

PENGGUNAAN CITRA SRTM1 DAN ASTER GDEM V2 UNTUK PEMETAAN TINGGI TEGAKAN DI BAGIAN KESATUAN PEMANGKUAN HUTAN LAWU UTARA

Yohanes Seffan Handana
yohanes.seffan.h@mail.ugm.ac.id

Taufik Hery Purwanto
taufik@ugm.ac.id

Abstract

Forest is one of the important element on an ecosystem, so it needs to manage carefully. One of those management actions estimates forest stands height. The main objective of this study was to assess the capability of SRTM1 and ASTER GDEM v2 to generate forest stands height, and its capability to generate distribution of forest stands height. The study was done in mountainous areas located in Karanganyar Regency. Digital Elevation Model and Digital Surface Model was used as main materials. Its differences on z values was considered as forest stands height.

The result found that the SRTM1 and ASTER GDEM v2 have root mean square errors equal to 9,89 m and 10,66 m, respectively. Those estimation of forest stands height were underestimate based on comparison with data from field measurements. Based on histogram then modus of each SRTM1 and ASTER GDEM v2 were 1,1 m and 12,2 m respectively. Those results indicated that each DSM were not appropriate yet to be used on mapping of forest stands height. However, if those DSM will be used on mapping of forest stands height then the appropriate scale is 1:100.000.

Keywords: forest stands height, DEM, DSM

Abstrak

Hutan merupakan salah satu elemen penting dalam ekosistem, sehingga pengelolaannya perlu direncanakan dengan baik. Salah satu hal dalam kegiatan perencanaan tersebut adalah mengestimasi tinggi tegakan hutan. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan citra SRTM1 dan ASTER GDEM v2 dalam menghasilkan data tinggi tegakan hutan, serta mengetahui sebaran tinggi tegakan hutan di Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan Lawu Utara. Data Digital Elevation Model dan data Digital Surface Model digunakan sebagai data utama dalam menurunkan informasi tinggi tegakan. Hal ini dapat diturunkan melalui selisih nilai z.

Hasil estimasi tinggi tegakan menggunakan SRTM1 menghasilkan RMSE 9,89 m, sedangkan ASTER GDEM v2 menghasilkan RMSE 10,66 m. Estimasi tinggi tegakan hutan menggunakan SRTM1 dan ASTER GDEM v2 cenderung underestimate berdasarkan perbandingan dengan data hasil pengukuran lapangan. Berdasarkan histogram maka modus pada masing-masing data DSM adalah 1,1 m pada SRTM1, dan 12,2 m pada ASTER GDEM v2. Hasil yang demikian menunjukkan bahwa kedua data DSM kurang sesuai untuk pemetaan tinggi tegakan. Namun demikian apabila akan dibuat peta maka skala peta yang sesuai untuk setiap data DSM skala 1:100.000.

Kata kunci: tinggi tegakan, DEM, DSM

PENDAHULUAN

Hutan merupakan salah satu elemen penting dalam ekosistem (FAO, 1993), sehingga perlu dikelola dengan baik. Salah satu bentuk pengelolaannya adalah melalui perencanaan yang baik. Menurut Smith, Lowe, dan Proe (1999), perencanaan pengelolaan hutan yang berkelanjutan harus dapat dilakukan secara mudah dengan biaya yang minimum.

Perencanaan pengelolaan yang berkelanjutan diantaranya melibatkan perencanaan produksi kayu untuk kepentingan komersil dan perlindungan terhadap area lindung (Franklin, 2001). Pernyataan tersebut memberikan informasi bahwa mengestimasi data kuantitatif yang berkenaan dengan hutan adalah hal yang penting. Salah satu informasi kuantitatif tersebut adalah tinggi tegakan hutan, sehingga mengestimasi tinggi tegakan hutan dapat dikatakan penting. Hal serupa juga dinyatakan oleh Smith et al. (1999) bahwa tinggi tegakan hutan menjadi salah satu parameter penting dalam mengestimasi informasi alometrik yang berkenaan dengan hutan. Oleh karena itu, data tinggi tegakan hutan harus akurat supaya perambatan kesalahan dalam menurunkan informasi alometrik dapat dikurangi.

