

## Estimasi Biomassa Mangrove Berbasis Penginderaan Jauh (Studi Kasus Kabupaten Subang, Jawa Barat)

Didin Rianzani, Soni Darmawan, Rika Hernawati dan Thonas Indra M.  
Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknologi Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Nasional  
Jl. PKH. Mustapha No. 23, Bandung 40124  
[Soni\\_darmawan@itenas.ac.id](mailto:Soni_darmawan@itenas.ac.id)

### Abstrak

Hingga saat ini terdapat beberapa model allometrik untuk menghitung biomassa mangrove berdasarkan penginderaan jauh dimana setiap model yang dihasilkan selalu berbeda – beda bergantung kepada wilayah, jenis mangrove dan jumlah sampel. Penelitian ini bertujuan menentukan model persamaan allometrik yang terbaik, mengestimasi dan membuat peta sebaran biomassa mangrove di Kabupaten Subang. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini antara lain mengumpulkan data citra satelit, pre-processing citra meliputi koreksi geometrik dan koreksi radiometrik, transformasi indeks vegetasi, menghitung biomassa menggunakan persamaan allometrik, lalu divalidasi menggunakan data lapangan. Penelitian ini menghasilkan persamaan allometrik terbaik yaitu persamaan  $W = (30,97183 - 56,898258 \text{ NDVI}) / (1 + 3,95247 \text{ NDVI} - 9,5673017 \text{ NDVI}^2)$ ;  $R^2 = 83,7\%$ . Dengan menggunakan model tersebut dihasilkan estimasi biomassa mangrove di Kabupaten Subang sebesar 6,93 Ton/Ha, dan dominasi biomassa di Kabupaten Subang berdasarkan peta sebaran yaitu sebesar 5-10 Ton/Ha.

Keywords : biomassa, penginderaan jauh, persamaan allometrik

### 1. Pendahuluan

Biomassa sangat relevan dengan isu perubahan iklim serta berperan penting dalam siklus karbon. Biomassa merupakan total bahan organik yang dihasilkan oleh suatu tanaman yang dinyatakan dalam satuan ton berat kering persatuan luas [1]. Dalam perkembangannya, pengukuran biomassa mencakup seluruh biomassa yang hidup ada di atas dan di bawah permukaan. Estimasi biomassa dapat dilakukan dengan tiga pendekatan yaitu modeling, pengukuran langsung di lapang atau terestris dan Penginderaan Jauh [2]. Pengukuran langsung di lapang dianggap lebih dapat dipercaya dan lebih teliti dibandingkan dua pendekatan lainnya. Namun, pendekatan ini memerlukan waktu yang relatif lama, keterbatasan pengukuran unit contoh, tidak mencakup areal vegetasi yang luas dan memerlukan biaya yang relatif mahal [3]. Dari ketiga pendekatan tersebut, untuk mengetahui informasi potensi biomassa dipilih menggunakan pendekatan teknologi penginderaan jauh, kelebihan dari teknologi penginderaan jauh ini adalah dapat memberikan informasi yang dibutuhkan secara cepat dan lengkap dengan biaya yang relatif lebih murah.

Estimasi biomassa menggunakan teknologi penginderaan jauh dapat dilakukan dengan pendekatan indeks vegetasi. Estimasi biomassa dengan membuat model persamaan allometrik menggunakan hubungan indeks vegetasi dan biomassa telah banyak dilakukan antara lain : Yusandi [4] membuat model persamaan allometrik menggunakan indeks vegetasi Normalized Vegetation Indeks (NDVI) yang dihubungkan dengan hasil pengukuran lapangan yang menghasilkan persamaan  $Y = -25,8 + 64,1 \text{ NDVI}$  dengan  $R^2 = 77\%$ , Frananda [5] membuat model persamaan allometrik menggunakan indeks vegetasi Normalized Vegetation Indeks (NDVI) dengan persamaan  $Y = 914,0X - 330$  dengan  $R^2 = 61\%$ , Triangular Vegetation Indeks (TVI) dengan persamaan  $Y = 30,80X + 16,04$  dengan  $R^2 = 62\%$ , Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) dengan persamaan  $Y = 609,3X - 330$  dengan  $R^2 = 6\%$ , Enhanced Vegetation Index (EVI) dengan persamaan  $Y = 663,6X - 49,60$  dengan  $R^2 = 71\%$  dan Simple Ratio (SR) dengan persamaan  $Y = 32,3X + 46,03$  dengan  $R^2 = 75\%$  dan Budi [6] membuat persamaan allometrik menggunakan indeks vegetasi NDVI dengan persamaan  $W = (30,97183 - 56,898258 \text{ NDVI}) / (1 + 3,95247 \text{ NDVI} - 9,5673017 \text{ NDVI}^2)$ . Dari penelitian diatas dapat dilihat model

