

# Model penduga biomassa hutan mangrove menggunakan citra satelit resolusi sedang di areal kerja perusahaan konsesi hutan di Kalimantan Barat

## The estimation model of mangrove forest biomass using a medium resolution satellite imagery in the concession area of forest concession company in West Kalimantan

SENDI YUSANDI, I NENGAH SURATI JAYA

Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor 16680, Jawa Barat

Manuskrip diterima: 2 Desember 2015. Revisi disetujui: 4 Juli 2016.

**Abstract.** Yusandi S, Jaya INS. 2016. *The estimation model of mangrove forest biomass using a medium resolution satellite imagery in the concession area of forest concession company in West Kalimantan. Bonorowo Wetlands 6: 69-81.* Mangrove forest is one of the forest ecosystem types having the highest carbon stock in the tropics. Mangrove forests have a good assimilation capability with their environmental elements as well as have a high capability on carbon sequestration. Up to now, however, the availability of data and information on carbon storage, especially on tree biomass content of mangroves is still limited. Conventionally, an accurate estimation of biomass could be obtained from terrestrial measurements, but those methods are costly and time-consuming. This study offered an alternative solution to overcome these limitations by using remote sensing technology, i.e., using the moderate resolution imageries Landsat 8. The objective of this study is to formulate the biomass estimation model using medium resolution satellite imagery, as well as to develop a biomass distribution map based on the selected model. The study found that the NDVI has a considerably high correlation coefficient of larger than  $> 0.7071$  with the standing biomass. On the basis of the values of aggregation deviation, mean deviation, bias, RMSE,  $\chi^2$ ,  $R^2$ , and  $s$ , the best model for estimating the mangrove standing biomass is  $B=0.00023404$  with the  $R^2$  value of 77.1%. In general, the concession area of BSN Group (PT Kandelia Alam Semesta and PT Bina Ovivipari) has a potential of biomass ranging from 45 to 100 tons per ha.

**Keywords:** Mangrove forests, biomass, model, score, NDVI

### PENDAHULUAN

Salah satu penyebab pemanasan global adalah meningkatnya gas rumah kaca (GRK) terutama karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) di atmosfer. Hutan dianggap menjadi salah satu komponen dalam mekanisme pengurangan emisi (mitigasi) karbon jika dilakukan secara lestari karena hutan sebagai sistem yang dinamis sangat besar perannya terhadap lingkungan. Biomassa hutan juga sering dijadikan sebagai salah satu dasar pertimbangan dalam kegiatan pengelolaan hutan lestari khususnya yang terkait dengan perdagangan karbon. Hal ini disebabkan karena cadangan biomassa yang bergantung pada kondisi tegakan seperti permudaan alam, kondisi gangguan dan peruntukan hutannya (IPCC 2001). Hutan mangrove merupakan salah satu hutan yang simpanan karbonnya tertinggi di kawasan tropis dan sangat tinggi dibandingkan rerata simpangan karbon di berbagai tipe hutan lainnya di dunia (Donato et al. 2012). Walaupun mangrove diketahui memiliki kemampuan asimilasi yang baik dengan komponen lingkungannya serta mempunyai laju penyerapan C yang tinggi, namun data dan informasi tentang simpanan karbon untuk beberapa komponen terutama untuk biomassa pohon sangat terbatas (Komiya et al. 2008), sehingga menjadi

penting untuk mengetahui informasi biomassa di kawasan hutan mangrove untuk pengelolaan hutan lestari.

Informasi potensi biomassa dapat diketahui melalui pendekatan kegiatan survey lapang secara langsung atau terestris, metode ini menghasilkan hasil Penduga yang cukup akurat, akan tetapi metode ini memerlukan waktu lama dan biaya yang tinggi. Menurut Lu (2006), pengukuran lapangan atau terestris adalah cara yang paling akurat untuk mengumpulkan data biomassa, tetapi membutuhkan waktu padat karya, sulit diterapkan pada daerah terpencil dan wilayah yang luas. Oleh karena itu terdapat alternatif solusi yang lain dalam mengetahui informasi potensi biomassa yaitu dengan menggunakan pendekatan aerial melalui teknologi penginderaan jauh, kelebihan dari teknologi penginderaan jauh ini adalah dapat memberikan informasi yang dibutuhkan secara cepat dan lengkap dengan biaya yang relative lebih murah. Selain itu penggunaan teknologi penginderaan jauh dalam mencari informasi mengenai estimasi potensi biomassa mangrove sebagai penyerap  $\text{CO}_2$  dapat dipantau secara efektif dan efisien setiap tahunnya.

Penelitian mengenai Penduga potensi biomassa menggunakan citra satelit baik pada tingkat nasional maupun internasional sudah banyak dilakukan, diantaranya oleh Qirom et al. (2012) dengan model

$Y=292+2.00HH^2+27.1HV$  memiliki nilai  $R^2=40.9\%$ , Tangki dan Chappell (2008) dengan model  $Y=1098.8-123.64NIR$  memiliki nilai  $R^2=77\%$ , serta Yuwono (2014) dengan model  $Y=-480.1-111.8HV-5.337HV^2$  memiliki nilai  $R^2 = 86\%$ . Namun penelitian terkait Penduga potensi biomassa di hutan mangrove Indonesia menggunakan citra satelit masih sangat terbatas. Cahyaningrum dan Hartoko (2014) melakukan pendugaan biomassa mangrove di Taman Nasional Karimunjawa dengan melakukan pendugaan biomassa pada citra melalui nilai digital yang terkandung dalam tiap band. Namun menurut Jaya (2010) pendugaan menggunakan nilai tiap band ini tidak efektif jika dilakukan pada kasus multi waktu sehingga dibutuhkan teknik perbaikan spectral atau transformasi. Salah satu teknik transformasi yaitu indeks vegetasi. Teknik ini dapat digunakan sebagai teknik cepat untuk mendeteksi kondisi vegetasi tertentu serta efektif untuk menentukan kepadatan vegetasi. Oleh karena itu penelitian ini menduga potensi biomassa berdasarkan nilai indeks vegetasi, yang diharapkan dapat meminimalisir kesalahan serta dapat meningkatkan kemampuan citra dalam mengidentifikasi nilai kandungan biomassa yang terdapat di areal kerja BSN Group yang merupakan pemegang hak pengelola hutan alam mangrove di Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model penduga biomassa menggunakan citra resolusi sedang di areal kerja BSN Group dan untuk membuat peta sebaran potensi biomassa dari persamaan model terbaik menggunakan citra resolusi sedang.

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Agustus 2015. Kegiatan ini dilaksanakan dalam beberapa tahap, yaitu pra-pengolahan citra, pengambilan data lapang, dan pengolahan data. Tahap pra-pengolahan citra dilaksanakan pada bulan Januari 2015 yang bertempat di Laboratorium *remote sensing* dan GIS, Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Pengambilan data lapang dilaksanakan pada bulan Februari-April 2015 yang meliputi areal kerja BSN Group, yaitu PT. Kandeliam Alam dan PT Bina Ovivipari Semesta, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. Secara geografis PT Kandeliam Alam terletak antara  $109^{\circ}22'30.7''$  BT- $109^{\circ}41'17''$  BT dan  $01^{\circ}40'7''$  LS- $01^{\circ}32'9''$  LS, sedangkan PT Bina Ovivipari Semesta Blok Sekh terletak di antara  $109^{\circ}8.3'00''$  BT- $109^{\circ}29.2'00''$  BT dan  $0^{\circ}27.9'00''$  LS- $0^{\circ}53.2'00''$  LS untuk Blok Bumbun, serta antara  $109^{\circ}36'00''$  BT- $109^{\circ}41.6'00''$  BT dan  $0^{\circ}54.7'00''$  LS- $0^{\circ}58.6'00''$  LS untuk Blok Selat Sekh. Kedua perusahaan ini berada dalam satu induk pengelolaan, serta kedua perusahaan ini juga memiliki karakteristik tegakan dan tapak yang sama berdasarkan laporan hasil IHMB PT Kandeliam Alam dan PT Bina Ovivipari Semesta, kesamaan tapak tersebut dapat dilihat dari tipe iklim, curah hujan, suhu udara, kelembaban udara serta tipe tanah, dari kesamaan tapak tersebut bahwa kedua perusahaan memiliki pengaruh tempat tumbuh yang sama,

sehingga pada penelitian ini dilakukan pengambilan data di dua tempat dengan tujuan yaitu menduga potensi biomassa berdasarkan citra resolusi sedang. Selanjutnya Pengolahan data, analisis data dan laporan dilaksanakan pada bulan Mei-Agustus 2015 yang bertempat di Laboratorium *Remote Sensing* dan GIS, Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

### Data, alat dan software

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu kompas, *phi band*, *clinometer (sunto)*, tali tambang, kamera, timbangan, oven, GPS, dan *tallysheet*. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan komputer yang dilengkapi piranti lunak *Microsoft Excel 2010*, *SPSS V.20*, *ArcGIS 10.1*, dan *ERDAS Imagine Software version 9.1*.