Model elevasi digital merupakan bentuk permukaan bumi secara digital. Sebelum diolah lebih lanjut maka hasil perekaman permukaan bumi dalam bentuk digital disebut data Digital Surface Model (DSM). Data digital ini masih memperhatikan keberadaan objek permukaan bumi (Heideman, 2014). Apabila objek permukaan bumi ini dihilangkan maka data tersebut akan menjadi data Digital Elevation Model (DEM) (Campbell dan Wynne, 2011). Apabila data DEM dianalisis lebih lanjut untuk menghasilkan informasi topografi maka data tersebut akan menjadi data Digital Terrain Model (DTM) (Moore, Grayson, dan Ladson, 1991).

Data tinggi tegakan hutan dapat diturunkan dari data DSM. Beberapa data DSM saat ini dapat diakses dengan mudah.

Diantaranya adalah data DSM yang dihasilkan melalui perekaman pasangan stereo yaitu Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model versi dua (ASTER GDEM v2) (ASTER GDEM Validation Team, 2011), dan data DSM yang dihasilkan melalui perekaman menggunakan interferometri radar yaitu Shuttle Radar Topography Mission versi satu (SRTM1) (Farr et al., 2007). Kedua data DSM tersebut dapat diunduh secara tidak berbayar, dan keduanya memiliki resolusi spasial yang sama yaitu satu *arc second* atau sekitar 30 meter di sekitar ekuator.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan citra SRTM1 dan ASTER GDEM v2 dalam menghasilkan data tinggi tegakan hutan, serta mengetahui sebaran tinggi tegakan hutan di Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan Lawu Utara.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Seperangkat komputer
- ArcGIS 10.1
- Microsoft Office 2007
- Microsoft Excel 2007
- *Global Positioning System* (GPS)
- *Lasermeter*
- Abney level
- Meteran
- Ceklist pengukuran

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Citra SRTM1 sebagian Jawa Tengah dengan tanggal pembaruan data terakhir Januari 2015
- Citra ASTER GDEM v2 sebagian Jawa Tengah dengan tanggal pembaruan data terakhir Februari 2012
- Peta rupabumi Indonesia skala 1:25.000 sebagian Kabupaten Karanganyar

- Data titik triangulasi di Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan (BKPH) Lawu Utara
- Peta kawasan hutan di BKPH Lawu Utara skala 1:25.000

Tahapan Penelitian

Kegiatan pada tahap persiapan adalah menghimpun data. Data yang dihimpun adalah peta kawasan hutan, data SRTM1, data ASTER GDEM v2, data dasar dari peta rupabumi, dan data titik triangulasi.

Kegiatan pengolahan pertama yaitu transformasi datum horizontal. Citra SRTM1 dan ASTER GDEM v2 memiliki datum yang berbeda. Selain itu, data yang dijadikan data referensi juga memiliki datum yang berbeda terhadap SRTM1 dan ASTER GDEM v2. Transformasi datum perlu dilakukan supaya SRTM1, ASTER GDEM v2, dan data referensi mempunyai datum yang sama. Penyamaan datum dilakukan supaya ketiganya mempunyai kedudukan yang sama, sehingga semua titik di area kajian mempunyai koordinat yang diukur dari titik mula yang sama. Satu datum yang akan digunakan untuk ketiganya akan disebut dengan sebutan datum primer.

Kemudian koreksi geometrik (penyesuaian x dan y) perlu dilakukan pada citra SRTM1 dan ASTER GDEM v2 supaya lokasi yang bersesuaian pada keduanya dapat saling bertampalan. Setelah melalui transformasi datum horizontal maka selanjutnya juga dilakukan transformasi datum vertikal. Akan tetapi sebagai pengganti dari transformasi datum vertikal maka digunakan kalibrasi. Data yang digunakan sebagai data kalibrasi adalah data titik triangulasi.