persamaan allometrik yang berbeda – beda pada setiap penelitian. Dalam penelitian ini dilakukan penentuan model persamaan allometrik terbaik berdasarkan model persamaan allometrik yang telah dibuat sebelumnya oleh peneliti lain sehingga diharapkan dapat menghasilkan estimasi biomassa dan peta sebaran biomassa yang tepat.

## 2. Metodologi

Metodologi penelitian meliputi pengumpulan data, pengolahan data, dan analisis data untuk menguraikan pemecahan rumusan masalah.

### 2.1 Pengumpulan Data

Data meliputi data Citra Landsat 8 OLI perekaman Mei 2016 dengan *path/row* 122/064 yang diperoleh dari *website* resmi USGS (U.S. Geological Survey) secara *free* atau gratis dengan mengakses *glvis.usgs.gov*. Citra satelit Bing perekaman tahun 2013 yang diperoleh dengan mengunduh menggunakan *software Universal Map Downloader*. Citra ini digunakan sebagai base map untuk *checking* geometrik. Data lapangan berupa diameter setinggi dada, koordinat sampel dan foto hasil survei.

### 2.2 Pengolahan Data

Citra satelit landsat 8 OLI yang diperoleh dilakukan proses *pra-processing* untuk menghindarkan citra dari kesalahan geometrik dan radiometrik setelah proses *pra-processing* selesai dilakukan identifikasi mangrove, perhitungan biomassa dan analisis model persamaan terbaik.

#### 2.2.1 Koreksi Geometrik

Citra Landsat 8 sudah terorthorektifikasi Level 1T- *precision* yang artinya sudah dilakukan rektifikasi dengan data *Digital Elevation Model* (DEM) dari *Global Land Surveys* 2000. Namun pada penelitian ini dilakukan validasi dengan menggunakan sebaran *Independent Control Point* (ICP) secara merata pada wilayah studi. Tingkat ketelitian ICP dapat dilihat dari nilai akar kuadrat kesalahan rata-ratanya (*Root Mean Square error*).

#### 2.2.2 Koreksi Radiometrik

Metode koreksi radiometrik yang dilakukan adalah *Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes* (FLAASH) yang tersedia pada *software* ENVI. FLAASH merupakan alat pemodelan koreksi atmosfer untuk mengambil reflektansi spektral dari pancaran citra. Metode ini dapat secara akurat mengimbangi efek atmosfer, mengoreksi panjang gelombang dalam terlihat melalui *near-infrared* dan gelombang pendek daerah *inframerah*, hingga 3 mm dan menghitung visibilitas tampilan rata - rata (aerosol / jumlah kabut).

#### 2.2.3 Identifikasi Mangrove

Untuk identifikasi hutan mangrove digunakan kombinasi band 564 dimana aplikasinya untuk memisahkan tanah dan air. Tahapan selanjutnya adalah identifikasi secara visual dimana letak hutan mangrove pada umumnya berada di pesisir. Tahap selanjutnya adalah mendeliniasi kawasan mangrove berdasarkan analisis visual, setelah itu lakukan masking citra berdasarkan hasil deliniasi.

#### 2.2.4 Transformasi Indeks Vegetasi

*Indeks Vegetasi* adalah pengukuran optis tingkat kehijauan (*greenness*) kanopi vegetasi, sifat komposit dari klorofil daun, luas daun, struktur dan tutupan kanopi vegetasi [7]. Formula indeks vegetasi dapat dilihat pada Tabel 1

**Tabel 1** Formula Indeks Vegetasi

No	Formula	Tipe Indeks Vegetasi	Rumus	Sumber
1	NDVI	Normalized Different Vegetation Index	$\frac{NIR-RED}{NIR+RED}$	Danoedoro, [8]
2	SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index	$(\frac{NIR-RED}{NIR+RED})(1+L)$	Frananda dkk, [5]
3	TVI	Triangular Vegetation Index	$\frac{1}{2}(120(\rho NIR-\rho green))-200(\rho red-\rho green)$	Frananda dkk, [5]
4	EVI	Enhanced Vegetation Index	$G \frac{\rho NIR-\rho red}{NIR+(C_1 \times \rho red)-(C_2 \times \rho blue)+L}(1+L)$	Huete et al, [7]
5	RVI	Ratio Vegetation Indeks	$\frac{\rho NIR}{red}$	Frananda dkk, [5]