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil langsung di lapangan pada saat penelitian, sedangkan data sekunder merupakan berbagai kumpulan data yang telah tersedia atau telah dikaji sebelumnya. Data yang digunakan dalam penelitian ini ditabulasikan pada Tabel 1.

### Prosedur analisis data

#### Pra-pengolahan citra

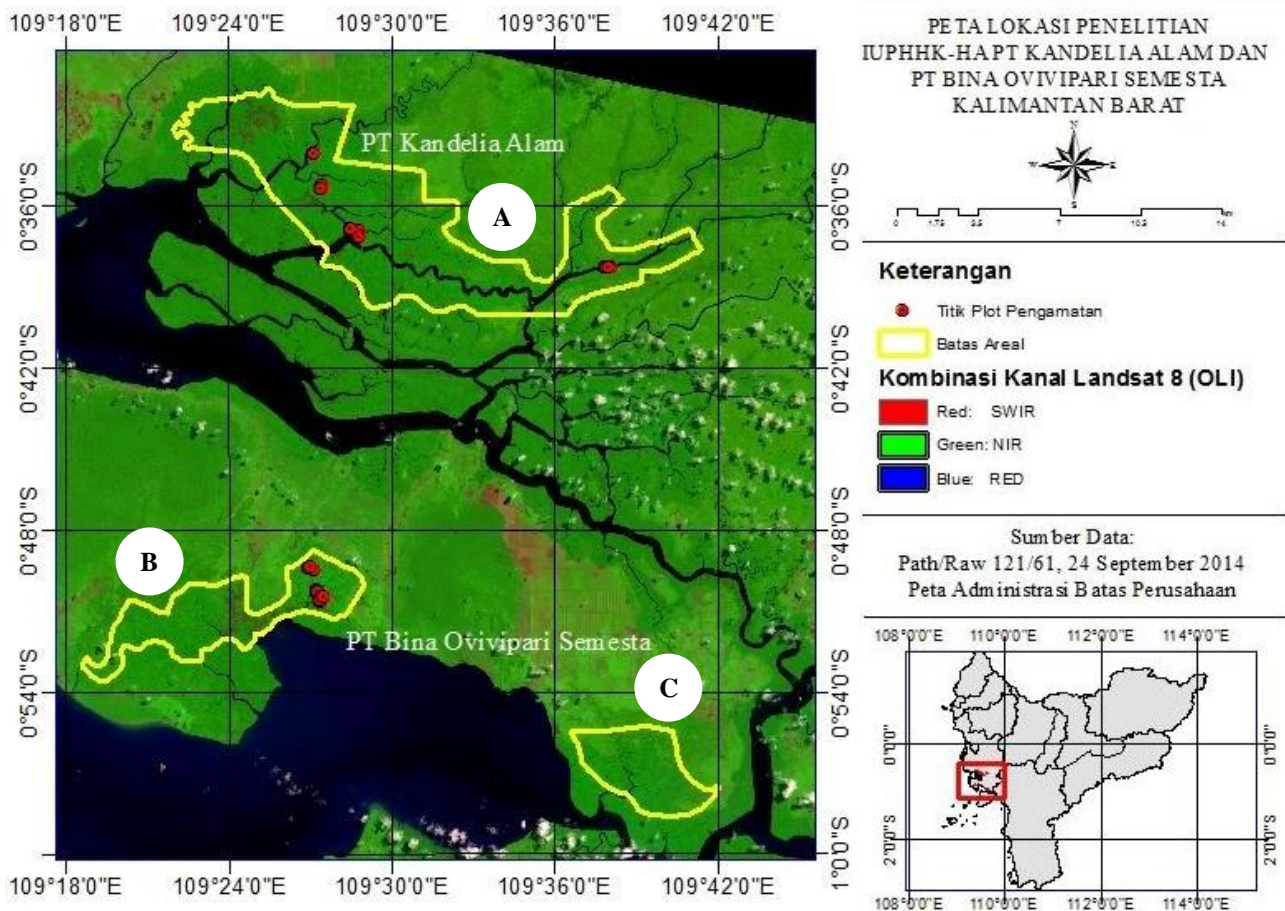
Pra pengolahan citra merupakan langkah awal dalam pengolahan citra satelit. Beberapa langkah dalam pra-pengolahan citra meliputi import data citra, penggabungan band, koreksi geometrik dan pemotongan citra.

**Import data.** Proses import data merupakan langkah awal dalam pra pengolahan citra. Citra yang digunakan yaitu landsat 8 (OLI) tahun perekaman 2014 dengan format TIF. Proses import data ini merupakan proses mengubah format TIF menjadi format IMG. Proses ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ERDAS IMAGINE 9.1.

**Penggabungan citra (layer stack).** Penggabungan band dimaksudkan untuk memperoleh suatu data citra multispektral yang terdiri dari band cahaya tampak, NIR, dan SWIR pada citra landsat 8. Jaya (2010) menjelaskan bahwa dengan hanya menggunakan satu band (saluran) yang umumnya ditampilkan dengan grayscale/hitam putih, identifikasi objek pada citra umumnya lebih sulit dibandingkan dengan interpretasi pada citra berwarna.

Tabel 1. Data penelitian

Data primer	Data sekunder
Data berat basah (BB) tumbuhan bawah, semai dan serasah	Data berat jenis, BEF, IHMB
Data berat kering (BK) tumbuhan bawah, semai dan serasah	(Areal PT Kandeliam Alam dan PT Bina Ovivipari Semesta)
Data Pohon mati berdiri dan pohon mati rebah.	Data administrasi Kabupaten Kubu Raya
Data dbh pada kelas pancang dan pohon pada ekosistem tutupan lahan hutan mangrove	
Citra landsat 8 OLI path/raw 121/61 Data nama jenis tumbuhan teridentifikasi	
Koordinat plot di lapangan	



**Gambar 1.** Peta lokasi penelitian di areal kerja perusahaan konsesi hutan BSN Group di Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. A. PT. Kandelia Alam, B. PT Bina Ovivipari Semesta Blok Selat Sekh, C. PT Bina Ovivipari Semesta Blok Selat Bumbun

**Koreksi geometrik.** Jaya (2010) menjelaskan bahwa koreksi geometri dibutuhkan untuk melakukan rektifikasi (pembetulan) agar koordinat pada citra sesuai dengan koordinat geografi. Hal ini perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai piksel yang sebenarnya pada posisi yang tepat. Citra Landsat 8 sudah terorthorektifikasi Level 1T-precision yang artinya sudah dilakukan rektifikasi dengan data *Digital Elevation Model* (DEM) dari *Global Land Surveys 2000* sehingga hanya dilakukan *reproject citra* untuk mengubah proyeksi citra menjadi *Universal Transverse Mectator* (UTM) zona 49 S dan datum yang digunakan adalah *World Geodetic System* (WGS) 84.

**Pemotongan data citra (subset image).** Pemotongan citra bertujuan untuk mengetahui secara jelas daerah penelitian yang akan digunakan sesuai dengan lokasi penelitian. Pemotongan citra dilakukan dengan memotong citra yang sudah terkoreksi pada lokasi penelitian menggunakan software ERDAS IMAGINE 9.1.

#### *Pengambilan data lapangan*

Pengambilan data di lapangan dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* yang direncanakan berdasarkan kondisi tegakan. Tegakan tersebut diantaranya hutan bekas tebangan yang diambil pada tegakan tahun 1989, 1998, 2002 yang ada di PT

kandelia Alam dan tegakan 2006, 2008, 2009 yang terdapat di PT Bina Ovivipari Semesta. Sebanyak 52 plot contoh yang tersebar merata, 10 plot contoh di ambil dari tegakan tahun 1989 dan 1998 sedangkan pada tahun 2002, 2006, 2008, dan 2009 diambil masing-masing 8 plot contoh.