Bentangan piksel antara kedua data DSM dan DEM harus sama supaya penurunan informasi dapat berjalan. Informasi yang akan diturunkan adalah tinggi tegakan. Tinggi tegakan diperoleh dari pengurangan nilai piksel dari data DSM dan nilai piksel data DEM. Dengan

demikian penyesuaian bentangan piksel menjadi salah satu langkah penting.

Tinggi acuan menggunakan DEM yang dibangun dari data titik tinggi, kontur, dan sungai. Data ini diekstraksi dari peta rupabumi Indonesia skala 1:25.000. Kontur pada peta rupabumi mencerminkan tinggi permukaan bumi tanpa tutupan objek permukaan. Kemudian sebagai data penunjang maka digunakan titik tinggi dan sungai.

Setelah melalui kegiatan pengolahan lalu berlanjut pada pengolahan analisis. Kemampuan SRTM1 dan ASTER GDEM v2 dalam penelitian ini dilihat dari aspek akurasi horizontal dan terutama akurasi vertikal karena informasi yang diturunkan dari data DSM tersebut adalah tinggi tegakan. Berdasarkan hal ini maka kemampuan yang ingin dibuktikan adalah ketepatan dalam menurunkan informasi tinggi tegakan. Tinggi tegakan dalam penelitian ini lebih difokuskan pada kawasan hutan *evergreen*.

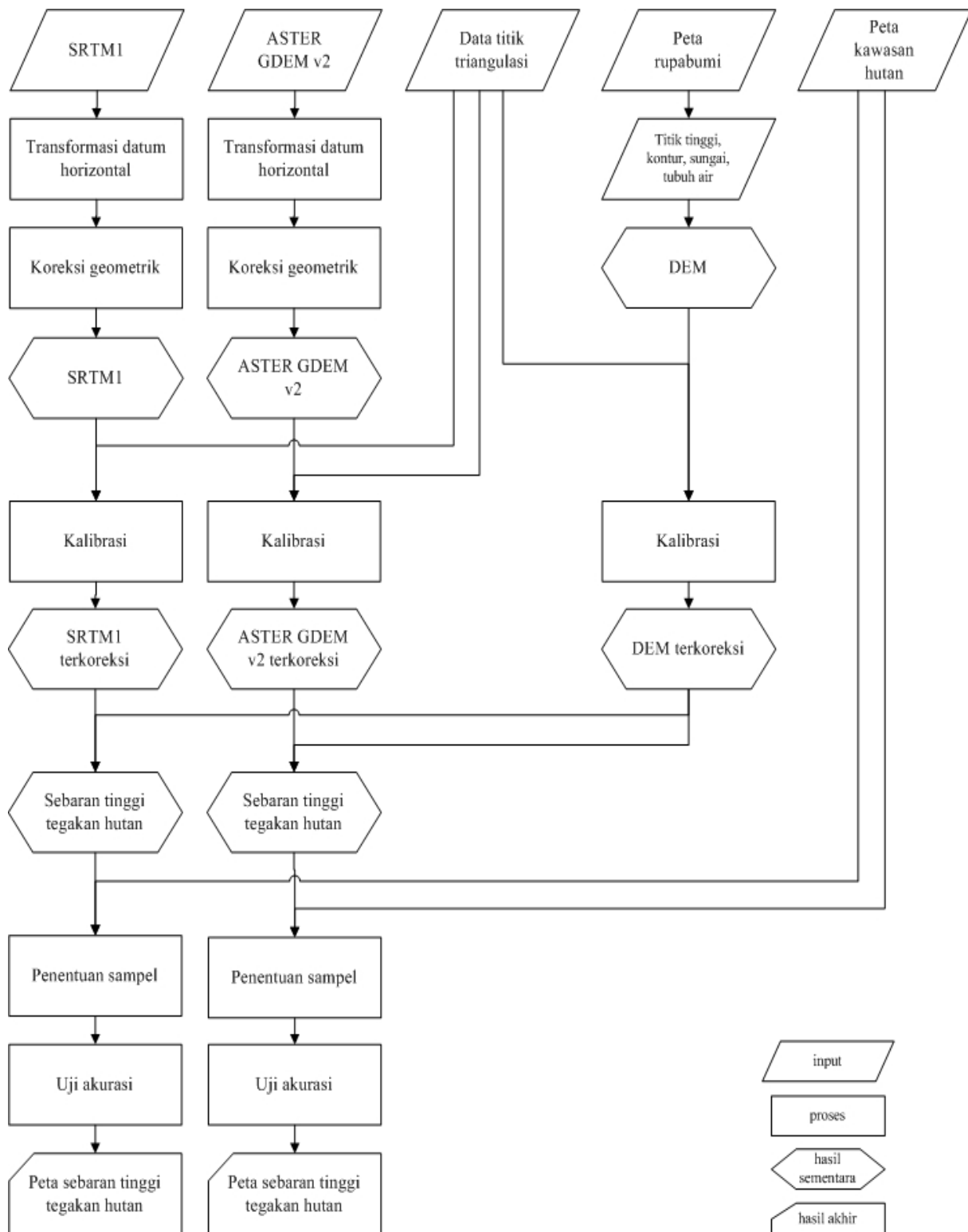
Kegiatan lapangan dilakukan untuk mengambil sampel uji akurasi. Hal-hal yang diukur pada saat kegiatan lapangan adalah luas area sampel, tinggi tegakan, dan diameter pohon. Jumlah nilai bias yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sama dengan jumlah sampel karena yang menjadi acuan adalah tinggi tegakan hasil pengukuran lapangan. Jumlah nilai bias yang beragam ini kemudian diolah menggunakan formula RMSE, sehingga akan didapat satu nilai yang dapat merepresentasikan kondisi BKPH Lawu Utara. Formula RMSE yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$rmse = \pm \sqrt{\frac{\sum(E)^2}{n}}$$

