

**ANALISIS DEFORESTASI HUTAN LINDUNG KOTA PADANG  
TAHUN 2007 – 2016 DAN DAMPAKNYA TERHADAP  
EMISI KARBON HUTAN**

**SKRIPSI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Program Strata (S1)  
Pada Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Padang*



**Ridho Firmanda**

**1201574/2012**

**PROGRAM STUDI GEOGRAFI  
JURUSAN GEOGRAFI  
FAKULTAS ILMU SOSIAL  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2019**

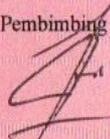
**HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI**

Judul : Analisis Deforestasi Hutan Lindung Kota Padang Tahun  
2007-2016 dan Dampaknya Terhadap Emisi Karbon  
Hutan  
Nama : Ridho Firmanda  
NIM / TM : 1201574/ 2012  
Program Studi : Geografi  
Jurusan : Geografi  
Fakultas : Ilmu Sosial

Padang, Maret 2019

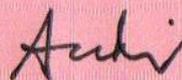
Disetujui oleh :

Pembimbing I



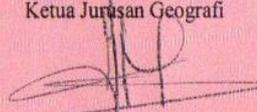
Dr. Yudi Antomi, M.Si  
NIP. 19681210 200801 1 012

Pembimbing II



Febriandi, S.Pd, M.Si  
NIP. 19710222 200212 1 001

Mengetahui :  
Ketua Jurusan Geografi



Dra. Yumi Suasti, M.Si  
NIP. 19620603 198603 2 001

**HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI**

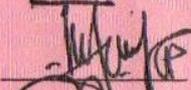
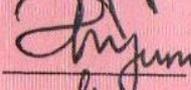
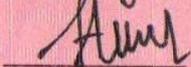
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi  
Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial  
Universitas Negeri Padang  
Pada Hari Selasa, Tanggal 26 Februari 2019 Pukul 13.00 s/d 15.00 WIB

**ANALISIS DEFORESTASI HUTAN LINDUNG KOTA PADANG  
TAHUN 2007-2016 dan DAMPAKNYA TERHADAP  
EMISI KARBON HUTAN**

Nama : Ridho Firmanda  
NIM/TM : 1201574/2012  
Program Studi : Geografi  
Jurusan : Geografi  
Fakultas : Ilmu Sosial

Padang, 26 Februari 2019

Tim Penguji :

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua Tim Penguji : Triyatno, S.Pd, M.Si	
2. Anggota Penguji 1 : Ahyuni, ST, M.Si	
3. Anggota Penguji 2 : Hendry Frananda, S.Pi, M.Sc	





UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
FAKULTAS ILMU SOSIAL  
JURUSAN GEOGRAFI  
Jln. Prof. Dr. Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang 25171  
Telp. (0751) 7055671 Fax. (0751) 7055671  
Email: [info@fis.unp.ac.id](mailto:info@fis.unp.ac.id) Web: <http://fis.unp.ac.id>

### SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **Ridho Firmanda**  
NIM/BP : **1201574/ 2012**  
Program Studi : **Geografi**  
Jurusan : **Geografi**  
Fakultas : **Ilmu Sosial**

Dengan ini menyatakan, bahwa skripsi saya dengan judul :

**“Analisis Deforestasi Hutan Lindung Kota Padang Tahun 2007-2016 dan Dampaknya Terhadap Emisi Karbon Hutan”** adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat dari karya orang lain maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan syarat hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di instansi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui Oleh,  
Ketua Jurusan Geografi

  
Dra. Yurni Suasti, M.Si  
NIP. 19620603 198603 2 001

Padang, Maret 2019  
Saya yang menyatakan

  
Ridho Firmanda  
NIM. 1201574 / 2012

## ABSTRAK

### **Ridho Firmanda, 2019: Analisis Deforestasi Hutan Lindung Kota Padang Tahun 2007-2016 dan Dampaknya Terhadap Emisi Karbon Hutan**

Penelitian ini bertujuan untuk; a) Memetakan luas deforestasi berdasarkan tutupan lahan hutan lindung Kota Padang tahun 2007-2016, b) Mengetahui laju deforestasi hutan lindung Kota Padang tahun 2007-2016, c) Mengetahui dampak deforestasi terhadap emisi karbon hutan lindung Kota Padang tahun 2007-2016.

Penelitian yang dilakukan termasuk jenis penelitian deskriptif kuantitatif dengan menggunakan metode analisis penginderaan jauh dan survei lapangan. Pada penelitian ini data dan analisis yang digunakan yaitu data penginderaan jauh, analisis kuantitatif dan data survei lapangan. Analisis Deforestasi hutan berbasis tutupan lahan, dimana tutupan lahan dibagi dua kelas tutupan lahan hutan dan kelas tutupan lahan bukan hutan. Deforestasi merupakan area yang berhutan berubah menjadi area bukan hutan. Tutupan lahan menggunakan citra resolusi tinggi dengan metode interpretasi citra manual (*digitation on screen*). Sampel dalam penelitian ini yaitu; *purposive sampling*, teknik pengambilan sampel ini digunakan untuk menguji akurasi citra dalam membuktikan kebenaran hasil interpretasi citra satelit dengan kenyataan yang ada di lapangan

Hasil interpretasi citra mendapatkan dua belas kelas tutupan lahan. Uji akurasi citra yang dilakukan setelah overlay tutupan lahan tahun 2007-2016 menggunakan *confusion matrix* (perbandingan interpretasi citra dengan kondisi lapangan) dengan tingkat akurasi 92,31%. Hasil penelitian deforestasi hutan seluas 319,92 Ha dengan laju deforestasi 38,57 Ha setiap tahunnya sehingga menyebabkan hilangnya karbon hutan seberat 81.724,7 ton C.

**Kata Kunci : Deforestasi, Interpretasi Citra Manual, dan Emisi Karbon.**

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahuwata'ala. Atas karunia yang dilimpahkan sebagai sumber dari segala solusi dan rahmat yang dicurahkan sebagai peneguh hati dan penguat niat sampai akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Deforestasi Hutan Lindung Kota Padang Tahun 2007-2016 dan Dampaknya Terhadap Emisi Karbon Hutan”. Salawat beriring salam kepada Nabi Muhammad Salallahu'alaihiwassallam. Sebagai pelopor kemajuan seluruh umat di muka bumi.

Skripsi ini merupakan salah satu untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan program strata satu (S1) pada Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Padang. Dalam penyelesaian skripsi ini , penulis banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Teristimewa kepada kedua orang tua penulis ayahanda Agustiawarman dan ibunda Hendrawati sebagai motivator dan penyemangat dalam kehidupan.
2. Dr. Yudi Antomi, M.Si selaku Pembimbing I dan Febriandi. S.Pd, M.Si selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan dukungan sehingga skripsi ini berjalan lancar.

3. Triyatno, S.Pd, M.Si, Ahyuni, ST, M.Si dan Hendry Frananda, S.Pi, M.Sc selaku tim penguji yang telah memberikan masukan kepada penulis untuk kesempurnaan skripsi ini.
4. Walikota Kota Padang khususnya Dinas Kesatuan Bangsa dan Politik beserta staf yang telah memberikan izin rekomendasi untuk melakukan penelitian.
5. Kepala Dinas Kehutanan Provinsi Sumatera Barat dan Kepala Satuan Pengelolaan Hutan Bukit Barisan beserta staf yang telah memberikan izin penelitian di Hutan Lindung Kota Padang.
6. Rekan-rekan seperjuangan Program Studi Geografi FIS UNP.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak terlepas dari kesalahan dan masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Besar harapan semoga skripsi ini dapat meberikan sumbangan pemikiran dan ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi pembaca. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Januari 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

JUDUL	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah.....	5
C. Batasan Masalah.....	6
D. Rumusan Masalah .....	6
E. Tujuan Penelitian .....	6
F. Manfaat Penelitian .....	7
<b>BAB II KERANGKA TEORITIS</b>	
A. Kajian Teori .....	8
1. Perubahan Tutupan Lahan.....	8
2. Deforestasi Hutan.....	13
3. Emisi Karbon .....	14
4. Hutan Lindung .....	19
5. Penginderaan Jauh ( <i>Remote Sensing</i> ).....	20
6. Citra Penginderaan Jauh.....	22
7. Pengolahan Citra .....	25
8. Sistem Informasi Geografis (SIG) .....	28
B. Penelitian yang Relevan.....	29
C. Kerangka Konseptual.....	30
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
A. Jenis Penelitian.....	33
B. Bahan dan Alat Penelitian.....	33
C. Lokasi Penelitian.....	34
D. Jenis dan Sumber Data .....	34

1. Data Primer .....	34
2. Data Sekunder .....	35
E. Tahap Penelitian.....	36
1. Tahap Persiapan .....	36
2. Tahap Interpretasi.....	36
3. Tahap Kerja Lapangan .....	36
4. Tahap Analisis Data .....	36
F. Teknik Penarikan Sampel .....	39
G. Teknik Analisis Data.....	39
1. Analisis Luas Deforestasi Hutan Lindung Kota Padang.....	39
2. Laju Deforestasi Hutan Lindung Kota Padang Tahun 2007-2016....	41
3. Dampak Deforestasi Terhadap Emisi Karbon Hutan .....	41
4. Mengetahui Ketelitian Citra .....	42