Plot contoh yang digunakan berbentuk persegi dengan luasan 25 m x 25 m yang digunakan untuk mengukur tingkat pohon, *necromassa* (pohon mati rebah dan pohon mati berdiri), dan di dalamnya dibuat sub plot berukuran 2m x 2m untuk mengukur dimensi tingkat tumbuhan bawah, *necromassa* dan serasah, dan 5 meter x 5 meter mengukur dimensi tingkat pancang.

Data yang di ambil adalah kondisi biofisik (tapak, fisiografi, kondisi tutupan) dan Pengukuran dan pengamatan tegakan berupa diameter setinggi dada (30 cm di atas akar tunjang), tinggi total (hanya beberapa contoh), nama jenis pohon, serasah, nekromassa, serta titik koordinat dari titik acuan.

#### *Pengolahan data*

Pada tahap pengolahan data terbagi lagi menjadi beberapa tahap meliputi: pendugaan biomassa, analisis spasial, uji asumsi, uji korelasi, pengujian korelasi, penyusunan model, uji koefisien regresi, uji validasi,

penentuan model terpilih, dan pembuatan peta sebaran potensi.

**Pendugaan biomassa.** Menurut Sutaryo (2009), biomassa adalah suatu bentuk dari kantong karbon, yang diperhitungkan setidaknya ada empat kantong karbon. Keempat kantong karbon tersebut adalah biomassa atas permukaan, biomassa bawah permukaan, bahan organik mati, dan karbon organik tanah. Pada penelitian ini yang diperhitungkan hanyalah biomassa atas permukaan dan biomassa bahan organik mati. Biomassa atas permukaan adalah semua material hidup di atas permukaan tanah baik dari strata pohon maupun dari strata tumbuhan bawah di lantai hutan, sedangkan kayu mati dan serasah masuk ke dalam kategori biomassa bahan organik mati.

Pendugaan biomassa dilakukan dengan menggunakan alometrik yang telah tersedia, menggunakan koefisien BEF tegakan dan menimbang bobot basah maupun bobot kering. Untuk pendugaan nilai biomassa tumbuhan bawah, serasah, dan nekromassa yang diukur pada plot 2 x 2 meter didapatkan dari hasil perhitungan total berat kering (BK) sampel yang diacu dalam Hairiah dan Subekti (2007).

$$\text{Total BK (g)} = \frac{\text{BK subcontoh}}{\text{BB subcontoh}} \times \text{TotalBB}$$

Keterangan:

BK = Berat kering (g)

BB = Berat basah (g)

Untuk menghitung biomassa pohon mati rebah menggunakan rumus dari Balitbang Kehutanan (2012), sedangkan pohon mati berdiri menggunakan rumus dari Hilmi (2003).

Biomassa pohon mati rebah:

$$B = V \times \text{WD} \times \text{BEF}$$

Keterangan:

B = biomassa (kg)

V = volume pohon (m<sup>3</sup>)

WD = wood density/ berat jenis (g/cm<sup>3</sup>)

BEF = *Biomass expansion factor*, nilai yang digunakan pada penelitian ini 1.55

Biomassa pohon mati berdiri:

Biomassa akar:

$$B = -0.7 - 11.9 \text{ Dbh} + 0.969 \text{ H}^2$$

Biomassa batang:

$$B = 80.7 + 0.0333 \text{ Dbh}^2 \text{ H}$$

Keterangan

B = biomassa (kg)

Dbh = diameter setinggi dada (cm);

H = tinggi pohon mati (m)

Pendugaan biomassa pada tingkat pohon menggunakan pendekatan alometrik. Tabel 2 menyajikan alometrik yang digunakan dalam pendugaan biomassa tingkat pohon.

**Tabel 2.** Rumus alometrik untuk menduga potensi biomassa pada tingkat pohon

Jenis tanaman	Rumus alometrik	Sumber
<i>Bruguiera</i>	Log B = -0.552 + 2.244 log Dbh	Krisnawati et al. (2012)
<i>gymnorhiza</i>	B = 0.043	Amira (2008)
<i>Rhizophora apiculata</i>	B = 0.1832	Talan (2008)
<i>Xylocarpus granatum</i>		

Keterangan: B = biomassa (kg), Dbh = diameter setinggi dada (cm)

Tegakan mangrove pada kelas pancang, dihitung menggunakan rumus berbeda. Pancang pada klaster tersebut dihitung menggunakan model alometrik Pambudi (2011).

$$B = 0.027542 \times \text{Dbh}^{3.22}$$

Keterangan:

B = biomassa (kg)

Dbh = diameter setinggi dada (cm)

**Indeks vegetasi (NDVI).** Perhitungan indeks vegetasi tutupan lahan dengan menggunakan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan perhitungan dari sinar tampak dan infra merah dekat yang direfleksikan oleh vegetasi. Klasifikasi nilai piksel untuk NDVI berkisar antara -1 sampai dengan 1. Nilai NDVI yang rendah (negatif) mengidentifikasi wilayah badan air, bebatuan, pasir, dan salju. Nilai NDVI yang tinggi (positif) mengidentifikasi wilayah vegetasi baik berupa padang rumput, semak belukar, maupun hutan, sedangkan nilai NDVI mendekati 0 umumnya mengidentifikasi lahan kosong (Saputra 2007). Nilai NDVI ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}}$$

Keterangan:

NIR (*Near Infra Red*) = band infra merah dekat

RED = band merah

Citra band merah dan band infra merah dekat pada Landsat 8 mempunyai kelebihan yaitu objek bervegetasi akan memberikan tanggapan spektral yang tinggi. Nilai indeks vegetasi dapat memberikan informasi tentang persentase penutupan vegetasi, indeks tanaman hidup (*Leaf Area Index*), biomassa tanaman, kapasitas fotosintesis, dan estimasi penyerapan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) (Saputra 2007). Kegiatan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai NDVI dari masing-masing titik koordinat dari acuan.

**Uji asumsi**

*Uji normalitas.* Pengujian normalitas data untuk mengetahui apakah data menyebar normal dengan bentuk data simetris atau berbentuk kurva lonceng. Pengujian normalitas data dapat dilakukan dengan menggunakan uji Kolmogorov Smirnov. Berikut rumus yang digunakan:

$$\text{KS} = |\text{Fn}_{(Y_i)} - \text{Fo}_{(y_i)}|$$

Keterangan:

KS : Nilai Kolmogorov Smirnov

$F_{n(Y_i-1)}$ : Frekuensi persentase kumulatif pada waktu sebelum  $i$

$F_{O(y_i)}$ : Frekuensi data sebaran normal pada saat  $i$

Hipotesis:

$H_0$  : Data menyebar normal

$H_1$  : Data tidak menyebar normal

Kriteria uji: jika P-value (KS) > 0.05 maka terima  $H_0$ , sedangkan jika P-value (KS) < 0.05, maka tolak  $H_0$ .

Uji linearitas

Uji Linearitas, bertujuan untuk mengetahui apakah dua variable mempunyai hubungan yang linear atau tidak secara signifikan, artinya setiap perubahan yang terjadi pada satu variable akan diikuti perubahan dengan besaran yang sejajar pada variabel lainnya. Uji linearitas menggunakan rumus (Hadi 2004):

$$F_{reg} = \frac{RK_{reg}}{RK_{res}}$$

Keterangan:

$F_{reg}$  : Harga bilangan F untuk garis regresi  $RK_{reg}$ : Rerata kuadrat garis regresi

$RK_{res}$ : Rerata kuadrat residu

Perhitungan Uji linearitas menggunakan software SPSS, dan memiliki kriteria, jika nilai signifikansi nilai F (sig) < 0.05 maka data memiliki hubungan yang linear sedangkan jika nilai signifikansi nilai F (sig) > 0.05 maka data tidak memiliki hubungan yang linear.

*Uji heterokedastisitas.* Uji heterokedastisitas dilakukan untuk mengetahui apakah dalam sebuah model regresi terjadi ketidaksamaan varians dari residual suatu pengamatan lain. Jika varians dari residual suatu pengamatan ke pengamatan lain tetap disebut homokedastisitas, sedangkan untuk varians yang berbeda disebut heterokedastisitas. Untuk menguji adanya gejala heterokedastisitas, maka digunakan uji Glejser pada SPSS.