Keterangan:

- RMSE : *root mean square error*
- E : estimasi nilai bias
- n : jumlah sampel

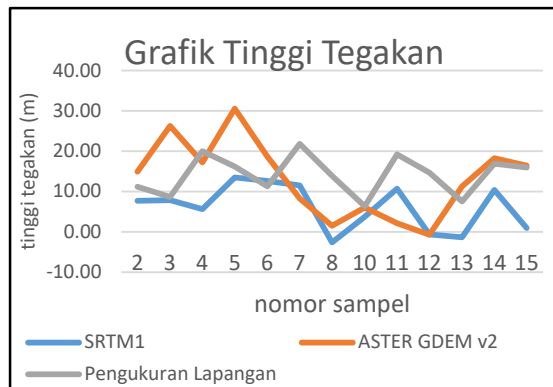
Tahapan pada metode penelitian dapat dilihat secara ringkas dalam diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil estimasi tinggi tegakan pada SRTM1 dan ASTER GDEM v2 cenderung *underestimate*. Namun estimasi pada SRTM1 lebih *underestimate* daripada ASTER GDEM v2 seperti tampak pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik perbandingan tinggi tegakan. (Sumber: Pengolahan Data, 2016)

Beberapa hasil estimasi yang bernilai negatif dapat terjadi karena kemampuan sensor yang terbatas dalam merekam variasi tinggi yang berada dalam suatu area piksel. Data SRTM1 maupun ASTER GDEM v2 memiliki *linear error*. Misalnya pada SRTM1 yang memiliki *linear error* 16 meter, maka variasi tinggi antara permukaan terendah dengan permukaan tertinggi dalam suatu area piksel adalah kurang dari 16. Nilai z akan terdeteksi berubah bila terjadi perubahan tinggi sebesar 16 meter. Hal serupa juga berlaku pada *linear error* pada ASTER GDEM v2. Tabel 1 menunjukkan bahwa pengamatan tinggi tegakan dari data DSM dan tinggi tegakan hasil pengukuran lapangan cenderung *underestimate*.