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Temuan Penelitian.....	45
1. Deskripsi Wilayah.....	45
a. Letak, Luas, dan Batas Daerah Penelitian.....	45
b. Kemiringan Lereng .....	47
c. Geologi .....	49
d. Jenis Tanah.....	54
2. Klasifikasi Tutupan Lahan .....	58
3. Uji Akurasi Citra .....	79
4. Luas Deforestasi Hutan Lindung Kota Padang .....	82
5. Laju Deforestasi Hutan Lindung Kota Padang .....	84
6. Emisi Karbon Hutan Lindung Kota Padang.....	85
B. Pembahasan.....	90

#### **BAB V PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	93
B. Saran.....	93

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>95</b>
-----------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>98</b>
----------------------	-----------

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Klasifikasi Penutup Lahan.....	10
Tabel 2. Skema Klasifikasi Penutup Lahan.....	14
Tabel 3. Data Cadangan Karbon (tonC/ha) untuk Beberapa Tipe Penutup Lahan .....	18
Tabel 4. Karakteristik Citra Quickbird .....	24
Tabel 5. Bahan dan Alat Penelitian .....	34
Tabel 6. Data dan Sumber Data Penelitian.....	35
Tabel 9. Contoh Perubahan stok karbon selama periode waktu 1 dan waktu 2	42
Tabel 10. Matriks kesalahan yang mencocokkan piksel-piksel hasil klasifikasi dengan piksel sampel.....	43
Tabel 11. Luas Hutan Lindung Kota Padang Berdasarkan Kecamatan RTRW Provinsi Sumatera Barat tahun 2014 .....	45
Tabel 12. Hasil Interpretasi Citra Manual Berdasarkan Susunan Tingkat Unsur.....	72
Tabel 13. Hasil Uji Akurasi Citra.....	79
Tabel 14. Laju Deforestasi Hutan Lindung Kota Padang Tahun 2007-2016 ...	84
Tabel 15. Cadangan Karbon (ton C) Tahun 2007.....	85
Tabel 16. Cadangan Karbon (ton C) Tahun 2016	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Siklus Karbon yang Disederhanakan .....	16
Gambar 2. Sistem Pengindraan jauh dan aplikasinya .....	22
Gambar 3. Susunan Tingkat Unsur dalam Interpretasi .....	28
Gambar 4. Kerangka Konseptual .....	32
Gambar 5. Diagram Alir .....	38
Gambar 6. Bagan Alur Analisis Deforestasi .....	40
Gambar 7. Peta Lokasi Penelitian .....	46
Gambar 8. Peta Kemiringan Lereng .....	48
Gambar 9. Peta Geologi .....	53
Gambar 10. Peta Jenis Tanah .....	57
Gambar 11. Foto Survey Lapangan Hutan Lahan Kering Primer .....	59
Gambar 12. Foto Survey Lapangan Hutan Lahan Kering Sekunder .....	60
Gambar 13. Foto Survey Lapangan Lahan Terbuka .....	62
Gambar 14. Foto Survey Lapangan Padang Rumput .....	63
Gambar 15. Foto Survey Lapangan Pemukiman .....	64
Gambar 16. Foto Survey Lapangan Perkebunan .....	65
Gambar 17. Foto Survey Lapangan Pertanian Lahan Kering .....	66
Gambar 18. Foto Survey Lapangan Pertanian Lahan Kering Campur Semak .....	67
Gambar 19. Foto Survey Lapangan Sawah .....	68
Gambar 20. Foto Survey Lapangan Semak Belukar .....	70
Gambar 21. Foto Survey Lapangan Tubuh Air .....	71
Gambar 22. Peta Citra Quickbird Tahun 2007 .....	75
Gambar 23. Peta Tutupan Lahan Tahun 2007 .....	76
Gambar 24. Peta Citra SPOT 6 Tahun 2016 .....	77
Gambar 25. Peta Tutupan Lahan Tahun 2016 .....	78
Gambar 26. Peta Sebaran Sampel .....	81
Gambar 27. Peta Deforestasi .....	83
Gambar 28. Peta Cadangan Karbon Tahun 2007 .....	88
Gambar 29. Peta Cadangan Karbon Tahun 2016 .....	89

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Kawasan hutan adalah wilayah tertentu yang berupa hutan, yang ditunjuk dan atau ditetapkan oleh pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai hutan tetap. Kawasan hutan perlu ditetapkan untuk menjamin kepastian hukum mengenai status kawasan hutan, letak batas dan luas suatu wilayah tertentu yang sudah ditunjuk sebagai kawasan hutan menjadi kawasan hutan tetap. Penunjukkan kawasan hutan mencakup pula kawasan perairan yang menjadi bagian dari Kawasan Suaka Alam (KSA) dan Kawasan Pelestarian Alam (KPA). Berdasarkan Undang-Undang No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan, kawasan hutan dibagi kedalam kelompok Hutan Konservasi, Hutan Lindung dan Hutan Produksi. Hutan lindung adalah kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok sebagai perlindungan sistem penyangga kehidupan untuk mengatur tata air, mencegah banjir, mengendalikan erosi, mencegah intrusi air laut yang memelihara kesuburan tanah (Statistik Planologi Kehutanan , 2008).

Indonesia berkomitmen untuk menurunkan tingkat emisinya sebesar 26 % pada tahun 2020 dengan upaya-upaya unilateral dan sampai dengan 41 % dengan dukungan internasional, dari tingkat emisi berdasarkan skenario *Bussines as Usual* (BAU). Sebagai tindak lanjut dari komitmen ini, Indonesia telah menerbitkan dua Peraturan Presiden (Perpres), yaitu Perpres no. 61 tentang rencana aksi nasional penurunan emisi gas rumah kaca (RAN-GRK) dan Perpres no.71 tentang

penyelenggaraan inventarisasi gas rumah kaca (GRK) nasional. RAN-GRK adalah dokumen rencana kerja untuk pelaksanaan berbagai kegiatan yang secara langsung atau tidak langsung menurunkan emisi gas rumah kaca. Kegiatan RAN-GRK meliputi bidang pertanian, kehutanan dan lahan gambut, energi dan transportasi, industri, pengelolaan limbah dan kegiatan pendukung lain. Salah satunya kegiatan penerapan *Reduced Emission from Deforestation and Degradation plus* (REDD+) dibawah program UN-REDD. REDD+ merupakan program penurunan emisi Gas Rumah Kaca pada negara-negara berkembang melalui kegiatan-kegiatan: (1) pengurangan deforestasi (2) pengurangan degradasi hutan (3) praktek konservasi (4) pengelolaan hutan lestari (5) peningkatan stok karbon (Ruslandi, 2012).

Pemantauan sumber daya hutan dengan memanfaatkan citra penginderaan jauh telah dilakukan dalam jangka yang lama. Pemantauan sumber daya hutan dapat dilakukan dengan analisis (penafsiran) citra penginderaan jauh. Metode dan analisis citra yang dipergunakan disesuaikan dengan tujuan kegiatan pemantauan tersebut. Pemantauan dapat dilakukan berupa pemantauan perubahan tutupan lahan, estimasi potensi hutan, pemantauan kebakaran hutan, pemantauan perubahan iklim dan pemantauan rehabilitasi. Dalam estimasi potensi hutan berupa volume kayu pada suatu areal dan kandungan biomassa (Dirjen Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan, 2015).

Fungsi hutan lindung saat ini sudah mendapatkan tekanan yang luar biasa sebagai akibat dari aktifitas manusia dan sering kali berakibat pada konversi lahan atau terjadinya degradasi hutan menjadi bentuk penggunaan lahan yang dikelola secara tidak lestari. Mengakibatkan kerusakan berat yang dapat menghilangkan fungsi pokok dari hutan lindung itu sendiri serta dapat menyebabkan hilangnya kehidupan tumbuh-tumbuhan dan hewan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Padang Dalam Angka Tahun 2016, luas hutan lindung Kota Padang tercatat pada tahun 2005 luas hutan lindung Kota Padang 25.933 Ha, di tahun 2010 berkurang drastis seluas 13.076 Ha yaitu 12.857 Ha yang tersisa dan terus berkurang pada tahun 2015 tersisa 12.608 Ha.

Hutan lindung mempunyai fungsi pokok perlindungan juga mempunyai peran yang lebih penting sebagai cadangan karbon hutan yang disimpan dalam bentuk biomassa vegetasi. Alih fungsi hutan lindung kota Padang peningkatan emisi CO<sub>2</sub> di atmosfer yang berasal dari hasil pembakaran dan peningkatan mineralisasi organik tanah selama pembukaan lahan, serta berkurangnya vegetasi sebagai penyimpan karbon (Widianto dkk, 2003 dalam Banuwa). Penggundulan hutan akan mengubah kesetimbangan karbon dengan meningkatkan jumlah karbon yang berada di atmosfer dan mengurangi karbon yang tersimpan di hutan (Sutaryo, 2009).

Kota Padang sebagai Ibu Kota Provinsi Sumatera Barat, tentunya merupakan terpusatnya berbagai macam aktifitas manusia. Mulai dari

pelayanan pusat administrasi pemerintahan, pusat pelayanan pendidikan, aktifitas perekonomian, industri dan perdagangan serta berbagai macam pusat aktifitas kota lainnya. Berbagai macam aktifitas masyarakat yang terjadi di Kota Padang, menyebabkan meningkatnya alih fungsi lahan yang cukup besar terhadap perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kaidah-kaidah rencana tata ruang mengakibatkan meningkatnya deforestasi hutan lindung Kota Padang, yaitu perubahan secara permanen dari areal berhutan menjadi areal yang tidak berhutan yang diakibatkan oleh kegiatan manusia (Permemhut. P. 30/Menhut-II/2009).