Hipotesis yang digunakan:

$H_0$ : Terdapat gejala heteroskedastisitas

$H_1$ : Tidak terdapat gejala heteroskedastisitas

Kriteria yang digunakan, jika korelasi antara variable independent dengan residualnya memberikan signifikansi (sig) > 0.05, maka tolak  $H_0$ , sedangkan jika korelasi antara variable independent dengan residunya memberikan signifikansi (sig) < 0.05, maka terima  $H_0$ .

*Uji korelasi.* Koefisien korelasi (r) merupakan variabel yang dapat menunjukkan keeratan hubungan antara dua peubah atau lebih terhadap peubah tak bebasnya (Walpole 1995). Dalam hal ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara peubah atau variabel yang digunakan dalam pendugaan potensi biomassa dengan menghitung nilai koefisien korelasi (r) dengan menggunakan rumus:

$$r = \frac{\sum x_i y_j - (\sum x_i)(\sum y_j)/n}{\sqrt{\{\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2/n\} \{\sum y_j^2 - (\sum y_j)^2/n\}}}$$

Keterangan:

r = nilai korelasi

$x_i$  = nilai NDVI dari unit-unit contoh

$y_j$  = nilai potensi biomassa dari unit-unit contoh

n = jumlah unit contoh

Selang nilai korelasi (r) berkisar antara -1 sampai dengan 1. Koefisien korelasi bernilai negatif mempunyai makna hubungan antara dua peubah yang diuji bersifat berbanding terbalik, yaitu jika salah satu peubah nilainya menurun, maka peubah yang lain akan meningkat. Koefisien korelasi bernilai positif menunjukkan hubungan antar dua peubah tersebut berbanding lurus, yaitu jika nilai salah satu peubah meningkat, maka peubah lain juga akan meningkat. Apabila nilai korelasi 0, maka hubungan antara dua peubah yang diuji tidak memiliki korelasi.

Hipotesis:

$H_0$ :  $r = 0$ , artinya tidak ada korelasi antar dua peubah

$H_1$ :  $r \neq 0$ , artinya ada korelasi antar dua peubah

*Pengujian korelasi.* Untuk melakukan uji signifikansi korelasi bisa digunakan transformasi-z yang dikemukakan oleh Fisher. Perhitungan *Z-hitung* rumus yang digunakan adalah:

$$Z_{hit} = \frac{Z_p - Z_r}{\delta}$$

Keterangan:

$Z_r$  = nilai korelasi sebenarnya

$Z_p$  = nilai korelasi harapan

$\delta$  = simpangan baku

Hipotesis:

$H_0$ :  $\rho = 0$

$H_1$ :  $\rho \neq 0$

Kriteria uji:

Jika  $Z_{hit} \leq Z_{tab}$ , maka terima  $H_0$  artinya pengaruh antar variabel tidak erat. Jika  $Z_{hit} > Z_{tab}$ , maka tolak  $H_0$  artinya pengaruh antar variabel erat.

*Penyusunan model penduga potensi biomassa.* Analisis hubungan antara biomassa dengan nilai NDVI pada citra landsat 8, digunakan model yang dapat menyusun hubungan tersebut. Model-model yang dapat dikembangkan pada penelitian ini adalah: (i) Linear,  $B = a + bNDVI$ ; (ii) Kuadratik,  $B = a + bNDVI^2$ ; (iii) Power,  $B = aNDVI^b$ ; (iv) Eksponensial,  $B = ae^{(bNDVI)}$

Keterangan:

B = biomassa (ton /plot)

NDVI = nilai NDVI pada citra Landsat 8

a, b, c = nilai konstanta/koefisien

### Uji koefisien regresi

Untuk mengetahui pengaruh signifikansi koefisien regresi yang dihasilkan dalam pembuatan model terhadap potensi biomassa, maka perlu dilakukan pengujian menurut kaidah statistik. Uji koefisien regresi ini dilakukan dengan menggunakan Uji-F (uji secara simultan / bersama).

*Pengujian hipotesis / Uji F-hitung (ANOVA).* Pengujian hipotesis dilakukan terhadap model untuk mengetahui keberartian hubungan peubah pada citra dengan potensi biomassa di lapangan. Analisis ragam untuk regresi sederhana disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3'** Analisis ragam untuk regresi sederhana

Sumber keragaman	Db	JK	KT	F Hit
Regresi	Dbr = p-1	JKR=b <sup>2</sup> JHKxy	KTR=JKR/d <sub>br</sub>	KTR/KTS
Sisa	Dbs = n-p	JKS=JKT-JKR	KTS=JKS/d <sub>s</sub>	
Total	n-1	JKT=Jky		

Keterangan: p: banyaknya parameter; n: banyaknya plot contoh; db: derajat bebas; JK: jumlah kuadrat; JHKxy: jumlah hasil kali x dan y; Jky: jumlah hasil kali y; KT: kuadrat tengah.

Hipotesis yang diuji adalah:

H<sub>0</sub>: β<sub>i</sub> = 0, peubah terikat Y tidak dipengaruhi oleh peubah bebas X

H<sub>1</sub>: β<sub>i</sub> ≠ 0, peubah terikat Y dipengaruhi oleh peubah bebas X

Keterangan:

jika F-hit > F-tab maka terima H<sub>1</sub> jika F-hit ≤ F-tab maka terima H<sub>0</sub>

Perhitungan koefisien determinasi dan koefisien determinasi terkoreksi. Koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) adalah ukuran dari besarnya keragaman peubah tidak bebas yang dapat diterangkan oleh keragaman peubah bebasnya. Sedangkan koefisien determinasi terkoreksi (R<sup>2</sup>-adj) merupakan nilai koefisien determinasi yang nilai peubah-peubahnya telah dikoreksi. Perhitungan nilai koefisien determinasi juga dapat diduga untuk melihat tingkat ketelitian dan keamatan hubungan model regresi yang telah dibuat. Rumus yang digunakan, yaitu:

$$R^2 = \frac{JKR}{JKT} \times 100 = \left\{ 1 - \frac{JKS}{JKT} \right\} \times 100$$

Keterangan:

R<sup>2</sup> = koefisien determinasi;

JKS = jumlah kuadrat sisa

JKR = jumlah kuadrat regresi;

JKT = jumlah kuadrat total

Koefisien determinasi memiliki arti jika nilai koefisien determinasi sebesar 60%, maka mempunyai pengertian bahwa 60% variasi peubah X dapat menerangkan secara memuaskan variasi peubah Y, sedangkan sisanya sebesar 40 % dijelaskan oleh faktor lain. Pada penelitian ini yang menjadi peubah X adalah NDVI sedangkan peubah Y adalah potensi biomassa pada tiap plot contoh.

#### Simpangan baku (s)

Simpangan baku contoh adalah ukuran perbedaan dari amatan individu contoh terhadap nilai rata-ratanya. Model yang baik memiliki simpangan baku yang kecil.

Uji validasi model. Setelah model terbangun dan secara statistik dapat diterima, maka perlu dilakukan uji validasi terhadap model tersebut. Uji validasi model terbangun dengan menggunakan perhitungan uji χ<sup>2</sup> (*chi-square*), e (Bias), SA (Simpangan Agregat), SR (Simpangan Rata-rata) dan RMSE (Root Mean Square Error). Pada penelitian ini, perhitungan uji χ<sup>2</sup> (*chi-square*) menunjukkan besarnya kecocokan antara hasil perhitungan menggunakan model

(nilai harapan/E) dengan perhitungan data lapangan (nilai observasi atau nilai actual /O). Jika nilai χ<sup>2</sup> hitung lebih kecil dari nilai χ<sup>2</sup>-tabel, maka dapat dinyatakan bahwa hasil dugaan menggunakan model terbangun tidak berbeda dengan perhitungan data lapangan (nilai actual).

$$\chi^2\text{-hitung} = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$$

RMSE (*Root Mean Square Error*) digunakan untuk mengetahui seberapa besar error yang terjadi pada hasil perhitungan model jika dibandingkan dengan nilai aktual. Semakin kecil nilai RMSE, maka semakin kecil pula kesalahan yang terjadi pada penggunaan model. Perhitungan RMSE menggunakan rumus sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum \left( \frac{E-O}{O} \right)^2}{n}} \times 100$$

Bias (e) adalah kesalahan sistematis yang dapat terjadi karena kesalahan dalam pengukuran, baik kesalahan teknis pengukuran maupun kesalahan karena alat ukur. Nilai e yang dapat diterima adalah nilainya yang mendekati nol. Perhitungan bias (e) dapat di rumuskan sebagai berikut:

$$e = \sum \left\{ \frac{(E-O)}{n} \right\} \times 100$$

Simpangan Agregat (SA) adalah selisih jumlah nilai actual dan nilai dugaan sebagai proporsional terhadap nilai dugaan atau perbedaan antara jumlah nilai aktual dan jumlah nilai dugaan. Persamaan yang baik memiliki SA Antara-1 sampai +1. Nilai SA dapat dihitung dengan rumus:

$$SA = \left( \frac{\sum E - \sum O}{\sum E} \right)$$

Simpangan Rata-rata (SR) adalah jumlah nilai mutlak dari selisih antara jumlah nilai dugaan dan nilai aktual, proporsional terhadap jumlah nilai dugaan.

