

**INTERPRETASI POTENSI CADANGAN KARBON
MENGUNAKAN CITRA SATELIT PADA HUTAN
MANGROVE DI PULAU PANNIKIANG KABUPATEN BARRU**

OLEH :

META DILIANI PALIMBUNGA

M111 16 064



PROGRAM STUDI KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2020

**INTERPRETASI POTENSI CADANGAN KARBON
MENGUNAKAN CITRA SATELIT PADA HUTAN
MANGROVE DI PULAU PANNIKIANG KABUPATEN BARRU**

OLEH :

META DILIANI PALIMBUNGA

M111 16 064



PROGRAM STUDI KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2020

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Interpretasi Potensi Cadangan Karbon Menggunakan Citra Satelit
Pada Hutan Mangrove Di Pulau Pannikiang Kabupaten Barru
Nama : Meta Dilianti Palimbunga
Nim : M111 16 064

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh

Gelar Sarjana Kehutanan

Pada

Program Studi Kehutanan

Dapartemen Kehutanan

Fakultas Kehutanan

Universitas Hasanuddin

Menyetujui :

Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Dani Malamassam, M.Agr
NIP. 19540209197802 1 001

Pembimbing II

Munajat Nursaputra, S.Hut., M.Sc
NIP. 19900721 2018015 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Kehutanan

Dapartemen Kehutanan

Fakultas Kehutanan

Universitas Hasanuddin



Dr Forest. Muhammad Alif K.S., S.Hut., M.Si
NIP. 19790831 200812 1 002

Tanggal Lulus : 04 Desember 2020

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Meta Dilianti Palimbunga

N I M : M111 16 064

Judul Skripsi : “Interpretasi Potensi Cadangan Karbon Menggunakan Citra Satelit Pada Hutan Mangrove Di Pulau Pannikiang Kabupaten Barru”

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan programming yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari ditemukan bukti ketidakaslian atas Karya Ilmiah ini maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Makassar, 07 Desember 2020

Yang Bersangkutan



(Meta Dilianti Palimbunga)

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| SAMPUL..... | i |
| HALAMAN JUDUL..... | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iii |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN | iv |
| DAFTAR ISI..... | v |
| ABSTRAK | vii |
| I.PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Tujuan dan Kegunaan | 4 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1. Karakteristik Hutan Mangrove | 5 |
| 2.2. Biomassa dan Karbon pada Hutan Mangrove | 6 |
| 2.1. Penginderaan Jauh | 11 |
| 2.3.1.Pengertian Penginderaan Jauh | 11 |
| 2.3.2.Citra Salelit | 12 |
| 2.3.3.Pengolahan Citra Satelit | 15 |
| 2.4. Indeks Vegetasi | 17 |
| 2.5. Model Regresi Dalam Menduga Biomassa Tegakan | 21 |
| III. METODOLOGI PENELITIAN | 23 |
| 3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian | 23 |
| 3.2. Alat dan Bahan | 24 |
| 3.3. Tahap Penelitian | 24 |
| 2.5.1.Pengolahan Citra Satelit untuk Identifikasi Vegetasi Mangrove. 25 | |
| 2.5.2.Perhitungan Indeks Vegetasi | 26 |
| 2.5.3.Pengolahan Data Lapangan | 26 |
| 2.5.4.Estimasi Cadangan Karbon | 28 |
| IV. KEADAAN UMUM LOKASI | 31 |
| 4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian | 31 |
| 4.3 Kondisi Fisik | 31 |

| | |
|--|----|
| 5.3 Kondisi Sosial, Ekonomi dan Budaya | 31 |
| V. HASIL DAN PEMBAHASAN | 33 |
| 5.1. Hasil Pengolahan Citra Satelit | 33 |
| 5.2. Indeks Vegetasi NDVI | 34 |
| 5.3. Estimasi Cadangan Karbon | 37 |
| VI. KESIMPULAN DAN SARAN | 43 |
| 6.1. Kesimpulan | 43 |
| 6.2. Saran | 43 |
| DAFTAR PUSTAKA | 45 |
| LAMPIRAN | 49 |

ABSTRAK

Meta Dilianti Palimbunga (M111 16 064). Interpretasi Potensi Cadangan Karbon Menggunakan Citra Satelit Pada Hutan Mangrove Di Pulau Pannikiang Kabupaten Barru

Pulau Pannikiang, Desa Madello, Kecamatan Balusu, Kabupaten Barru di Sulawesi Selatan memiliki hutan mangrove dengan kondisi masih tergolong baik dengan luas ekosistem mangrove sebesar 86,31 ha dari total luas pulau sebesar 114,65 ha. Namun, hingga saat ini ketersediaan data dan Informasi tentang penyimpanan karbon khususnya kandungan biomassa pohon mangrove masih terbatas. Sehingga, terdapat alternatif solusi dalam mengetahui informasi potensi biomassa dan karbon secara cepat dan efektif yaitu melalui teknologi penginderaan jauh. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui apakah penginderaan jauh dapat digunakan dalam pendugaan potensi cadangan biomassa dan karbon berdasarkan kerapatan pada hutan mangrove Pulau Pannikiang secara multitemporal. Metode yang digunakan yaitu membandingkan data lapangan (panjang tajuk dan biomassa lapangan) dengan indeks vegetasi (NDVI) pada citra Landsat 7 dan landsat 8. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penginderaan jauh dapat digunakan dalam pendugaan biomassa, bahwa selama hampir 20 tahun (2000 sampai 2019), hutan mangrove di Pulau Pannikiang telah mengalami pengurangan cadangan biomassa yaitu pada tahun 2000 sampai tahun 2010, terjadi pengurangan sebesar 110,98 ton (dari 13.368,40 ton menjadi 13.257,42 ton), kemudian pada tahun 2010 sampai tahun 2019, terjadi pengurangan sebesar 1200,87 ton (dari 13.257,42 ton menjadi 12.056,55 ton). Penginderaan jauh juga dapat digunakan dalam pendugaan karbon. Pengurangan cadangan biomassa di atas juga diikuti oleh penurunan cadangan karbon, dimana pada tahun 2000 memiliki cadangan karbon sebesar 6.283,15 ton, kemudian pada tahun 2010 terjadi pengurangan cadangan karbon sebesar 52,16 ton (dari 6.283,15 ton menjadi 6.230,99 ton), kemudian terjadi pengurangan cadangan karbon dari tahun 2010 hingga tahun 2019 sebesar 577,16 ton (dari 6.230,99 ton menjadi 5.653,82 ton). Sehingga, pada tahun 2000 hingga tahun 2019 mengalami pengurangan cadangan karbon sebesar 629,32 ton, diduga karena adanya penebangan liar yang kebanyakan dikonversi menjadi lahan terbuka (pemukiman dan tambak).