Konsep dalam penginderaan jauh yang menerangkan bahwa objek-objek muka bumi memiliki karakteristik pantulan spektral yang khas terhadap sumber energi yang datang (Frananda, 2015) , memungkinkan analisis deforestasi hutan lindung Kota Padang ini dilakukan menggunakan penginderaan jauh. Jarak waktu perhitungan deforestasi 9 tahun. Citra penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini citra beresolusi spasial tinggi, yaitu Citra Quickbird liputan tahun 2007 resolusi 0,61 m<sup>2</sup> dan Citra Spot 6 liputan tahun 2016 resolusi 1,5 m<sup>2</sup>. Salah satu alat yang sangat membantu pada penginderaan jauh adalah menggunakan interpretasi citra penginderaan jauh. Penelitian ini menggunakan citra resolusi tinggi ,maka interpretasi citra penginderaan jauh yang digunakan adalah interpretasi citra secara manual (*on screen digitation*) data penginderaan jauh merupakan pengenalan karakteristik obyek secara

keruangan (spasial) mendasarkan pada unsur-unsur interpretasi citra penginderaan jauh (Purwadhi dan Tjaturahono, 2007).

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka peneliti tertarik dengan memonitoring dan mengestimasi hutan lindung dengan judul “ANALISIS DEFORESTASI HUTAN LINDUNG KOTA PADANG TAHUN 2007 – 2016 DAN DAMPAKNYA TERHADAP EMISI KARBON HUTAN”. Dalam penelitian ini interpretasi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografi sebagai analisis deforestasi dan estimasi cadangan karbon hutan lindung Kota Padang.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, dapat diidentifikasi masalah-masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat deforestasi hutan lindung Kota Padang?
2. Bagaimana mengetahui tingkat deforestasi hutan lindung Kota Padang?
3. Bagaimana laju deforestasi berdasarkan tingkat tutupan lahan di hutan lindung Kota Padang?
4. Bagaimana kelas tutupan lahan di hutan lindung Kota Padang tahun 2007 - 2016?
5. Bagaimana tingkat akurasi citra SPOT 6 dalam interpretasi citra?
6. Bagaimana dampak deforestasi terhadap emisi karbon pada hutan lindung Kota Padang?

### **C. Batasan Masalah**

Sesuai dengan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, masalah penelitian ini perlu dibatasi agar penelitian lebih terfokus. Adapun batasan masalah pada penelitian ini, penulis memfokuskan penelitian pada deforestasi hutan dan dampaknya terhadap emisi karbon hutan lindung Kota Padang tahun 2007-2016.

### **D. Rumusan Masalah**

Setelah batasan masalah penelitian ditentukan, maka penelitian dirumuskan dalam beberapa masalah yaitu:

1. Berapa luas deforestasi berdasarkan tutupan lahan hutan lindung Kota Padang tahun 2007-2016?
2. Berapa laju deforestasi hutan lindung Kota Padang tahun 2007-2016?
3. Bagaimana dampak deforestasi terhadap emisi karbon pada hutan lindung Kota Padang?

### **E. Tujuan Penelitian**

Dari rumusan permasalahan di atas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mengetahui luas deforestasi berdasarkan tutupan lahan hutan lindung Kota Padang tahun 2007-2016.
2. Mengetahui laju deforestasi hutan lindung Kota Padang tahun 2007-2016.
3. Mengetahui dampak deforestasi terhadap emisi karbon hutan lindung Kota Padang tahun 2007-2016.

## **F. Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi strata satu (S1) pada Program Studi Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Padang
2. Secara teori penelitian ini dapat menambah atau memberikan wawasan keilmuan pada umumnya penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografi secara teknis mampu memonitoring tingkat deforestasi terhadap karbon hutan serta sebagai sumber informasi atau referensi bagi penelitian-penelitian yang relevan dengan tema ini
3. Sebagai pengetahuan bagi pemerintah dan pihak terkait dalam menentukan kebijakan dalam menyusun tata ruang agar hutan lindung tidak dialih fungsikan.

## **BAB II** **KERANGKA TEORITIS**

### **A. Kajian Teori**

#### **1. Perubahan Tutupan Lahan**

Lahan merupakan bagian dari bentang lahan (*landscape*) yang mencakup pengertian lingkungan fisik termasuk iklim, topografi/relief, hidrologi termasuk keadaan vegetasi alami yang semuanya secara potensi akan berpengaruh terhadap penggunaan lahan (FAO,1976 *dalam* Sari *et.al.*, 2014). Pengertian penggunaan lahan, tutupan lahan, dan sistem penggunaan lahan mempunyai sedikit perbedaan. Ekadinata dan Dewi (2012) menjelaskan bahwa penggunaan lahan (*land use*) mengacu kepada aktifitas manusia, tutupan lahan (*land cover*) mengacu pada tipe vegetasi atau perwujudan fisik objek-objek yang menutupi lahan tanpa mempersoalkan kegiatan manusia terhadap objek-objek tersebut (Lillesand dan Kiefer, 1993 *dalam* Lisnawati dan Wibowo, 2007). Perubahan tutupan lahan adalah bertambahnya suatu tutupan lahan diikuti dengan berkurangnya tutupan lahan lainnya dengan berkurangnya tutupan lahan yang lain pada suatu waktu ke waktu berikutnya yang berbeda, atau berubahnya fungsi suatu lahan pada suatu daerah pada kurun waktu yang berbeda. Dalam penelitian ini khususnya membicarakan tutupan wilayah hutan yang berubah menjadi tutupan yang tidak berhutan dalam areal hutan lindung Kota Padang.

Ada dua faktor yang menyebabkan terganggunya hutan, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Gangguan yang disebabkan oleh alam meliputi

kebakaran hutan akibat petir dan kemarau, letusan gunung berapi, gempa bumi, tanah longsor, banjir dan erosi akibat hujan deras yang lama. Sementara itu gangguan terhadap hutan yang disebabkan oleh manusia dapat berupa penebangan liar, penyerobotan lahan, dan kebakaran kemudian semakin mendominasi dan mendesak ruang-ruang alami untuk berubah fungsi. Fenomena tersebut terutama terjadi pada kawasan perkotaan, dimana perubahan penggunaan lahan berlangsung sangat dinamis. Sejalan dengan perkembangan kota, maka semakin besar desakan terhadap ruang-ruang alami khususnya hutan yang merubah fungsi menyebabkan berkurangnya kualitas lingkungan kota.

### **1.1 Lahan**

Dalam perspektif perencanaan tata guna lahan, lahan (*land*) menurut Dent dan Young 1981 (dalam Baja, 2012) dapat didefinisikan ruang yang terdiri dari seluruh elemen lingkungan fisik sejauh memiliki potensi dan pengaruh terhadap penggunaan lahan. Oleh karena itu, lahan tidak hanya merujuk pada tanah tetapi juga termasuk aktifitas yang berhubungan dengan semua faktor yang relevan dari lingkungan biofisik seperti geologi, bentuk lahan, topografi, vegetasi dan termasuk aktifitas di bawah atau di atas permukaan tanah, serta faktor yang berkaitan dengan kegiatan ekonomi, sosial, dan budaya. Dengan demikian secara lengkap lahan merupakan areal atau luasan tertentu dari permukaan bumi yang memiliki ciri tertentu yang mungkin stabil atau terjadi siklus baik di atas atau di bawah luasan tersebut meliputi atmosfer, tanah, geologi,

hidrologi, populasi tumbuhan dan hewan dan dipengaruhi oleh kegiatan manusia (ekonomi, sosial dan budaya) dimasa lampau dan sekarang selanjutnya mempengaruhi potensi penggunaannya pada masa yang akan datang (Baja, 2012).

### 1.2 Tutupan Lahan

Penutupan lahan merupakan garis yang menggambarkan batas penampakan area tutupan di atas permukaan bumi yang terdiri dari bentang alam dan/atau bentang buatan (UU No.4, 2011). Penutupan lahan dapat pula berarti tutupan biofisik pada permukaan bumi yang dapat diamati dan merupakan hasil pengaturan, aktivitas, dan perlakuan manusia yang dilakukan pada jenis penutup lahan tertentu untuk melakukan kegiatan produksi, perubahan, ataupun perawatan pada areal tersebut (SNI 7645, 2010).