Nilai SR menunjukkan suatu model dapat dikatakan baik jika nilainya tidak lebih dari 10%. Perhitungan SR yaitu dengan rumus sebagai berikut:

$$SR = \left( \frac{\left| \sum \frac{E-O}{E} \right|}{n} \right) \times 100$$

Pemilihan model. Untuk mendapatkan model terbaik diperlukan adanya penyusunan peringkat terhadap model dengan acuan kriteria-kriteria uji yang dilakukan. Penyusunan peringkat dilakukan dengan memberikan skor pada model-model yang diperoleh, kemudian akan terbentuk model terbaik yang dapat digunakan sesuai kriteria yang ada yaitu model yang terpilih harus mempunyai nilai koefisien regresi dan koefisien

determinasi ( $R^2$  dan  $R^2_{adj}$ ) yang tinggi, memiliki nilai simpangan baku ( $s$ ) yang kecil, lolos dari nilai F-hitung dan model harus sesuai dengan kondisi data dilapang ( $\chi^2$  hitung  $< \chi^2$  tabel) serta memiliki nilai-nilai uji validasi sesuai yang disarankan mulai dari SA, SR, RMSE, dan e. Pemberian skor dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Skor} = \left( \frac{NU - \text{max}}{\text{min} - \text{max}} \times 3 \right) + 1$$

Dimana:

NU = Nilai uji dari setiap kriteria

Max = Nilai terbesar dari setiap kriteria

Min = Nilai terkecil dari setiap kriteria

*Peta sebaran potensi biomassa.* Pembuatan peta sebaran dilakukan dengan bantuan software *Erdas Imagine 9.1* untuk melakukan pemodelan spasial dengan menggunakan *modeler* dan *ArcGis 10.1* untuk melakukan reklasifikasi nilai biomassa di lapangan pada setiap pikselnya. Peta sebaran biomassa dibuat berdasarkan model terpilih yang memiliki skor tertinggi. Peta sebaran biomassa juga dibuat sebanyak 3 kelas, ini ditentukan dengan melihat sebaran data normal dari nilai biomassa yang di ukur dari seluruh plot yang ada dilapangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil identifikasi lapangan

Sebanyak 52 plot contoh dilakukan analisis terhadap tutupan lahan serta nilai NDVI, setiap plot contoh yang teramati memiliki nilai NDVI yang berbeda-beda pada citra. Kisaran nilai NDVI untuk plot contoh yang teramati yaitu antara 0.3 sampai dengan 0.58, dan nilai NDVI yang kurang dari 0.3. Berdasarkan hasil interpretasi lapangan memiliki tutupan lahan berupa tanah terbuka, lahan terbangun (camp dan jalan) dan badan air. Hasil interpretasi dilapangan dan nilai ndvi pada citra dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

### Model penduga potensi biomassa

#### Uji asumsi

Uji asumsi merupakan uji persyaratan dalam analisis sebelum melakukan uji statistika parametrik. Dalam hal ini uji asumsi meliputi uji normalitas, uji linearitas dan uji heteroskedastisitas. Pengujian normalitas berdasarkan hasil uji Kolmogorov Smirnov didapatkan hasil P-value (KS) sebesar 0.323, ini artinya nilai P-value (KS)  $> 0.05$  sehingga terima  $H_0$  yang artinya data tersebut dinyatakan memiliki sebaran normal. Untuk pengujian linearitas berdasarkan uji F dihasilkan signifikansi nilai F (sig) sebesar 0.0004 ini artinya signifikansi nilai F (sig)  $< 0.05$  sehingga nilai NDVI dan Biomassa memiliki hubungan yang linear.

Pengujian heterokedastisitas menggunakan uji Glejser, yang digunakan untuk melihat gejala heterokedastisitas yang ditunjukkan oleh koefisien regresi dari variable independent terhadap nilai absolut residunya. Hasil pengujian menunjukkan nilai signifikansi yaitu 0.066. Bahwa pada uji heteroskedastisitas ini nilai signifikansi

(sig)  $> 0.05$  sehingga tolak  $H_0$  yang artinya tidak terdapat gejala heteroskedastisitas atau memiliki kesamaan antara varians dari residual suatu pengamatan ke pengamatan lainnya.

#### Koefisien korelasi

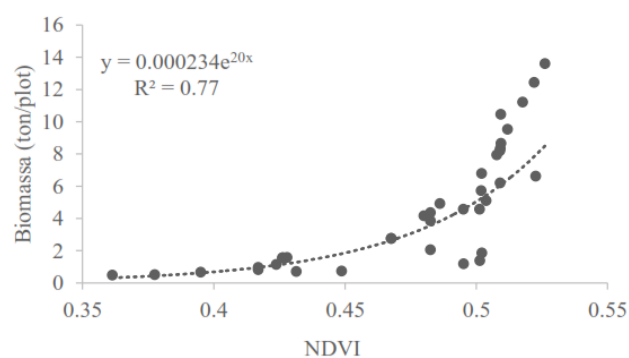
Pendugaan potensi biomassa dengan menggunakan citra landsat 8 diketahui adanya korelasi antara biomassa dengan nilai NDVI yaitu sebesar 0.759, korelasi tersebut digambarkan pada Gambar 2.

Berdasarkan nilai korelasi dan grafik hubungan antara nilai ndvi dan biomassa diketahui bahwa korelasi tersebut mempunyai hubungan yang positif, artinya apabila terjadi peningkatan pada nilai NDVI di citra, maka akan terjadi peningkatan pula pada potensi biomassa yang dihasilkan, dan begitupun sebaliknya.

Hasil uji signifikansi korelasi yang digunakan untuk melihat apakah koefisien korelasi hasil perhitungan signifikan (dapat digeneralisasikan) atau tidak, dari hasil perhitungan uji signifikansi korelasi didapatkan hasil Z-hit sebesar 6.814 ini menunjukkan bahwa nilai Z-hit yang dihasilkan lebih besar dari Z tabel sehingga tolak  $H_0$  dengan tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha 0.05$ ) ( $Z\text{-hit} \geq Z\text{-tabel}$ ), yang artinya pengaruh antar variable erat hal ini juga dapat dilihat dari nilai korelasi ( $r$ )  $\geq 0.7071$ .

#### Model penduga potensi biomassa

Hasil analisis terhadap korelasi antara biomassa dengan NDVI bahwa terdapat hubungan yang cukup erat antara biomassa dengan NDVI, sehingga dibuat model persamaan yang dapat menyusun hubungan tersebut. Hasil analisis regresi yang dilakukan Antara peubah X (NDVI) dan peubah Y (biomassa) menghasilkan beberapa model persamaan penduga potensi biomassa yang disajikan pada Tabel 6.