Besar nilai RMSE SRTM1 hasil penelitian ini adalah 9,89, atau dengan kata lain adalah bias yang dihasilkan dari estimasi tinggi tegakan menggunakan SRTM1 adalah kurang lebih 9,89 meter. Nilai ini jauh lebih kecil daripada nilai yang dihasilkan dari penelitian oleh Kolecka dan Kozak (2014) pada kawasan hutan di wilayah pegunungan. Hasil penelitian mereka menyebutkan bahwa hasil RMSE SRTM1 adalah 23,10 meter.

Tabel 1. Tabel perbandingan tinggi tegakan.

No Sampel	Tinggi Tegakan (m)		
	SRTM1	ASTER GDEM v2	Pengukuran Lapangan
2	7.72	14.93	11.21
3	7.87	26.30	8.67
4	5.66	17.25	20.04
5	13.51	30.53	16.16
6	12.58	18.66	11.27
7	11.47	8.22	21.79
8	-2.65	1.52	13.91
10	3.74	6.00	6.33
11	10.74	2.14	19.19
12	-0.62	-0.74	14.70
13	-1.36	11.27	7.56
14	10.37	18.29	16.88
15	0.92	16.46	15.98

Hasil penyelidikan melalui uji korelasi terhadap kerapatan kanopi menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kerapatan kanopi dengan bias pada SRTM1. Hasil korelasi seperti yang ditunjukkan oleh tabel 2 menunjukkan bahwa hubungan bersifat negatif. Hubungan yang bersifat negatif ini mempunyai arti bahwa kerapatan kanopi yang semakin rendah akan mengurangi bias pada SRTM1. Kerapatan yang semakin rendah dalam hal ini adalah semakin mendekati tanah terbuka.

Tabel 2. Tabel korelasi antara kemiringan lereng dengan bias pada SRTM1.

	kerapatan kanopi	SRTM1
kerapatan kanopi	1	
SRTM1	-0.51291	1

Sumber: Pengolahan Data, 2016

Besar nilai RMSE ASTER GDEM v2 hasil penelitian ini adalah 10,66, atau dengan kata lain adalah bias yang dihasilkan dari estimasi tinggi tegakan menggunakan ASTER GDEM v2 adalah kurang lebih 10,66 meter. Nilai ini jauh lebih kecil daripada nilai yang dihasilkan dari penelitian oleh Tighe dan Chamberlain (2009) pada kawasan hutan. Hasil penelitian mereka menyebutkan bahwa

hasil RMSE ASTER GDEM v2 adalah 22,23 meter.

Berdasarkan penyelidikan maka hal yang berperan dalam membuat bias pada ASTER GDEM v2 yang ditemukan pada penelitian ini adalah kemiringan lereng. Pernyataan ini didukung oleh korelasi yang dibangun antara kemiringan lereng dengan nilai bias antara estimasi tinggi tegakan dengan tinggi tegakan hasil pengukuran. Nilai korelasi sebesar 0,6 pada tabel 3 menunjukkan bahwa keduanya berhubungan secara positif. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa salah satu hal yang menyebabkan bias pada ASTER GDEM v2 pada BKPH Lawu utara adalah kemiringan lereng. Kemiringan lereng yang semakin landai akan mengurangi pengaruh bias, dan sebaliknya.

Tabel 3. Tabel korelasi antara kemiringan lereng dengan bias pada SRTM1.