### 2.2.5 Perhitungan Biomassa

Perhitungan biomassa menggunakan model persamaan allometrik berbasis penginderaan jauh dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya pada citra satelit Landsat 8 OLI dan perhitungan biomassa berdasarkan data lapangan dilakukan untuk validasi persamaan allometrik terbaik. Model persamaan allometrik berbasis penginderaan jauh dapat dilihat pada Tabel 2 dan untuk model allometrik berdasarkan data lapangan dapat dilihat pada Persamaan (1).

**Tabel 2** Persamaan Allometrik Berbasis Penginderaan Jauh

No	Indeks Vegetasi	Persamaan	R <sup>2</sup> (%)	Sumber
1		$y = - 25,8 + 64.1x$	57,7	Yusandi,[4]
2	NDVI	$y \frac{30,97183-56,898258NDVI}{1+3,95247NDVI-9,5673017NDVI^2}$	83,7	Budi, [6]
3		$Y = 914.0X - 330$	61	Frananda dkk, [5]
4	TVI	$Y = 30.80X + 16.04$	62	Frananda dkk, [5]
5	SAVI	$Y = 609.3X - 330$	61	Frananda dkk, [5]
6	EVI	$Y = 663.6X - 49.60$	71	Frananda dkk, [5]
7	RVI	$Y = 32,3X + 46,03$	75	Frananda dkk, [5]

Keterangan :

y = biomassa (Ton/ha)

x = Indeks Vegetasi

Menghitung biomassa mangrove berdasarkan data sampel lapangan menggunakan persamaan allometrik yang dibuat oleh Brown [1] sebagai berikut:

$$Y = 42,69 - 12,8 (D) + 1,242 (D^2) \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

Y = biomassa tiap pohon (Kg),

D = diameter setinggi dada pohon (Cm)

### 2.2.6 Analisis Model Persamaan Allometrik Terbaik

Analisis model persamaan bertujuan untuk menentukan persamaan allometrik yang paling tepat untuk digunakan dalam mengestimasi biomassa mangrove berbasis penginderaan jauh. Berdasarkan data lapangan diperoleh biomassa pada setiap pohon yang diukur diameternya, banyaknya biomassa pohon sampel yang berada pada satu piksel dijumlahkan agar mendapat total biomassa pada satu piksel, sementara itu piksel pada citra telah dihitung biomasanya menggunakan persamaan allometrik berbasis pengnderaan jauh sehingga setiap piksel memiliki Digital Number (DN) yang merupakan nilai biomassa. Tahap selanjutnya adalah membandingkan nilai biomassa berdasarkan data lapangan dengan biomassa berdasarkan citra satelit, dengan anggapan biomassa berdasarkan data lapangan yang dianggap benar. Olehkarena itu dalam menentukan persamaan allometrik terbaik biomassa hasil perhitungan menggunakan allometrik berbasis pengnderaan jauh diselisihkan dengan biomassa hasil sampel lapangan. Persamaan allometrik terbaik dilihat dari semakin kecil selisih biomassa berdasarkan citra dengan biomassa berdasarkan data lapangan.

## 3. Hasil dan pembahasan

Hasil dan analisis penelitian diperoleh dari yang sudah dilakukan sebelumnya meliputi, koreksi geometrik, koreksi radiometrik, Identifikasi hutan mangrove, transformasi *indeks vegetasi*, perhitungan biomassa menggunakan data lapangan dan data citra satelit dan analisis model persamaan terbaik.