### 1.3 Klasifikasi Tutupan Lahan

Klasifikasi penutup lahan yang digunakan berdasarkan Peraturan Direktur Jenderal Planologi Kehutanan No. P.1/VII-IPSDH/2015 pada tabel klasifikasi penutupan lahan:

**Tabel 1. Klasifikasi Penutup Lahan**

No	Kelas	Kode layer/ Toponimi	Keterangan
1	Hutan Lahan Kering Primer	Hp/2001	Seluruh kenampakan hutan dataran rendah, perbukitan dan pergunungan (dataran tinggi dan subalpin) yang belum menampakkan bekas penebangan, termasuk hutan kerdil, hutan kerangas, hutan di atas batuan kapur, hutan di atas batuan ultra basa, hutan daun jarum, hutan luruh dan hutan lumut
2	Hutan Lahan Kering Sekunder/ bekas Tebangan	Hs/2002	Seluruh kenampakan hutan dataran rendah, perbukitan dan pergunungan yang telah menampakkan bekas penebangan (kenampakan alur dan bercak bekas tebang), termasuk hutan kerdil, hutan kerangas, hutan di atas batuan kapur, hutan di atas batuan ultra basa,

			hutan daun jarum, hutan luruh dan hutan lumut. Daerah berhutan bekas tebas bakar yang ditinggalkan, bekas kebakaran atau yang tumbuh kembali dari bekas tanah terdegradasi juga dimasukkan dalam kelas ini. Bekas tebangan parah bukan areal HTI, perkebunan atau pertanian dimasukkan savana, semak belukar atau lahan terbuka
3	Hutan Rawa Primer	Hrp/2005	Seluruh kenampakkan hutan di daerah berawa, termasuk rawa payau dan rawa gambut yang belum menampakkan bekas penebangan termasuk hutan sagu
4	Hutan Rawa Sekunder/ bekas Tebangan	Hrs/20051	Seluruh kenampakkan hutan di daerah berawa, termasuk rawa payau dan rawa gambut yang telah menampakkan bekas penebangan termasuk hutan sagu dan hutan rawa bekas terbakar. Bekas tebangan parah jika tidak memperlihatkan tanda genangan (liputan air) digolongkan tanah terbuka, sedangkan jika memperlihatkan bekas genangan atau tergenang digolongkan tubuh air (rawa)
5	Hutan mangrove primer	Hmp/2004	Hutan bakau, nipah dan nibung yang berada di sekitar pantai yang belum menampakkan bekas penebangan. Pada beberapa lokasi, hutan mangrove berada lebih ke pedalaman
6	Hutan Mangrove Sekunder	Hms/20041	Hutan bakau, nipah dan nibung yang berada di sekitar pantai yang telah memperlihatkan bekas penebangan dengan pola alur, bercak dan genangan atau bekas terbakar. Khusus untuk bekas tebangan yang telah berubah fungsi menjadi tambak/sawah digolongkan menjadi tambak/sawah, sedangkan yang tidak memperlihatkan pola dan masih tergenang digolongkan tubuh air (rawa)
7	Hutan Tanaman	Ht/2006	Seluruh kawasan hutan tanaman yang sudah ditanami, termasuk hutan tanaman untuk reboisasi. Identifikasi dapat diperoleh dengan Peta Persebaran Hutan Tanaman
8	Semak Belukar	B/2007	Kawasan bekas hutan lahan kering yang telah tumbuh kembali/kawasan dengan liputan pohon jarang (alami) atau kawasan dengan dominasi vegetasi rendah (alami). Kawasan ini biasanya tidak menampakkan lagi bekas bercak tebangan
9	Semak Belukar Rawa	Br/20071	Kawasan bekas hutan rawa/mangrove yang telah tumbuh kembali atau kawasan dengan liputan pohon jarang (alami) atau kawasan dengan dominasi vegetasi rendah (alami). Kawasan ini biasanya tidak menampakkan lagi bekas/bercak tebangan
10	Savana/ Padang Rumput	S/3000	Kenampakkan non hutan alami berupa padang rumput, kadang-kadang dengan sedikit semak atau pohon. Kenampakkan ini merupakan kenampakkan alami di sebagian Sulawesi Tenggara, NTT dan sebagian Papua. Kenampakkan ini dapat terjadi pada lahan kering ataupun rawa (rumput rawa)
11	Pertanian Lahan Kering	Pt/20091	Semua aktifitas pertanian di lahan kering seperti tegalan, kebun campuran dan ladang
12	Pertanian Lahan Kering Campur	Pc/20092	Semua jenis pertanian lahan kering yang berselang-seling dengan semak, belukar dan hutan bekas

	Semak/ Kebun Campur		tebangan. Sering muncul pada areal perladangan berpindah dan rotasi tanam lahan karst. Kelas ini juga memasukkan kelas kebun campuran
13	Sawah	Sw/20093	Semua aktifitas pertanian lahan basah yang dicirikan oleh pola pematang. Yang perlu diperhatikan oleh penafsir adalah fase rotasi tanam yang terdiri atas fase penggenangan, fase tanaman muda, fase tanaman tua dan fase bera. Kelas ini juga memasukkan sawah musiman, sawah tadah hujan dan sawah irigasi. Khusus untuk sawah musiman di daerah rawa membutuhkan informasi tambahan dari lapangan
14	Tambak	Tm/20094	Aktivitas perikanan darat (ikan/udang) atau penggarapan yang tampak dengan pola pematang (biasanya) di sekitar pantai
15	Perkebunan/ Kebun	Pk/2010	Seluruh kawasan perkebunan yang sudah ditanami. Identifikasi lokasi dapat diperoleh dengan Peta Persebaran Perkebunan. Perkebunan rakyat yang biasanya berukuran kecil akan sulit diidentifikasi dari citra maupun peta persebaran, sehingga memerlukan informasi lain, termasuk data lapangan
16	Pemukiman/ Lahan Terbangun	Pm/2012	Kawasan permukiman, baik perkotaan, perdesaan, industri dll. yang memperlihatkan pola alur rapat
17	Bandara/ Pelabuhan	Bdr/Plb/20121	Kenampakan bandara dan pelabuhan yang berukuran besar dan memungkinkan untuk didelineasi tersendiri
18	Transmigrasi	Tr/20122	Kawasan permukiman transmigrasi beserta pekarangan di sekitarnya. Kawasan pertanian atau perkebunan di sekitarnya yang teridentifikasi jelas sebaiknya dikelaskan menurut pertanian atau perkebunan. Kawasan transmigrasi yang telah berkembang sehingga polanya menjadi kurang teratur dikelaskan menjadi permukiman perdesaan
19	Lahan Terbuka	T/2014	Seluruh kenampakan lahan terbuka tanpa vegetasi (singkapan batuan puncak gunung, puncak bersalju, kawah vulkanik, gosong pasir, pasir pantai, endapan sungai), dan lahan terbuka bekas kebakaran. Kenampakan lahan terbuka untuk pertambangan dikelaskan pertambangan, sedangkan lahan terbuka bekas pembersihan lahan- land clearing dimasukkan kelas lahan terbuka. Lahan terbuka dalam kerangka rotasi tanam sawah / tambak tetap dikelaskan sawah / tambak
20	Pertambangan	Tb/20141	Lahan terbuka yang digunakan untuk aktivitas pertambangan terbuka- <i>open pit</i> (spt.: batubara, timah, tembaga dll.), serta lahan pertambangan tertutup skala besar yang dapat diidentifikasi dari citra berdasar asosiasi kenampakan objeknya, termasuk tailing ground (penimbunan limbah penambangan). Lahan pertambangan tertutup skala kecil atau yang tidak teridentifikasi dikelaskan menurut kenampakan permukaannya
21	Awan	Aw/2500	Kenampakan awan yang menutupi lahan suatu kawasan dengan ukuran lebih dari 4 cm <sup>2</sup> pada skala penyajian. Jika liputan awan tipis masih memperlihatkan kenampakan di bawahnya dan

			memungkinkan ditafsir tetap deliniasi
22	Tubuh Air	A/5001	Semua kenampakan perairan, termasuk laut, sungai, danau, waduk, terumbu karang, padang lamun dll. Kenampakan tambak, sawah dan rawa-rawa telah digolongkan tersendiri
23	Rawa	Rw/50011	Kenampakan rawa yang sudah tidak berhutan

Sumber: Peraturan Direktur Jenderal Planologi Kehutanan No. P.1/VII-IPSDH/2015.

## 2. Deforestasi Hutan

Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.30/Menhut-II/2009 Tentang Tata Cara Pengurangan Emisi dari Deforestasi dan Degradasi Hutan (REDD) Deforestasi adalah perubahan secara permanen dari areal berhutan menjadi tidak berhutan yang diakibatkan oleh kegiatan manusia. Reforestasi atau penghutan kembali dapat berupa kembalinya hutan alam karena pertumbuhan alami atau penambahan hutan tanam dan reboisasi (Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, 2015)

Deforestasi ditandai dengan perubahan dari tutupan hutan menjadi tutupan non hutan (Suryadi, 2012). Berikut tabel skema klasifikasi FAO *Land Cover Classification System LCCS* (Di Gregorio 2005) dalam menentukan tutupan lahan hutan dan non hutan pada tabel 2.

**Tabel 2. Skema Klasifikasi Penutup Lahan**

<b>Kelas Klasifikasi</b>	<b>Tingkat Kelas Klasifikasi</b>
Hutan	Hutan Dataran Rendah (0-300 mdpl)
	Hutan Perbukitan (300-900 mdpl)
	Hutan Pegunungan Rendah (900-1500 mdpl)
	Hutan Pegunungan Tinggi (> 1500 mdpl)
	Hutan Rawa Gambut
	Hutan Kerangas
	Hutan Riparian
	Hutan Air Tawar
Bukan Hutan	Perkebunan
	Semak, Ladang Berpindah, Pertanian Skala Kecil, Padang Rumput
	Lahan Basah
	Permukiman
	Lahan Terbuka
	Air

Sumber: Telaah Situasi Penutupan Lahan dan Perubahan Penutupan Lahan di Kabupaten Kapuas Hulu dan Malinau, Indonesia (Navratil, 2013)

### **3. Emisi Karbon**

#### **3.1 Biomassa dan Karbon**

##### **3.1.1 Biomassa**

Biomassa adalah total berat atau volume organisme dalam suatu area atau volume tertentu (*a glossarry by the IPCC, 1995*). Biomassa juga didefinisikan sebagai total jumlah materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering persatuan luas (Brown, 1997 dalam Sutaryo, 2009).

