ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN REPONG DAMAR DI PESISIR BARAT LAMPUNG MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

(Skripsi)

Oleh

CECILINIA TIKA LAURA

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG

2019

RINGKASAN

ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN REPONG DAMAR DI PESISIR BARAT LAMPUNG MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Oleh

CECILINIA TIKA LAURA

Repong Damar merupakan suatu bentuk perkebunan yang memiliki struktur mirip dengan hutan alam. Keuntungan yang diberikan Repong Damar kepada masyarakat sekitar tidak hanya terkait ekonomi saja, namun juga keuntungan ekologis. Sebagai kekayaan alam yang dimiliki Provinsi Lampung maka Repong Damar patut untuk dijaga kelestariannya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis metode yang tepat dan akurat dalam mendeteksi sebaran Repong Damar menggunakan citra satelit, mengetahui sejarah luasan lahan Repong Damar dan juga untuk mengetahui apakah dari data tersebut FRL Repong Damar dapat dibangun dalam hubungannya dengan potensi penerapan REDD+ di lahan agroforestri. Repong Damar dideteksi menggunakan tiga metode deteksi yaitu *Object Oriented Classification* (OOC), *Maximum Likelihood Classification* (MLC) dan *Vegetation Indices Classification*. Hasil menunjukkan bahwa metode deteksi yang paling tepat dan akurat dalam mendeteksi sebaran Repong Damar adalah metode berbasis objek (OOC) dengan nilai akurasi sebesar 92,27%.

Dengan menggunakan metode ini diketahui bahwa sejak tahun 1990 sampai 2018 Repong Damar mengalami aforestasi dan deforestasi. Penilaian FRL dilakukan dengan menghitung karbon yang tersimpan (termasuk teremisi dan terserap) berdasarkan rerata tutupan Repong Damar tahun 1990 - 2015, yaitu sebesar 33.187.752 tC/tahun (104.364 ha/th). Kinerja REDD + dari Repong Damar pada tahun 2018 terlihat dari area jangkauannya, yaitu 99.693 hektar. Berdasarkan data tersebut, maka kinerja emisi gas rumah kaca (GRK) Repong Damar menghasilkan nilai negatif (-1.485.378 tC), sehingga dapat disimpulkan bahwa Repong Damar telah mengemisikan karbon sebesar 1.485.378 tC pada tahun 2018.

Kata Kunci: Citra satelit, metode deteksi Repong Damar, penginderaan jauh, REDD+, SIG

SUMMARY

REPONG DAMAR COVER CHANGE ANALYSIS IN PESISIR BARAT OF LAMPUNG USING REMOTE SENSING DATA AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

By

CECILINIA TIKA LAURA

Repong Damar is a form of gardening that have a structure similar to that of natural forests. The role of Repong Damar to the community is not merely related to the economic value, but also its ecological advantages. As one of rich natural resources located in the Lampung Province, Repong Damar is worth to be preserved. This research aims to analyze the most appropriate and accurate method for detecting the distribution of Repong Damar using satellite images and to understand the history of time-series cover change of Repong Damar as well as to find out whether the data of FRL Repong Damar can be built in relation to the REDD+ potential implementation in agroforestry. Three methods of detection were used i.e. Object Oriented Classification (OOC), Maximum Likelihood Classification (MLC) and Vegetation Indices Classification. The most accurate method for detecting Repong Damar was the object based method (OOC) with 92.27% accuracy was derived. By using this method the time-series change in Repong Damar coverage from 1990 until 2018 was found. The results show that

the area of Repong Damar experienced afforestation and deforestation. FRL assessment was conducted by calculating carbon stock (including emission and sink) based on average value of time-series coverage area of Repong Damar from 1990 - 2015, i.e. 33,187,752 tC/yr (104,364 ha/yr). REDD+ performance of Repong Damar in 2018 was seen from its coverage area, i.e. 99,693 hectares. Hence, based on that data, the emission performance of Repong Damar in 2018 was -1,485,378 (negative), or in conclusion Repong Damar has emitted 1,485,378 tons of carbon in 2018.

Keywords: GIS, REDD+, remote sensing, Repong Damar detection method, satellite images.

ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN REPONG DAMAR DI PESISIR BARAT LAMPUNG MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Oleh

CECILINIA TIKA LAURA

Skripsi

sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA KEHUTANAN

pada

Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019

Judul Skripsi	: **ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN REPONG DAMAR DI PESISIR BARAT LAMPUNG MENGGUNAKAN DATA PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS**
Nama Mahasiswa	: Cecilinia Tika Laura
Nomor Pokok Mahasiswa	: 1414151019
Jurusan	: Kehutanan
Fakultas	: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc.
NIP 197901072008011009

Rudi Hilmanto, S.Hut., M.Si.
NIP 197807242005011003

2. Ketua Jurusan Kehutanan

Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si.
NIP 197705032002122002

MENGESAHKAN

2. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc.** .....

Sekretaris : **Rudi Hilmanto, S.Hut., M.Si.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.** .....

Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **18 Februari 2019**

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Surabaya pada tanggal 16 September 1996, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara pasangan Bapak Suhaimi, SH dan Ibu Lilin Sisiva. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD Negeri Manukan Kulon Surabaya pada tahun 2008, SMP GIKI 1 Surabaya pada tahun 2011, dan SMA Negeri 11 Surabaya pada tahun 2014. Penulis aktif dalam organisasi Purna Paskibraka Indonesia Kota Surabaya tahun 2012 dan pernah bertugas dalam pengibaran bendera di Balai Kota Surabaya dan Kantor Gubernur Jawa Timur. Pada tahun 2014, penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama kuliah, penulis menjadi Anggota Aktif Himpunan Mahasiswa Kehutanan (Himasylva). Penulis juga menjadi asisten dosen pada mata kuliah Ilmu Ukur Wilayah dan Pemetaan Hutan, Biometrika Hutan, Ekologi Lansekap, Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis.

Untuk Ayah dan Mama serta

Saudaraku Tersayang

SANWACANA

Bismillahirahmannirrahim, puji syukur yang selalu terucap kehadirat Allah SWT, shalawat teriring salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan Rasulullah Muhammad SAW, karena berkat anugerah dari-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Analisis Perubahan Tutupan Repong Damar di Pesisir Barat Lampung Menggunakan Data Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis**" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Terselesaikannya penulisan skripsi tidak terlepas dari bantuan, dorongan, dan kemurahan hati dari berbagai pihak. Maka dari itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan Pembimbing Akademik.
2. Ibu Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si selaku Ketua Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung terima kasih atas bantuan dan saran yang telah diberikan hingga selesainya penulisan skripsi ini.

3. Bapak Dr. Arief Darmawan, S.Hut., M.Sc selaku dosen pembimbing pertama yang senantiasa membantu, memberikan arahan, dan bimbingan kepada penulis selama proses perkuliahan serta penyelesaian skripsi.
4. Bapak Rudi Hilmanto, S.Hut., M.Si selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan petunjuk kepada penulis mulai dari awal penyusunan proposal penelitian sampai skripsi ini terselesaikan.
5. Bapak Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc selaku pembahas atau penguji atas semua saran, kritik, dan masukan yang sangat bermanfaat untuk kesempurnaan skripsi ini.
6. Segenap Dosen Pengajar dan Staf Jurusan Kehutanan yang telah membantu dan memberikan ilmu selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Kehutanan Universitas Lampung.
7. WWF Indonesia Southern Sumatra Project yang telah memberikan bantuan data penelitian kepada penulis.
8. Kedua orang tua penulis, Suhaimi, SH dan Lilin Sisiva yang selalu memberikan dukungan moril maupun materiil hingga penulis dapat melangkah sejauh ini.
9. Saudara kandung penulis Jimmy Gusti Nova dan Dini Ramadhania Illah yang selalu memberikan dukungan kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
10. Adik adik angkatan 2015 jurusan kehutanan khususnya Dedi Riyanto yang telah membantu penulis dalam pengumpulan data penelitian.

11. Teman seperjuangan Kehutanan 2014 “Lugosyl” khususnya Meli Agustina, Anis Ambarwati, Giga Piancita, Khairunisa, dan Dani Jengnia Jaya atas segala bantuan, dukungan, dan kebersamaan yang kalian berikan.
12. Serta semua pihak yang telah terlibat dalam penelitian dan penyelesaian skripsi mulai dari awal hingga akhir, yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Bandar Lampung, Januari 2019

Penulis

Cecilinia Tika Laura

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL vi

DAFTAR GAMBAR..... viii

I. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah..... 4
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Kerangka Pemikiran..... 5

II. TINJAUAN PUSTAKA..... 7
2.1 Repong Damar..... 7
2.1.1 Sistem Tata Niaga 8
2.1.2 Sistem Pengelolaan Damar..... 9
2.2 REDD+..... 10
2.3 Sistem Informasi Geografis..... 12
2.4 Penginderaan Jauh..... 14
2.5 Citra Satelit..... 16
2.6 *Object Oriented Classification*..... 17
2.7 *Maximum Likelihood Classification*..... 18
2.8 *Vegetation Indices Classification*..... 19
2.8.1 NDVI 19
2.8.2 EVI..... 20
2.8.3 NDWI 21

III. METODE PENELITIAN 22
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 22
3.2 Alat dan Bahan..... 23
3.3 Jenis Data 23
3.4 Cara Pengumpulan Data..... 24
3.5 Metode Analisis Data..... 25
3.5.1 Pengkompositan Citra Satelit..... 25
3.5.2 Pemotongan Citra..... 25
3.5.3 Analisis Citra Satelit 26
3.5.3.1 Metode Deteksi Sebaran Repong Damar 26
3.5.3.2 Perubahan Tutupan Lahan Repong Damar..... 29

Halaman
3.5.4 Penilaian Akurasi 30
3.5.5 Perkiraan Tingkat Emisi Repong Damar (FRL) 30