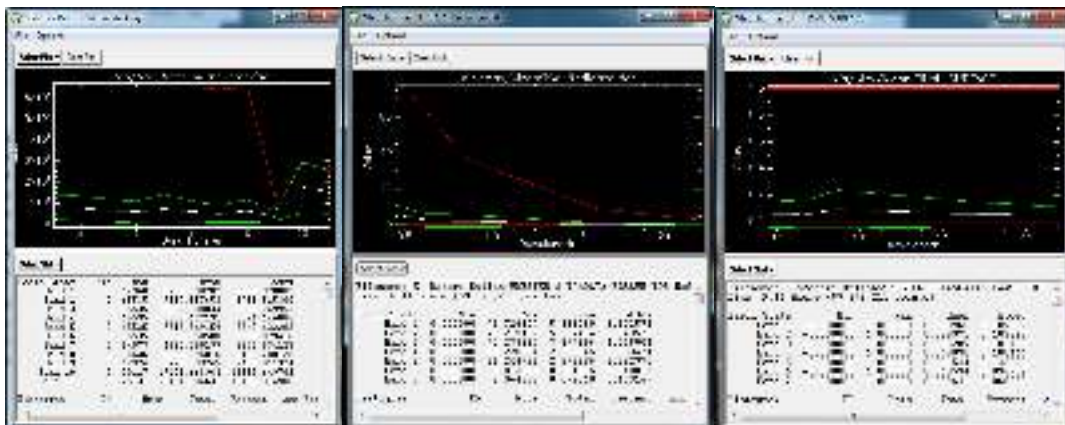
### 3.1 Koreksi Geometrik

Pengecekan geometrik citra landsat 8 OLI *path/row* 122/064 tahun 2016 menggunakan sepuluh ICP menghasilkan *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 0,080. Keberhasilan proses pengecekan geometrik dapat dilihat dari hasil perhitungan nilai RMSE-ICP nya. Secara umum nilai-nilai tersebut kurang dari satu pada setiap piksel. Apabila nilainya lebih besar dari satu maka terdapat kemungkinan bahwa citra tersebut masih mengalami distorsi [9]. Berdasarkan hasil RMSE sebesar 0,08 artinya distorsi pada citra kurang dari satu piksel maka citra dianggap terbebas dari kesalahan geometrik.

### 3.2 Koreksi Radiometrik

FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*) merupakan metode yang dipakai pada penelitian ini. Metode ini mengubah nilai *Digital Number* (DN) menjadi nilai radian lalu mengubah nilai radian menjadi nilai reflektan. Perubahan setiap nilai dapat dilihat melalui gambar 1.

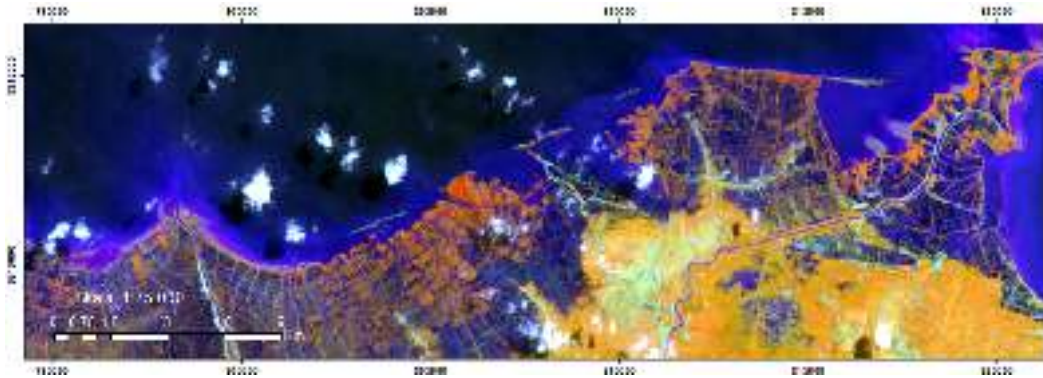
Berdasarkan gambar 1 terlihat perubahan nilai DN pada setiap konversi, hingga dapat dilihat statistik reflektansi semua band pada citra memiliki DN minimal 0 dan maksimal 1 artinya citra sudah terbebas dari kesalahan radiometrik dan tampilan visual pun menjadi lebih jelas.



**Gambar 1** Statistik *Digital Number*, Statistik *Radiance* dan Statistik *Reflectance*

### 3.3 Identifikasi Hutan Mangrove

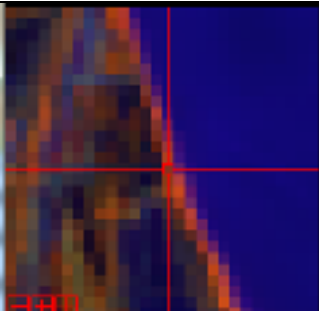

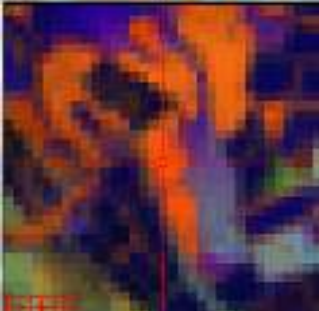

Kombinasi band 564 merupakan kombinasi untuk memisahkan air dengan tanah, kombinasi ini dipilih karena dinilai cocok untuk digunakan pada identifikasi mangrove karena letak mangrove yang berada di pesisir yang dekat dengan air laut atau disekitaran sungai dan muara.