Pohon dan organisme foto-ototrof lainnya melalui proses fotosintesis menyerap CO<sub>2</sub> dari atmosfer dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuhnya seperti dalam batang, daun, akar, umbi, buah dan lain-lain. Keseluruhan hasil dari fotosintesis ini sering juga disebut juga

dengan produktifitas primer. Dalam aktifitas respirasi, sebagian CO<sub>2</sub> yang sudah terikat akan dilepaskan kembali dalam bentuk CO<sub>2</sub> ke atmosfer. Selain melalui respirasi, sebagian dari produktifitas primer akan hilang melalui berbagai proses misalnya herbivory dan dekomposisi. Sebagian dari biomassa mungkin akan berpindah atau keluar dari ekosistem karena terbawa aliran air atau agen pemindah lainnya. Kuantitas biomassa dalam hutan merupakan selisih antara produksi melalui fotosintesis dan konsumsi. Perubahan kuantitas biomassa ini dapat terjadi karena suksesi alami dan oleh aktifitas manusia seperti silvikultur, pemanenan, degradasi dan juga dapat terjadi karena adanya bencana alam (Sutaryo, 2009).

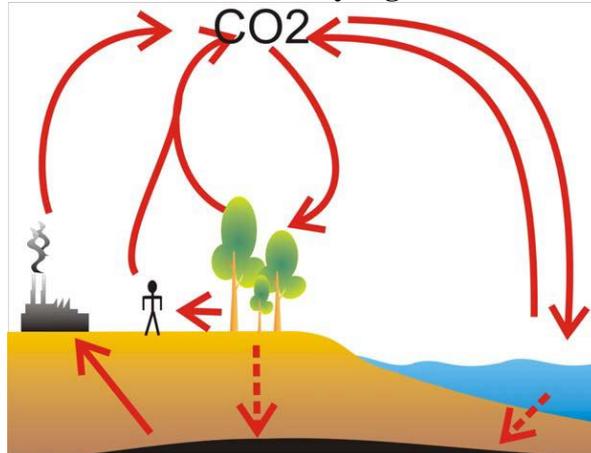
### **3.1.2 Karbon**

Biomassa hutan sangat relevan dengan isu perubahan iklim. Biomassa hutan berperan penting dalam siklus biogeokimia terutama dalam siklus karbon. Dari keseluruhan karbon hutan, sekitar 50% diantaranya tersimpan dalam vegetasi hutan. Sebagai konsekuensi, jika terjadi kerusakan hutan, kebakaran, pembalakan, dan sebagainya akan menambah jumlah karbon di atmosfer (Sutaryo, 2009).

Dinamika karbon di alam dapat dijelaskan secara sederhana dengan siklus karbon. Siklus karbon adalah siklus biogeokimia yang mencakup pertukaran/perpindahan karbon diantara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer, dan atmosfer bumi. Siklus karbon sesungguhnya

merupakan suatu proses yang rumit dan setiap proses saling mempengaruhi proses lainnya.

**Gambar 1. Siklus Karbon yang Disederhanakan**



Sumber: Sutaryo, 2009

Simpanan karbon lain yang penting adalah deposit bahan bakar. Simpanan karbon ini tersimpan jauh di dalam perut bumi dan secara alami terpisah dari siklus karbon di atmosfer, kecuali jika simpanan tersebut di ambil dan dilepaskan ke atmosfer ketika bahan-bahan tersebut dibakar. Semua pelepasan karbon dari simpanan ini akan menambah karbon yang berada di kantong karbon aktif (*active carbon pool*). Apa yang terjadi saat ini selain kerusakan hutan, adalah begitu tingginya laju pembakaran bahan bakar fosil sehingga jumlah karbon yang berada di atmosfer meningkat dengan pesat (Sutaryo, 2009).

Tumbuhan akan mengurangi karbon di atmosfer ( $\text{CO}_2$ ) melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam jaringan tumbuhan. Sampai waktunya karbon tersebut tersikluskan kembali ke

atmosfer, karbon tersebut akan menempati salah satu dari sejumlah kantong karbon. Semua komponen penyusun vegetasi baik pohon, semak, liana dan epifit merupakan sebagian dari biomassa atas permukaan. Di bawah permukaan tanah, akar tumbuhan juga merupakan penyimpan karbon selain tanah itu sendiri. Pada tanah gambut, jumlah simpanan karbon mungkin lebih besar dibandingkan dengan simpanan karbon yang ada di atas permukaan. Karbon juga masih tersimpan pada bahan organik mati dan produk-produk berbasis biomassa seperti produk kayu baik ketika masih dipergunakan maupun sudah berada di tempat penimbunan. Karbon dapat tersimpan dalam kantong karbon dalam periode yang lama atau hanya sebentar. Peningkatan jumlah karbon yang tersimpan dalam karbon pool ini mewakili jumlah karbon yang terserap dari atmosfer (Sutaryo, 2009).

### **3.2. Data Biomassa dan Karbon**

Pada kajian ini, penghitungan biomassa di atas permukaan (*above ground biomass, AGB*) dari data kerapatan karbon (*carbon density*). Kandungan karbon dalam tumbuhan adalah 50% dari total biomassa. Dalam UNREDD Program Indonesia Suryadi, 2012 data kerapatan karbon (tonC/ha) untuk beberapa tipe penutup lahan didasarkan pada basis data yang bersumber dari Dirjen Planologi Kementerian Kehutanan. Seperti pada tabel data cadangan karbon (tonC/Ha) untuk beberapa tipe penutup lahan pada tabel 3.

**Tabel 3. Data Cadangan Karbon (tonC/ha) untuk Beberapa Tipe Penutup Lahan**

Penutup Lahan	Rata-rata stok karbon (ton C/Ha)	Sumber
Hutan Lahan Kering Primer	195,4	NFI
Hutan Lahan Kering Sekunder	169,7	NFI
Hutan Mangrove Primer	170,0	NFI
Hutan Rawa Primer	196,0	NFI
Hutan Mangrove Sekunder	120,0	NFI
Hutan Rawa Sekunder	155,0	NFI
Hutan Tanaman	100,0	NFI
Semak/Belukar	15,0	Wasrin, 2000
Semak/Belukar Rawa	15,0	
Perkebunan	63,0	
Pemukiman	1,0	
Padang Rumput	4,5	
Pertanian Lahan Kering	8,0	
Pertanian Lahan Kering Campur	10,0	
Sawah	5,0	
Transmigrasi	10,0	
Tubuh Air	0,0	
Lahan Terbuka	0,0	

Sumber: Dirjen Planologi, Kementerian Kehutanan (dalam Suryadi, 2012)

### 3.3 Perhitungan Emisi

Pada sektor berbasis lahan, besarnya emisi diperoleh dari penghitungan perubahan stok karbon (*carbon stock change*). Perubahan stok karbon ini secara sederhana dapat diperoleh melalui inventarisasi stok karbon secara berulang sehingga dapat diperoleh data perubahan stok karbon selama periode antar siklus inventarisasi. Dalam istilah IPCC 2006 *Guideline*, cara penghitungan emisi karbon seperti ini dikenal dengan nama *Stock Difference*. Cara mengukur emisi karbon dengan metode *Stock Difference*:

- Hitung luas tutupan lahan masing-masing kelas penutupan lahan (misalnya: hutan primer, sekunder dan prekebuman) pada waktu 1 dan waktu 2
- Hitung rata-rata stok karbon pada masing-masing tutupan lahan pada waktu 1 dan waktu 2
- Hitung total stok karbon pada waktu 1 dan waktu 2
- Perubahan stok karbon (*carbon stock change*) adalah selisih antara stok karbon waktu 1 dan waktu 2

Pada kondisi ini dimungkinkan waktu 1 dan waktu 2 memiliki komposisi kelas penutupan lahan yang sama, tetapi masing-masing kelas penutupan lahan memiliki rata-rata stok karbon yang berbeda. Komposisi kelas tutupan lahan pada waktu 1 dan waktu 2 juga bisa berbeda, tetapi sepanjang stok karbon pada semua tutupan diketahui maka hal ini tidak menjadi masalah Rata-rata stok karbon pada masing-masing kelas penutupan lahan berubah dari waktu ke waktu (Ruslandi, 2012).

#### **4. Hutan Lindung**

Keputusan Presiden Republik Indonesia No. 32 Tahun 1990 Tentang Pengelolaan Kawasan Lindung Bab 1 Pasal 1 menerangkan kawasan hutan lindung adalah kawasan hutan yang memiliki sifat khas yang mampu memberikan perlindungan kepada kawasan sekitar maupun bawahannya sebagai pengatur tata air, pencegah banjir dan erosi serta memelihara kesuburan tanah.

Undang-Undang No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan, hutan lindung adalah kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok sebagai perlindungan sistem penyangga kehidupan untuk mengatur tata air, mencegah banjir, mengendalikan erosi, mencegah intrusi air laut, dan memelihara kesuburan tanah.

Dalam RTRW Provinsi Sumatera Barat Tahun 2012-2032 Penilaian terhadap hutan lindung didasarkan pada kriteria penilaian sebagai berikut :

- Kawasan hutan yang memiliki faktor kemiringan, jenis tanah, dan intensitas hujan dengan jumlah hasil perkalian bobotnya  $\geq 175$
- Kawasan hutan yang memiliki kemiringan lereng  $\geq 40\%$ ; dan /atau
- Kawasan hutan yang berada pada ketinggian  $\geq 2.000$  meter di atas permukaan laut.