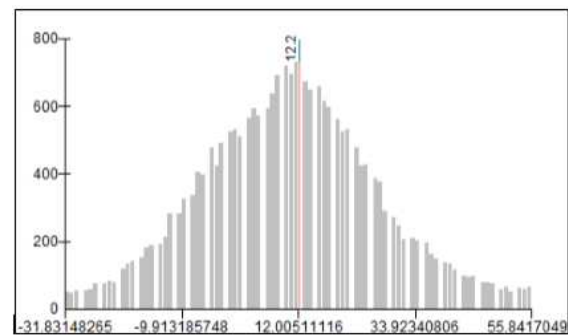
	<i>kerapatan kanopi</i>	<i>SRTM1</i>
kerapatan kanopi	1	
SRTM1	-0.51291	1

Sumber: Pengolahan Data, 2016

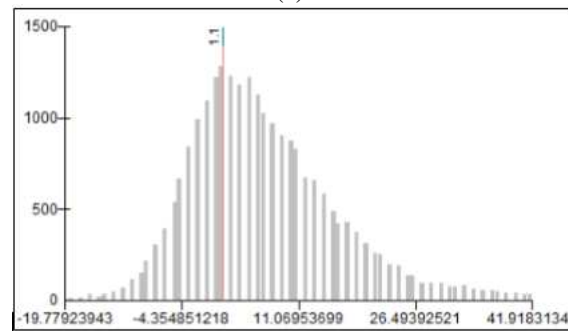
Hasil estimasi tinggi tegakan pada kedua data DSM kemudian digunakan untuk pengamatan histogram. Penggunaan histogram bertujuan untuk melihat sebaran nilai tegakan. Beberapa perlakuan dilakukan terhadap historam sebelum digunakan. Perlakuan tersebut adalah pomotongan histogram. Berdasarkan ASTER GDEM Validation Team (2011) bahwa akurasi vertikal ASTER GDEM v2 adalah ± 20 m pada tingkat kepercayaan 95% dan akurasi vertikal SRTM1 ± 16 m pada tingkat kepercayaan 90% maka dilakukan pemotongan terhadap histogram. Berdasarkan hal ini dapat dikatakan bahwa *error* dari estimasi akurasi vertikal pada ASTER GDEM v2 sejumlah 5%, sedangkan *error* dari estimasi akurasi vertikal pada SRTM1 sejumlah 10%. Kemudian untuk menyamakan perlakuan pemotongan histogram maka histogram pada kedua DSM dipotong sebesar 10%

dengan asumsi bahwa seluruh nilai *outlayer* pada kedua data DSM berada pada pemotongan sebesar 10% tersebut.

Pemotongan sebesar 10% dilakukan terhadap nilai minimal dan nilai maksimal, sehingga pembagiannya menjadi 5% terhadap nilai minimal dan 5% terhadap nilai maksimal. Hasil pemotongan histogram dapat dilihat pada gambar 3a dan 3b. Tampak bahwa masing-masing histogram mempunyai keberadaan nilai puncak yang berbeda. Kedua gambar tersebut menunjukkan bahwa sifat sebaran estimasi tinggi tegakan pada SRTM1 maupun ASTER GDEM v2 adalah terdistribusi normal.



(a)