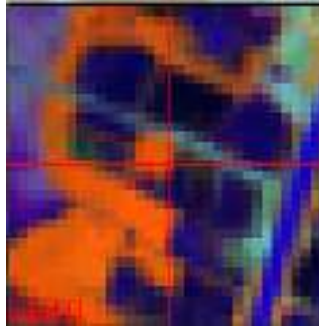
**Gambar 2** Kombinasi Band 564

Identifikasi hutan mangrove selanjutnya adalah berdasarkan interpretasi secara visual berdasarkan kombinasi band 564 dimana objek yang berwarna orange tua yang mendekati pesisir dianggap sebagai mangrove. Hasil ini diperkuat melalui survei lapangan yang telah dilakukan di kawasan hutan mangrove Cirewang Kabupaten Subang – Jawa Barat. Dapat dilihat tabel 3

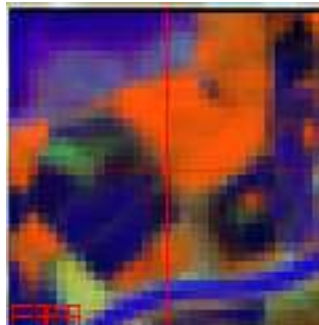
**Tabel 3** Hasil Survei Pada Citra

Koordinat Citra	Kondisi Pada Citra	Kondisi di Lapangan
BT=107° 50' 56" LS= 6° 12' 02"		
BT =107° 51' 28" LS= 6° 12' 59"		

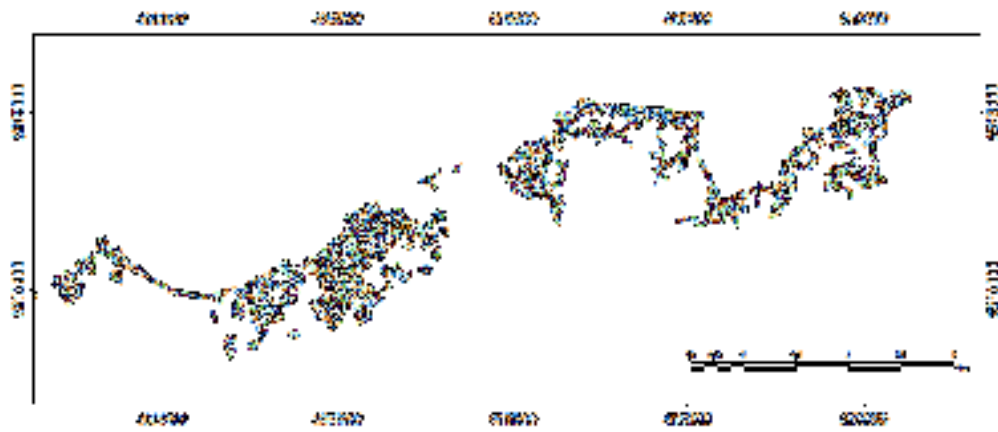
BT = 107° 52' 26"  
LS = 6° 12' 20"



BT = 107° 53' 03"  
LS = 6° 11' 42"



Berdasarkan hasil verifikasi lapangan citra kombinasi band 564 diidentifikasi secara visual lalu citra di deliniasi menggunakan software ArcGIS 10.1 untuk membatasi ruang kajian yaitu pada hutan mangrove yang berada di kabupaten Subang – Jawa Barat. Hasil deliniasi ditampilkan dalam gambar 3