Dalam penelitian ini hutan lindung Kota Padang berdasarkan Peta Penunjukkan Kawasan Hutan Provinsi Sumatera Barat (SK. 35/ Menhut-II/ 2013 Tgl. 15 Januari 2013)

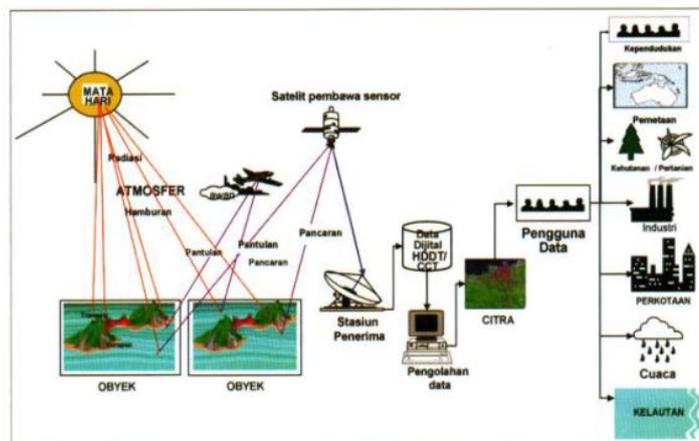
##### **5. Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*)**

Penginderaan jauh (*remote sensing*) sering disingkat inderaja, adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1994).

Remote sensing adalah ilmu dalam dan mengumpulkan informasi mengenai suatu obyek tanpa menyentuh atau berkontak fisik langsung dengan obyek tersebut. Selain itu, remote sensing juga di defenisikan sebagai suatu seni dalam mengolah dan menafsirkan citra untuk mendapatkan suatu informasi. Informasi yang dimaksud dalam hal ini adalah informasi obyek, area atau gejala (fenomena) yang terdapat di muka bumi. Prinsip dasar pengambilan data dalam remote sensing adalah sensor yang dibawa oleh wahana (satelit, pesawat, UAV) merekam interaksi antara gelombang elektromagnetik dengan obyek di muka bumi (Ardiansyah,2015).

Sistem penginderaan jauh mempunyai empat komponen dasar untuk mengukur dan merekam data mengenai sebuah wilayah dari jauh. Komponen ini adalah: sumber energi, target, sensor, dan wilayah transmisi. Sumber energi disini yang terpenting adalah energi elektromagnetik, di mana merupakan medium penting yang diperlukan untuk mentransmisikan informasi dari objek ke sensor. Pengindraan jauh menyediakan bentuk tutupan lahan yang penting yaitu luasan, pemetaan dan klasifikasi seperti vegetasi, tanah air dan hutan.

**Gambar 2. Sistem Penginderaan jauh dan aplikasinya**



Sumber: (Purwadhi, 2001 dalam Hardiyanti, 2008)

## 6. Citra Penginderaan Jauh

Data penginderaan jauh (citra) menggambarkan obyek di permukaan bumi relatif lengkap, dengan wujud dan letak obyek yang mirip dengan wujud dan letak di permukaan bumi dalam liputan yang luas. Citra penginderaan jauh adalah gambaran suatu obyek, daerah, atau fenomena, hasil rekaman pantulan, dan atau pancaran obyek oleh sensor penginderaan jauh, dapat berupa foto atau data digital (Purwadhi, 2001).

Dalam tulisan ini, citra digital penginderaan jauh adalah citra yang menggambarkan kenampakan permukaan (atau dekat permukaan) bumi, dan yang diperoleh melalui proses perekaman pantulan (*reflectance*), pancaran (*emittance*), ataupun hamburan balik (*backscatter*) gelombang elektromagnetik dengan sensor optik-elektronik yang terpasang pada suatu wahana (*platform*), baik itu wahana di menara (*crane*), pesawat udara maupun wahana ruang angkasa (Daneodoro, 2012).

## 6.1 Citra Quickbird Tahun 2007

*Quickbird* merupakan satelit penginderaan jauh yang diluncurkan pada tanggal 18 Oktober 2001 di California, U.S.A. Dan mulai memproduksi data pada bulan Mei 2002. *Quickbird* diluncurkan dengan  $98^\circ$  orbit *sun-synchronous* dan misi pertama kali satelit ini adalah menampilkan citra digital resolusi tinggi untuk kebutuhan komersil yang berisi informasi geografi seperti sumber daya alam.

Setelah mengorbit selama 90 hari, *Quickbird* akan memperoleh citra dengan nilai resolusi, *Panchromatic* sebesar 61 cm dan *Multispectral* sebesar 2.44 meter. Pada resolusi 61 cm bangunan, jembatan, jalan-jalan serta berbagai infrastruktur lain dapat terlihat secara detail. *Quickbird* dapat digunakan untuk berbagai aplikasi terutama dalam hal perolehan data yang memuat infrastruktur, sumber daya alam bahkan untuk keperluan pengelolaan tanah (manajemen, pajak). Sedangkan untuk keperluan industri, citra *Quickbird* dapat memperoleh cakupan daerah yang cukup luas sebesar 16.5 km atau 10.3 mil. Karakteristik Citra *Quickbird* dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4. Karakteristik Citra Quickbird**

Karakteristik QuickBird	
Tanggal Peluncuran	18 Oktober 2001
Kendaraan	Boeing Delta II
Lokasi Peluncuran	Vandenberg Air Force Base, California
Ketinggian Orbit	450 km
Kemiringan Orbit	97,2 derajat, sesuai matahari
Kecepatan	7,1 km/detik
Waktu Penyeberangan Katulistiwa	10:30 (descending)
Waktu Orbit	93,5 menit
Waktu Berkunjung Ulang	1-3,5 hari
Lebar Swath	16,5 km di nadir
Keakuratan Metrik	23-meter horizontal (CE90%)
Digitasi	11 bits
Resolusi	Pan: 61 cm (nadir) sampai 72 cm (250 offnadir) MS: 2,44 m (nadir) sampai 2,88 m (250 offnadir)
Band	Pan: 725 nm Blue: 479,5 nm Green: 546,5 nm Red: 654 nm Near IR: 814,5 nm

Sumber : Quickbird Imagery Product (produk guide)

## 6.2 Citra SPOT 6 Tahun 2016

SPOT 6, diluncurkan pada tanggal 9 September 2012, merupakan satelit observasi resolusi tinggi, sama halnya dengan SPOT 7 yang memiliki resolusi 1,5 meter. SPOT 6 dan SPOT 7 akan menjamin kelangsungan layanan citra SPOT dari satelit SPOT 4 dan SPOT 5, yang telah beroperasi masing-masing sejak tahun 1998 dan 2002. SPOT 6 dan SPOT 7 memberikan produk resolusi tinggi 1,5 meter pankromatik dan 4-band multispektral (R/G/B/NIR) 6 meter. Pengguna bisa memanfaatkan citra arsip ataupun perekaman baru (tasking) disesuaikan dengan kebutuhannya. Citra SPOT memiliki

kapasitas akuisisi perekaman data harian 3 juta km<sup>2</sup> per satelit.SPOT 6 dan SPOT 7 secara khusus dirancang untuk secara efisien menyediakan cakupan daerah yang besar, yang sangat cocok untuk melayani aplikasi kartografi dan pemantauan. Sementara akuisisi nominal yang tersedia dalam strip 60 x 600km<sup>2</sup> (terra-image.com, 2015).

Citra Quickbird tahun 2007 dan Spot 6 tahun 2016 terdapat perbedaan resolusi. Perbedaan resolusi dalam penelitian ini dapat diterima karena merupakan kelompok citra resolusi tinggi. Sehingga, tidak perlu penyamaan resolusi disebabkan objek yang diinterpretasi sama-sama tampak pada citra, ukuran objek yang diinterpretasi sama-sama melebihi ukuran objek ( tutupan lahan) dan metode interpretasi menggunakan metode interpretasi citra manual. Jadi perbedaan resolusi spasial dalam penelitian ini dapat diterima.

## **7. Pengolahan Citra**

### **7.1 Koreksi Citra**

#### **7.1.1 Koreksi Geometrik**

Geometrik merupakan posisi geografis yang berhubungan dengan distribusi keruangan (spatial distribution). Geometrik memuat informasi data yang mengacu bumi (geo-referenced data), baik posisi (sistem koordinat lintang dan bujur) maupun informasi yang terkandung di dalamnya. Geometrik citra penginderaan jauh mengalami pergeseran, karena orbit satelit sangat tinggi dan medan

pandangannya kecil, maka terjadi distorsi geometrik. Kesalahan geometri citra dapat terjadi karena posisi dan orbit maupun sikap sensor pada saat satelit mengindera bumi, kelengkungan dan putaran bumi serta adanya relief atau ketinggian yang berbeda dari permukaan bumi yang diindera. Akibat dari kesalahan geometrik ini maka posisi pixel dari data inderaja satelit tersebut tidak sesuai dengan posisi (lintang dan bujur) yang sebenarnya (Purwadhi dan Tjaturahono, 2008).