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 32
4.1 Pengamatan/Orientasi Lapang..... 32
4.2 Deteksi Sebaran Repong Damar 34
4.2.1 *Maksimum Likelihood Classification*..... 35
4.2.2 *Object Oriented Classification* 37
4.2.3 *Vegetation Indices Classification* 41
4.2.4 Penilaian Akurasi 51
4.3 Perubahan Tutupan Lahan Repong Damar 54
4.4 Perkiraan tingkat emisi repong damar (FRL)..... 61
4.4.1 Luasanan Repong Damar 61
4.4.2 Cadangan Karbon Repong Damar 62
4.4.3 Acuan tingkat emisi repong damar yang dihasilkan 64

V. SIMPULAN..... 66
5.1 Simpulan..... 66
5.2 Saran..... 66

DAFTAR PUSTAKA..... 67

LAMPIRAN..... 73–93
Tabel 10..... 73–93

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Parameter yang digunakan dalam metode OOC	37
2.	Nilai indeks vegetasi tahun 2016 dan tahun 2018	41
3.	Nilai akurasi metode *Object Oriented Classification*	51
4.	Nilai akurasi metode *Maximum Likelihood Classification*	51
5.	Nilai akurasi metode Indeks Vegetasi (EVI) ambang batas	52
6.	Nilai akurasi tertinggi dari 3 metode deteksi	53
7.	Luasan repong damar tahun 1990 sampai dengan tahun 2018	55
8.	Nilai stok karbon (t/ha) masing-masing petak ukur dan rerata	63
9.	Perhitungan tingkat emisi repong damar	64
10.	Hasil inventarisasi repong damar	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Kerangka pemikiran penelitian. 6
2. Peta lokasi penelitian di Kabupaten Pesisir Barat Lampung. 22
3. Pengamatan lapangan lahan repong damar (september 2018). 33
4. Peta repong damar di kawasan zona tradisional TNBBS. 33
5. Visualisasi citra satelit Landsat kelas Repong Damar 34
6. Visualisasi citra satelit Landsat kelas hutan alam. 35
7. Hasil pendeteksian metode MLC tahun 2016 36
8. Hasil pendeteksian metode MLC tahun 2018 36
9. Visualisasi perbedaan skala parameter segmentasi 38
10. Hasil metode OOC tahun 2016 segmentasi 25 38
11. Hasil metode OOC tahun 2016 segmentasi 30 39
12. Hasil metode OOC tahun 2016 segmentasi 50 39
13. Hasil metode OOC tahun 2018 segmentasi 25 40
14. Hasil metode OOC tahun 2018 segmentasi 30 40
15. Hasil metode OOC tahun 2018 segmentasi 50 41
16. Indeks vegetasi tahun 2016 metode NDWI 43
17. Indeks vegetasi tahun 2016 metode NDVI 43
18. Indeks vegetasi tahun 2016 metode EVI 44

Gambar Halaman

19. Indeks vegetasi tahun 2018 metode NDWI 44

20. Indeks vegetasi tahun 2018 metode NDVI 45

21. Indeks vegetasi tahun 2018 metode EVI..... 45

22. Visualisasi ambang batas (batas atas-batas bawah) tahun 2016 47

23. Visualisasi ambang batas (minimum-maksimum) tahun 2016..... 47

24. Visualisasi ambang batas (*mean*-standar deviasi) tahun 2016..... 48

25. Visualisasi ambang batas (*mean*-2standar deviasi) tahun 2016..... 48

26. Visualisasi ambang batas (batas atas-batas bawah) tahun 2018 49

27. Visualisasi ambang batas (minimum-maksimum) tahun 2018..... 49

28. Visualisasi ambang batas (*mean*-standar deviasi) tahun 2018..... 50

29. Visualisasi ambang batas (*mean*-2standar deviasi) tahun 2018..... 50

30. Grafik perubahan tutupan Repong Damar 56

31. Perubahan tutupan Repong Damar tahun 1990..... 56

32. Perubahan tutupan Repong Damar tahun 1993..... 57

33. Perubahan tutupan Repong Damar tahun 2000..... 57

34. Perubahan tutupan Repong Damar tahun 2006..... 58

35. Perubahan tutupan Repong Damar tahun 2009..... 58

36. Perubahan tutupan Repong Damar tahun 2015..... 59

37. Perubahan tutupan Repong Damar tahun 2018..... 59

38. Grafik perubaham tutupan Repong Damar tahun 1990-2018..... 62

39. Grafik cadangan karbon Repong Damar..... 64

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Repong Damar merupakan suatu sistem pengelolaan tanaman perkebunan yang dibudidayakan dan dikelola oleh masyarakat lampung Krui (Mulyani, 2008). masyarakat Krui menyatakan Repong Damar adalah sebidang tanah yang ditanam dengan sistem agroforestri, dimana terdapat tumbuhan beraneka ragam jenis tanaman yang produktif (Lubis, 1997). Secara fisik, bentuk pengelolaan Repong Damar adalah hamparan tanaman damar mata kucing (*Shorea javanica*) yang membentuk semacam hutan yang dibudidayakan dan dikelola oleh masyarakat (Nainggolan, 2011).

Repong Damar memiliki sifat ekosistem menyerupai hutan primer seperti kekayaan spesies dan kompleksitas ekologi yang tinggi dan siklus unsur hara yang tertutup (Foresta *et al*., 2000). Budidaya damar sangat berbeda dengan silvikultur monokultur. Ketika damar ditanam, maka di sekelilingnya ditanam juga berbagai jenis pohon buah-buahan, pohon kayu-kayuan, jenis-jenis palem, bambu, dan sebagainya. Repong Damar memainkan peran penting dalam pelestarian sumberdaya hutan baik nabati maupun hewani karena struktur dan sifatnya yang khas. Repong Damar menciptakan kembali arsitektur

khas hutan yang mengandung habitat mikro yang di dalamnya sejumlah tanaman hutan alam mampu bertahan hidup dan berkembang biak.

Sebagai sebuah lanskap yang menyerupai hutan alam, Repong Damar memiliki dinamika perubahan, termasuk deforestasi dan degradasi hutan. Pohon damar yang merupakan pohon utama dalam sistem Repong Damar dapat hidup sampai dengan 150 tahun lamanya, rata-rata pohon damar di daerah Krui sudah berusia lebih dari 100 tahun (Casson, 2005). Dilihat dari umur tersebut, Repong Damar telah menyimpan karbon yang sangat signifikan, sehingga apabila terdeforestasi atau terdegradasi, sejumlah karbon yang sudah disimpannya selama bertahun-tahun akan ter-emisi-kan ke udara. Oleh karena itu, upaya untuk mengurangi deforestasi dan degradasi hutan di Repong Damar seharusnya dapat masuk ke dalam skema REDD+ (*Reducing Emissions from Deforestation and Degradation forest Plus*) yang kini sedang di upayakan oleh pemerintah.

REDD+ merupakan mekanisme insentif ekonomi yang diberikan kepada negara berkembang untuk mendorong pengelolaan hutan berkelanjutan dalam rangka pengurangan emisi karbon. Indonesia sebagai negara dengan luas hutan lebih dari 130 juta ha atau 70 persen dari luas daratannya berpeluang besar untuk menerapkan REDD+ (Satgas REDD+, 2012). Namun, terdapat beberapa perbedaan pendapat tentang penerapan REDD+ di lahan agroforestri. Menurut Minang *et al.* (2014) sistem agroforestri belum mendapat perhatian yang cukup di dalam masing-masing mekanisme mitigasi perubahan iklim UNFCCC (*United Nation Convention on Climate Change*), termasuk REDD+. Agroforestri

memiliki potensi yang luar biasa terutama dilihat dari tutupan lahan berpohon, dimana REDD+ dinilai lebih banyak menyorot tentang hutan alam (Brown dan Zarin, 2013; Romijn *et al.,* 2013). Minang *et al*. (2014) memberikan pendapat lain bahwa bila stok karbon dalam agroforestri tidak dapat ditargetkan secara langsung dalam REDD +, agroforestri masih dapat dimasukkan dalam strategi REDD +, sebagai cara untuk mengalihkan permintaan lahan (*land spare*) dan menyediakan sumber alternatif produk yang berasal dari eksploitasi berlebihan hutan atau konversi, sehingga menghindari kebocoran dari upaya perlindungan hutan.

Perbedaan pendapat mengenai potensi penerapan REDD+ di Repong Damar Krui perlu mendapat kajian khusus, karena sifat Repong Damar yang sudah menyerupai hutan alam. REDD+ mensyaratkan data yang transparan (*transparent*), akurat (*accurate*), konsisten (*consistent*) dan menyeluruh (*complete*), terutama terkait sejarah tutupan lahan (hutan). Data ini diperlukan dalam membangun Tingkat Rujukan Emisi Hutan (*Forest Reference Emission Level*/FREL) serta pemantauan kinerja REDD+ yang harus terukur, terlaporkan dan terverifikasi (*Measurement, Reporting and Verification*/MRV). Oleh karena itu, pemantauan sejarah tutupan damar dalam konteks kajian potensi pelaksanaan REDD+ di Repong Damar merupakan hal yang sangat penting. Berdasarkan analisis tutupan lahan hasil interpretasi Citra SPOT tahun 2012 yang dilakukan Yulizar *et al*. (2014), zona tradisional TNBBS (Taman Nasional Bukit Barisan Selatan) di lokasi penelitian yang ditutupi vegetasi damar mata kucing terdeteksi

sekitar 446 hektar berupa Repong Damar yang dikelola oleh masyarakat Krui setempat sekitar hutan TNBBS.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah tutupan Repong Damar dapat dibedakan dengan tutupan hutan alam dengan menggunakan data citra satelit?
2. Bagaimana status luas Repong Damar dari tahun 1990 – 2018?
3. Apakah dari data tersebut FREL Repong Damar dapat dibangun?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis teknik deteksi apa yang dapat digunakan untuk membedakan tutupan Repong Damar dengan hutan alam di sekitarnya dan menganalisis perubahan tutupan Repong Damar di Pesisir Barat, Lampung sejak tahun 1990 – 2018.