Keywords : Karbon, Hutan Mangrove, NDVI

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Luas hutan mangrove di Indonesia diperkirakan mencapai 4,25 juta hektar atau 27% dari luas hutan mangrove di dunia (Irwanto, 2006). Namun, saat ini luas hutan mangrove tersebut mengalami penurunan yang drastis khususnya di Provinsi Sulawesi Selatan. Provinsi Sulawesi Selatan memiliki 12.820 hektar areal mangrove namun telah mengalami gangguan dan beberapa dikonversi menjadi area pertambakan masyarakat (Bakosurtanal, 2009).

Fungsi ekologis yang sangat penting dari hutan mangrove adalah sebagai penyimpan karbon. Hutan mangrove mampu menyimpan karbon 4 kali lebih banyak dari hutan tropis (Donato et al., 2011). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian oleh tim peneliti dari US *Forest Service Pasifik* Barat Daya dan Utara, Universitas Helsinki dan Pusat Penelitian Kehutanan Internasional yang telah meneliti kandungan karbon dari 25 hutan mangrove di wilayah Indo-Pasifik (Donato et al., 2011). Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan (2014) mengemukakan bahwa cadangan karbon tingkat nasional yang paling tinggi adalah tutupan hutan mangrove primer sebanyak 393,62 ton/ha, kemudian hutan lahan kering prime sebanyak 323,171 ton/ha, hutan tanaman sebanyak 237,52 ton/ha, hutan lahan kering sekunder sebanyak 216,85 ton/ha, hutan gambut primer sebanyak 200,23 ton/ha, hutan mangrove sekunder sebanyak 142,9 ton/ha dan hutan gambut sekunder 142,07 ton/ha.

Penyumbang pelepasan karbon di alam berasal dari penebangan pohon dan aktifitas lainnya. Unsur karbon akan merugikan kehidupan organisme jika jumlahnya terlalu banyak di alam (Purnobasuki, 2012). Banyaknya jumlah karbon di atmosfer mengakibatkan terjadinya perubahan iklim global karena terganggunya keseimbangan energi antara bumi dan atmosfer. Peran pohon dalam pengelolaan karbon sangat penting, sebab tumbuhan melakukan aktivitas fotosintesis yang menggunakan karbon. (Purnobasuki, 2012).

Berdasarkan peranan pohon dalam pengelolaan karbon tersebut, sehingga sangat perlu untuk mengetahui potensi serapan karbon (cadangan karbon) sebuah

ekosistem dari pohon yang cukup luas yakni hutan. Salah satu ekosistem hutan yang cukup bagus dalam penyerapan karbon adalah hutan mangrove. Wilayah di Sulawesi Selatan yang memiliki hutan mangrove dengan kondisi yang masih tergolong baik adalah di Pulau Pannikiang, Desa Madello, Kecamatan Balusu, Kabupaten Barru (Lestaru, dkk 2007). Berdasarkan Rusdi, dkk (2020), luas ekosistem mangrove di Pulau Pannikiang sebesar 86,31 ha dari total luas Pulau sebesar 114,65 ha. Pulau Panikiang memiliki keanekaragaman mangrove sebanyak 29 jenis terdiri dari 17 mangrove sejati. Keberadaan potensi hutan mangrove yang cukup besar di pulau tersebut menjadikan wilayah tersebut memiliki potensi cadangan karbon yang tinggi.

Inventarisasi potensi cadangan karbon sangat penting dilakukan karena informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk melihat perkembangan kondisi potensi cadangan karbon dalam mengurangi kadar CO₂ dari waktu ke waktu, adanya informasi tersebut dapat dilakukan tindakan dalam mengurangi kadar CO₂ yaitu melalui konservasi dan manajemen kehutanan (Brown et al,1996)

Informasi potensi biomassa dapat diketahui melalui pendekatan kegiatan survey lapang secara langsung, metode ini menghasilkan hasil penduga yang cukup akurat. Namun, sampai saat ini masalah pengelolaan hutan di Indonesia dalam hal ini melihat potensi cadangan karbon merupakan suatu hal yang rumit, karena dalam kegiatan pengelolaan hutan diperlukan suatu survei atau inventarisasi yang berulang-ulang, yang pada kenyataannya tidak dapat dilaksanakan secara rutin dan konvensional. Hal tersebut disebabkan survei lapangan dan survei udara membutuhkan biaya yang sangat besar dan waktu yang lama, khususnya untuk kawasan hutan yang mempunyai luasan yang besar serta keadaan medan yang sulit dan tidak mudah untuk dijangkau. Oleh karena itu terdapat alternatif solusi yang lain dalam mengetahui informasi potensi biomassa yaitu dengan melalui teknologi penginderaan jauh. Kelebihan dari teknologi penginderaan jauh ini adalah dapat memberikan informasi yang dibutuhkan relatif baru, cepat dan lengkap dengan biaya yang relatif lebih murah. Peluncuran berbagai macam satelit oleh negara-negara maju semakin memacu perkembangan penginderaan jauh sebagai salah satu alat untuk memperoleh data inventarisasi sumberdaya alam yang handal. Selain itu penggunaan teknologi penginderaan

jauh dalam mencari informasi mengenai estimasi potensi biomassa mangrove sebagai penyerap CO₂ dapat dipantau secara efektif dan efisien setiap tahunnya (Lu, 2006).

Berdasarkan penjelasan tersebut maka perlu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui potensi cadangan karbon pada hutan mangrove Pulau Pannikiang dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh sebagai suatu solusi dalam mendukung data dan informasi dalam pengembangan kajian inventarisasi potensi cadangan karbon. Selain itu juga bermanfaat untuk mempelajari mangrove sebagai salah satu vegetasi yang mampu menguraikan dan menyimpan cadangan karbon.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui apakah penginderaan jauh dapat digunakan dalam pendugaan potensi cadangan Biomassa berdasarkan kerapatan pada hutan mangrove Pulau Pannikiang secara multitemporal.
2. Mengetahui apakah penginderaan jauh dapat digunakan dalam pendugaan potensi cadangan karbon berdasarkan kerapatan pada hutan mangrove Pulau Pannikiang secara multitemporal.