Dalam penelitian ini Citra Quickbird sudah dilakukan koreksi geometrik karena dibandingkan dengan data base seperti jalan, pemukiman, sungai dan citra lainnya posisi informasi citranya sangat baik. Pada citra Spot 6 2016 yang digunakan dalam penelitian ini belum mengalami koreksi geometrik karena tampak perbedaan posisi bibir pantai jika dibandingkan dengan Citra Lansat 8 dan Citra Quickbird. Sehingga perlu dilakukan koreksi geometrik dengan menggunakan *image to image* dengan menggunakan rujukan Citra Quickbird yang sudah terkoreksi secara geometrik.

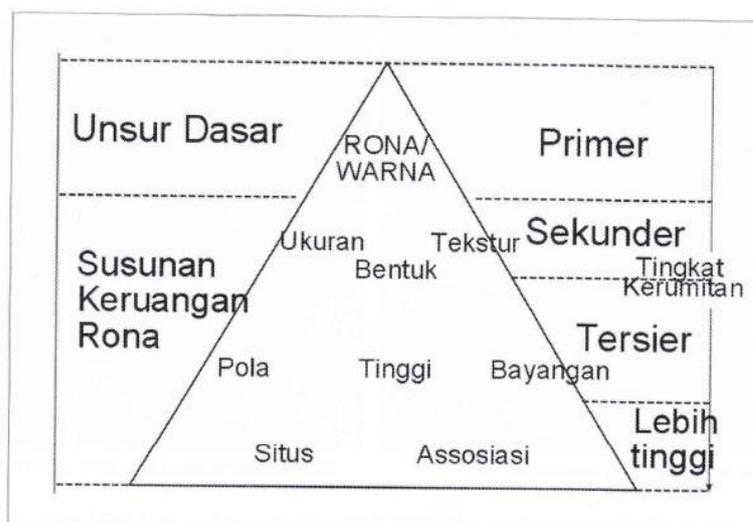
## **7.2 Interpretasi Citra**

Interpretasi citra merupakan pekerjaan yang menjawab pertanyaan: bagaimana cara mempergunakannya atau cara analisis data penginderaan jauh, agar dapat digunakan untuk keperluan daerah. Interpretasi citra telah diungkapkan dalam batasan merupakan kegiatan mengidentifikasi obyek melalui citra penginderaan jauh. Kegiatan ini

merupakan bagian terpenting dalam penginderaan jauh, karena tanpa dikenali obyek yang tergambar pada citra penginderaan jauh, maka kita tidak dapat melakukan kegiatan apa-apa terhadap citra tersebut. Interpretasi citra penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu interpretasi secara manual dan digital.

Pengenalan identitas dan jenis obyek yang tergambar pada citra merupakan bagian pokok dari interpretasi citra. Prinsip pengenalan identitas dan jenis obyek pada citra mendasarkan pada karakteristik obyek atau atribut obyek pada citra. Unsur Interpretasi yang dapat digunakan untuk identifikasi obyek pada citra. Karakteristik obyek yang tergambar pada citra dikenali menggunakan 8 (delapan) unsur interpretasi, yaitu rona atau warna, ukuran, bentuk, tekstur, pola, bayangan, letak atau situs, dan asosiasi kenampakan obyek. Unsur-unsur interpretasi tersebut disusun secara berjenjang untuk memudahkan dalam pengenalan obyek pada citra. Berikut gambar susunan tingkat unsur dalam interpretasi citra yang gambarkan oleh Estes et al. (1983) dalam Purwadhi dan Tjaturahono, (2008).

**Gambar 3. Susunan Tingkat Unsur dalam Interpretasi**



Sumber: Estes et al. (1983) dalam Purwadhi dan Tjaturahono, (2008)

## 8. Sistem Informasi Geografis (SIG)

SIG pada dasarnya adalah sistem informasi yang berbasis komputer dengan data digital yang merujuk pada lokasi geografis di permukaan bumi; di banyak negara diistilahkan sebagai “Geo Informatika” yang kemudian disingkat menjadi “Geomatika”; menggambarkan informasi kebumihan yang diproses dengan perangkat komputer. Dalam kaitan ini, Kanada pula yang mencetuskan untuk pertama kalinya dengan istilah “Geomatika” atau “Geomatique” (dalam bahasa Perancis), yang pada saat ini oleh International Standards Organization (ISO) dibakukan sebagai profesi yang terkait dengan pengumpulan, pemrosesan, penyimpanan, penyebaran, analisis, dan representasi data spasial atau informasi geografis. (Rais, 2002 dalam Prahasta, 2009).

SIG adalah sistem komputer (SBIS) yang digunakan untuk memasukkan (capturing), menyimpan, memeriksa, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan data-data yang berhubungan dengan posisi-posisinya di permukaan bumi (Rice 20 dalam Prahasta, 2009). SIG juga dapat dikatakan sebagai suatu kesatuan formal yang terdiri dari berbagai sumber daya fisik dan logika yang berkenaan dengan objek-objek yang terdapat di permukaan bumi. Jadi, SIG juga merupakan sejenis perangkat lunak, perangkat keras (manusia, prosedur, basis data, dan fasilitas jaringan komunikasi) yang dapat digunkakan untuk memfasilitasi proses pemasukan, penyimpanan, manipulasi, menampilkan dan keluaran data/informasi geografis berikut atribut-atribut terkait.

## **B. Penelitian yang Relevan**

Penelitian yang relevan dengan penelitian ini diantaranya yang dilakukan La Ode Muh. Yazid Amsah, Samsu Arif dan Syamsuddin dengan judul Analisis Laju Deforestasi Hutan Berbasis Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Provinsi Papua). Penelitian ini menjelaskan Lima daerah atau Kabupaten yang mengalami deforestasi paling besar dari tahun 2000-2009 yaitu Kabupaten Marauke, Kabupaten Mappi, Kabupaten Bouven Digoel, Kabupaten Pegunungan Bintang, dan Kabupaten Yahu Kimo. Pada rentan waktu dari tahun 2000-2009 deforestasi terbesar terjadi pada tahun 2006-2009 sebesar 216.816 Ha, lalu tahun 2003-2006 sebesar 72.400 Ha, dan tahun 2000-2003 sebesar 25.759 Ha.

Penelitian yang relevan lainnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Nurul Faniman yang berjudul Analisis Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Kuranji Tahun 2004-2014. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui luas perubahan tutupan lahan, laju perubahan tutupan lahan dan tingkat akurasi citra. Metode yang digunakan dalam penelitian ini deskriptif kuantitatif. Data yang digunakan adalah Citra Satelit Landsat TM5 perekaman tahun 2004 dan OLI/TIRS tahun 2014 dengan pengambilan sampel metode purposive sampling sedangkan teknik analisis data supervised classification.

Hasil penelitian ini menunjukkan perubahan tutupan lahan terbangun sebesar 316,46 ha, lahan terbuka 33,22 ha, sawah berkurang sebesar 56,10 ha, perairan berkurang sebanyak 4,16 ha, hutan berkurang sebesar 148,78 ha, semak belukar berkurang sebesar 181,52 ha, kebun campuran bertambah sebesar 40,92 ha. Laju perubahan tutupan lahan dari tahun 2004-2014 yang didapati dari perubahan tutupan lahan terbangun sebanyak 34,79%, lahan terbuka 298,20%, sawah 3,40%. Hasil uji akurasi citra Landsat didapati sebanyak 92,308% baik digunakan dalam analisis perubahan tutupan lahan.

### **C. Kerangka Konseptual**

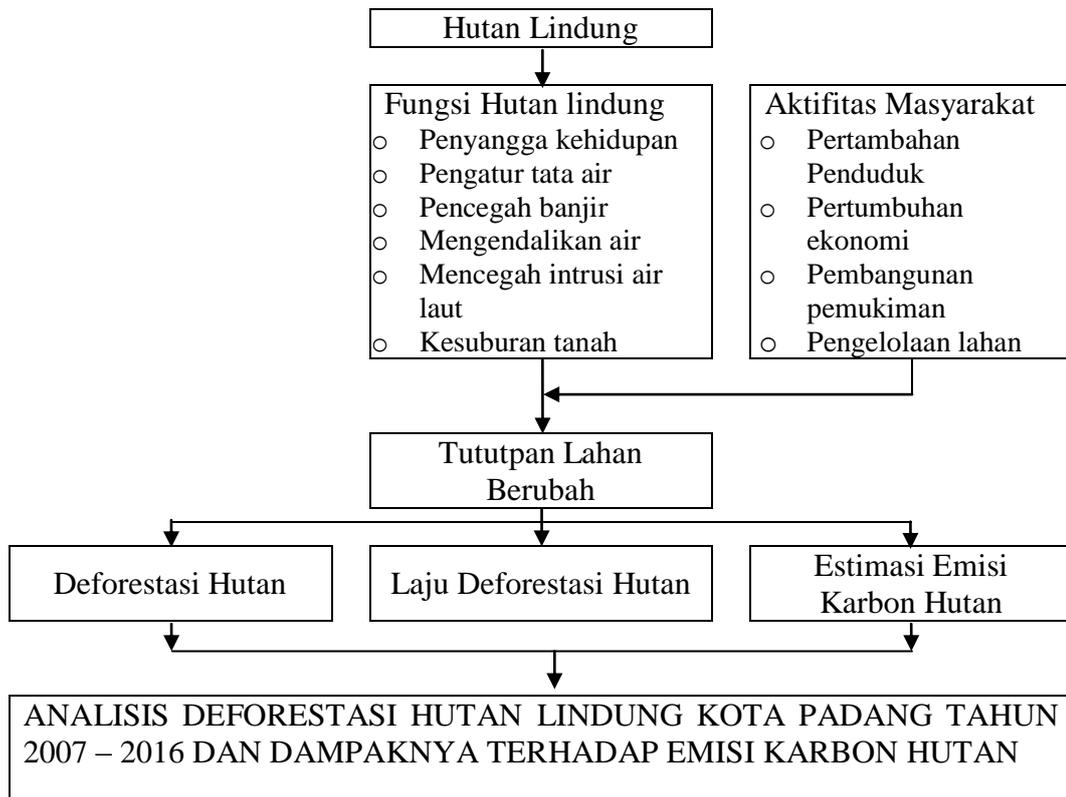
Hutan merupakan kekayaan alam anugerah dari Tuhan Yang Maha Esa harus dikelola dan dimanfaatkan secara optimal sesuai dengan fungsinya. Dalam penelitian ini membahas analisis deforetasi hutan dan dampaknya terhadap emisi karbon hutan di hutan lindung Kota Padang.