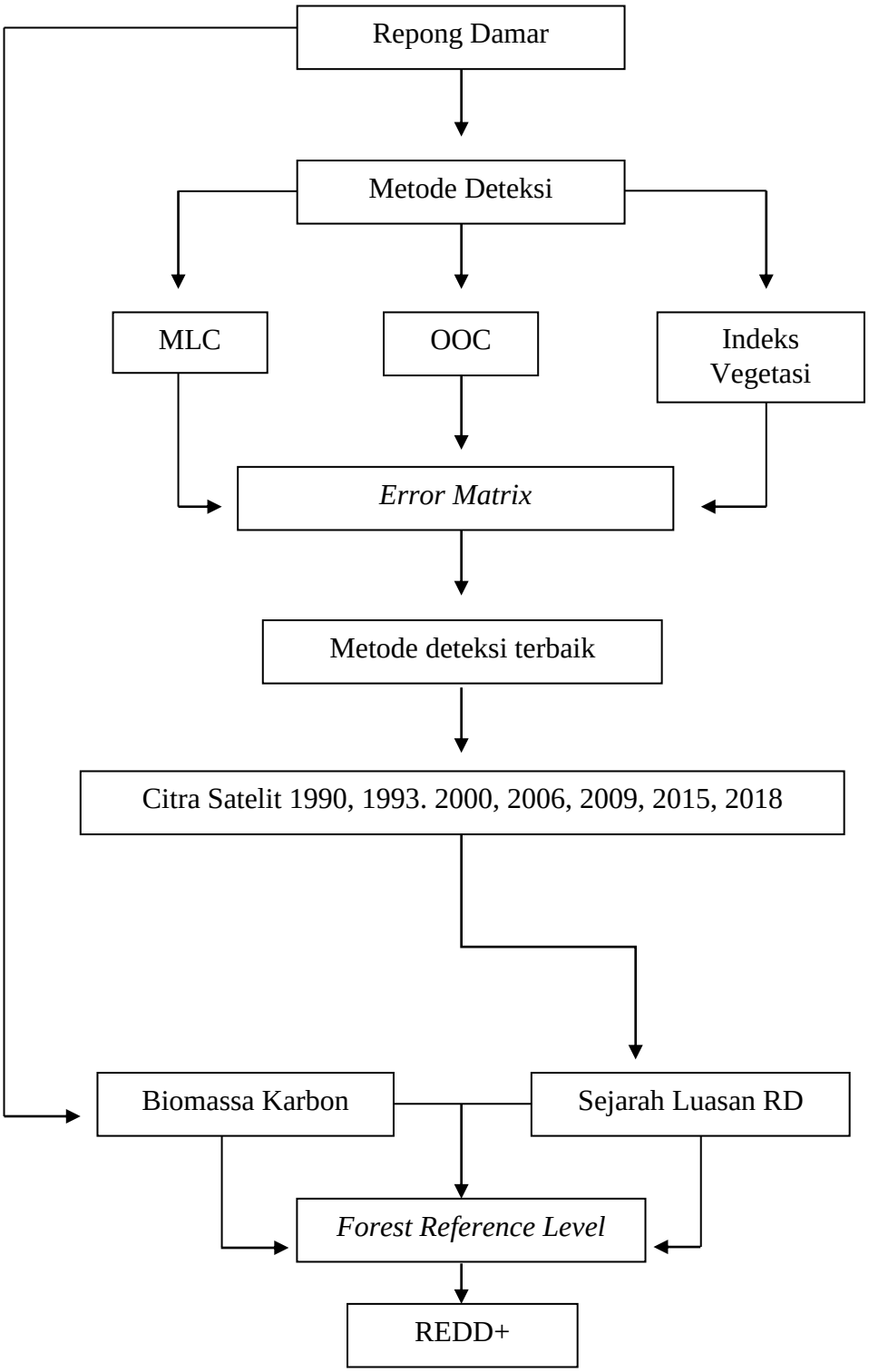
1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini diharapkan dapat menyumbangkan masukan bagi ilmu pengetahuan terutama teknik pendeteksian vegetasi di lahan agroforestri.
2. Menjadi *best practice* dalam hal pemantauan tutupan hutan yang dikelola secara agroforestri.

1.5 Kerangka Pemikiran

Bentuk kegiatan dalam kajian perubahan tutupan Repong Damar di Pesisir Barat ini dilakukan dengan cara menganalisis data citra penginderaan jauh multiwaktu dan multisensor untuk menghasilkan tutupan Repong Damar. Kegiatan yang akan dilakukan adalah mengumpulkan data citra satelit Landsat tahun 1990, 1993, 2000, 2006, 2009, 2015, 2016 dan 2018 Kabupaten Pesisir Barat. Data citra satelit tahun 2016 dan 2018 akan diinterpretasikan dengan beberapa teknik analisis penginderaan jauh yaitu *Maximum Likelihood, Object Oriented* dan *Indeks Vegetasi*. Tiga teknik penginderaan jauh tersebut akan dipilih metode yang paling baik dengan menggunakan tabel kontingensi (*Error Matrix*). Citra satelit tahun 1990, 1993, 2000, 2006, 2009, 2015 dan 2018 akan diinterpretasikan menggunakan teknik yang paling baik untuk mengetahui perubahan tutupan Repong Damar. Hasil analisis perubahan tutupan Repong Damar yang berupa sejarah tutupannya akan digunakan untuk menilai kinerja Repong Damar dalam mempertahankan luasannya. Biomassa karbon Repong Damar digunakan untuk menilai kinerja Repong Damar dalam skema REDD+. Kerangka pemikiran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran Penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Repong Damar

Repong Damar merupakan suatu sistem pengelolaan tanaman perkebunan yang dibudidayakan dan dikelola oleh masyarakat lampung krui (Mulyani, 2008). Sedangkan menurut Nainggolan (2011), Repong Damar adalah suatu sistem pengelolaan tanaman perkebunan yang ekosistemnya merupakan hamparan tanaman yang membentuk suatu hutan yang dibudidayakan dan dikelola oleh masyarakat. Masyarakat krui menyatakan Repong Damar adalah sebidang tanah yang ditanam dengan sistem agroforestri dimana terdapat tumbuhan beraneka ragam jenis tanaman yang produktif, umumnya tanaman tua seperti damar, duku, durian, petai, jengkol, manggis, kandis dan lain sebagainya yang dipelihara karena memiliki nilai ekonomis dan didominasi oleh damar (Lubis, 1997).

Repong Damar adalah fase final dalam tahapan linier sistem pengelolaan lahan kering (darak) di daerah Krui, yaitu fase ketika lahan hutan (baik hutan primer maupun hutan sekunder) yang dibuka dan dibabat habis akan mencapai format seperti hutan alam kembali setelah 20 tahun kemudian (Lubis, 1997). Repong Damar memainkan peran penting dalam pelestarian sumberdaya hutan baik nabati maupun hewani karena struktur dan sifatnya yang khas. Repong Damar menciptakan kembali arsitektur khas hutan yang mengandung habitat mikro yang

di dalamnya sejumlah tanaman hutan alam mampu bertahan hidup dan berkembang biak (Foresta *et al.*, 2000).

Michon dan Foresta (1994) *dalam* Lubis (1997) menyatakan bahwa secara ekologis fase perkembangan Repong Damar tersebut menyerupai tahapan suksesi hutan alam dengan segala keuntungan ekologisnya seperti perlindungan tanah, evolusi iklim mikro, dan lain sebagainya. Repong Damar memiliki sifat ekosistem yang khas seperti yang dimiliki hutan primer, yaitu kekayaan spesies dan kompleksitas ekologi yang tinggi dan siklus unsur hara yang tertutup. Budidaya damar sangat berbeda dengan silvikultur monokultur. Ketika damar ditanam maka tumbuh berbagai jenis pohon buah-buahan, pohon kayu-kayuan, jenis-jenis palem, bambu, dan sebagainya yang sengaja ditanam dan dirawat di kebun (Michon *et al*., 1998).

2.1.1 Sistem Tata Niaga Damar

Proses penjualan damar, petani mendapatkan informasi tentang harga getah damar, hanya dari pedagang. Sedangkan informasi tentang pasar getah damar, pada umumnya mereka tidak mendapatkannya, sehingga posisi tawar petani terhadap pedagang menjadi rendah. Hal ini ditambah dengan penguasaan teknologi pasca panen petani sangat minimal. Pada umumya mereka menjual getah damar yang baru dipanennya ke pedagang pengumpul di tingkat desa, dalam bentuk getah asalan yang belum disortir berdasarkan kualitasnya, sehingga petani tidak memperoleh nilai tambah dari getah damar yang mereka hasilkan.

Penyortiran getah damar berdasarkan kualitasnya baru dilakukan di tingkat pedagang besar (Wijayanto, 2002).

Kegiatan berkebun damar menciptakan rangkaian kegiatan ekonomi yang lain yaitu pemanenan, pengangkutan dari kebun ke desa, penyimpanan, sortasi, dan pengangkutan ke para pedagang besar di Pasar Krui. Kegiatan-kegiatan itu dilakukan oleh pemilik kebun dan keluarga (pemanenan dan pengangkutan), pekerja upahan (pengangkutan dan sortasi), dan oleh pedagang pengumpul (penyimpanan di desa atau di jalan antara kebun dan desa). Oleh sebab itu, orang orang yang tidak memiliki lahan damar masih dapat memetik keuntungan dari budidaya damar (Foresta *et al.,* 2000). Seorang ahli kehutanan Belanda dalam buku Foresta *et al.* (2000) bernama Rappard yang pernah berkunjung tahun 1936 menyebut damar sebagai komoditas ekspor nomor tiga dari seluruh ekspor hasil pertanian Krui, setelah kopi dan kopra dan sebelum lada. Pada tahun itu, produksi damar dari Krui mencapai 200 ton.