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai data dan informasi dalam pengembangan kajian inventarisasi potensi cadangan karbon yang mana metode ini dapat dikembangkan secara luas sehingga dapat memberikan masukan kepada pihak-pihak terkait sebagai upaya untuk mengurangi tingkat pemanasan global. Selain itu juga bermanfaat untuk mempelajari mangrove sebagai salah satu vegetasi yang mampu menguraikan dan menyerap karbon.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Hutan Mangrove

Indonesia memiliki hutan mangrove terluas yaitu 49% dari luas total hutan mangrove di Asia yang diikuti oleh Malaysia yang hanya 10% dan Myanmar yang hanya 9%. Namun, luas hutan mangrove tersebut sudah berkurang sekitar 120.000 ha dari tahun 1980 sampai 2005 karena alasan perubahan penggunaan lahan menjadi lahan pertanian (FAO, 2007). Hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang tergolong unik dan rawan, karena hutan mangrove tumbuh di peralihan antara ekosistem darat dan laut.

Hal tersebut yang membuat hutan mangrove sangat rentan terhadap pengaruh luar terutama karena spesies biotanya (Alikodra, 1996). Mangrove adalah vegetasi yang mudah sekali rusak dan sulit untuk pulih kembali seperti kondisi sebelumnya (Kusmana dkk., 2002). Hutan mangrove mempunyai sifat kompleks yaitu menjadi habitat berbagai satwa dan biota perairan. Hutan mangrove juga mempunyai sifat dinamis yaitu dapat tumbuh dan berkembang dan mengalami suksesi sesuai perubahan tempat tumbuh alaminya.

Dalam Undang-Undang Nomor 41 tahun 1999 diuraikan bahwa mangrove merupakan vegetasi yang tumbuh di atas pasir atau lumpur yang berada diantara garis pasang surut dan juga pantai karang. maka dari itu hutan mangrove di sebut sebagai hutan pantai. Umumnya hutan mangrove dapat ditemukan di muara sungai, daerah pasang surut dan tepi laut, yang berfungsi untuk menahan abrasi pantai, penyedia pangan bagi masyarakat di wilayah pesisir dan sebagai sumber energi bagi kehidupan di pantai seperti plankton, nekton dan algae (Baehaqie dan Indrawan 1993).

Habitat tumbuhan mangrove sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, diantaranya adalah (Saparinto, 2007).

a. Pasang surut

Pasang surut adalah proses naik turunnya muka air laut secara periodik. Pasang surut menentukan zonasi komunitas mangrove. Pasang surut membatasi distribusi spesies mangrove terutama distribusi horizontal.

b. Salinitas

Salinitas 10-30‰ mampu membuat tumbuhan mangrove tumbuh dengan subur di daerah estuaria. Salinitas yang paling tinggi sebesar 74‰ terdapat pada jenis mangrove *R. stylosa*.

c. Curah hujan

Curah hujan juga mempengaruhi kadar garam suatu perairan, dimana dengan curah hujan 1500-3000 mm/tahun dapat membuat mangrove tumbuh dengan subur.

2.2 Biomassa dan Karbon pada Hutan Mangrove

Hutan mangrove memiliki fungsi ekologis sebagai penyerap dan penyimpan karbon. Karbon merupakan unsur kimia dengan simbol C dan nomor atom 6. Bagian terbesar dari karbon yang berada di atmosfer Bumi adalah gas karbon dioksida (CO₂). Dharmawan dan Siregar (2008) menyatakan bahwa meningkatnya kandungan karbondioksida (CO₂) di atmosfer merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya perubahan iklim dunia. Pengurangan emisi CO₂ melalui berbagai vegetasi hutan sangat diperlukan.

Keberadaan hutan mangrove di wilayah pesisir sangat diyakini sebagai salah satu upaya penurunan kandungan gas CO₂ dari atmosfer. Mangrove menyerap CO₂ pada saat proses fotosintesis, kemudian mengubahnya menjadi karbohidrat dengan menyimpannya dalam bentuk biomassa pada akar, batang pohon, serta daun. Cahyaningrum dkk (2014) mengemukakan dari hasil penelitian menunjukkan bagian pohon yang memiliki kandungan biomassa karbon terbesar adalah bagian batang. Batang merupakan bagian berkayu dan tempat penyimpanan cadangan makanan dari hasil fotosintesis. Pohon melakukan proses fotosintesis untuk menghasilkan energi dengan menyerap karbon dari lingkungan. Pohon menyerap karbon melalui daun, kemudian melakukan fotosintesis, dan hasilnya disebar ke bagian pohon yang lain.

Hasil fotosintesis ini kemudian digunakan oleh tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan ke arah horisontal dan vertikal. Karena itu, semakin besarnya diameter disebabkan oleh penyimpanan biomassa hasil konversi karbon dioksida yang semakin bertambah besar seiring dengan semakin banyaknya karbon dioksida yang diserap pohon tersebut. Perhitungan biomassa pada umumnya dilakukan pada bagian batang pohon yaitu pengumpulan data seperti pengukuran keliling pohon untuk mendapatkan nilai diameter, tinggi total. Sehingga secara umum untuk pendugaan biomassa yaitu dengan menggunakan persamaan (Brown, 1997) sebagai berikut:

$$\text{Biomassa} = \text{Volume} \times \text{Berat Jenis (BJ)}$$

Menurut (Smith et al., 2004), Biomassa merupakan massa dari bagian vegetasi yang masih hidup tidak hanya dari batang, cabang saja melainkan juga tajuk pohon (daun). Sehingga nilai panjang tajuk juga dapat ditambahkan untuk menafsirkan penghitungan simpanan karbon berdasarkan biomassa di atas permukaan tanah, yaitu dengan menggunakan persamaan allometrik. Adapun persamaan untuk mendapatkan panjang tajuk yaitu:

$$Cl = T_{Tot} - T_{bc}$$

Keterangan: Cl = Panjang Tajuk
T_{Tot} = Tinggi Total
T_{bc} = Tinggi Bebas Cabang

Ada 4 kantong karbon yang diperhitungkan dalam inventarisasi yaitu:

- a. Biomassa atas permukaan adalah semua material hidup di atas permukaan. Termasuk bagian dari kantong karbon ini adalah batang, tunggul, cabang, kulit kayu, biji dan daun dari vegetasi baik dari strata pohon maupun dari strata tumbuhan bawah di lantai hutan.
- b. Biomassa bawah permukaan adalah semua biomassa dari akar tumbuhan yang hidup. Pengertian akar ini berlaku hingga ukuran diameter tertentu yang ditetapkan. Hal ini dilakukan sebab akar tumbuhan dengan diameter yang lebih kecil dari ketentuan cenderung sulit untuk dibedakan dengan bahan organik tanah dan serasah.

- c. Bahan organik mati meliputi kayu mati dan serasah. Serasah dinyatakan sebagai semua bahan organik mati dengan diameter yang lebih kecil dari diameter yang telah ditetapkan dengan berbagai tingkat dekomposisi yang terletak di permukaan tanah. Kayu mati adalah semua bahan organik mati yang tidak tercakup dalam serasah baik yang masih tegak maupun yang roboh di tanah, akar mati, dan tunggul dengan diameter lebih besar dari diameter yang telah ditetapkan.
- d. Karbon organik tanah mencakup karbon pada tanah mineral dan tanah organik termasuk gambut.