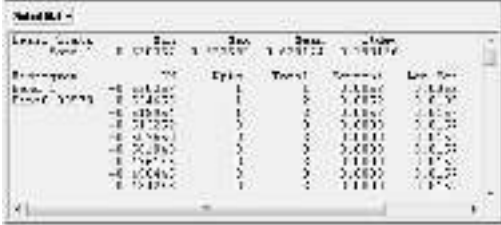
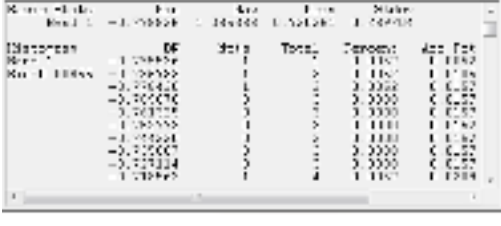
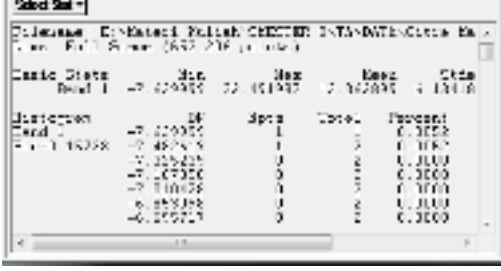
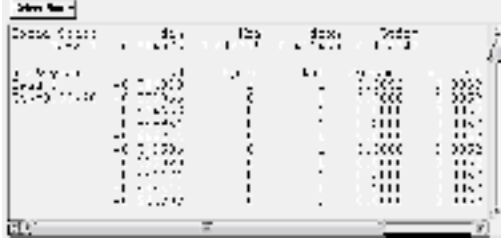
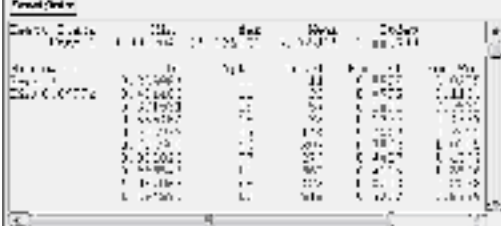
Gambar 3 Hasil Deliniasi Hutan Mangrove Berdasarkan Kombinasi Band 564

Dari hasil deliniasi hutan mangrove menggunakan kombinasi band 564 dan interpretasi secara visual diperoleh luas sebesar 1.454,040 hektar hutan mangrove di Kabupaten Subang – Jawa Barat.

### 3.4 Transformasi Indeks Vegetasi

Transformasi *indeks vegetasi* dilakukan untuk mendukung perhitungan biomassa hutan mangrove dimana untuk menghitung biomassa mangrove berbasis penginderaan jauh pada umumnya menggunakan indeks vegetasi sebagai variabel pada persamaan allometriknya. Hasil transformasi *indeks vegetasi* dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4 Hasil Transformasi Indeks Vegetasi

Jenis	Rumus	Nilai Spektral Citra
NDVI	$\frac{NIR-RED}{NIR+RED}$	
SAVI	$\left(\frac{NIR-RED}{NIR+RED}\right)(1+L)$	
TVI	$\frac{1}{2}(120(\rho_{NIR}-\rho_{green}))-200(\rho_{red}-\rho_{green})$	
EVI	$G \frac{\rho_{NIR}-\rho_{red}}{NIR+(C_1 \times \rho_{red})-(C_2 \times \rho_{blue})+L}(1+L)$	
RVI	$\frac{\rho_{NIR}}{red}$	

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa kerapatan vegetasi untuk setiap indeks vegetas berbeda – beda dimana yang terendah dimiliki oleh EVI dengan 0,411 dan tertinggi TVI dengan 13,362.

### 3.5 Perhitungan Biomassa

Perhitungan biomassa mangrove pada penelitian ini dilakukan di kawasan hutan mangrove Kabupaten Subang dan dengan menggunakan persamaan allometrik berbasis penginderaan jauh dan di validasi menggunakan perhitungan biomassa berdasarkan survei lapangan. Menurut Siarudin [10] biomassa yang tersedia di lantai hutan mangrove Blanakan, Subang, Jawa Barat sebesar 11,164 ton/ha,

sementara itu biomassa hasil perhitungan menggunakan persamaan allometrik dapat dilihat dalam tabel 5 sementara biomassa berdasarkan data lapangan dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 5** Biomassa Berdasarkan Perhitungan Allometri Berbasis Penginderaan Jauh

No	Peneliti	Indeks Vegetasi	Biomassa (Ton/Ha)	Standar Deviasi
1	Yusandi [4]	NDVI	13,875	12,380
2	Budi [6]	NDVI	6,931	9,974
3	Frananda dkk [5]	NDVI	35,728	183,700
4	Frananda dkk [5]	TVI	13,363	188,933
5	Frananda dkk [5]	SAVI	235,697	176,516
6	Frananda dkk [5]	EVI	221,234	85,167
7	Frananda dkk [5]	RVI	5,565	99,504