2.1.2 Sistem Pengelolaan Repong Damar

Pengelolaan Repong Damar ini tidak memerlukan perawatan yang instensif. Dengan usaha lewat tenaga kerja anggota keluarga maka usaha ini akan layak dan bisa diusahakan (Trison, 2001). Kelemahan sistem pengelolaan Repong Damar menurut (Wijayanto, 2002) adalah adanya organisasi masyarakat petani yang belum berkembang. Hal ini, ditunjukkan oleh belum berhimpunnya mereka secara baik dalam suatu organisasi. Saat ini, di Pesisir Krui dengan difasilitasi oleh Tim Krui (forum Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM)) telah terbentuk

Perhimpunan Masyarakat Petani Repong Damar (PMPRD), namun kegiatannya belum berkembang dan para petani pun belum merasakan secara nyata program kegiatan yang dilakukannya. Organisasi masyarakat petani yang kuat dan mandiri, diharapkan akan dapat mengatasi dan meminimalkan peubah-peubah bersifat strategis unsur kelemahan lainnya, sehingga peluang untuk peningkatan peran dan fungsi dari sistem pengelolaan Repong Damar akan semakin terbuka lebar.

2.2 REDD+ *(Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation plus)*

REDD+ merupakan mekanisme insentif ekonomi yang diberikan kepada negara berkembang untuk mendorong pengelolaan hutan berkelanjutan dalam rangka pengurangan emisi karbon. Indonesia sebagai negara dengan luas hutan lebih dari 130 juta ha atau 70 persen dari luas daratannya berpeluang besar untuk menerapkan REDD+ (Satgas REDD+, 2012). Konsep REDD+ mengacu kepada dua aspek kegiatan sebagai berikut.

1. Pengembangan mekanisme memberi imbalan pada negara berkembang yang mengurangi emisi dari deforestasi dan degradasi hutan, konservasi, SFM (*sustainable forest management*), aforestasi dan reforestasi.
2. Kegiatan persiapan yang membantu negara-negara untuk mulai berpartisipasi dalam mekanisme REDD+ (NRDC, 2013).

Ruang lingkup kegiatan REDD+ di Indonesia meliputi hal-hal sebagai berikut.

1. Penurunan emisi dari deforestasi
2. Penurunan emisi dari degradasi hutan dan/atau degradasi lahan gambut

3. Pemeliharaan dan peningkatan cadangan karbon melalui kegiatan sebagai berikut.
    a. Konservasi hutan
    b. Pengelolaan hutan yang berkelanjutan (*sustainable forest management*)
    c. Rehabilitasi dan restorasi kawasan yang rusak
4. Penciptaan manfaat tambahan bersamaan dengan peningkatan manfaat dari karbon dengan kegiatan sebagai berikut.
    a. Peningkatan kesejahteraan masyarakat lokal
    b. Peningkatan kelestarian keanekaragaman hayati
    c. Peningkatan kelestarian produksi jasa ekosistem lain (Satgas REDD+, 2012).

Tiga elemen utama dari kerangka REDD+ Nasional yaitu: insentif, informasi dan institusi (3Is).

a. *Insentif* REDD+ mengalir dari berbagai sumber internasional ke sebuah dana nasional atau anggaran rutin (misalnya, Kementerian Keuangan), kemudian menuju ke tingkat subnasional melalui anggaran pemerintah atau pembayaran langsung kepada pemegang hak karbon. Pemegang hak karbon mencakup pemilik lahan perorangan, masyarakat, pemegang hak pengusahaan hutan (HPH) dan berbagai lembaga pemerintah.
b. *Informasi* REDD+, yaitu data pengurangan emisi hutan atau peningkatan cadangan karbon untuk setiap hutan, berdasarkan jenis dan lokasinya. Informasi ini akan dikumpulkan dan diproses melalui suatu sistem *Measurement, Reporting dan Verification* (MRV). Informasi ter-verifikasi dari kinerja REDD+ akan diserahkan kembali kepada lembaga REDD+

nasional yang berwenang, yang juga terdaftar sebagai *National Designated Agency* (NDA) oleh *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC). Informasi ini yang akan digunakan sebagai obyek transaksi untuk pembeli kredit REDD+ internasional.

c. *Institusi* REDD+ yang akan mengatur aliran informasi tentang perubahan cadangan karbon antar tingkat, dan aliran insentif ke arah pemegang hak karbon. Sejumlah institusi ini dapat berasal dari institusi yang sudah ada dan akan melibatkan lembaga yang berwenang untuk pembayaran REDD+ dan sistem MRV (Angelsen *et al.*, 2010).

2.3 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu sistem berdasarkan komputer yang mempunyai kemampuan untuk menangani data yang bereferensi geografi (*georeference*) dalam hal pemasukan, manajemen data, memanipulasi dan menganalisis serta pengembangan produk dan percetakan (Allen, 2009). Sistem informasi geografis adalah sistem informasi yang digunakan untuk mendapatkan data spasial dan analisis terhadap permukaan geografi bumi. Fungsi SIG adalah meningkatkan kemampuan menganalisis informasi spasial secara terpadu untuk perencanaan dan pengambilan keputusan. SIG dapat memberikan informasi kepada pengambil keputusan untuk analisis dan penerapan database keruangan (Prahasta, 2009).

Pamuji (2013) menyampaikan sistem informasi geografis akan memudahkan kita dalam melihat fenomena kebumian dengan perspektif yang lebih baik. SIG

mampu mengakomodasi penyimpanan, pemrosesan dan penayangan data spasial digital bahkan integrasi data yang beragam, mulai dari citra satelit, foto udara, peta bahkan statistik. Tersedianya komputer dengan kecepatan dan kapasitas ruangan besar maka data dengan cepat dan akurat akan dapat ditampilkan. Komponen utama sistem informasi geografis dibagi ke dalam empat bagian yaitu perangkat keras, perangkat lunak, organisasi (manajemen), dan pemakai. Kombinasi yang benar antara keempat komponen utama ini akan menentukan kesuksesan suatu proyek pengembangan sistem informasi geografis suatu organisasi. Selanjutnya, Prahasta (2008) berpendapat bahwa SIG merupakan sistem kompleks yang biasanya terintegrasi dengan lingkungan sistem-sistem komputer yang lain di tingkat fungsional dan jaringan. Sistem SIG terdiri dari beberapa komponen berikut.

a. Perangkat Keras. Terdiri dari PC desktop, *workstation*, hingga *multiuser host* yang dapat digunakan secara bersamaan, *hard disk* dan mempunyai kapasitas memori (RAM) yang besar.
b. Perangkat Lunak. Bila dipandang dari sisi lain, SIG juga merupakan sistem perangkat lunak yang tersusun secara modular dimana basis data memegang peranan kunci.
c. Data dan informasi geografi. Sistem Informasi Geografis dapat mengumpulkan dan menyimpan data dan informasi yang diperlukan, baik secara tidak langsung dengan cara memasukannya dari perangkat-perangkat lunak SIG yang lain maupun secara langsung dengan cara mendigitasi data spasialnya dari peta dan memasukkan data atributnya dari tabel-tabel dan laporan dengan menggunakan keyboard.

d. Manajemen. Suatu proyek SIG akan berhasil jika diatur dengan baik dan dikerjakan oleh orang-orang yang memiliki keahlian yang tepat pada semua tingkatan (Prahasta, 2005).

Adanya perangkat keras dan lunak tidak akan menghasilkan operasi dan produk yang baik jika tidak ditangani oleh staf yang baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Hartoyo *et al.* (2010) mengatakan bahwa sebagian besar data yang akan ditangani dalam SIG merupakan data spasial, yaitu sebuah data yang berorientasi geografis, memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya dan mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu informasi lokasi (spasial) dan informasi deskriptif (*attribute*).

2.4 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1997). Tujuan utama dari penginderaan jauh adalah mengumpulkan data dan informasi tentang sumberdaya alam dan lingkungan (Lo, 1995). Prahasta (2005) menyatakan bahwa penginderaan jauh merupakan metode pengambilan data spasial yang paling sering digunakan. Hal ini dikarenakan penginderaan jauh memiliki keunggulan, diantaranya:

1. Hasil yang didapat akan memiliki cakupan wilayah studi yang sangat bervariasi.

2. Dapat memberikan gambaran unsur-unsur spasial yang komprehensif dengan bentuk-bentuk geometri relatif dan hubungan yang benar.
3. Periode pengukuran relatif singkat dan dapat diulang kembali dengan cepat dan konsisten.
4. Skala akurasi data spasial yang diperoleh dapat bervariasi dari yang kecil hingga yang besar.
5. Kecenderungan dalam mendapatkan data yang paling baru.
6. Biaya survei keseluruhan terhitung relatif murah.

Penggunaan penginderaan jauh tidak hanya untuk mendeteksi suatu penyajian data dalam bentuk citra yang telah jadi. Namun, penginderaan jauh juga dapat digunakan sebagai pembeda antara suatu vegetasi hutan primer dengan vegetasi hutan campuran seperti layaknya Repong Damar. Dengan begitu, akan dapat diketahui secara pasti mengenai luasan area Repong Damar dan dapat diketahui perbedaannya melalui citra satelit beserta teknik terbaik dalam mendeteksi suatu areal. Koreksi geometrik dapat dilakukan dalam melakukan kegiatan analisis citra penginderaan jauh. Koreksi geometrik adalah transformasi citra hasil penginderaan jauh sehingga citra tersebut mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk, skala dan proyeksi (Catur *et al.*, 2015). Teknik-teknik pengamatan dengan metode penginderaan jauh sangat bervarisi. Teknik-teknik ini pada umumnya masih dapat dibedakan melalui tipe wahana yang digunakannya yaitu satelit, pesawat terbang, balon terbang, dan layang-layang, *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV), *Autonomous Underwater Vehicles* (AUV) dan lainnya (Prahasta, 2008).