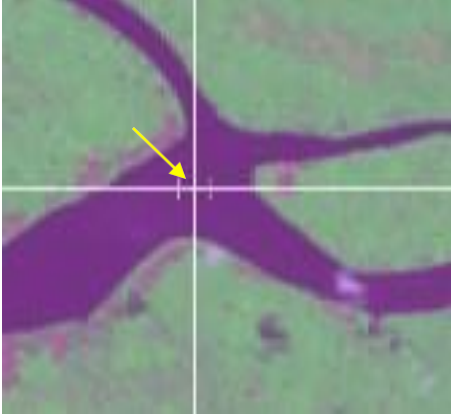

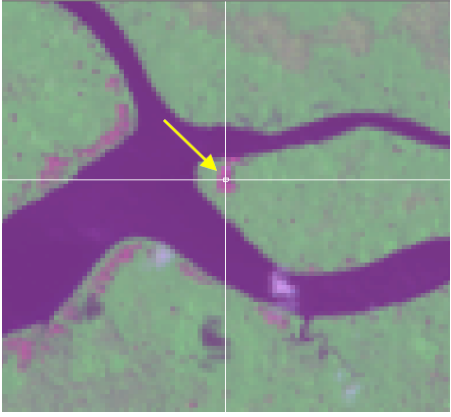

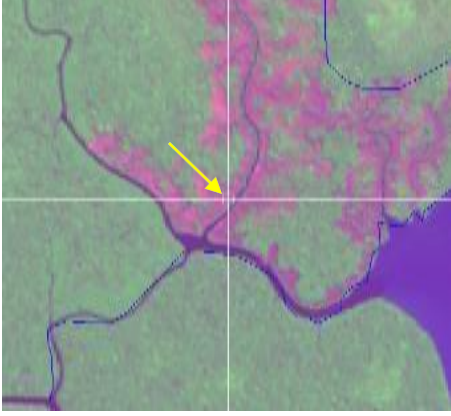

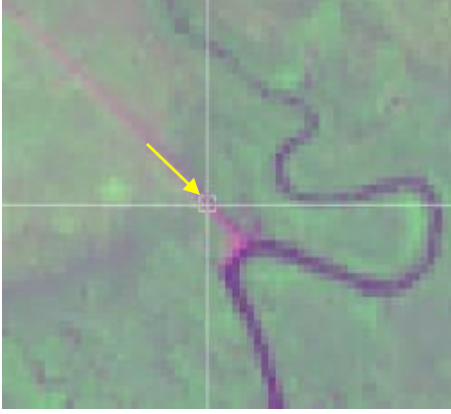



**Gambar 2.** Hubungan antara nilai ndvi dan biomassa

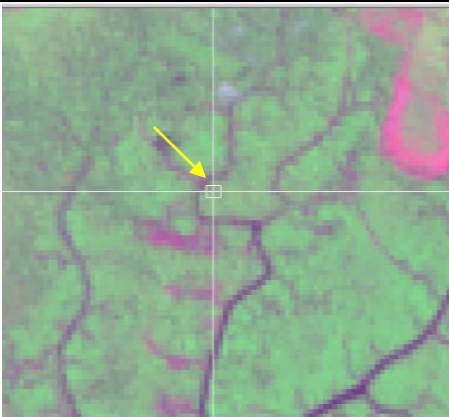

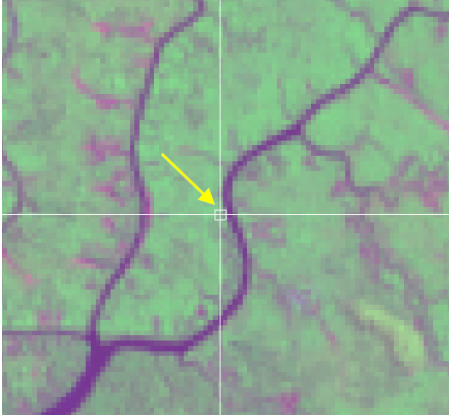

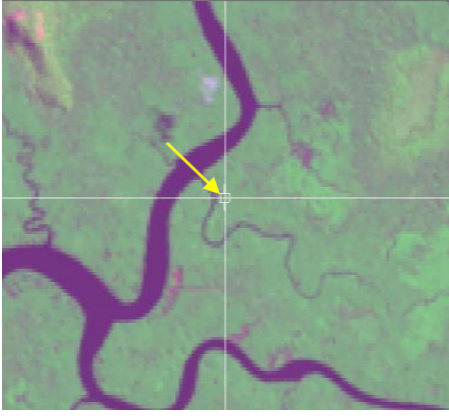

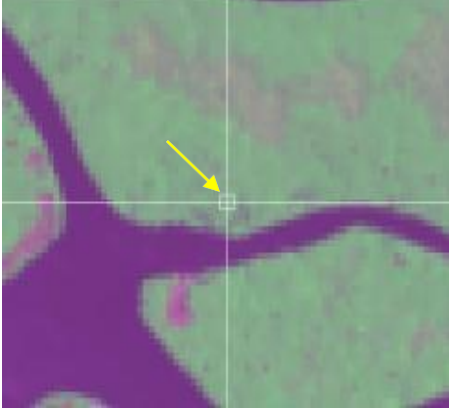

**Tabel 6.** Model penduga potensi biomassa

Jenis model	Model persamaan regresi	Kode
Linear	$B = -25.8 + 64.1 \text{ ndvi}$	M1
Kuadratik	$B = -11.8 + 72.1 \text{ ndvi}^2$	M2
Power	$B = 2416.317$	M3
Eksponensial	$B = 0.000234044$	M4

**Tabel 4.** Hasil observasi pada nilai NDVI < 0.3

Koordinat / land cover / NDVI	Kondisi pada citra	Kondisi di lapangan
BT 109°28'26.23" LS = 0°37'11.8" Badan Air NDVI = -0.03		
BT 109°28'42.31" LS = 0°37'12.05" Lahan Terbangun ( <i>Camp</i> ) NDVI = 0.16		
BT 109°23'55.31" LS = 0°51'52" Lahan Terbuka NDVI = 0.26		
BT 109°38'2.93" LS = 0°56'21.70" Lahan Terbangun ( <i>Jalan</i> ) NDVI = 0.29		

**Tabel 5.** Hasil observasi pada nilai NDVI > 0.3

Koordinat / land cover / NDVI	Kondisi pada citra	Kondisi di lapangan
BT 109°27'0.9" LS = 0°49'21.32" Tegakan Tahun 2009 NDVI = 0.37		
BT 109°27'19.74" LS = 0°50'22.33" Tegakan Tahun 2006 NDVI = 0.46		
BT 109°27'10" LS = 0°34'2.88" Tegakan Tahun 1998 NDVI = 0.48		
BT 109°28'41.12" LS = 0°36'41.12" Tegakan Tahun 1989 NDVI = 0.53		

### Uji koefisien regresi

Pengujian yang dilakukan selanjutnya yaitu pengujian koefisien regresi, pengujian ini digunakan untuk menentukan persamaan terbaik dalam penduga potensi biomassa dengan melihat besar koefisien determinasi, besar nilai simpangan baku model, serta nilai F-hitung model. Hasil uji koefisien regresi disajikan pada Tabel 7.

Hasil uji regresi pada Tabel 7 menjelaskan bahwa keempat model yang digunakan dapat digunakan dalam menduga potensi biomassa, hal ini dibuktikan dari nilai F-hit pada semua jenis model persamaan lebih besar dari F-tab, sehingga peubah X (NDVI atau NDVI<sup>2</sup>) mempengaruhi peubah Y (Biomassa). Tabel 7 juga menjelaskan bahwa semua model mempunyai nilai simpangan baku (s) yang beragam, artinya semakin besar nilai simpangan baku (s) maka penyimpangan nilai pengamatan terhadap model semakin beragam begitupun sebaliknya. Selain itu juga Tabel 7 menjelaskan bahwa keseluruhan model persamaan yang dihasilkan memiliki nilai koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) yang beragam, yang berkisar Antara 57.7% sampai dengan 77%, koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) ini menjelaskan bahwa semakin tinggi nilai koefisien determinasi maka semakin tinggi pula kemampuan model regresi menjelaskan variasi variable terikat. Artinya jika R<sup>2</sup> sebesar 77%, ini menunjukkan bahwa NDVI dapat menerangkan biomassa sebesar 77% dan sisanya diterangkan oleh faktor lain atau peubah lain.

### Validasi model

Menurut Supangat (2010) uji validasi adalah membandingkan antara fakta yang diperoleh berdasarkan hasil observasi dengan fakta yang didasarkan secara teoritis dan untuk melihat keabsahan model yang telah dibuat dalam menduga potensi biomassa ke dalam dunia nyata. Validasi model dinilai dengan hasil uji  $\chi^2$ , SA, SR, RMSE dan Bias. Hasil uji validasi model disajikan pada Tabel 8.

Berdasarkan hasil validasi model pada Tabel 8, persamaan yang baik memiliki nilai simpangan agregat (SA) berkisar Antara -1 sampai +1, hasil dari penelitian menunjukkan keseluruhan model persamaan memenuhi kaidah SA dengan nilai SA berkisar Antara -0.228 sampai 0.0386. Sedangkan untuk uji simpangan rata-rata (SR) dikatakan baik jika tidak lebih dari 10%. Hasil yang diperoleh dari simpangan rata-rata, terdapat dua model persamaan yang SR kurang dari 10% yaitu pada model linear dan kuadratik, sedangkan untuk model power dan eksponensial memiliki nilai SR yang lebih dari 10 %.