Adapun karbon di atas permukaan tanah terbagi tiga, meliputi (Hairiah & Rahayu, 2007) :

- a. Biomassa pohon
Proporsi terbesar cadangan karbon di daratan umumnya terdapat pada komponen pepohonan. Untuk mengurangi tindakan perusakan selama pengukuran, biomassa pohon dapat disestimasi dengan menggunakan persamaan allometrik yang didasarkan pada pengukuran diameter batang (dan tinggi pohon, jika ada).
- b. Biomassa tumbuhan bawah
Tumbuhan bawah meliputi semak belukar yang berdiameter batang < 5cm, tumbuhan menjalar, rumput-rumputan atau gulma. Estimasi biomassa tumbuhan bawah dilakukan dengan mengambil bagian tanaman (melibatkan perusakan).
- c. Nekromassa
Batang pohon mati baik yang masih tegak maupun yang telah tumbang dan tergeletak di permukaan tanah, yang merupakan komponen penting dari C dan harus diukur pula agar diperoleh estimasi cadangan karbon yang akurat.

Sebaran nilai biomassa yang diperoleh kemudian dikonversi untuk memperoleh informasi cadangan karbon. Perhitungan cadangan karbon pada (SNI 7724:2011, 2011) yaitu tentang pengukuran dan penghitungan cadangan karbon-pengukuran lapangan untuk penaksiran cadangan karbon, bahwa 47% dari biomassa merupakan karbon. Besaran stok karbon biasanya direpresentasikan dalam

satuan ton/ha. Adapun perhitungan cadangan karbon menggunakan rumus yang mengacu pada Badan Standardisasi Nasional (2011) yaitu:

$$C_B = B \times \%C \text{ Organik}$$

Keterangan: C_B = Kandungan karbon dari biomassa
 B = Total biomassa
 $\% C$ organik = Nilai persentase kandungan karbon (0,47)

Penangkapan dan penyimpanan karbon dioksida (CO_2) dari atmosfer dalam jangka yang lama merupakan proses kegiatan dari sekuestrasi karbon. Hutan mangrove dapat menyerap karbon yaitu melakukan proses fotosintesis yang mengubah karbon anorganik (CO_2) menjadi karbon organik dalam bentuk bahan vegetasi. Sebagian besar ekosistem (pohon lainnya) membusuk dan melepaskan karbon kembali ke atmosfer sebagai (CO_2). Namun, hutan mangrove justru dapat mengandung sejumlah besar bahan organik yang tidak membusuk, maka dari itu hutan mangrove lebih berperan sebagai penyerap karbon dibandingkan dengan sumber karbon lainnya.

Tumbuhan mangrove memiliki banyak daun sehingga lebih berpotensi menyerap karbon lebih banyak dari tumbuhan lain. Karbon yang diserap oleh pohon mangrove akan disimpan dalam bentuk biomassa pohon. Besarnya biomassa pohon tersebut dapat mempengaruhi nilai kandungan karbon dari pohon tersebut. Hutan memiliki produktivitas yang cukup tinggi dan memiliki kemampuan untuk menyimpan karbon organik yang sangat penting. (Bouillon et al., 2003)

Satu hektar hutan mangrove dapat menyerap 110 kilogram karbon dan sepertiganya dilepaskan berupa endapan ke dalam lumpur. Dapat menyimpan karbon mencapai 800-1.200 ton C/ha menyebabkan hutan mangrove dikategorikan sebagai ekosistem lahan basah yang lebih mampu menyimpan kandungan karbon di bandingkan dengan hutan yang lainnya. Dengan kemampuan mangrove dalam menyimpan karbon, maka peningkatan emisi karbon di alam tentu dapat lebih dikurangi. Secara global diperkirakan hutan mangrove dapat menyerap CO_2 dari atmosfer sebesar 25,5 juta ton/tahun (Eong, 1993).

Hutan mangrove dapat melakukan evapotranspirasi yang dapat menjaga kelembaban dan curah hujan sehingga keseimbangan iklim mikro terjaga. Terlepasnya karbon terjadi akibat adanya penebangan hutan mangrove. Adanya perubahan dari hutan mangrove menjadi tambak udang akan melepaskan karbon yang sudah terisolasi selama ribuan tahun ke atmosfer (Hanapiah, 2011). Salah satu dampak yang ditimbulkan oleh proses tersebut adalah terjadinya pemanasan global. Salah satu faktor terjadinya pemanasan global yaitu meningkatnya populasi di dunia dari tahun ke tahun yang tidak dipungkiri juga dapat meningkatkan perkembangan teknologi, ekonomi dan budayanya seperti banyaknya lahan-lahan hijau ataupun lahan pertanian yang kini dijadikan sebagai lahan pemukiman (Utina, 2008).

Pemanasan global (*global warming*) mengakibatkan adanya ketidakseimbangan di bumi akibat terjadinya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan di bumi (Utina, 2008). Peningkatan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer mengakibatkan pemanasan global terjadi. radiasi dari sinar matahari yang dipancarkan ke bumi menembus lapisan atmosfer bumi. Radiasi tersebut akan dipantulkan kembali ke angkasa, namun sebagian gelombang tersebut diserap oleh gas rumah kaca, yaitu CO₂, CH₄, N₂O, HFCs dan SF₄ yang berada di atmosfer. Sebagai akibatnya gelombang tersebut terperangkap di dalam atmosfer bumi (IPCC, 2003). Kerugian yang terjadi akibat pemanasan global yaitu (Utina, 2008):

- a. Mencairnya lapisan es di kutub Utara dan Selatan. Peristiwa ini mengakibatkan naiknya permukaan air laut secara global
- b. Meningkatnya Perubahan iklim dan musim yang sulit diprediksi
- c. Punahnya berbagai jenis fauna yang memiliki batas toleransi terhadap suhu, kelembaban, kadar air dan sumber makanan.
- d. Habitat hewan berubah akibat perubahan faktor-faktor suhu, kelembaban dan produktivitas primer sehingga sejumlah hewan melakukan migrasi untuk menemukan habitat baru yang sesuai.
- e. Peningkatan muka air laut, air pasang dan musim hujan yang tidak menentu menyebabkan meningkatnya frekuensi dan intensitas banjir.