Penggunaan pesawat luar angkasa yang mengorbit secara teratur mengelilingi bumi dari ketinggian beberapa ratus kilometer menghasilkan pengamatan bumi yang teratur dengan alat – alat penginderaan jauh yang sesuai (Campbel dan Wynne, 2011). Menurut Lillesand dan Kiefer (2008), terdapat dua proses utama dalam penginderaan jauh, yaitu pengumpulan data dan analisis data. Elemen proses data dimaksud meliputi:

1. Sumber energi
2. Perjalanan energi melalui atmosfer
3. Interaksi antara energi dengan kenampakan di muka bumi.
4. Sensor warna satelit dan atau pesawat terbang
5. Hasil pembentukan data dalam bentuk *pictorial* atau data *numerik.*

2.5 Citra Satelit

Data citra satelit merupakan hasil penginderaan jauh oleh wahana satelit melalui pengukuran energi gelombang elektromagnetik tertentu yang dipancarkan oleh objek di permukaan bumi. Citra satelit tidak ada kontak fisik secara langsung dengan objek atau fenomena yang dikaji dalam pengukurannya. Respon radiasi dari masing-masing spektrum gelombang elektromagnetik berasosiasi dengan karakteristik material objek. Respon masing-masing spektrum gelombang elektromagnetik dikumpulkan dalam bentuk rekaman citra multispektral. Data tersebut sebagai acuan informasi dalam segala aspek eksplorasi seperti eksplorasi awal panas bumi. Data citra satelit dapat diperoleh secara gratis di website USGS *(United States Geological Survey)* (Purwanto *et al.,* 2017).

Warisan luar biasa dari rangkaian satelit landsat terus berlanjut dengan Landsat 8, baik dalam hal operasi maupun data yang siap untuk memasok bagi komunitas peneliti dan pendidikan di seluruh dunia. (Lulla *et al*., 2013). Satelit LDCM (Landsat-8) dirancang diorbitkan pada orbit mendekati lingkaran sikron-matahari, pada ketinggian: 705 km, inklinasi: 98.2°, periode: 99 menit, waktu liput ulang: 16 hari. Landsat-8 memiliki 2 sensor yaitu sensor *Operasional Land Imager* (OLI) terdiri dari 9 saluran (*band*) termasuk *band* pankromatik beresolusi tinggi, dan *Thermal Infra Red Sensor* (TIRS) dengan 2 *band termal* (Sampurno dan Thoriq, 2016). Sensor lainnya yaitu *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) ditetapkan sebagai pilihan (optional), yang dapat menghasilkan kontinuitas data untuk kanal-kanal inframerah termal yang tidak dicitrakan oleh OLI (*Operational Land Imager*) (Sitanggang, 2010).

2.6 *Object Oriented Classification* (OOC)

Salah satu metode yang baru dikembangkan dalam teknik interpretasi citra adalah (OOC) (Rusdi, 2005). Proses klasifikasi dalam metode ini menggunakan prosedur segmentasi dengan sistem hirarki, sehingga suatu karakteristik objek dapat ditambahkan dengan kumpulan informasi tambahan dari objek yang diklasifikasikan seperti bentuk, tekstur, konteks dan informasi lain yang terkait dengan objek yang diklasifikasikan. Penggunaan informasi tambahan ini akan memperkaya informasi dalam klasifikasi, sehingga dapat menghasilkan pengelompokan yang lebih spesifik dan akurat. Perbedaan mendasar pada pendekatan ini dibandingkan dengan klasifikasi konvensional terletak pada unit dasar proses analisis citra berupa objek citra atau segmen, bukan piksel tunggal,

serta tindakan klasifikasi yang harus diterapkan pada objek citra (Baatz dan Shape, 2000).

Segmentasi adalah suatu metoda untuk pengelompokan objek ke dalam *region-region* yang ditentukan oleh suatu ukuran kehomogenan. Metode ini menghasilkan gambaran objek suatu ukuran yang sama dalam struktur dan resolusi yang berbeda (Definiens Imaging, 2004 *dalam* Rusdi, 2005). Segmentasi menggunakan tiga parameter yaitu skala (*scale*), warna (*color*) dan bentuk (*form*). Parameter skala (*scale parameter*) adalah nilai abstrak yang menentukan heterogenitas maksimum yang diperbolehkan untuk menghasilkan objek tanpa korelasi langsung dengan ukuran piksel yang terukur. Parameter ini lebih bergantung pada heterogenitas material data. Parameter warna menyeimbangkan homogenitas warna dari segmen dan homogenitas dari bentuk. Parameter bentuk mengontrol bentuk kenampakan dari objek dengan menyeimbangkan antara kriteria kehalusan (*smoothness*) dan kriteria kekompakan (*compactness*) dari objek (Hildebrant, 1996 *dalam* Willhauck, 2000).

2.7 *Maximum Likelihood Clasification* (MLC)

Klasifikasi terbimbing adalah teknik klasifikasi yang meliputi kumpulan algoritma yang didasari oleh input area contoh oleh operator. Metode MLC merupakan metode klasifikasi terbimbing yang memiliki akurasi paling tinggi dan yang paling banyak digunakan dibandingkan metode *parallelipiped* yang memiliki akurasi tinggi namun banyak piksel yang tidak terklasifikasi dan tumpang tindih, dan *minimum distance* yang memiliki akurasi paling rendah.

Metode MLC merupakan metode klasifikasi terbimbing yang paling banyak digunakan untuk data penginderaan jauh. Sebelum melakukan klasifikasi, pengguna menentukan *training area* yang digunakan untuk melihat ciri-ciri statistika masing-masing calon kelas (Richards, 1993). Klasifikasi MLC didasarkan pada perkiraan densitas probabilitas untuk setiap tutupan/penggunaan lahan.

Perhitungan probabilitas disini memungkinkan untuk menemukan sebuah piksel dari kelas i pada vektor X yang didefinisikan oleh persamaan :

$$P(i|X) = P(X|i)P(i)/P(X)$$

Dimana :

P(i|X) = Probabilitas bersyarat dari kelas i, dihitung mengingat bahwa vektor X ditetapkan secara apriori (tanpa syarat).
P(X|i) = Probabilitas bersyarat *(conditional)* dari vektor X, dihitung mengingat bahwa kelas ditetapkan secara apriori
P(i) = Probabilitas kelas i muncul didalam sebuah citra
P(X) = Probabilitas dari vektor X

Lillesand dan Kiefer (1997) menyatakan bahwa klasifikasi MLC mengevaluasi secara kuantitatif *variance* dan *co-variance* pola tanggapan spektral kategori ketika mengklasifikasi piksel yang tidak dikenal. Untuk melakukan ini, dibuat asumsi bahwa distribusinya normal.

2.8 *Vegetation Indices Classification* (Indeks Vegetasi)

2.8.1 NDVI *(Normalized Difference Vegetation Index)*

Indek vegetasi merupakan kombinasi matematis antara *band red* (merah) dan *band NIR* (*Near-Infrared*) yang telah lama digunakan untuk mengidentifikasi

keberadaan dan kondisi vegetasi (Lillesand dan Kiefer, 1997). Tinggi rendahnya suatu kerapatan vegetasi dapat diketahui dengan menggunakan teknik NDVI yang merupakan sebuah transformasi citra penajaman spektral untuk menganalisa hal-hal yang berkaitan dengan vegetasi (Putra, 2011). Nilai NDVI mempunyai rentang antara -1 (*negatif*) hingga 1 (*positif*). Nilai yang mewakili vegetasi berada pada rentang 0,1 hingga 0,7, jika nilai NDVI di atas nilai ini menunjukkan tingkat kesehatan dari tutupan vegetasi yang lebih baik (Prahasta, 2008).

Nilai NDVI diperoleh dengan perhitungan *Near Infrared* dengan *Red* yang dipantulkan oleh tumbuhan. Nilai NDVI diperoleh dengan membandingkan data *Near Infrared* dan *Red* (Green *et al.,* 2000 *dalam* Wass dan Nababan, 2010) dengan formula sebagai berikut:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Keterangan:

NIR = *band* 5 Citra Landsat OLI
Red = *band* 4 dari Citra Landsat OLI (Purwanto, 2015).

2.8.2 EVI *(Enhanced Vegetation Index)*

EVI memiliki sensitivitas yang rendah terhadap efek dari tanah dan atmosfer. Hal ini dikarenakan EVI juga memasukkan panjang gelombang spektral biru (Huete *et al.,* 2002). EVI dikembangkan untuk mengoptimalkan sinyal vegetasi dengan sensitivitas yang meningkat di daerah dengan biomassa tinggi dan pemantauan vegetasi yang lebih baik melalui *de-coupling* dari sinyal latar belakang kanopi dan pengurangan pengaruh atmosfer (Jiang *et al.,* 2008).

$$EVI = G\frac{NIR - Red}{NIR + C_1 Red - C_2 Blue + L}$$

Dimana NIR, *Red*, dan *Blue* diklasifikasi secara atmosfer atau sebagian dikoreksi dengan atmosfir (*Rayleigh* dan pereduksi ozon) pada pita dekat inframerah, pita merah dan biru; G adalah faktor keuntungan; C1, C2 adalah koefisien dari istilah resistensi aerosol, yang menggunakan pita biru untuk memperbaiki pengaruh aerosol pada pita merah, dan L berfungsi sebagai faktor penyesuaian tanah seperti pada SAVI *(Soil Adjusted Vegetation Index)* namun nilainya berbeda dengan L di SAVI, dikaitkan dengan interaksi dan umpan balik antara faktor penyesuaian tanah dan tingkat resistensi aerosol (Liu dan Huete, 1995).