Uji RMSE ( Root Mean Square Error) yang merupakan kombinasi antara bias dan ketelitian. RMSE menggambarkan jauh dekatnya nilai-nilai hasil pengamatan terhadap nilai yang sebenarnya. Nilai RMSE yang semakin kecil menunjukkan bahwa model penduga biomassa yang terbangun lebih akurat dalam menduga biomassa. Pada penelitian ini dihasilkan nilai RMSE berkisar Antara 18.906 sampai 27.508, untuk nilai RMSE terendah yaitu dimiliki oleh model eksponensial artinya model ini memiliki nilai kesalahan (error) terendah dibandingkan dengan model lain.

Uji bias (s) yang merupakan uji kesalahan sistematis yang dapat terjadi karena kesalahan dalam pengukuran, meliputi kesalahan teknis dan kesalahan karena alat ukur. Suatu model dikatakan akurat apabila nilai biasnya semakin kecil atau mendekati nol, Dalam hal ini nilai bias yang di hasilkan berkisar -20.31 sampai 7.81. Persamaan kuadratik memiliki nilai bias yang rendah dibandingkan persamaan yang lain yaitu sebesar 6.1421.

Uji validasi terakhir adalah uji  $\chi^2$ , uji ini digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan model terbaik. Jika nilai  $\chi^2$ -hitung <  $\chi^2$ -tabel, maka nilai volume dugaan tidak berbeda nyata dengan nilai volume aktual. Hasil dari uji validasi model bahwa semua persamaan regresi mempunyai nilai  $\chi^2$ -hitung <  $\chi^2$ -tabel dengan selang kepercayaan 95%, ini berarti terima Ho artinya bahwa terdapat kecocokan antara hasil potensi biomassa yang dihasilkan dari model regresi dengan hasil data lapangan (aktual).

### Model persamaan regresi terpilih

Pemilihan model mempertimbangkan SA, SR, Bias, RMSE,  $\chi^2$ , R<sup>2</sup>, dan s. Dalam hal ini model eksponensial memiliki nilai R<sup>2</sup> paling besar diantara model yang lain, yaitu sebesar 77%, memiliki nilai simpangan baku (s) terkecil yaitu 0.48 serta lolos dari uji F-hitung yang artinya peubah X (NDVI) dapat mempengaruhi peubah Y (biomassa) selain itu juga model eksponensial ini memiliki kecocokan dengan data perhitungan dilapangan yang dilihat dari hasil uji  $\chi^2$  serta memiliki nilai RMSE paling rendah yaitu 18.906, akan tetapi untuk uji SA, SR, dan Bias hasil terbaik yaitu pada model Kuadratik ini dikarenakan model kuadratik memiliki nilai SA, SR, dan Bias paling rendah diantara persamaan-persamaan yang lain. Sehingga diperlukan perhitungan skor dari tiap model berdasarkan semua uji yang dipertimbangkan untuk menentukan model terbaik. Perhitungan skor dari tiap model disajikan pada Tabel 9.

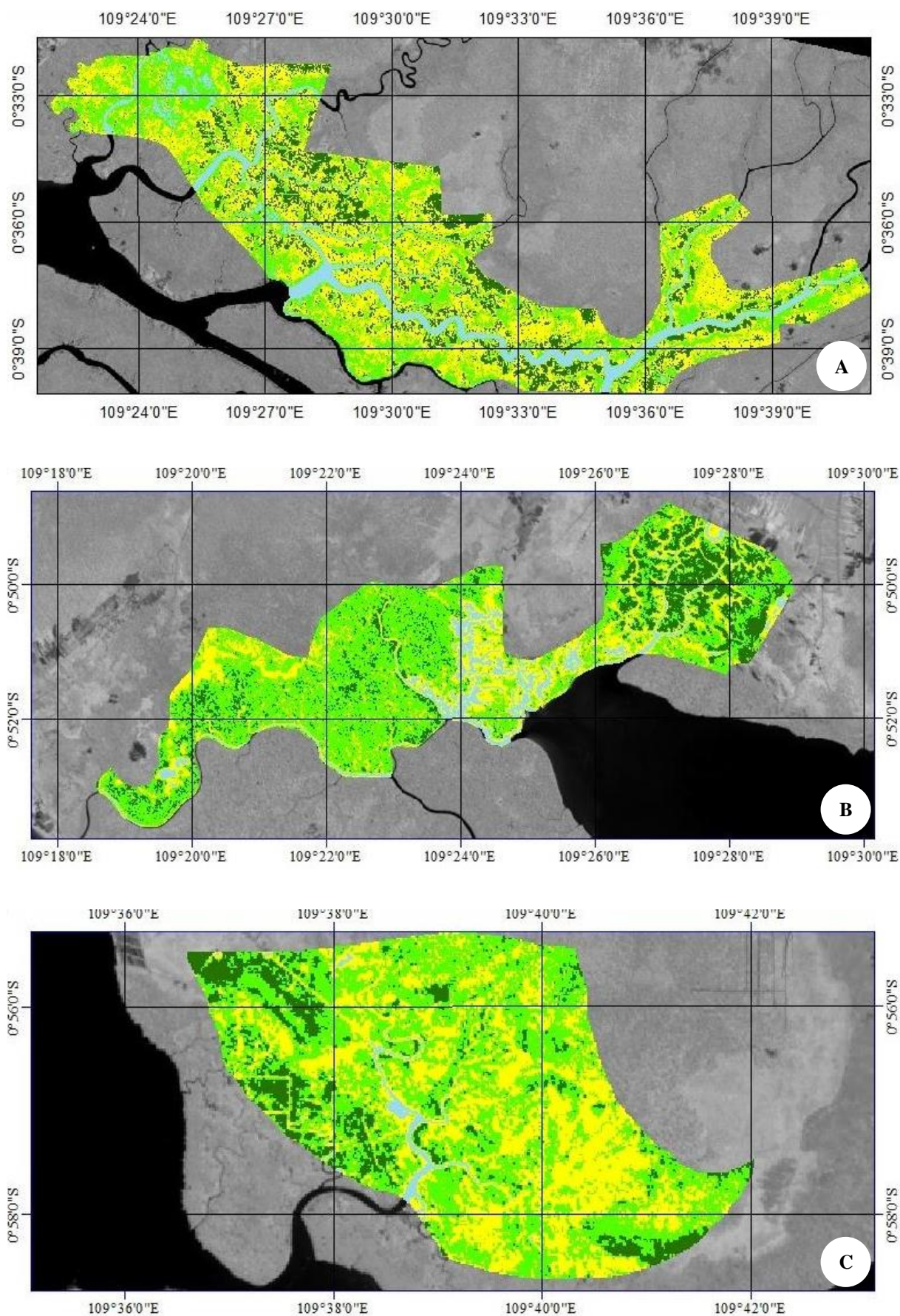
**Tabel 7.** Hasil analisis uji koefisien regresi

Kode Model	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> adj	s	F-hit	F-tab
M1 Linear	57.7	56.5	2.4	47.6	5.4
M2 Kuadratik	60.3	59.1	2.3	53.0	5.4
M3 Power	75.7	75.2	0.5	108.8	5.4
M4 Eksponensial	77.1	76.4	0.4	117.4	5.4

\*Keterangan: R<sup>2</sup>: koefisien determinasi, R<sup>2</sup>-adj: koefisien determinasi terkoreksi, s: simpangan baku, F-hit: nilai uji F-hitung, F-tab: nilai F-tabel pada tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha$  0.05)

**Tabel 8.** Hasil uji validasi model

Kode	Model	Indicator uji validasi					
		SA	SR	Bias	RMSE	$\chi^2$ -hit	$\chi^2$ -tab
M1	B = -25.8 + 64.1 ndvi	0.03	7.80	7.80	27.50	5.03	23.68
M2	B = -11.8 + 72.1 ndvi <sup>2</sup>	0.02	6.14	6.14	23.87	4.02	23.68
M3	B = 2416.317	-0.25	21.42	-21.42	19.77	4.31	23.68
M4	B = 0.0002340	-0.22	20.30	-20.30	18.90	3.67	23.68



**Gambar 3.** Peta sebaran biomassa. A. PT Kandelia Alam; B. PT Bina Ovipari Semesta Blok Selat Sekh; C. PT Bina Ovipari Semesta Blok Selat Bumbun