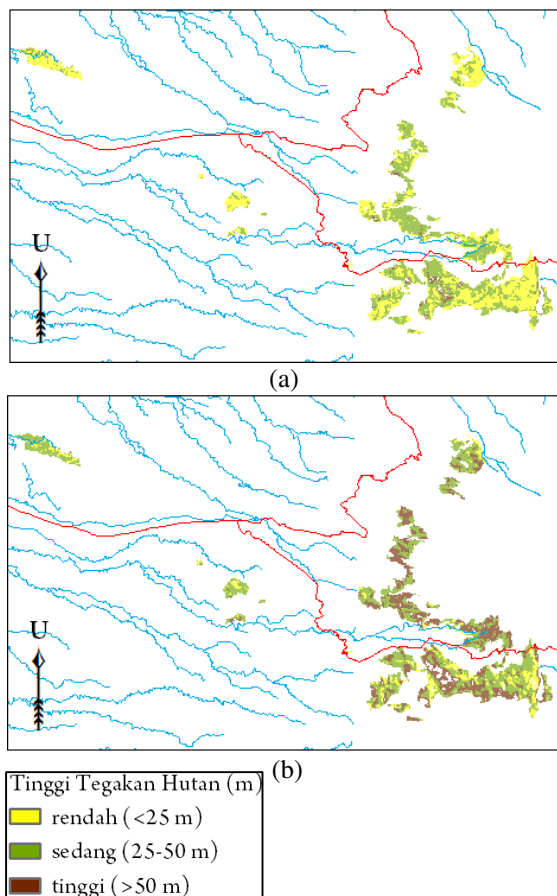


(b)

Gambar 3. Histogram estimasi tinggi tegakan pada ASTER GDEM v2 (a) dan SRTM1 (b). (Sumber: Pengolahan Data, 2016)

Selain pengamatan terhadap histogram, dilakukan juga pengamatan terhadap pola sebaran tinggi tegakan hasil estimasi. Terdapat perbedaan pola sebaran estimasi tinggi tegakan pada SRTM1 dan ASTER GDEM v2. Pola sebaran estimasi tinggi tegakan pada SRTM1 cenderung didominasi oleh sedang dan tinggi. Kemudian pola sebaran pada ASTER

GDEM v2 cenderung sedang dan tinggi. Hal ini tampak pada gambar 4.



Gambar 4. Pola sebaran estimasi tinggi tegakan pada SRTM1 (a) dan ASTER GDEM v2 (b). (Sumber: Pengolahan Data, 2016)

Pola sebaran ini sejalan dengan pengamatan pada histogram yang menunjukkan bahwa puncak histogram pada SRTM1 berada pada 1,1 meter dan puncak histogram pada ASTER GDEM v2 berada pada 12,2 meter. Sesuai dengan gambar 2.12 maka bentuk histogram tersebut akan menentukan presisi dari estimasi. Bentuk histogram SRTM1 lebih runcing daripada histogram ASTER GDEM v2, sehingga presisi SRTM1 lebih baik. Namun, ASTER GDEM v2 memiliki akurasi yang lebih tinggi karena puncak histogramnya yang bernilai 12,2 meter lebih mendekati tinggi tegakan sesungguhnya. Hasil penilaian ini menunjukkan bahwa SRTM1 memiliki kemampuan yang lebih baik dalam

menurunkan informasi tinggi tegakan pada area bergunung karena RMSE dan presisinya lebih baik.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kualitas data DSM dapat diperbandingkan dari beberapa aspek. Aspek yang diperbandingkan ini berlaku untuk geomorfologi area kajian yang bergunung dan berada pada kawasan hutan di dataran tinggi. Aspek yang ditelaah lebih dalam adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran RMSE tinggi tegakan dari data DSM terhadap data hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa SRTM1 lebih baik daripada ASTER GDEM v2. Nilai RMSE SRTM1 sebesar 9,89 m, sedangkan RMSE ASTER GDEM v2 sebesar 10,66 m. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa RMSE SRTM1 lebih baik.
2. Hasil visualisasi histogram tinggi tegakan menunjukkan bahwa histogram milik SRTM1 lebih runcing daripada milik ASTER GDEM v2. Sesuai dengan gambar 2.8 maka histogram milik SRTM1 lebih mendekati bentuk yang memiliki presisi yang tinggi. Kemudian histogram milik ASTER GDEM v2 lebih mendekati bentuk yang memiliki presisi yang rendah. Berdasarkan pada gambar yang masih sama, yaitu 2.8, maka histogram ASTER GDEM v2 mempunyai akurasi yang lebih tinggi dalam menurunkan informasi tinggi tegakan. Hal ini terlihat dari puncak histogramnya, yaitu berada pada nilai 12,2 m, yang lebih mendekati tinggi tegakan aktual. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa SRTM1 lebih presisi daripada ASTER GDEM v2, tetapi SRTM1 kurang akurat dibandingkan ASTER GDEM v2.

