	$Y = a * e^{(b * HV)}$	a = 13,16	b = -0,04	-	0,805	4,63
Polinomial	$Y = a * HH^2 + b * HH + c$	a = 684,61	b = -20,73	c = 8454,43	0,876	-
	$Y = a * HV^2 + b * HV + c$	a = 861,16	b = -11,19	c = 14550,63	0,867	-

Keterangan: Y = biomasa (ton/ha); a,b,c = nilai estimasi parameter

Terdapat 3 model yang dianalisis, yaitu model linier, model eksponensial dan model polinomial. Dari 3 model tersebut dibuat model lagi berdasarkan polarisasi HH dan HV. Total dibuat sebanyak 6 model untuk diuji hubungan nilai *backscatter* citra dengan nilai biomasa di lapangan. Dari analisis model ini, enam model yang diuji memiliki nilai R^2_{adj} yang hampir sama, sehingga pemilihan model lebih merujuk pada nilai RMSE terkecil.

Berdasarkan Tabel 5 di atas, model linier yaitu $Y = a+b*HH$ dan $Y = a+b*HV$ menghasilkan nilai RMSE terkecil yaitu sebesar 2,02 dan 1,85. Dan model dengan polarisasi HV memiliki RMSE lebih kecil daripada model dengan polarisasi HV. Sehingga bila dibandingkan dengan model eksponensial dan model polinomial, maka model linier inilah yang terpilih digunakan untuk interpolasi nilai biomasa dan memetakan biomasa pada SPTN II Doloduo dan SPTN III Maelang.

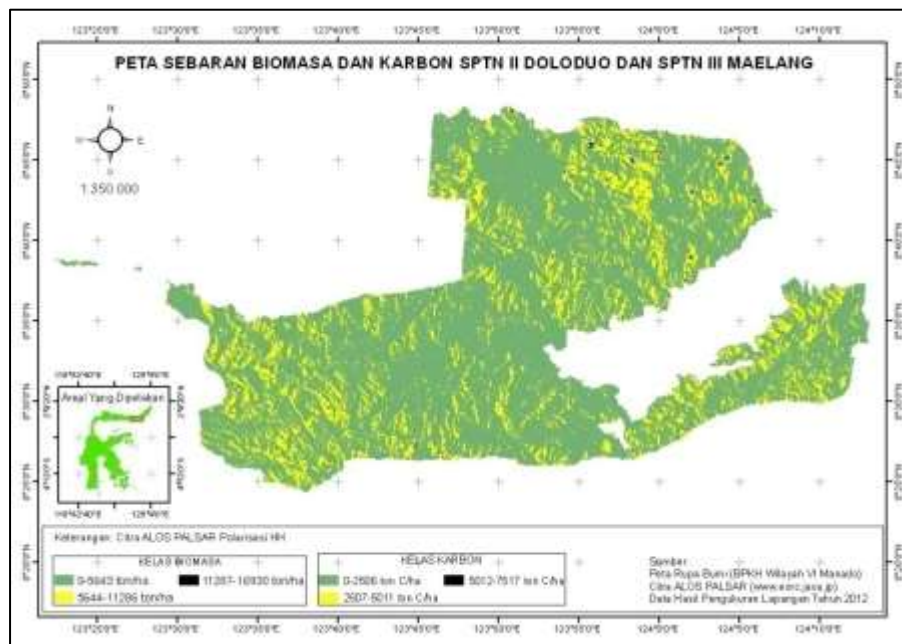
Peta Sebaran Biomasa dan Karbon

Peta sebaran biomasa dan karbon berisi informasi tentang penyebaran besaran biomasa dan karbon pada wilayah penelitian. Peta ini dinyatakan dalam kelas yang nilainya merupakan selang data biomasa dimana setiap kelas digambarkan dengan warna yang berbeda. Untuk memudahkan penilaian dan penggambaran kelas biomasa, maka kelas biomasa dan karbon dibuat sebanyak 3 kelas dengan membagi rata nilai biomasa dan karbon. Peta sebaran biomasa dan karbon dari citra resolusi 50 m dapat dibuat dalam skala minimum 1:500.000 hingga