**Tabel 6** Hasil Perhitungan Biomassa Berdasarkan Survei Lapangan

No	Koordinat	Diameter (Cm)	Biomassa (Kg/Pohon)
1	BT= 107° 52' 26.9652" LS = 6° 12' 20.4336"	1,686	24,636
		9,45	32,643
		12,759	81,564
2	BT= 107° 50' 53.1456" LS= 6° 12' 07.1172"	28,604	692,781
		22,416	379,838
		15,909	153,403
		24,802	489,241
		34,141	1053,363
		20,379	297,666
		24,898	493,911
3	BT= 107° 50' 55.3848" LS= 6° 12' 05.2416"	28,461	684,461
		24,15	457,932
		26,234	561,672
		31,847	894,712
4	BT= 107° 50' 56.6232" LS= 6° 12' 03.2328"	26,091	554,199
		13,061	87,389
		26,441	572,555
		31,821	893,025
		24,293	464,714
5	BT= 107° 53' 03.0984" LS= 6° 11' 42.9900"	14,668	122,160
		15,336	138,508
		17,532	200,029



		20,141	288,711
--	--	--------	---------

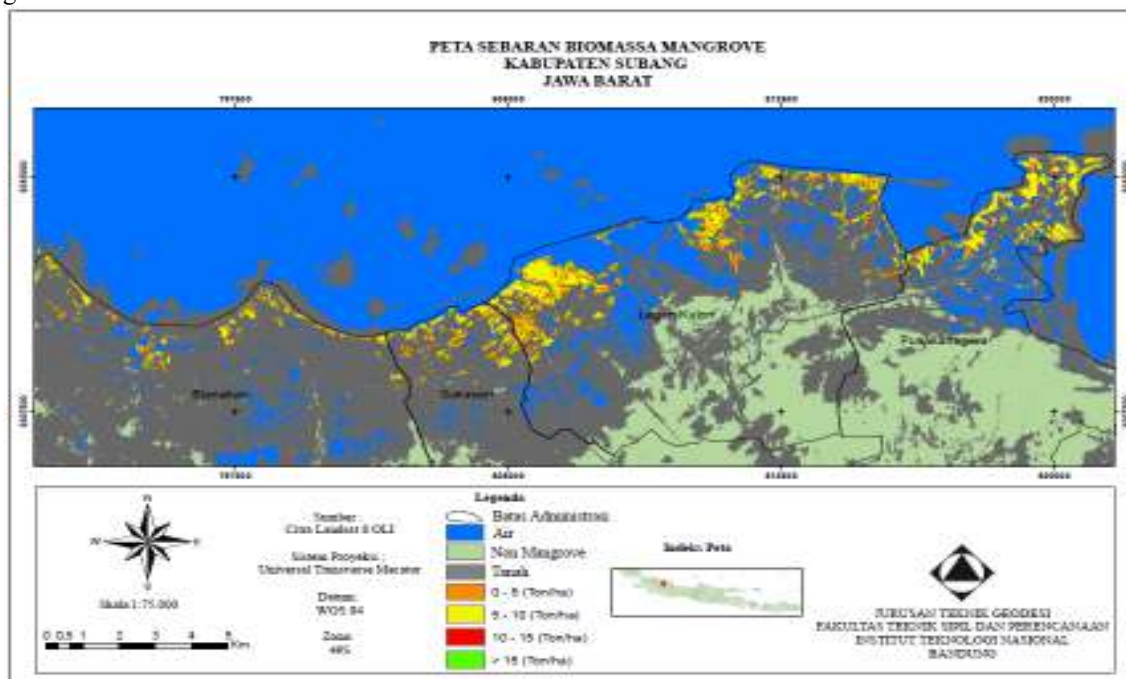
### 3.6 Analisis Persamaan Terbaik

Analisis model persamaan terbaik dilakukan dengan membandingkan nilai DN pada piksel dengan data sampel lapangan yang diambil pada lokasi yang sama dengan piksel. Pada penelitian ini diambil lima piksel yang dijadikan sebagai pembanding dengan data lapangan, dimana data lapangan yang dijadikan sebagai acuannya. Analisis dilakukan dengan cara membuat rata – rata selisih biomassa pada piksel dengan biomassa hasil survei lapangan. Dapat dilihat pada tabel 7

**Tabel 7** Rata – rata Selisih Nilai Biomassa pada Piksel dengan Biomassa Lapangan

No	Persamaan Allometrik	Rata - rata selisih Biomassa (Ton/Piksel)
1	Yusendi ( $Y = -2,5 + (64,1NDVI)$ )	13,569
2	Frananda ( $Y = 914 NDVI - 330$ )	256,869
3	Frananda ( $Y = 30,80 TVI + 16,04$ )	337,282
4	Frananda ( $Y = 663,6 EVI - 49,60$ )	195,747
5	Frananda ( $Y = 609,3 SAVI - 330$ )	256,844
6	Frananda ( $Y = 32,3 SR + 46,03$ )	178,836
7	Budi( $y = \frac{30,97183 - 56,898258NDVI}{1+3,95247NDVI - 9,5673017NDVI^2}$ )	7,074