2.8.3 NDWI (*Normalized Difference Water Index*)

Indeks kebasahan merupakan indeks yang menunjukkan tingkat kebasahan suatu area. Gao (1996) mengusulkan NDWI, yang merupakan modifikasi dari NDVI yang banyak digunakan untuk identifikasi tanaman. Panjang gelombang yang digunakan untuk NDWI yaitu 860 nm - 1240 nm. NDWI ini dikembangkan untuk menggambarkan badan air dari citra satelit. Dengan formula:

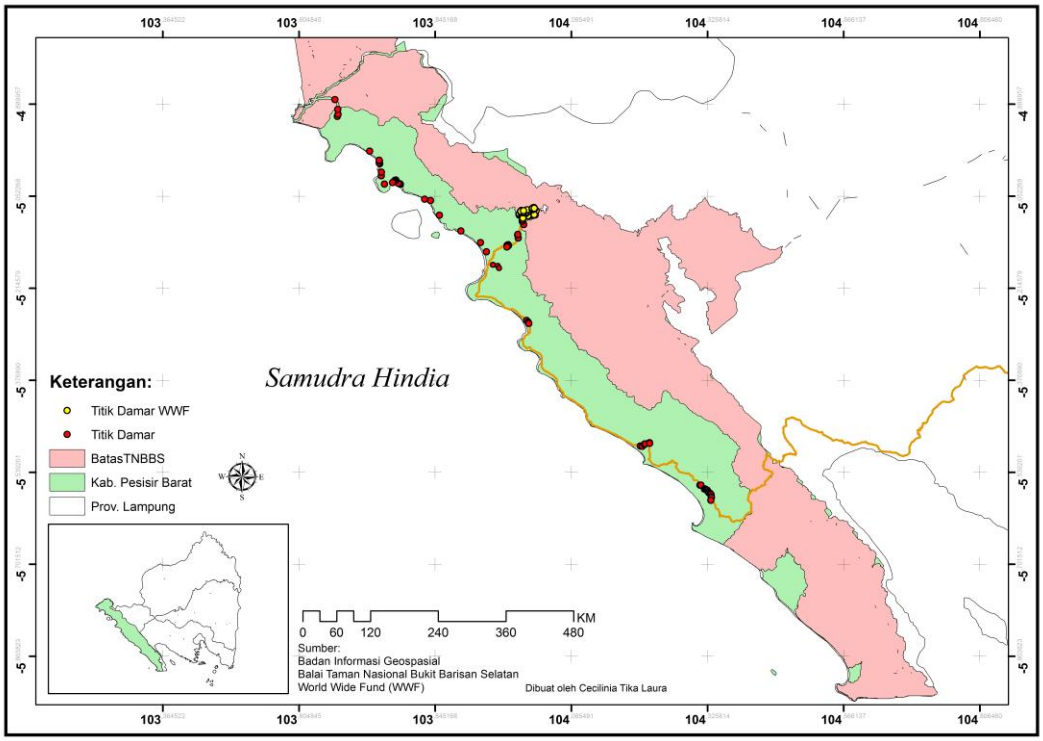
$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

NDWI menggunakan dua kanal/*band* yaitu NIR dan SWIR sehingga dapat menampilkan hasil kelembaban lahan yang diamati, kanal/*band* SWIR belum digunakan sebelumnya pada penentuan indeks vegetasi, penelitian ini disampaikan dalam sebuah konferensi ilmiah (Gao, 1996).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September - Oktober 2018 dengan lokasi di Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian di Kabupaten Pesisir Barat Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat utama yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah seperangkat komputer yang dilengkapi dengan perangkat lunak eCognition developer, ERDAS imagine 8.5, ArcGIS 10.3, dan Microsoft Excel 2007. Alat lain yang juga digunakan adalah kamera digital, alat tulis, laptop, *Global Positoning System* (GPS), tali rafia, pita ukur, *tally sheet*, dan clinometer. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

a. Citra Satelit Landsat Kabupaten Pesisir Barat (*path* 124 *row* 64 dan *path* 124 *row* 63) tahun 1990, 1993, 2000, 2006, 2009, 2015, 2016 dan 2018.
b. Titik survei lapangan (*ground truth point*) digunakan untuk penilaian akurasi hasil analisis citra.
c. Peta dasar atau peta batas wilayah Kabupaten Pesisir Barat Lampung.
d. Foto tegakan Repong Damar yang terdapat di Pekon Pahmungan dan Pekon Gunung Kemala.

3.3 Jenis Data

Jenis data yang digunakan adalah data primer meliputi data spasial, data atribut dan data analisis vegetasi. Data spasial yang dimaksud adalah data yang bersifat keruangan, terdiri atas data Citra Satelit Landsat Kabupaten Pesisir Barat tahun 2016 dan 2018 untuk analisis metode deteksi sebaran Repong Damar dan data tahun 1990, 1993, 2000, 2006, 2009, 2015, 2016 dan 2018 untuk analisis perubahan tutupan lahan Repong Damar. Peta dasar ataupun peta batas wilayah Kabupaten Pesisir Barat. Data *ground truth point* merupakan data hasil survei

lapangan yang dinyatakan dalam bentuk titik koordinat untuk menyatakan posisi keberadaan. Data atribut adalah data yang berbentuk tulisan maupun angka-angka, data tersebut diantaranya adalah data *digital number* citra satelit, data perubahan tutupan lahan dan data penunjang lainnya. Data analisis vegetasi adalah data yang didapatkan dengan cara melakukan analisis terhadap vegetasi dalam sebuah plot yang sudah ditetapkan ukurannya. Analisis vegetasi ini berupa pengukuran dan pencatatan nama pohon, nama ilmiah, diameter, keliling, dan tinggi pohon. Kemudian data sekunder diperoleh dari studi kepustakaan berupa studi literatur, hasil penelitian terdahulu dan dokumen pelengkap yang memiliki keterkaitan dengan penelitian ini dan mengunjungi *website* terkait untuk data kepadatan kayu (*wood density*).

3.4 Cara Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan merupakan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan cara mengunduh data citra satelit Landsat dari *website* http://earthexplorer.usgs.gov. Data *ground truth point* dikumpulkan dengan cara melakukan studi lapang atau turun lapang di Kabupaten Pesisir Barat dan mengambil titik koordinat masing-masing kelas klasifikasi yang digunakan. Data analisis vegetasi dikumpulkan dengan cara melakukan inventarisasi di lokasi penelitian dengan mengambil beberapa sampel plot. Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan dua cara yaitu dengan melakukan pengunduhan data melalui media *online* dan melakukan pengumpulan data secara langsung. Pengumpulan data melalui media *online* dilakukan dengan mengunduh berbagai publikasi ilmiah dan mengunduh data dari lembaga survei terkait, sedangkan pengumpulan

data secara langsung adalah dengan cara melakukan pengumpulan data dari instansi-instansi terkait dengan penelitian ini. Pengumpulan data *wood density* untuk analisis vegetasi dilakukan dengan cara mengunjungi *website database The World Agroforestry Center* (ICRAF) yaitu db.worldagroforestry.org.

3.5 Metode Analisis Data

3.5.1 Pengkompositan Citra Satelit

Langkah pertama adalah melakukan pengkompositan citra satelit sesuai saluran (*band*) spektral masing-masing tipe citra satelit. Penggabungan beberapa saluran pada citra satelit ini menggunakan *software* Erdas Imagine 8.5 dengan *toolsmodel maker* dan *functions data generation*. Penggabungan *band* citra disesuaikan dengan tipe citra satelit. Untuk Landsat 5 dan Landsat 7, saluran yang dikomposit adalah 1, 2, 3, 4, 5, 7 dan untuk Landsat 8 saluran yang dikomposit adalah 2, 3, 4, 5, 6, 7. Penggabungan ini bertujuan untuk mempermudah dalam proses analisis citra satelit.

3.5.2 Pemotongan Citra (*subset image*)

Pemotongan citra dilakukan untuk mengambil wilayah yang menjadi objek penelitian. Pemotongan ini dilakukan dengan membuat *area of interest* (aoi) pada sekitar lokasi penelitian Kabupaten Pesisir Barat. Pemotongan dilakukan dengan menggunakan *tools subset image* pada *software* Erdas Imagine 8.5.

3.5.3 Analisis Citra Satelit

3.5.3.1 Metode deteksi sebaran Repong Damar

Analisis citra satelit untuk menganalisis metode deteksi sebaran Repong Damar menggunakan 3 teknik analisis, yaitu MLC (Klasifikasi Kemungkinan Maksimum), OOC (Klasifikasi Berorientasi Obyek) dan *Vegetation Indices Classification* (Klasifikasi Indeks Vegetasi). Analisis metode deteksi ini menggunakan Citra Satelit Landsat tahun 2016 dan tahun 2018. Analisis ini digunakan untuk mencari metode deteksi sebaran Repong Damar yang paling tepat dan akurat yang akan digunakan untuk menganalisis perubahan tutupan lahan Repong Damar.

1. MLC

Analisis citra dengan metode MLC menggunakan *software* Erdas Imagine 8.5. Citra satelit yang telah dikomposit dan dipotong sesuai dengan lokasi penelitian diolah dengan menggunakan 8 kelas kunci klasifikasi tutupan lahan yaitu badan air, hutan alam, Repong Damar, kebun campuran, semak belukar, lahan terbangun atau terbuka, awan dan bayangan awan. Berdasarkan kunci klasifikasi tersebut,diambil 10 sampel (*training area*) dari masing-masing tutupan lahan. *Training area* merupakan sampel identifikasi area-area tertentu di atas citra yang berisi tipe-tipe penutupan lahan sesuai kunci klasifikasi. Pengambilan kelas sampel klasifikasi dibantu dengan menggunakan data *ground truth point* yang telah dilakukan sebelumnya. Pengambilan data sampel ini diupayakan untuk

tersebar merata diseluruh wilayah penelitian. Sampel yang telah diambil menjadi input untuk diolah lebih lanjut dengan algoritma MLC.

2. OOC

Pengelolaan citra pada metode OOC ini dilakukan dengan menggunakan *software eCognition Developer*. Citra satelit yang telah dikomposit kemudian diolah menjadi obyek-obyek melalui proses segmentasi. Proses segmentasi ini menggunakan algoritma segmentasi multiresolusi (*multiresolution segmentation*). Segmentasi dibagi kedalam 3 bentuk segmentasi yaitu segmentasi 25, segmentasi 30 dan segmentasi 50. Setelah pembuatan segmentasi proses selanjutnya adalah pengambilan sampel klasifikasi. Sampel klasifikasi terdiri dari 8 kelas sampel yaitu badan air, hutan alam, Repong Damar, kebun campuran, semak belukar, lahan terbangun atau terbuka, awan dan bayangan awan dengan menggunakan sistem *class hirarki*. Kelas sampel yang telah diambil akan diklasifikasi menggunakan algoritma klasifikasi tetangga terdekat (*nearest neighbor classification*).