**Tabel 9.** Peringkat hasil model terbaik

Kode	Skor								Total Ranking
	$\chi^2_{hit}$	SA	SR	Bias	RMSE	s	R <sup>2</sup>		
M1	1.00	3.78	3.67	3.67	1.00	1.00	1.00	15.12	4
M2	3.21	4.00	4.00	4.00	2.15	1.11	1.25	19.72	2
M3	2.57	1.00	1.00	1.00	3.69	3.97	3.79	17.02	3
M4	4.00	1.25	1.39	1.25	4.00	4.00	4.00	19.89	1

**Tabel 10.** Potensi biomassa di PT Kandelia Alam dan PT Bina Ovivipari Semesta

Potensi Biomassa (ton/ha)	Kandelia Alam		Bios (Blok Selat Sekh)		Bios (Blok Selat Bumbun)	
	Luas (ha)	Luas (%)	Luas (ha)	Luas (%)	Luas (ha)	Luas (%)
Non hutan	1890	9.9	435	7.4	65	1.8
1-45	5659	29.6	1412	24.2	1403	39.0
45-100	8667	45.4	2995	51.4	1701	47.3
>100	2838	14.8	974	16.7	428	11.9

Berdasarkan peringkat skor yang dihasilkan dari tiap uji pada Tabel 9, maka dapat diketahui bahwa model terbaik untuk menduga potensi biomassa di areal kerja BSN Group yaitu model eksponensial  $B=0.000234044^*$ , hal ini dikarenakan model eksponensial memiliki skor tertinggi dibandingkan dengan model lain dengan hasil skor yaitu sebesar 19.89.

#### Peta sebaran potensi biomassa

Peta sebaran potensi biomassa di PT Kandelia Alam dan PT Bina Ovivipari Semesta dibuat berdasarkan model yang terpilih dan dibuat sebanyak 3 kelas. Kelas sebaran biomassa ditentukan menggunakan metode *natural breaks*, metode ini merupakan sebuah metode untuk pengklasifikasian data yang bertujuan untuk membagi data menjadi kelas-kelas berdasarkan pengelompokan alami dalam distribusi data (Jenks 1997). Dalam hal ini pengelompokan data pada penelitian diukur dari seluruh plot yang ada di lapangan dan dibagi kedalam kelas yang sudah ditentukan. Peta sebaran potensi biomassa dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil pembagian kelas menggunakan metode *natural break* sebanyak 3 kelas, dihasilkan selang kelas diantaranya 1-45 (ton/ha), 45-100 (ton/ha), dan >100 (ton/ha). Areal yang memiliki biomassa dibawah 1 (ton/ha) dikategorikan kedalam areal non biomassa, karena memiliki tutupan lahan berupa non vegetasi atau NDVI kurang dari 0.3.

Tabel 10 menjelaskan potensi biomassa di PT Kandelia Alam dan PT Bina Ovivipari Semesta, bahwa terdapat variasi luas potensi biomassa pada setiap kelas potensi biomasannya. PT Kandelia Alam dengan potensi 45-100 (ton/ha) memiliki luasan terbesar dengan persentase luas 45.48%, ini sama halnya dengan PT Bina Ovivipari Semesta baik Blok Selat Sekh dan Blok Selat Bumbun, memiliki potensi terbesar pada kriteria 45-100 (ton/ha)

dengan luasan persentase terbesar yaitu pada Blok Selat Sekh sebesar 51.48% dan pada Blok Selat Bumbun sebesar 47.27%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa potensi dominan di areal kerja BSN Group khususnya di PT Kandelia Alam dan PT Bina Ovivipari Semesta memiliki potensi biomassa dominan pada kisaran 45-100 (ton/ha).

#### KESIMPULAN

Model terpilih penduga potensi biomassa yaitu model eksponensial  $B=0.000234044$  dengan nilai R<sup>2</sup> sebesar 77.1 %, nilai s sebesar 0.48, nilai RMSE sebesar 18.906 dan memiliki kecocokan antara hasil model regresi dengan data lapangan dari hasil uji  $\chi^2$  sebesar 3.670 serta memiliki nilai total skor tertinggi. Model penduga yang terpilih menghasilkan peta sebaran biomassa yang terdiri dari 3 kelas yaitu kelas 1-45 (ton/ha), 45-100 (ton/ha), dan >100 (ton/ha). PT Kandelia Alam dan PT Bina Ovivipari Semesta mempunyai kelas potensi biomassa dominan pada kelas 45-100 (ton/ha).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amira S. 2008. Pendugaan biomassa jenis *Rhizophora apiculata* Bl, di hutan mangrove Batu Ampar Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. [Skripsi]. Bogor. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Cahyaningrum S T, Hartoko A. 2014. Mangrove Carbon Biomass at Kemujan Island, Karimunjawa Nasional Park Indonesia. *Manag Aquat Resour J 3* (3): 34-42.
- Donato D, Kauffman JB, Murdiyarto D, Kurnianto S, Stidham M, Kanninen M. 2012. Mangrove adalah salah satu hutan terkaya karbon di kawasan tropis (No. CIFOR Infobrief no. 12, p. 12p). Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor.
- Hadi S. 2004. Analisis Regresi. Andi Offset, Yogyakarta.
- Hairiah K, Subekti R. 2007. Pengukuran 'Karbon Tersimpan' di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. World Agroforestry Centre-ICRAF, Bogor.
- Hilmi E. 2003. Model Penduga kandungan karbon pada pohon kelompok jenis *Rhizophora spp.* dan *Bruguiera spp.* dalam tegakan hutan mangrove studi kasus di Indragiri Hilir Riau [Tesis]. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change]. 2001. Climate Change 2001: Working Group 1: The Scientific Basis. Cambridge University Press, New York.
- Jaya INS. 2010. Analisis Citra Digital: Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam. Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Jenks G. 1997. Optimal Data Classification for Choropleth Maps. Occasional paper No. 2, Department of Geography, University of Kansas, USA.
- Komiyama A, Ong JE, Pongparn S. 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests. *Aquat Bot* 89: 128-137.
- Krisnawati H, Adinugroho WC, Imanuddin R. 2012. Monograf: Model-Model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa Pohon pada Berbagai Tipe Ekosistem Hutan di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.
- Lu D. 2006. The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation. *Int J Rem Sens* 27 (7): 1297-1328.
- Pambudi GP. 2011. Pendugaan biomassa beberapa kelas umur tanaman jenis *Rhizophora apiculata* Bl. pada areal PT. Bina Ovivipari Semesta Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. [Skripsi]. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

- Saputra GR. 2007. Model Penduga Potensi Hutan Rakyat Menggunakan Citra Aster dan Sistem Informasi Geografis di Beberapa Wilayah Kabupaten Bogor Bagian Barat. [Skripsi]. Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Supangat A. 2010. Statistika dalam kajian Deskriptif, Inferensi, dan Nonparametrik. Kencana Prenada Media Group, Jakarta.
- Sutaryo, D.2009. Perhitungan Biomassa, Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon. Wetlands International Indonesia Programme, Bogor..
- Qirom MA, Saleh M B, Kuncahyo B. 2012. Aplikasi citra Alos Palsar untuk pendugaan simpanan karbon di hutan tanaman akasia. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman 9 (3): 121-134.
- Talan MA. 2008 . Persamaan penduga biomassa pohon jenis Nyirih (*Xylocarpus Granatum* Koenig 1784) dalam tegakan mangrove hutan alam di Batu Ampar-Kalimantan Barat. [Skripsi]. Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Tangki H, Chappell NA. 2008. Biomass variation across selectively logged forest within a 225-km<sup>2</sup> region of Borneo and its prediction by Landsat TM. For Ecol Manag 256 (11): 1960-1970.
- Twilley RR, Chen RH, Hargis T. 1992 Carbon sinks in mangroves and their implications to carbon budget of tropical coastal ecosystems. Water Air Soil Poll 64: 265-288.
- Walpole RE. 1995. Pengantar Statistik Edisi 3. Gramedia, Jakarta.
- Yuwono T. 2014. Model Penduga Massa Karbon Hutan Rawa Gambut Menggunakan Citra Alos Palsar [Tesis]. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Balitbang Kehutanan. 2012. 2012., Monograf Model-Model Allomertrik Untuk Pendugaan Biomassa Dan Stok Karbon Hutan Di Indonesia Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Jakarta.