- f. Ketinggian gunung-gunung tinggi berkurang akibat mencairnya es pada puncaknya.
- g. Perubahan tekanan udara, suhu, kecepatan dan arah angin menyebabkan terjadinya perubahan arus laut. Hal ini dapat berpengaruh pada migrasi ikan, sehingga memberi dampak pada hasil perikanan tangkap

Pada tahun 2007 Indonesia mengemukakan gagasan program *Reducing Emissions from Deforestation in Developing Countries* (REDD) atau mekanisme perdagangan karbon pada Konferensi Perubahan Iklim di Nusa Dua Bali. Dalam konferensi tersebut hutan mangrove menjadi salah satu faktor yang dapat memberikan kontribusi dalam menekan perubahan iklim atau dapat dikatakan bahwa hutan mangrove sebagai penyerap panas atau gas karbondioksida (Hanapiah, 2011).

2.3 Penginderaan Jauh

2.3.1 Pengertian Penginderaan Jauh

Teknologi pemotretan udara mulai diperkenalkan pada akhir abad ke 19, teknologi ini kemudian dikembangkan menjadi teknologi penginderaan jauh atau *remote sensing*. Manfaat pemotretan udara dirasa sangat besar dalam perang dunia I dan II, sehingga foto udara dipakai dalam eksplorasi ruang angkasa. Sejak saat itu penginderaan jauh dikenal dalam dunia pemetaan. Penginderaan jauh adalah ilmu atau seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah, atau gejala, dengan cara menganalisis data yang diperoleh atau gejala yang akan dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1990).

Penginderaan jauh adalah ilmu atau seni cara merekam suatu obyek tanpa kontak fisik dengan menggunakan alat pada pesawat terbang, balon udara, satelit dan lain-lain. Dalam hal ini yang di rekam adalah permukaan bumi untuk berbagai kepentingan manusia. Sedangkan arti dari citra adalah hasil gambar dari proses perekaman penginderaan jauh (inderaja) yang umumnya berupa foto. (Purbowoseso Bambang, 1996)

Obyek, daerah, atau fenomena yang diindera dapat terletak baik dipermukaan bumi, di atmosfer, ataupun diruang angkasa. Pada umumnya sumber data inderaja adalah radiasi atau energi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari suatu obyek. Alat pendeteksi dan perekam data tersebut

dinamakan “remote sensor” atau “sensor”. Alat ini dipasang dalam wahana (platform) seperti pesawat terbang, balon, atau satelit. Karena penginderaan jauh ini dilakukan dari jarak yang jauh, tanpa berhubungan langsung, diperlukan media penghubung yaitu berupa energi.

Data inderaja dapat berbentuk data citra (image), grafik atau data numerik. Untuk menjadi informasi data tersebut harus di analisis. Proses menganalisis data menjadi informasi sering kali disebut interpretasi data. Bila proses tersebut dilakukan secara digital menggunakan komputer disebut pemrosesan atau interpretasi digital. Analisa data inderaja memerlukan data acuan misalnya, peta tematik, data statistik atau data lapangan. Informasi yang dihasilkan dari analisis dari data inderaja dapat bermacam – macam tergantung keperluan antara lain, klasifikasi tutupan lahan, analisis perubahan suatu tampilan, kondisi sumber daya alam, dan lain – lain.

2.3.2 Citra Satelit

Teknologi satelit penginderaan jauh dipelopori oleh NASA Amerika Serikat dengan diluncurkannya satelit pertama yang disebut ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite) pada tanggal 23 Juli 1972, menyusul ERTS-2 pada tahun 1975, satelit ini membawa sensor RBV (Retore Beam Vidcin) dan MSS (Multi Spectral Scanner) yang mempunyai resolusi spasial 80 x 80 m. Satelit ERTS-1, ERTS-2 yang kemudian setelah diluncurkan berganti nama menjadi Landsat 1, Landsat 2, diteruskan dengan seri-seri berikutnya, yaitu Landsat, 4, 5, 6,7 dan terakhir adalah Landsat 8 diluncurkan pada 13 Februari 2013.

Sebenarnya Landsat 8 lebih cocok disebut sebagai satelit dengan misi melanjutkan Landsat 7, hal ini terlihat dari karakteristiknya yang mirip dengan Landsat 7, Hanya saja ada beberapa tambahan yang sebagai penyempurnaan dari Landsat 7 dari Landsat 8 (Amliana, dkk., 2016). Adapun spesifikasi lansat 7 dan 8 dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi Landsat 7 (USGS, 2013).

| Band-band Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) | | | | |
|---|------------------|-----------|-----------------------------|---|
| No | Resolusi Spasial | Nama Band | Gelombang (μm) | Kegunaan |
| Band 1 | 30 m | Blue | 0.441-0.514 | Studi tanah, batimetri, identifikasi vegetasi |
| Band 2 | 30 m | Green | 0.519-0.601 | Studi menilai kekuatan tanaman |
| Band 3 | 30 m | Red | 0.631-0.692 | Membedakan lereng vegetasi |
| Band 4 | 30 m | NIR | 0.772-0.898 | Studi biomassa dan garis pantai |
| Band 5 | 30 m | SWIR-1 | 1.547-1.749 | Studi untuk membedakan kadar air tanah dan vegetasi serta dapat menembus awan |
| Band 6 | 60 m | TIR | 10.31-12.36 | Studi suhu dan kelembaban tanah |
| Band 7 | 30 m | SWIR-2 | 2.064-2.345 | Mengetahui peningkatan kadar air dari tanah dan vegetasi serta menetrasi awan tipis |
| Band 8 | 15 m | Pan | 0.515-0.896 | Menampilkan gambar yang lebih tajam dengan resolusi sebesar 15 me |

Tabel 2. Spesifikasi Landsat 8 (USGS, 2013).

| Band-band Landsat 8 OLI (<i>Thermal Infrared Sensor</i>) and TIRS (<i>Thermal Infrared Sensor</i>) | | | | |
|---|------------------|-----------------|-----------------------------|--|
| No | Resolusi Spasial | Nama Band | Gelombang (μm) | Kegunaan |
| Band 1 | 30 m | Coastal/Aerosol | 0.433-0.453 | Penelitian mengenai Coastal dan Aerosol |
| Band 2 | 30 m | Blue | 0.450-0.515 | Pemetaan Batimetri, membedakan tanah dan vegetasi dan daun yang gugur |
| Band 3 | 30 m | Green | 0.525-0.600 | Bagian atas dari vegetasi yang bermanfaat untuk menilai vegetasi tersebut |
| Band 4 | 30 m | Red | 0.630-0.680 | Membedakan vegetasi dari kemiringannya |
| Band 5 | 30 m | NIR | 0.845-0.885 | Menekankan isi dan tepian dari biomassa |
| Band 6 | 30 m | SWIR-1 | 1.560-1.660 | Membedakan kadar air tanah, vegetasi dan awan tipis |
| Band 10 | 100 m | TIR-1 | 10.60-11.20 | Pemetaan panas bumi dan perkiraan kadar air tanah |
| Band 11 | 100 m | TIR-2 | 11.50-12.50 | Meningkatkan pemetaan panas bumi dan perkiraan kadar air tanah |
| Band 7 | 30 m | SWIR-2 | 2.100-2.300 | Meningkatkan kelembaban tanah mengidentifikasi tipe-tipe vegetasi dan awan tipis |
| Band 8 | 15 m | Pan | 0.500-0.680 | Resolusi 15 meter, gambar lebih tajam |
| Band 9 | 10 m | Cirrus | 1.360-1.390 | Meningkatkan pendeteksi awan cirrus |