3. *Vegetation Indices*

Metode indeks vegetasi ini menggunakan tiga algoritma indeks vegetasi, yaitu EVI, NDVI dan NDWI. Pengelolaan citra pada metode indeks vegetasi ini menggunakan *software* Arc GIS 10.3 dengan *tools raster calculator*. Formula yang digunakan untuk masing-masing algoritma adalah sebagai berikut:

a. NDVI

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Algoritma NDVI menggunakan *band* 4 dan *band* 5, dimana *NIR* adalah *band* 5 dan *Red* adalah *band* 4.

b. EVI

$$EVI = G\frac{NIR - Red}{NIR + C_1 Red - C_2 Blue + L}$$

Algoritma EVI ini menggunakan *band* 2, *band* 4 dan *band* 5 dimana *G* adalah 2.5, *NIR* adalah *band* 5, *Red* adalah *band* 4, C_1 adalah 6, C_2 adalah 7.5, *Blue* adalah *band* 2 dan *L* adalah 1.

c. NDWI

$$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$$

Algoritma NDWI menggunakan *band* 5 dan *band* 6, dimana *NIR* adalah *band* 5 dan *SWIR* adalah *band* 6.

Setiap citra satelit yang telah diformulasikan dengan masing-masing algoritma, akan diambil nilai pikselnya sesuai dengan kelas yang sudah ditentukan yaitu hutan alam, Repong Damar dan kebun campuran. Tiap kelas memiliki 300 sampel titik yang akan diambil nilai-nilainya menggunakan *software* Arc GIS 10.3 dengan menggunakan *tools raster calculator*. Nilai-nilai piksel dari masing-masing kelas tersebut dianalisis secara statistika deskriptif menggunakan nilai minimum, maksimum, rata-rata, simpangan baku, batas atas dan batas bawah dengan *software Microsoft Excel*. Hasil dari analisis statistika deskriptif

digunakan untuk mengetahui kinerja indeks vegetasi dalam memisahkan hutan alam, Repong Damar dan kebun campuran yang akan ditampilkan dalam bentuk histogram. Penggunaan beberapa ambang batas (*threshold*) digunakan untuk mencari nilai ambang batas yang paling akurat dalam mendeteksi tutupan Repong Damar. Nilai ambang batas diolah dengan menggunakan *software* Erdas Imagine 8.5 dengan *tools model maker* dan *functions boolean*. Model ambang batas yang digunakan antara lain sebagai berikut:

1. Ambang batas atas - ambang batas bawah
2. Ambang minimum - ambang maksimum
3. Ambang simpangan baku dari rata-rata
4. Ambang dua kali simpangan baku dari rata-rata

3.5.3.2 Perubahan tutupan lahan Repong Damar

Hasil dari analisis metode deteksi yang telah dilakukan akan digunakan untuk menganalisis perubahan tutupan Repong Damar. Analisis perubahan tutupan Repong Damar ini menggunakan data citra satelit Landsat 5 tahun 1990, 1993, 2000, 2006, 2009 dan Landsat 8 tahun 2015, 2016 dan 2018. Metode yang digunakan adalah metode yang paling akurat dalam mendeteksi sebaran Repong Damar. Data hasil klasifikasi diolah dengan menggunakan *software* Arc GIS 10.3 untuk mengetahui nilai akurasi dan mengetahui perubahan luas tutupan Repong Damar tiap tahunnya. Analisis perubahan luas tutupan Repong Damar dilakukan dengan *tools union* pada *ArcToolbox* untuk melalukan *overlay* data keseluruhan tahun. Penilaian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil *ground truth point* dan hasil klasifikasi komputer.

3.5.4 Penilaian Akurasi

Penilaian akurasi ini dilakukan dengan menggunakan *software* Arc GIS 10.3 dengan *tools spatial join* untuk menggabungkan data *ground truth point* dengan hasil klasifikasi dan *tools frequency* untuk menghitung jumlah penggabungan dari tiap-tiap kelas klasifikasi. Penilaian ini dilakukan pada keseluruhan metode deteksi dengan menggunakan tabel kontingensi (*error matrix*) pada *software Microsoft Excel*. Nilai akurasi yang dapat dianggap baik memiliki nilai batas toleransi sebesar ≥ 80% (Andana, 2015). Penilaian yang dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi menggunakan kriteria sebagai berikut:

1. Ketelitian pengguna (*user accuracy*)
2. Ketelitian hasil (*producer accuracy*)
3. Ketelitian total (*overall accuracy*)

Darmawan (2002) menyatakan bahwa analisis data yang dilakukan adalah sebagai berikut: pemulihan citra, penajaman citra (*image enhancement*), pemotongan citra (*subset image*), klasifikasi citra (*image classification*), uji akurasi (*accuracy assesment*), *overlay* hasil klasifikasi, tabulasi data, analisis deskriptif dan kuantitatif.

3.5.5 Perkiraan Tingkat Emisi Repong Damar (FRL)

Perhitungan FRL dilakukan dengan melakukan analisis vegetasi di Pekon Pahmungan dan Pekon Gunung Kemala untuk mengetahui biomassa. Komponen yang harus dihitung dalam perhitungan FRL adalah:

1. Ukuran petak ukur (plot) yang akan digunakan untuk mencari stok karbon (tC/ha).
2. Tinggi dan diameter pohon.
3. Kepadatan kayu (*wood density*).
4. Biomassa pohon (kg), rumus biomassa pohon menurut (Chave *et al*., 2005).

$$AGB = Exp(-1.499 + 2.1481 \times ln(DBH) + 0.207 \times ln(DBH)^2 - 0.0281 \times ln(DBH))^3) \times WD$$

Keterangan:
AGB = Biomassa di atas tanah
DBH = Diameter setinggi dada (*Diameter at Breast Height*)
WD = Kepadatan Kayu (*Wood Density*)

5. Karbon (t), rumus karbon (BSN, 2011).

$$C = Biomassa\ Total \times 0{,}47$$

6. Stok Biomassa (t/ha), rumus stok biomassa menurut (Chave *et al*., 2005).

$$\frac{Karbon\ (t) x\ 10.000}{Ukuran\ Plot}$$

Analisis vegetasi menggunakan petak ukur (plot) ukuran 20x20m, 10x10m dan 5x5m. Pengumpulan data yang dilakukan dalam analisis vegetasi ini antara lain nama lokal beserta ilmiah pohon, tinggi pohon, diameter pohon, dan keliling pohon. Kepadatan kayu (*wood density*) dilakukan dengan cara melakukan studi literatur di *website database* ICRAF.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Simpulan dari hasil penelitian ini adalah metode deteksi yang tepat dan akurat dalam mendeteksi sebaran Repong Damar yaitu metode berbasis objek (OOC) dengan nilai akurasi sebesar 92,27%. Luasan Repong Damar dari tahun 1990 sampai dengan tahun 2018 mengalami deforestasi dan aforestasi. Luasan terakhir Repong Damar pada tahun 2018 adalah sebesar 99.693 hektar dan tersebar dari Desa Mulang Maya Kecamatan Bengkunat Kabupaten Pesisir Barat sampai dengan Desa Lemong Kecamatan Pesisir Utara Kabupaten Pesisir Barat. FREL Repong Damar tidak dapat dibangun karena Repong Damar mengalami penurunan dan penambahan luasan dari rentang tahun 1990 sampai dengan tahun 2018. Pengganti FREL yang dapat digunakan adalah FRL, karena FRL memperhatikan kemampuan Repong Damar dalam menyerap karbon.

5.2 Saran

Perlu adanya penelitian kembali menggunakan citra satelit beresolusi tinggi, agar tutupan Repong Damar dapat benar-benar terlihat dari citra satelit. Perlunya perhatian lebih dari pemerintah agar Repong Damar sebagai ciri khas Provinsi Lampung tetap terjaga kelestariannya.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Allen, R.C.2009. Engels' pause: Technical change, capital accumulation, and inequality in the british industrial revolution. *J. Explorations in Economic History*. 46:418-435.

Andana, E.K. 2015. Pengembangan data citra satelit landsat-8 untuk pemetaan area tanaman hortikultura dengan berbagai metode algoritma indeks vegetasi (studi kasus: kabupaten malang dan sekitarnya). *J. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*. 15:1-10.

Angelsen, A., Brockhaus, M., Kanninen, M., Sills, E., Sunderlin, W.D., dan Wertz-Kanounnikoff, S. 2010. *Mewujudkan REDD+: Strategi Nasional Dan Berbagai Pilihan Kebijakan*. Buku. CIFOR. Bogor. 366 hlm.

Ardiansyah, M., Ing. dan Rusdi, M. 2004. Diskriminasi tegakan hti (hutan tanaman industri) menggunakan object oriented classification studi kasus pt. hti wira karya sakti, jambi. *Prossiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh*. 1(1):1-8.

Baatz, M. dan Shape, A. 2000. *Multiresolution segmentation – an optimization approach for high quality multiscale ilamg segmentation. In: Strobl, Angewandte Geographische Informations Verarbeitung XII*. Paper. Wichmann Verlag. Karlsruhe. Jerman. 12-23.

Badan Pengelolaan REED+ (BP REDD+). 2015. *Acuan Tingkat Emisi Hutan untuk Deforestasi dan Degradasi Hutan Terkait Kegiatan yang Tercantum dalam Kebijakan 1/CP.16, Paragraf 70 (REDD+) di Bawah UNFCCC: Referensi bagi Pengambil Kebijakan*. Buku. BP REDD+ Indonesia. Jakarta. 76 hlm.

Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2011. *Standar Nasional Indonesia Nomor 7742 Tentang Pengukuran dan Penghitungan Cadangan Karbon-Pengukuran Lapangan untuk Penaksiran Cadangan Karbon Hutan (Ground Based Forest Carbon Accounting)*. Buku. BSN. Jakarta. 16 hlm.