Sesuai dengan fungsinya hutan lindung sebagai perlindungan sistem penyangga kehidupan untuk mengatur tata air, mencegah banjir, mengendalikan erosi, mencegah intrusi air laut dan memelihara kesuburan tanah.

Berbagai macam aktifitas masyarakat yang terjadi di Kota Padang, menyebabkan meningkatnya alih fungsi lahan yang cukup besar terhadap perubahan penggunaan lahan. Perubahan penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan kaidah-kaidah rencana tata ruang mengakibatkan meningkatnya deforestasi hutan lindung Kota Padang, yaitu perubahan secara permanen dari areal berhutan menjadi areal yang tidak berhutan yang diakibatkan oleh kegiatan manusia (Permemhut. P. 30/Menhut-II/2009).

Peneliti menganalisis deforestasi dan mengukur emisi hutan berdasarkan tutupan lahan. Dimana tutupan lahan yang berhutan menjadi tidak berhutan disebut deforestasi. Areal tutupan lahan hutan primer menjadi tutupan lahan hutan sekunder dinamakan degradasi dan tutupan lahan yang tidak berhutan menjadi berhutan disebut reforestasi. Acuan kelas tutupan lahan dan kerapatan karbon mengacu pada acuan yang sudah di sediakan Dirjen Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan. Secara ringkas kerangka konseptual diuraikan dalam digram alir pada gambar 4.

### Kerangka Konseptual



**Gambar 4. Kerangka Konseptual**

## **BAB V PENUTUP**

### **A. Kesimpulan**

1. Analisis deforestasi berbasis tutupan lahan di hutan lindung Kota Padang terdiri dari tutupan lahan hutan dan tutupan lahan bukan hutan. Tutupan lahan hutan terdiri dari hutan lahan lahan kering primer, hutan lahan kering sekunder dan hutan mangrove primer. Tutupan lahan bukan hutan terdiri dari pertanian lahan kering, perkebunan, semak belukar, pertanian lahan kering campur semak, pemukiman, sawah, lahan terbuka, padang rumput dan tubuh air. Deforestasi hutan lindung Kota Padang dari tahun 2007 sampai tahun 2016 seluas 319,92 Ha.
2. Untuk laju deforestasi hutan seluas 38,57 Ha pertahun dan laju bertambah luasnya area bukan hutan seluas 332,64 Ha pertahunnya.
3. Deforestasi hutan lindung Kota Padang berdampak pada berkurangnya emisi karbon yang menyebabkan hilangnya cadangan karbon hutan. Cadangan karbon hutan yang hilang ini paling besar terjadi pada tutupan lahan hutan lahan kering primer. Total cadangan karbon yang hilang di hutan lindung Kota Padang tahun 2007-2016 seberat 81.724,7 ton C.

### **B. Saran**

1. Deforestasi hutan lindung Kota Padang ini perlu mendapatkan pengawasan pemerintah dan instansi terkait khususnya dinas kehutanan. Perhatian dan pengawasan ini dilakukan agar fungsi hutan lindung tidak terganggu.

2. Saran untuk peneliti sendiri agar lebih belajar dalam menginterpretasi citra dan penggunaan citra tahun terbaru agar akurasi citra lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah. 2015. *Pengelolaan Citra Penginderaan Jauh Menggunakan Envi 5.1 dan Envi Lidar*. LabSIG Inderaja Jakarta.
- Baja, Sumbangan. 2012. *Perencanaan Tata Guna Lahan dalam Pengembangan Wilayah Pendekatan Spasial dan Aplikasinya*. Yogyakarta. Andi Offset (Penerbit Andi).
- Banuwa, Irwan Sukri. 2013. *Erosi*. Jakarta. Kencana Prenada Media Group.
- Cybernur. 2010. *Posts tagged 'Flowchart Sistem'*. <https://cybernur.wordpress.com/tag/flowchart-sistem/>. Di akses pada tanggal 12 Februari 2019
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta. Andi Offset (Penerbit Andi).
- Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan. 2015. *Deforestasi Indonesia Tahun 2013-2014*. Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Direktorat Inventarisasi dan Pemantauan Sumber Daya Hutan. 2015. *Pemantauan Sumber Daya Hutan Indonesia*. Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan. 2015. *Buku Pintar Bidang Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan. 2015. *Peraturan Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan Nomor: P.1/VII-IPSDH/2015*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan.
- Faniman, Nurul. 2017. *Analisis Perubahan Tutupan Lahan Kecamatan Kuranji Tahun 2004-2014*. Skripsi Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Padang.
- Frananda, Hendry. 2011. *Komparasi Indeks Vegetasi Untuk Estimasi Stok Karbon Hutan Mangrove Kawasan Segoro Anak pada Kawasan Taman Nasiona Alas Purwo Banyuwangi, Jawa Timur*. Thesis Jurusan Penginderaan Jauh Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

- Indonesia's Work Programme for 2008 ITTO CITES Project. 2009. *Prosiding Technical Workshop "Review of the Existing Methods and Design for Ramin Inventory in Peat Swamp Forest"*. The publication is under the work Program of ITTO CITES Project.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. *Pemantauan Sumber Daya Hutan Indonesia*. Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 1990. *Tentang Pengelolaan Kawasan Lindung*.
- Lisnawati, Y dan Wibowo A. 2007. *Penggunaan Citra Landsat ETM untuk Monitoring Perubahan Penggunaan Lahan di Kawasan Puncak*. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman. Vol. 4 (2).
- Mc. Coy Roger. 2005. *Field methods in remote sensing*. New York London. The Guildford Press.
- Mulyanto, Lukman dan I Nengah Surati Jaya. 2004. *Analisis Spasial Degradasi Hutan dan Deforetasi: Studi Kasus di PT. Duta Maju Timber, Sumatera Barat*. Jurnal Manajemen Hutan Tropika Vol. X No. 1 : 29-42.
- Navratil, Peter. 2013. *Telaah Situasi Penutupan Lahan dan Perubahan Penutupan Lahan di Kabupaten Kapuas Hulu dan Malinau, Indonesia*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, FORCLIME Forests and Climate Change Programme, bekerjasama dengan Kementerian Kehutanan.
- Peraturan Daerah Provinsi Sumatera Barat Nomor 13 Tahun 2012. 2012. *Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Sumatera Barat Tahun 2012 – 2032*. Gubernur Sumatera Barat.
- Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.30/ Menhut-II/2009.
- Prahasta, Eddy. 2009. *Sistem Informasi Geografis Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Informatika Bandung.
- Pribadi, Didit Okta, Diar Shiddiq dan Mia Ermyanila. 2006. *Model Perubahan Tutupan Lahan dan Faktor-faktor yang Mempengaruhinya*. Jurnal Teknologi Lingkungan. P3TL-BPPT.7.(1):35-551.
- Purwadhi, Sri Hardiyanti dan Tjaturahono Budi Sanjoto . 2008. *Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh*. Pusat Data Penginderaan Jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional dan Jurusan Geografi Universitas Negeri Semarang.

- Ruslandi. 2012. *Penyempurnaan National Forest Inventory untuk Inventarisasi Stok dan Estimasi Karbon Hutan Tingkat Provinsi*. Kemenhut RI, UN-REDD, FAO, UNDP, UNEP.
- Sari, SW. Wirosoedarmo, R dan Rahadi B. 2014. *Identifikasi Pemanfaatan Lahan Sempadan Sungai Sumbergunung Di Kota Batu*. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan.
- Standar Nasional Indonesia, 7645. 2010. *Klasifikasi Penutup Lahan*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia, 7724. 2011. *Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon-Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Statistik Kehutanan. 2008. *Planologi*. Departemen Kehutanan.
- Suryadi, Indrawan. 2012. *Petunjuk Teknis Perhitungan Reference Emission Level untuk Sektor Berbasis Lahan*. UN-REDD Program Indonesia.
- Sutaryo, Dandun. 2009. *Penghitungan Biomassa Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetlands International Indonesia Programme.
- Terra Image. 2015 *SPOT 6 dan SPOT 7*. <http://terra-image.com/spot-6-dan-spot-7/>. di akses pada tanggal 4 Februari 2019
- Wirandha, Freddy Sapta, Dkk. 2015. *Klasifikasi Penggunaan Lahan Menggunakan Citra Satelit Spot-6 di Kabupaten Aceh Barat Daya Dan Aceh Besar*. Jurnal Fakultas Informasi. Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.
- Yollanda, Adnan. 2011. *Kajian Perubahan Penutup Lahan dengan Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh Multi-Temporal di DAS Bodri*. Skripsi Jurusan Geografi Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Semarang.