Teknologi penginderaan jauh dapat mengidentifikasi hutan mangrove, dimana letak geografi hutan mangrove yang berada pada daerah peralihan darat dan laut memberikan efek perekaman yang khas jika dibandingkan obyek vegetasi darat lainnya (Faizal & Amran, 2005). Nilai spektral pada citra satelit dapat diekstraksi dengan teknologi ini, menjadi informasi obyek jenis mangrove pada kisaran spektrum tampak dan inframerah - dekat (Suwargana, 2008). Salah satu satelit yang bisa dimanfaatkan untuk mendeteksi hutan mangrove adalah Landsat

7 dan Landsat 8, dengan menggunakan Kombinasi band 7,4,2 dan 7,5,3 dengan filter SWIR-2 (Meningkatkan kelembaban tanah, mengidentifikasi tipe-tipe vegetasi dan awan tipis), NIR (Menekankan isi dan tepian dari biomassa) dan Green (Bagian atas dari vegetasi yang bermanfaat untuk menilai vegetasi tersebut). Dalam melakukan analisis mengenai vegetasi menggunakan citra landsat, sangat penting untuk melakukan Interpretasi sehingga mudah mengenali objek yang dikaji.

Interpretasi citra adalah proses pengkajian citra melalui proses identifikasi dan penilaian mengenai objek yang tampak pada citra. Dengan kata lain, interpretasi citra merupakan suatu proses pengenalan objek yang berupa gambar (citra) untuk digunakan dalam disiplin ilmu tertentu seperti Geologi, Geografi, Ekologi, Geodesi dan disiplin ilmu lainnya.

Tahapan kegiatan yang diperlukan dalam pengenalan objek yang tergambar pada citra, yaitu:

- a. Deteksi yaitu pengenalan objek yang mempunyai karakteristik tertentu oleh sensor.
- b. Identifikasi yaitu mencirikan objek dengan menggunakan data rujukan.
- c. Analisis yaitu mengumpulkan keterangan lebih lanjut secara terperinci.

Pengenalan objek merupakan bagian penting dalam interpretasi citra. Untuk itu, identitas dan jenis objek pada citra sangat diperlukan dalam analisis pemecahan masalah. Karakteristik objek pada citra dapat digunakan untuk mengenali objek yang dimaksud dengan unsur interpretasi. Menurut Lillesand & Kiefer (1994), unsur interpretasi yang dimaksud dalam hal ini adalah:

- a. Rona dan Warna (tingkat kegelapan/Kecerahan yang tampak oleh mata)
- b. Bentuk (variabel kualitatif yang memberikan konfigurasi atau kerangka suatu objek sebagaimana terekam pada citra penginderaan jauh).
- c. Ukuran (ciri objek yang berupa jarak, luas, tinggi lereng, volume dan skala).
- d. Tekstur (perubahan rona pada citra, dinyatakan dengan kasar, halus atau sedang).
- e. Pola (ciri yang menandai bagi banyak objek bentukan manusia dan beberapa objek alamiah)

- f. Bayangan (Unsur yang juga penting jika objek tertentu diambil tepat dari atas, objek tersebut tidak dapat diidentifikasi secara langsung).
- g. Situs (letak suatu objek terhadap objek lain disekitarnya, berkakaitan dengan faktor lingkungan).
- h. Asosiasi (keterkaitan antara objek satu dengan objek yang lain, dimana suatu objek pada citra sering merupakan petunjuk adanya objek lain).

2.3.3 Pengolahan citra satelit

Pengolahan citra diperlukan, apabila kualitas citra yang digunakan tidak mencukupi dalam mendukung studi tertentu. Namun sebenarnya semua citra yang diperoleh melalui perekaman sensor tidak lepas kesalahan, yang diakibatkan oleh mekanisme perekaman sensornya, gerakan dan wujud geometri bumi, serta kondisi atmosfer pada saat perekaman. Restorasi citra adalah proses perbaikan kualitas citra supaya siap pakai.

Koreksi (restorasi) citra merupakan suatu operasi pengkondisian supaya citra yang digunakan benar-benar memberikan informasi yang akurat secara geometris dan radiometris. Khusus untuk koreksi radiometrik, operasi ini disebut juga operasi kosmetik citra, karena didalamnya tercakup proses pemolesan wajah citra supaya layak dipakai. Karena proses ini juga dipandang sebagai upaya membangun kembali kenampakan spektral dan geometrik seperti yang seharusnya, maka koreksi citra kadang-kadang disebut pula sebagai proses restorasi citra.

A. Koreksi Radiometric dan Atmosferic

Atmosfer merupakan salah satu lapisan yang mengelilingi bumi berupa campuran gas dengan unsur-unsur penyusunnya. Dalam penginderaan jauh unsur-unsur inilah yang mempengaruhi informasi yang langsung diturunkan dari kanal/band spektral tersebut yang masih bercampur dengan unsur-unsur dan molekul di atmosfer. Sehingga informasi yang didapat dari hasil penyiaman bukan merupakan nilai asli dari obyek khususnya menggunakan band merah, hijau, dan biru serta inframerah dekat. Unsur-unsur dan molekul yang sangat mempengaruhi adalah aerosol dan uap air (Kaufman, 1997 dalam Muchsin 2017).

Prosedur standar sebelum memanfaatkan citra satelit adalah melakukan koreksi radiometrik untuk ekstraksi informasi. Koreksi radiometrik dilakukan

karena hasil rekaman satelit mengalami kesalahan yang disebabkan oleh gangguan atmosfer. Gangguan atmosfer menyebabkan nilai pantulan yang diterima oleh sensor mengalami penyimpangan. Besarnya penyimpangan dipengaruhi oleh besar kecilnya gangguan atmosfer pada waktu perekaman. Koreksi radiometrik dimaksudkan untuk menyusun kembali nilai pantulan yang direkam oleh sensor mendekati atau mempunyai pola seperti pantulan obyek yang sebenarnya sesuai dengan panjang gelombang perekamannya (Parman, 2010).