Brown, S dan Zarin, D. 2013. What does zero deforestation mean?. *J. Science*. 342:805-807.

Casson, A. 2005. Cat eye's forest: the krui damar gardens. *In Search of Excellence: Exemplary Forest Management in Asia and the Pacific*. 93-102 hlm.

Campbel, J.B dan Wynne, R.H. 2011. *Introduction to Remote Sensing. Fifth Edition*. Buku. The Guildford Press Publication. New York. 645 hlm.

Catur, U., Susanto., Yudhatama, D. dan Mukhoriyah. 2015. Identifikasi lahan tambang timah menggunakan metode klasifikasi terbimbing maximum likelihood pada citra landsat 8. *J. Majalah Ilmiah Globe*. (17)1:9-15.

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Folster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.-P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riera, B. dan Yamakura, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forest. *Oecologia*. 145(1):87-99. DOI 10.1007/s00442-005-0100-x.

Dewi, S., Johana, F., Putra, P., Muhammad, T.Z., Degi, H.S., Gamma, G., Suyanto dan Andree, E. 2011. *Perencanaan Penggunaan Lahan Untuk Mendukung Pembangunan Rendah Emisi*. Buku. World Agroforestry Centre ICRAF, SEA Regional Office. Bogor. 50 hlm.

Darmawan, A. 2002. *Perubahan Penutupan Lahan di Cagar Alam Rawa Danau*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 87 hlm.

Darmawan, A., Prasetyo, L.B., dan Tsuyuki, S. 2009. Monitoring agricultural expansion during the economic crisis in indonesia: a case study of the rawa danau nature reserve. *J. Japan Society of Forest Planning*. 14:53-66.

eCognition Developer. 2011. *eCognition Developer 8.7 User Guide*. Buku. Trimble. Munchen. Jerman. 250 hlm.

Foresta, H.D., Kusworo, A., Michon, G. dan Djatmiko, W. A. 2000. *Ketika Kebun Berupa hutan: Agroforest Khas Indonesia Sebuah Sumbangan Masyarakat*. Buku. CIFOR. Bogor. 223 hlm.

Gao, B.C. 1996. NDWI - a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *J. Remote Sensing of Environtment*. 58:257-266.

Harianto, S.P., Dewi, B.S. dan Rusita. 2016. *Repong Damar*. Buku. Plantaxia. Yogyakarta. 260 hlm.

Hartoyo, G.M.E., Nugroho, Y., Bhirowo, A. dan Khalil, B. 2010. *Modul Pelatihan Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Buku. Tropenbos International Indonesia Programme. Bogor. 127 hlm.

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X. dan Ferreira, L.G. 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the modis vegetation indices. *J. Remote Sensing of Environment.* 83:195-213.

Jaya, I.N.S. 2014. *Analisis Citra Digital: Perspektif Penginderaan Jauh untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam*. Buku. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor. 372 hlm.

Jiang, Z., Huete, A.R., Didan, K. dan Miura, T. 2008. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *J. Remote Sensing of Environment*. 112:3833-3845.

Kusters, K., Perez, M.R., De Foresta, H., Dietz, T., Tonen, M.R., Belcher, B., Manalu, P., Nawir, A. dan Wollenberg, E. 2008. Will agroforests vanish? the case of damar agroforests in indonesia. *J. Hum Ecol*. 36:357-370.

Liu, H. Q. dan Huete, A. 1995. A feedback based modification of the ndvi to minimize canopy background and atmospheric noise. *J. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 33:457−465.

Lillesand, T.M. dan Kiefer, R.W. 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Buku. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 744 hlm.

Lillesand, T.M. dan Kiefer, R.W. 2008. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Buku. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 744 hlm.

Lo, C.P. 1995. *Penginderaan Jauh Terapan.* Buku. Universitas Press. Jakarta. 475 hlm.

Lubis, Z. 1997. *Repong Damar: Kajian Tentang Pengambilan Keputusan dalam Pengelolaan Lahan Hutan di Pesisir Krui, Lampung Barat*. Buku. CIFOR. Lampung Barat. 17 hlm.

Lulla, K., Duane, N.M. dan Rundquist, B. 2013. The landsat 8 is ready for geospatial science and technology researchers and practitioners. *J. Geocarto International*. 28(3):191-191.

Michon, G., Foresta, D.H., Kusworo, A. dan Levang, P. 1998. The damar agroforest of krui. indonesia: justice for forest farmers. *Voices From The Forest*. 159-203 hlm.

Minang, P.A., Duguma, L.A., Bernard, F., Mertz, O. dan Noordwijk, M.V. 2014. Prospects for agroforestry in redd+ landscapes in africa. *J. Current Opinion in Environmental Sustainability*. 6:78–82.

Mulyani, D. 2008. *Studi Pemanfaatan Berbagai Spesies Tumbuhan Berkhasiat Obat oleh Masyarakat di Pekon Pahmungan Kecamatan Pesisir Tengah Lampung Barat*. Skripsi. Universitas Lampung. Lampung. 25 hlm.

Nainggolan, V. 2011. *Analisis Populasi Jenis Primata di Repong Damar Pekon Pahmungan Kecamatan Pesisir Tengah Krui Lampung Barat*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 39 hlm.

Natural Resources Development Center (NRDC). 2013. *Modul: Konsep REDD+ dan Implementasinya*. Buku. The Nature Conservancy. Jakarta. 46 hlm.

Pamuji, D.T. 2013. *Sistem Informasi Geografi Pemetaan Hutan Pemetaan Hutan Menurut Klasifikasi Sebagai Hutan Lindung di Kabupaten Blora*. Skripsi. Universitas Stikubank Semarang. Semarang. 104 hlm.

Phua, M.H. dan Tsuyuki, S. 2004. Deforestasi detection in kinabalu area, sabah, malaysia by using multisensor remote sensing approach. *J. Japan Society of Forest Planning*. 10:31-40.

Prahasta, E. 2005. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Buku. Informatika. Bandung. 760 hlm.

Prahasta, E. 2008. *Remote Sensing Praktis Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital dengan Perangkat Lunak ER Mapper*. Buku. Informatika. Bandung. 406 hlm.

Prahasta, E. 2009. *Sistem Informasi Geografis: Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)*. Buku. Informatika. Bandung. 181 hlm.

Putra, H.E. 2011. *Penginderaan Jauh dengan Er Mapper*. Buku. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 286 hlm.

Purwanto, A. 2015. Pemanfaatan citra satelit landsat 8 untuk identifikasi normalized difference vegetation index (ndvi) di kecamatan silat hilir kabupaten kapuas hulu. *J. Edukasi*. 13(1):27-36.

Purwanto, M.S., Bashril, A.A., Harto, M.F.D. dan Syahwirawan, Y. 2017. Citra satelit landsat 8 + tris sebagai tinjauan awal dari manifestasi panas bumi di wilayah gunung argopura. *J. Geosaintek*. 13-16.

Richards, J.A. 1993. *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction. Springer - Verlag Berlin Heidelberg*. Buku. Springer. Berlin. Jerman. 340 hlm.

Romijn, E. Ainembabazi, J.H., Wijaya, A., Herold, M., Angelsen, A., Verchot, L. dan Murdiyarso, D. 2013. Exploring different forest definitions and their

impact on developing redd+ reference emission levels: a case study for indonesia. *J. Environmental Science and Policy*. 33:246-259.

Rusdi, 2005. *Perbandingan Klasifikasi Maximum Likelihood dan Object Oriented pada Pemetaan Penutupan atau Penggunaan Lahan.* Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 70 hlm.

Sampurno, R. M. dan Thoriq. A. 2016. Klasifikasi tutupan lahan menggunakan citra landsat 8 operational land imager (oli) di kabupaten sumedang. *J. Teknotan*. 10(2):61-70.

Satgas REDD+. 2012. *Satuan Tugas Persiapan Kelembagaan REDD+ Indonesia*. Buku. Satgas REDD+. Jakarta. 44 hlm.

Segah, H. 1999. *Kajian Akurasi Citra Landsat-TM yang didikung Citra NOAA-AVHRR dalam Mendeteksi Perubahan Penutupan Lahan Areal Proyek Pengembangan Lahan Gambut (PLG) Sejuta Hektar di Provinsi Kalimantan Tengah*. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 127 hlm.

Setiani, A., Prasetyo, Y. dan Subiyanto, S. 2016. Optimalisasi parameter segmentasi berbasis algoritma multiresolusi untuk identifikasi kawasan industri antara citra satelit landsat dan alos palsar. *J. Geodesi Undip*. 5(4):112-121.

Sitanggang, G. 2010. Kajian pemanfaatan satelit masa depan: sistem penginderaan jauh satelit ldcm (landsat-8). *J. Berita Dirgantara*. LAPAN. 11:47-58.

Sudiana, D. dan Diasmara, E. 2008. Analisis indeks vegetasi menggunakan data satelit noaa/avhrr dan terra/aqua-modis. *Seminar on Intelligent Technology and Its Applications*. 423-428 hlm.

Trison, S. 2001. *Kajian Kelayakan Usaha Sistem Pengelolaan Repong Damar Mata Kucing (Shorea Javanica* K Et V) di *Krui, Lampung.* Skripsi. Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor. Bogor. 52 hlm.

Wass, H.J.D. dan Nababan, B. 2010. Pemetaan dan analisis index vegetasi mangrove di pulau saparua maluku tengah. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan. Tropis*. 2(1):50-58.

Wijayanto, N. 2002. Analisis strategis sistem pengelolaan repong damar di pesisir krui, lampung. *J. Manajemen Hutan Tropika*. 8(1):39-49.

Willhauck, G. 2000. Comparison of object oriented classification techniques and standard image analysis for the use of change detection between spot multispectral satellite images and aerial photos. *J. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*. 33:35-42.

Yulizar, A., Hikmat, N. dan Koesmaryandi. 2014. Konservasi damar mata kucing (shorea javanica) berbasis masyarakat di zona tradisional taman nasional bukit barisan selatan. *Media Konservasi*. 19(2):73-80.