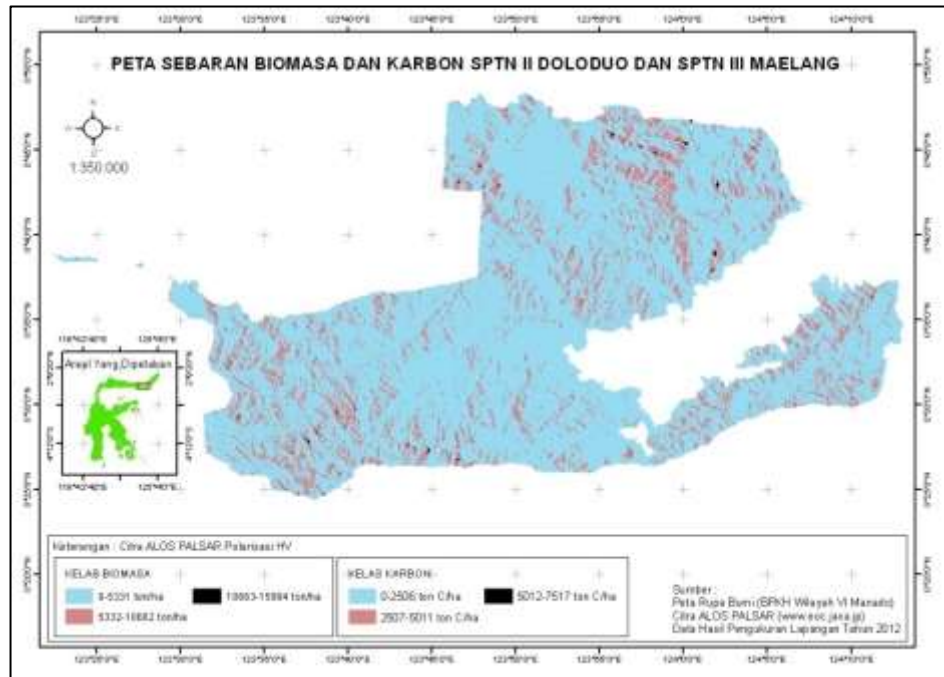
maksimum 1:100.000. Skala yang dipilih berdasarkan pertimbangan akurasi grafis saat pencetakan peta tersebut. Peta sebaran biomasa dan karbon dari polarisasi HH dan HV citra ALOS PALSAR resolusi 50 m terdapat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Untuk menggambarkan besar penyebaran biomasa, sebaran biomasa dan karbon pada peta dengan polarisasi HH maupun HV dibagi ke dalam 3 kelas. Pada peta dengan polarisasi HH, biomasa dibagi menjadi kelas 0-5.331 ton/ha, 5.332-10.662 ton/ha dan 10.663-15.994 ton/ha. Sedangkan sebaran karbon dibagi ke dalam kelas 0-2.506 ton C/ha, 2.507-5.011 ton C/ha dan 5.012-7.517 ton C/ha. Demikian pula pada peta polarisasi HV, selang nilai biomasa adalah 0-5.643 ton/ha, 5.644-11.286 ton/ha dan 11.287-16.930 ton/ha, serta nilai sebaran karbon 0-2.652 ton C/ha, 2.653-5.304 ton C/ha dan 5.305-7.957 ton C/ha.

Perbedaan nilai biomasa pada peta polarisasi HH dan HV dipengaruhi oleh intensitas *backscatter* citra dan sifat kekasaran obyek yang dalam hal ini adalah permukaan tajuk hutan di lokasi pengamatan. Pada citra radar, vegetasi memiliki permukaan yang kasar dan kandungan kelembaban yang tinggi sehingga vegetasi akan banyak menghamburkan sekaligus memantulkan energi radar yang diterima. Pantulan energi ini akan menghasilkan nilai *backscatter* yang tinggi dan menampilkan rona cerah pada citra.



Gambar 1. Peta sebaran biomasa dan karbon citra ALOS PALSAR resolusi 50 m polarisasi HH



Gambar 2. Peta sebaran biomasa dan karbon citra ALOS PALSAR resolusi 50 m polarisasi HV

Rauste *et al.* (2006) menyimpulkan bahwa polarisasi HV memberikan korelasi yang lebih tinggi untuk menduga biomasa hutan dibandingkan polarisasi HH. Untuk mengetahui keakuratan model terpilih antara polarisasi HH dan HV, perlu dilakukan uji validasi dengan membandingkan nilai dugaan terhadap biomasa terukur di lapangan. Nilai biomasa lapangan yang digunakan untuk menguji juga harus berbeda dengan data penyusun model, dengan jumlah 50 % dari jumlah plot pengukuran (Tiryana, 2011).

Baik pada Gambar 1 dan Gambar 2 tersebut, terlihat bahwa sebagian besar kawasan SPTN II Doloduo dan SPTN III Maelang didominasi oleh kelas biomasa pertama dengan cadangan biomasa sebesar 0-5.000 ton/ha. Hanya sebagian kecil wilayah dengan biomasa antara 5000-10.000 ton/ha dan lebih dari 10.000 ton/ha. Dalam kedua peta tersebut, pola sebaran biomasa dan karbon yang hampir sama antara peta dengan polarisasi HH dan HV. Karena sensor PALSAR menerima hamburan balik secara menyamping (*side looking*) dan sangat dipengaruhi oleh kondisi topografi lokasi pengukuran.

Peta sebaran biomasa dan karbon ini dibuat berdasarkan model penduga biomasa, sehingga diperlukan *ground check* untuk memastikan nilai biomasa yang sebenarnya. Data penginderaan jauh memerlukan validasi secara langsung di lapangan, sedangkan pada citra radar terdapat kelemahan berupa distorsi geometrik dan radiometrik. Salah satunya adalah bayangan pada obyek yang

membelakangi sensor sehingga nilai *backscatter* yang terekam tidak sebesar pada obyek yang menghadap sensor. Kondisi yang memperbesar distorsi geometrik dan radiometrik adalah topografi kawasan TN Bogani Nani Wartabone.