Koreksi radiometri ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya yang biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Efek atmosfer menyebabkan nilai pantulan objek dipermukaan bumi yang terekam oleh sensor menjadi bukan merupakan nilai aslinya, tetapi menjadi lebih besar oleh karena adanya hamburan atau lebih kecil karena proses serapan. Metode-metode yang sering digunakan untuk menghilangkan efek atmosfer antara lain metode pergeseran histogram (histogram adjustment), metode regresi dan metode kalibrasi bayangan. (Projo Danoedoro, 1996).

Informasi dari kanal hasil perekaman yang masih terdapat gangguan atmosfer dapat dilakukan koreksi. Koreksi Atmosfer dilakukan untuk menghilangkan kesalahan yang disebabkan adanya pengaruh atmosfer pada citra. Pengaruh atmosfer terjadi saat proses perekaman citra dimana gelombang elektromagnetik (EM) dari sumber energi ke permukaan bumi dan dari obyek ke sensor platform mengalami gangguan saat melewati atmosfer, gangguan tersebut berupa hamburan dan serapan. Koreksi atmosfer dilakukan untuk menghilangkan pengaruh tersebut agar nilai radian atau pantulan sesuai atau mendekati nilai yang sebenarnya. Hasilnya disebut dengan surface reflectance (Vermote, 2002 dalam Muchsin 2017).

B. Penajaman Citra

Penajaman Citra bertujuan memperjelas tepi pada objek didalam citra. Penajaman citra sangat dibutuhkan untuk meningkatkan resolusi spasial karena penajaman citra lebih berpengaruh pada tepi (edge) objek, maka penajaman citra disebut juga penajaman tepi (edge sharpening) atau peningkatan kualitas tepi

(*edge enhancement*). Akibatnya, pinggiran objek terlihat lebih tajam dibandingkan sekitarnya (Munir, 2004)

Pansharpening adalah penajaman spasial citra satelit dengan cara fusi atau penggabungan antara citra multispektral dan pankromatik. Citra multispektral pada Landsat 8 memiliki resolusi spasial 30m sedangkan pankromatik sebesar 15m. Citra pankromatik pada Landsat 8 yang memiliki resolusi 15m memiliki kekurangan yaitu warnanya yang hanya hitam putih dan pansharpening bisa menghasilkan citra multispektral dengan resolusi spasial seperti citra pankromatik (Fariz, 2017).

C. Interpretasi Digital

Interpretasi digital pada dasarnya merupakan klasifikasi dari piksel, piksel adalah bagian terkecil dari citra yang masih dapat dikenali. Proses klasifikasi dengan pemilihan kategori informasi yang diinginkan dan memilih training area untuk tiap kategori penutup lahan yang mewakili sebagian kunci interpretasi. Beberapa jenis penutup lahan yang berbeda yaitu air, pasir, hutan, kota tanaman pertanian dan rumput kering. Beberapa jenis tersebut menunjukkan pola spektral yang sangat khas, perbedaan nilai digital yang dapat diukur pada setiap saluran, dimana menjadi dasar bagi interpretasi citra secara otomatis dengan prosedur dan pola pengenalan spectral. Klasifikasi ini dibagi menjadi dua macam, yaitu klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dan klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*). Klasifikasi tidak terbimbing biasanya dimanfaatkan pada proses klasifikasi citra satelit untuk memetakan tutupan lahan pada area yang belum dikenali sebelumnya. Hal ini disebabkan karena data lapang tidak cukup tersedia (Jansen dan Gorte, 2001). Berbeda dengan klasifikasi terbimbing, data lapang dibutuhkan sebagai acuan dalam menentukan kelas tutupan lahan (Sampurno dan Thoriq, 2016).

2.4 Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi merupakan persentase pemantulan radiasi matahari oleh permukaan daun yang berkorelasi dengan konsentrasi klorofil. Banyaknya konsentrasi klorofil yang dikandung oleh suatu permukaan vegetasi, khususnya daun menunjukkan tingkat kehijauan vegetasi tersebut. Tingkat kehijauan vegetasi tersebut dapat menggambarkan informasi terkait tingkat kerapatan vegetasi. Data

tentang kerapatan vegetasi sangat penting dalam melakukan inventarisasi maupun pemantauan wilayah mangrove, karena bisa digunakan dalam menduga *leaf area index* (LAI), biomassa, volume tegakan, produktivitas dan lain-lain. Dalam sistem penginderaan jauh, kerapatan vegetasi diperoleh dengan menggunakan suatu algoritma indeks vegetasi. Indeks vegetasi telah digunakan untuk memprediksi biomassa hutan dan dinormalisasi perbedaan vegetasi indeks (NDVI) adalah indeks vegetasi yang paling umum.

Indeks vegetasi dibuat dengan membentuk kombinasi beberapa spektral kanal, dengan menggunakan operasi penambahan, pembagian, perkalian antara kanal yang satu dengan yang lain untuk mendapatkan suatu nilai yang bisa mencerminkan kelimpahan vegetasi seperti mengukur biomassa maupun kesehatan vegetasi. Bentuk sederhana dari indeks vegetasi adalah ratio antara kanal *near-infrared* dan kanal *red*, ratio tersebut disebut *ratio vegetation index* dengan kisaran nilai 0 sampai tak terhingga. Jika vegetasi sehat nilai akan tinggi, begitu pula sebaliknya. Salah satu bentuk indeks vegetasi adalah *Normalized Different Vegetation Index* (NDVI).

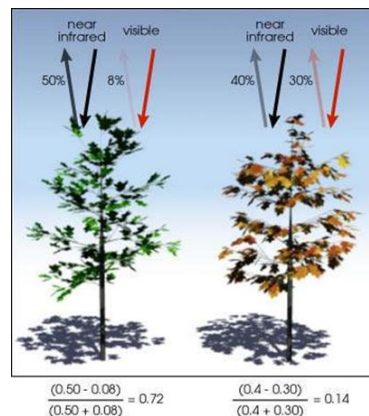
Beberapa jenis indeks vegetasi yang sering dijumpai yaitu RVI (Ratio Vegetation Index), TRVI (Transformed RVI), DVI (Difference Vegetation Index), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), GNDVI (Green normalized Difference vegetation index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index). Namun, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan Algoritma indeks vegetasi yang paling sering digunakan. Prinsip dari formula NDVI adalah bahwa radiasi dari *visible red* diserap oleh *chlorophyll* hijau daun sehingga akan direfleksikan rendah, sedangkan radiasi dari sinar *near-infrared* akan kuat direfleksikan oleh struktur daun *spongy mesophyll*. Normalized Difference Vegetation Indeks (NDVI) merupakan metode standart yang digunakan dalam membandingkan tingkat kehijauan vegetasi (kandungan klorofil) pada tumbuhan. Nilai indeks yang diperoleh mempunyai kisaran dari -1.0 sampai 1.0. Menurut Lillesand & Kiefer (1994), awan, air dan non vegetasi mempunyai nilai NDVI kurang dari nol.