Berdasarkan dua aspek di atas maka penulis ingin mengerucutkan kepada salah satu data DSM yang dianggap lebih baik dalam menurunkan informasi tinggi tegakan pada area bergunung. Menurut

pengamatan maka SRTM1 dianggap lebih mampu dalam merepresentasikan area kajian walaupun estimasi yang dihasilkan masih *underestimate*. Namun demikian, SRTM1 memiliki RMSE dan presisi yang lebih baik, sehingga hasil penelitian diharapkan mampu memberikan hasil akhir yang lebih baik bila menggunakan data yang ideal.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh yaitu pertama hasil estimasi tinggi tegakan menggunakan SRTM1 menghasilkan RMSE sebesar 9,89 m, sedangkan ASTER GDEM v2 menghasilkan RMSE sebesar 10,66 m. Perlu dilihat juga pola histogram yang dihasilkan untuk mengetahui kemampuan data DSM. Histogram SRTM1 lebih runcing daripada histogram ASTER GDEM v2, sehingga SRTM1 lebih presisi. Data DSM ASTER GDEM v2 memiliki akurasi yang lebih tinggi karena modulus histogram pada SRTM1 1,1 m, sedangkan pada ASTER GDEM v2 12,2 m. Hasil penilaian ini menunjukkan bahwa SRTM1 memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menurunkan informasi tinggi tegakan pada area bergunung karena RMSE dan presisinya lebih baik.

Kesimpulan kedua yaitu estimasi tinggi tegakan hutan menggunakan SRTM1 dan ASTER GDEM v2 cenderung *underestimate* berdasarkan perbandingan dengan data hasil pengukuran lapangan. Kedua data DSM menghasilkan pola sebaran tinggi tegakan yang berbeda. Pola sebaran pada data SRTM1 menunjukkan bahwa BKPH Lawu Utara didominasi oleh kelas tinggi tegakan rendah (<25 meter) dan sedang (25-50 meter). Kemudian pola sebaran pada data ASTER GDEM v2 menunjukkan bahwa BKPH Lawu Utara didominasi oleh kelas tinggi tegakan sedang (25-50 meter) dan tinggi (>50 meter).

DAFTAR PUSTAKA

ASTER GDEM Validation Team. (2011).

ASTER Global Digital Elevation Model Version 2 – Summary of Validation Results. USA: NASA.

Campbell, J. B., & Wynne, R. H. (2011). *Introduction to Remote Sensing*. New York: Guilford Press.

FAO. (1993). *Forest resources assessment 1990 - tropical countries*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Farr, T., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., & Al, E. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*, 45, 583–585.

Franklin, S. E. (2001). *Remote Sensing for Sustainable Forest Management*. London: CRC Press.

Heideman, H. K. (2014). *Lidar Base Specification (Ver. 1.2)*. Virginia: U.S. Geological Survey.

Kolecka, N., & Kozak, J. (2014). Assessment of the Accuracy of SRTM C- and X-Band High Mountain Elevation Data: a Case Study of the Polish Tatra Mountains. *Pure and Applied Geophysics*, 171, 897–912.

Moore, I. D., Grayson, R. B., & Ladson, A. R. (1991). Digital Terrain Modelling : a Review of Hydrological , Geomorphological , and Biological Applications. *Hydrological Processes*, 5, 3–30.

Smith, C. T., Lowe, A. T., & Proe, M. F. (1999). Preface: Indicators of Sustainable Forest Management. *For Ecol. Manag*, 122, 1–5.

Tighe, M. L., & Chamberlain, D. (2009). Accuracy Comparison of the SRTM, ASTER, NED, NEXTMAP® USA Digital Terrain Model Over Several USA Study Sites. In *ASPRS/MAPPS 2009 Conference* (pp. 1–12).