Pemodelan dan pemetaan menggunakan data penginderaan jauh yang lain (misalnya LANDSAT) dapat menghasilkan peta sebaran biomasa dengan pola yang berbeda. Hal ini sangat dipengaruhi oleh kemampuan sensor penginderaan jauh dalam merekam gelombang elektromagnetik yang terpantul dari obyek. Pemodelan dan pemetaan biomasa akan lebih akurat jika data yang digunakan lebih banyak serta mewakili berbagai tipe penutupan lahan yang ada di lokasi pengamatan. Namun aplikasi penginderaan jauh dalam pendugaan dan pemetaan biomasa dapat mengatasi keterbatasan data di lokasi dengan aksesibilitas terbatas.

KESIMPULAN

Rata-rata biomasa tersimpan di atas permukaan tanah kawasan TN Bogani Nani Wartabone sebesar 583,25 ton/ha dan 985,41 ton/ha pada hutan dataran rendah SPTN II Doloduo. Sedangkan pada SPTN II Maelang rata-rata biomasa hutan dataran rendah 2.968,8 ton/ha dan pada hutan dataran tinggi 469,76 ton/ha. Rata-rata cadangan karbon tersimpan pada masing-masing lokasi pengukuran berturut-turut sebesar 274,13 ton C/ha dan 463,13 ton C/ha, serta 1.395,35 ton C/ha dan 220,79 ton C/ha. Dengan menggunakan data citra ALOS PALSAR resolusi

50 m dapat dibuat 2 macam peta sebaran biomasa dan karbon berdasarkan polarisasi HH dan HV pada kawasan SPTN II Doloduo dan SPTN III Maelang. Kedua peta menggambarkan sebagian besar wilayah SPTN II Doloduo dan SPTN III Maelang didominasi oleh kelas biomasa pertama dengan cadangan biomasa sebesar 0-5.000 ton/ha.

Untuk memperoleh nilai biomasa yang lebih akurat, plot pengukuran perlu dibuat pada berbagai kondisi vegetasi di dalam kawasan hutan baik itu masih berupa vegetasi hutan maupun bekas perambahan. Pemodelan hasil penghitungan biomasa dengan nilai digital citra dapat mempermudah penghitungan biomasa tingkat kawasan terutama pada lokasi yang sulit dijangkau. Perlu dilakukan kajian serupa di lokasi lain dengan jenis vegetasi berbeda dan data penginderaan jauh yang lain untuk menguji keterandalan data penginderaan jauh dalam menduga biomasa hutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2011. Standar Nasional Indonesia 7724:2011 tentang pengukuran dan penghitungan cadangan karbon – pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon hutan (*ground based forest carbon accounting*)
- Dahlan, I.N.S. Jaya, dan Istomo. 2005. Estimasi Karbon Tegakan *Acacia mangium* Willd Menggunakan Citra Landsat ETM+ dan SPOT-5: Studi Kasus di BKPH Parung Panjang KPH Bogor. Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV “Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa” Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 14-15 September 2005.
- Hairiah K, dan S. Rahayu. 2007. Pengukuran ‘Karbon Tersimpan’ di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. Bogor. World Agroforestry Centre – ICRAF, SEA Regional Office, University of Brawijaya, Indonesia.
- Japan Aerospace Exploration Agency. 2008. ALOS data users handbook revision C. Earth Observation Research and Application Center.
- Jaya, I.N.S. 2007. Analisis Citra Digital: perspektif penginderaan jauh untuk pengelolaan sumberdaya alam. Bogor. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Jaya, I.N.S. 2011. Peranan dan Prospek Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dalam Pengurusan Hutan. Dalam Modul Pelatihan Penggunaan PALSAR dalam Pemetaan Penutupan Lahan/Hutan 7-12 Februari 2011.
- Plant Resources of South East Asia. 1994. Timber trees: Major commercial timber. PROSEA. Bogor.
- Rauste, Y., A. Lönnqvist, dan H. Ahola. 2006. Processing and Analysis of ALOS PALSAR Imagery. Kaukartoituspäivät: VVT Technical Research Centre of Finland (diunduh 14 Desember 2012)
- Saleh, M.B. 2011. Citra radar. Dalam Modul Pelatihan Penggunaan PALSAR dalam Pemetaan Penutupan Lahan/Hutan. Bogor 7-12 Februari 2011.
- Shimada, M., O. Isoguchi, T. Tadano, dan K. Isono. 2009. PALSAR Calibration Factor Updated. http://auig.eoc.jaxa.jp/auigs/en/doc/an/200901109en_3.html (diunduh 13 Desember 2012)
- Tiryana, T. 2011. Pendugaan biomasa hutan menggunakan citra PALSAR. Dalam Modul Pelatihan Penggunaan PALSAR dalam Pemetaan Penutupan Lahan/Hutan. Bogor 7-12 Februari 2011.
- Ulumudin, Y.I., E. Sulistiyawati, D.M. Hakim, dan A.B. Harto. 2005. Korelasi stok karbon dengan karakteristik spektral citra landsat: studi kasus gunung papandayan. Pertemuan ilmiah tahunan MAPIN XIV “Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa”. Surabaya 14-15 September 2005, Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