Menurut Horning (As-syakur, 2009) penghitungan indeks vegetasi biasanya menggunakan perhitungan aljabar sederhana, indeks vegetasi didesain

untuk memperkuat sinyal vegetasi pada data yang didapat dengan penginderaan jauh dan menyediakan ukuran perkiraan dari jumlah vegetasi yang hijau dan sehat. La Puma dkk. (As-syakur, 2009) mengemukakan bahwa Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) merupakan alat yang populer untuk menilai berbagai aspek dari proses tanaman, ketika secara simultan menentukan variasi spasial pada tutupan vegetasi. Persamaannya adalah sebagai berikut (J. W. Rouse et al., 1974):

$$NDVI = \frac{\text{Near Infrared Band} - \text{Visible Red Band}}{\text{Near Infrared Band} + \text{Visible Red Band}}$$

Pengukuran vegetasi menggunakan NDVI membutuhkan dua *input* yaitu *band Near Infrared* dan *band Visible Red*. Menurut Weier dan Herring (2000), penggunaan dua *input* tersebut didasari oleh teori bahwa tumbuhan sehat cenderung memberi banyak pantulan pada gelombang *Near Infrared* dan sedikit pantulan (lebih banyak menyerap) gelombang tampak atau *visible*.



Gambar 1. Ilustrasi NDVI oleh Robert Simmon

Gambar 2.1 menunjukkan pantulan gelombang dari tumbuhan sehat dengan warna daun hijau dan tumbuhan kering dengan warna daun coklat. Persentase pantulan gelombang *visible red* pada tumbuhan sehat lebih sedikit daripada tumbuhan kering. Persentase pantulan gelombang *near infrared* pada tumbuhan sehat lebih sedikit daripada tumbuhan kering. Berdasarkan perhitungan NDVI pada Gambar 2.4 terlihat bahwa tumbuhan sehat memiliki nilai NDVI lebih besar daripada tumbuhan kering.

NDVI tersebar antara 0 dan 1 untuk permukaan bervegetasi, gurun memiliki nilai mendekati nol dan hutan tropis mendekati 1. Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan hubungan antara rentang nilai NDVI dengan objek pada permukaan bumi.

Tabel 3. Korelasi antara nilai NDVI terhadap objek pada permukaan bumi

| NDVI | Objek |
|-----------|--|
| < 0,1 | Bebatuan, tanah tandus, pasir, salju |
| 0,2 – 0,5 | Vegetasi jarang: Semak-semak, padang rumput, tamanan menua |
| 0,6 – 0,9 | Vegetasi padat: hutan beriklim sedang, hutan tropis, tumbuh-tumbuhan sehat |

Tabel 3. menunjukkan hubungan antara nilai NDVI dengan objek pada permukaan bumi. Nilai NDVI rendah yaitu < 0,2 menunjukkan area bebatuan, tanah tandus, pasir dan salju. Nilai NDVI sedang kisaran 0,2 - 0,5 menunjukkan tutupan vegetasi jarang di permukaan bumi seperti semak-semak, padang rumput dan tumbuh-tumbuhan menua. Nilai NDVI tinggi kisaran 0,6 – 0,9 menunjukkan tumbuh-tumbuhan sehat, hutan beriklim sedang dan hutan tropis pada permukaan bumi.

Nilai indeks yang lebih tinggi berarti mempunyai penutupan vegetasi yang lebih sehat. NDVI dapat digunakan untuk mengukur kondisi relatif vegetasi, hal ini memungkinkan untuk dapat digunakan dalam menghitung dan memprediksi biomassa, *Leaf Area Index (LAI)*, *photosynthetically active radiation (PAR)* yang diserap oleh vegetasi (A.Sader, *et al*, 1989). NDVI dapat digunakan sebagai indikator biomassa relatif dan tingkat kehijauan daun (Chen & Brutsaert, 1998). NDVI juga memungkinkan untuk menghitung dan memprediksi produktivitas primer, spesies yang dominan dan pengaruh pemangsaan (Oosterheld et al., 1998).

2.5 Model Regresi Dalam Menduga Biomassa Tegakan

Analisis regresi didefinisikan sebagai kajian terhadap hubungan satu variabel yang disebut variabel yang diterangkan (*the explained variabel*) atau sering disebut sebagai variabel tergantung, dan variabel tidak tergantung atau variabel bebas. Secara umum model regresi yang sering digunakan adalah model regresi linier sederhana yang memiliki satu variabel yaitu sebagai berikut:

1. Linear $Y = a + b X$
2. Eksponensial $Y = a^{(bX)}$
3. Pangkat $Y = aX^b$

Keterangan: Y = Nilai penduga bagi variabel
 X = Nilai variabel
 a, b = Nilai konstanta/koeffisien

Terdapat pula analisis regresi linear berganda, yaitu analisis yang memiliki variabel bebas lebih dari satu. Teknik regresi linier berganda digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh signifikan dua atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikat (y). Model regresi linier berganda untuk populasi dapat ditunjukkan sebagai berikut:

$$y = a + b(X_1) + c(X_2) + \dots + n$$

Keterangan: Y = Nilai penduga bagi variabel
 a, b, c, \dots, n = Nilai konstanta/koeffisien
 X_1, X_2, \dots, X_n = Nilai variabel bebas

Salah satu cara dalam menentukan model regresi terbaik yaitu mempunyai kriteria dengan nilai koefisien regresi dan koefisien determinasi (R^2 dan R^2_{adj}) yang tinggi, memiliki nilai *Sig-F* dan *P-value* yang kecil. Krebs (2014), menyatakan bahwa jika nilai R^2 berada pada kisaran 0,75-0,99 maka hubungan/pengaruh yang dimiliki sangat kuat, sedang nilai di bawah dari kisaran itu memiliki hubungan/pengaruh yang rendah atau bahkan tidak ada, sebagaimana yang diperlihatkan pada Tabel 3.3.

Tabel 4. Patokan hasil perhitungan korelasi

| Perhitungan Korelasi | Keterangan Korelasi |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| < 0,20 | Hubungan dapat dianggap tidak ada |
| 02,20 - 0,40 | Hubungan ada tetapi rendah |
| > 0,40 - 0,70 | Hubungan cukup |
| > 0,70 - 0,90 | Hubungan tinggi |
| > 0,90 - 1,00 | Hubungan sangat tinggi |

Sumbe: Sarwono, 2006