Berdasarkan rata – rata selisih pada tabel 7 diperoleh rata – rata yang paling kecil yaitu persamaan allometrik yang dibuat oleh Budi [6] dengan rata – rata selisih biomassa sebesar 7,074 Ton/piksel dan rata – rata selisih biomassa yang terbesar yaitu persamaan allometrik yang dibuat oleh Frananda dkk [5] dengan rata – rata selisih biomassa sebesar 337,282 Ton/Piksel. Dengan menggunakan persamaan Budi [6], dibuat peta sebaran biomassa mangrove di wilayah Kabupaten Subang seperti terlihat pada gambar 4



**Gambar 4** Peta Sebaran Biomassa Mangrove

#### 4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang bisa ditarik dari penelitian ini adalah :

1. Persamaan alometrik berbasis penginderaan jauh untuk estimasi biomassa mangrove di Kabupaten Subang yang terbaik adalah persamaan yang dibuat oleh Budi [6] dengan persamaan  $y = \frac{30,97183 - 56,898258NDVI}{113,95247NDVI - 9,5673017NDVI^2}$  ;  $R^2 = 83,7\%$ , dengan rata – rata selisih hasil validasi lapangan menggunakan data lapangan pada sampel lima piksel sebesar 7,074 Ton/Piksel dan dengan nilai korelasi  $R^2 = 0,709$ .
2. Biomassa mangrove di Kabupaten Subang berdasarkan rata – rata nilai Digital Number (DN) sebesar 6,931 ton/ha dengan standar deviasi sebesar 9,974 ton/ha
3. Biomassa di Kabupaten Subang berdasarkan peta sebaran biomassa mangrove diketahui dominasi paling banyak berada pada range 5 – 10 ton/ha dan dominasi biomassa mangrove di Kabupaten Subang berada di Kecamatan Legon Kulon dengan Luas hutan sebesar 49,56 % dari total luas hutan mangrove Kabupaten Subang.

#### Ucapan terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada LP2M yang telah memberikan hibah skema PUSI dalam penelitian ini.

#### Daftar pustaka

- [1] Brown, Sandra. 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer*. (FAO Forestry Paper - 134). FAO : Rome.
- [2] Lu D. 2006. The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. *International journal of remote sensing*. Vol. 27(7), 1297-1328.
- [3] De Gier, A., 2003. A new approach to woody biomass assessment in woodlands and shrublands. In: P. Roy (Ed), *Geoinformatics for Tropical Ecosystems, India*, pp. 161-198.
- [4] Yusandi, Sendi. 2015. Model Penduga Biomassa Hutan Mangrove Menggunakan Citra Resolusi Sedang Di Areal Kerja Bsn Group Kalimantan Barat. [Skripsi]. Fakultas Kehutanan : Bogor.
- [5] Frananda, Hendry, Hartono, dan Retnadi Heru Jatmiko. 2015. Komparasi Indeks Vegetasi Untuk Estimasi Stok Karbon Hutan Mangrove Kawasan Segoro Anak Pada Kawasan Taman Nasional Alas Purwo Banyuwangi, Jawa Timur. *Majalah Ilmiah Globè*. 17(2). 113-123.
- [6] Budi, Chandra. 2000. Model Penduga Biomassa dan Indeks Luas Daun Menggunakan Data Landsat iThematic Mapper (TM) dan Spot Multispektral (XS) Di Hutan Mangrove(Studi Kasus Segara Anakan, Cilacap). [Thesis]. Program Pascasarjana IPB : Bogor.
- [7] Huete, A., Didan, K., Leeuwen, W.V., Miura, T., Glenn, E. (2011). MODIS Vegetation Indices. *Land Remote Sensing and Global Environmental Change*. Springer. New York
- [8] Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Andi : Yogyakarta.
- [9] Prameswari, A.A.S.R., Hariyanto, T., Sidik, F. 2015. Analisis indeks vegetasi mangrove menggunakan citra satelit alos avnir-2. *Geoid*. Volume (11).
- [10] Siarudin, M., dan Encep Rachman. 2008. Biomassa Lantai Hutan Dan Jatuhan Serasah Di Kawasan Mangrove Blanakan, Subang, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. Vol. V No. 4 : 329-335.